

Energetische Bewertung

Objekt: Thomas-Müntzer-Schule
Waldenburger Straße 142
09212 Limbach-Oberfrohna

Projekt-Nr. int: 24 1 084 00

Auftraggeber: Stadtverwaltung Limbach-Oberfrohna
Rathausplatz 1
09212 Limbach-Oberfrohna

Ersteller: *S. Baradiy*

Dr.-Ing. Saad Baradiy

- Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für „Thermische Bauphysik und Bauakustik
- Sachverständiger der Ingenieurkammer Sachsen f. Therm. Bauphysik
- DGNB-Senior Auditor / BNB-Sachverständiger



Martin Heinitz

- ö.b.u.v. Sachverständiger für Wärme- und Feuchteschutz
- geprüfter Sachverständiger für Schäden an Gebäude (EIPOS)
- geprüfter Sachverständiger für Holzschutz (EIPOS)
- Fachplaner für Bauwerksinstandsetzung nach WTA (EIPOS)
- Energieberater für Baudenkmale und sonstige besonders erhaltenswerte Bausubstanz (BEG)

Datum: 28. August 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Angaben	3
1.1 Beauftragung	3
1.2 Inhalt & Ziel	3
1.3 Verwendete Unterlagen	4
2. Objektbeschreibung	5
3. Ortstermin	5
4. Thermische Gebäudehülle	6
4.1 Aufbau der wärmeübertragenden Umfassungsfläche	6
4.2 Luftdichtheit der Gebäudehülle	6
4.3 Wärmebrücken	7
4.4 Wärmeverluste über die thermische Gebäudehülle	8
5. Anlagentechnik	10
5.1 Beheizung	10
5.2 Warmwasserbereitung	11
5.3 technische Kühlung	11
5.4 maschinelle Belüftung	11
5.5 Beleuchtung	11
6. Energetische Bilanz Bestand	12
7. Vorschlag energetische Sanierung	14
7.1 Beheizung	14
7.2 PV-Anlage	16
8. Energetische Bilanz Sanierungsvarianten	18
8.1 Schulgebäude	18
8.2 Turnhalle	20
8.3 Zwischenfazit	22
9. Kostenrahmen	23
9.1 Schulgebäude	23
9.2 Turnhalle	24
9.3 Kostenrahmenübersicht	25
10. Gebäudeenergiegesetz	26
11. energetische Förderung	27
11.1 Bundesförderung für Effiziente Gebäude (BEG) – Einzelmaßnahmen (422)	27
11.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG): Photovoltaik	27
11.3 SAB-Programm „Energie und Klima 2023“	27

12. Wirtschaftlichkeit	28
13. Zusammenfassung	29
14. Schlussbemerkung	31
15. Anlagen	31

1. Allgemeine Angaben

1.1 Beauftragung

Die Beauftragung der vorliegenden energetischen Gebäudebewertung erfolgte am 14.03.24 durch die Stadtverwaltung Limbach-Oberfrohna.

1.2 Inhalt & Ziel

Hintergrund der Beauftragung ist das Ziel der Bauherrenschaft, durch energetische Sanierungsmaßnahmen die Energieeffizienz der hier betrachteten Gebäude zu senken. Dabei sollen sich die Sanierungsmaßnahmen ausschließlich auf anlagentechnische Ertüchtigungen beziehen. Bauliche Maßnahmen an der thermischen Gebäudehülle sollen gemäß auftraggeberseitiger Abstimmung nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sein, da diese aufgrund denkmalpflegerischer Vorgaben nicht ohne weiteres umsetzbar sind.

Mit den anlagentechnischen Sanierungsmaßnahmen soll der Endenergiebedarf des Gebäudes und die daraus bedingten CO₂-Emissionen wirksam gesenkt werden. In diesem Zusammenhang soll eine Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudes nachgewiesen werden, welche als Bewertungsgröße für die Förderfähigkeit und -quote im Rahmen der Förderrichtlinie Energie und Klima/2023 – FRL EuK/2023 im Modul II „Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz“ Fördergegenstand 1.1 „Investive Maßnahmen“ herangezogen wird. Im Kern der Aufgabenstellung soll die Einbindung regenerativer Energien stehen.

Die energetische Bewertung des Bestandes sowie der Sanierungsmaßnahmen erfolgt auf Basis einer energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599. Hierbei ist anzumerken, dass die Randbedingungen der Nutzungsprofile nach DIN V 18599-10 im vorliegenden Fall mit Blick auf die tatsächlichen Randbedingungen angepasst werden (z.B. Nutzungsdauer und Aufenthaltszeit), um eine annähernde Vergleichbarkeit zwischen gemessenen Verbrauchsdaten und berechneten Bedarfswerten zu erzielen.

Auf Basis der energetischen Bilanzierung wird im vorliegenden Dokument abschließend eine rechnerische Abschätzung der Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen geführt. Hierfür erfolgt die Ermittlung des Kostenrahmens der jeweiligen Sanierungsmaßnahmen.

Hinweis: Es werden die im Betrachtungsrahmen des Gebäudeenergiegesetz und der DIN V 18599 relevanten energetischen Prozesse in der Bilanzierung berücksichtigt. Nutzungsbedingte Prozess wie beispielsweise stromseitige Aufwendungen für die Museums-Ausstattung sind nicht Gegenstand der Betrachtung.

1.3 Verwendete Unterlagen

[1]	DIN 4108-2: 2013-02	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
[2]	DIN V 18599	Energetische Bewertung von Gebäuden
[3]	DÄMMWERK	Bauphysik- und GEG-Software
[4]	GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden
[5]	Planunterlagen Schule	Schnitte, Ansichten, Grundrisse des Schulgebäudes Ersteller: BPH Bauplanung Härtwig Stand: 2014
[6]	Planunterlagen Turnhalle	Schnitte, Ansichten, Grundrisse des Turnhallengebäudes Ersteller: Bauplan Beratende Ingenieure GmbH Stand: 1999
[7]	SAB	RL Energie und Klima 2023 - Merkblatt zu Teil B - Modul II Energieeffizienzmaßnahmen: Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung von Treibhausgasemissionen

2. Objektbeschreibung

Es werden zwei getrennte Gebäude im vorliegenden Dokument betrachtet.

Bei dem betrachteten Schulgebäude handelt es sich um ein unter Denkmalschutz stehendes Objekt, welches 1888 errichtet wurde und in späteren Jahren um einen rückseitig angeordneten Erweiterungsbau ergänzt wurde. Das Gebäude verfügt über zwei Vollgeschosse, eine Unterkellerung und einen weitestgehend ausgebauten Dachraum. Der Dachspitz ist als Kaltdachraum unbeheizt.

Das Objekt ist gemäß den vorliegenden Planunterlagen [5] und den Erkenntnissen aus dem erfolgten Ortstermin in Massivbauweise aus Vollziegelmauerwerk errichtet worden. Die Fenster wurden zuletzt 2015 gegen Elemente mit 2-fach Wärmeschutzverglasung getauscht.

Die nebenstehende Turnhalle wurde 1999/2000 errichtet. Auch dieses Gebäude ist in Mauerwerksbauweise errichtet worden. Die Turnhalle verfügt über den eigentlichen Hallenraum sowie einen angrenzenden eingeschossigen Sanitärbereich. Eine Unterkellerung ist nicht vorhanden.

3. Ortstermin

Der Ortstermin zur Besichtigung des Gebäudes erfolgte am 17.04.2024 durch den Ersteller des vorliegenden Dokuments im Beisein der Auftraggeberschaft. Zum Ortstermin erfolgte eine Inaugenscheinnahme der anlagentechnischen Ausstattung des Gebäudes sowie der Konstruktionsweise und des Zustands der thermischen Gebäudehülle. Die zum Ortstermin gewonnenen Erkenntnisse sind gemeinsam mit den vorliegenden Planungsunterlagen [5], [6] in die energetische Bewertung und die nachstehenden Betrachtungen eingeflossen.

4. Thermische Gebäudehülle

4.1 Aufbau der wärmeübertragenden Umfassungsfläche

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen der thermischen Gebäudehülle werden in die in Anlage 1 und 2 beschriebenen Gruppen gegliedert. Die Schichtenfolge dieser Gruppen ist durch den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit (λ -Wert in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) und die Schichtdicke (d in mm), wobei bei Dämmstoffen und Schüttungen die Nenndicke gilt, charakterisiert. Es werden jeweils nur die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Bauteilschichten beschrieben.

Datengrundlage für die angenommenen Bauteilaufbauten stellen die vorliegenden bauzeitlichen Planungsunterlagen [5] und [6] sowie die Erkenntnisse zum Ortstermin dar.

4.1.1 Außenbauteile Schulgebäude

Die in der vorliegenden Untersuchung angesetzten Außenbauteile des Schulgebäudes werden detailliert in Anlage 1 beschrieben.

4.1.2 Außenbauteile Turnhalle

Die in der vorliegenden Untersuchung angesetzten Außenbauteile der Turnhalle werden detailliert in Anlage 2 beschrieben.

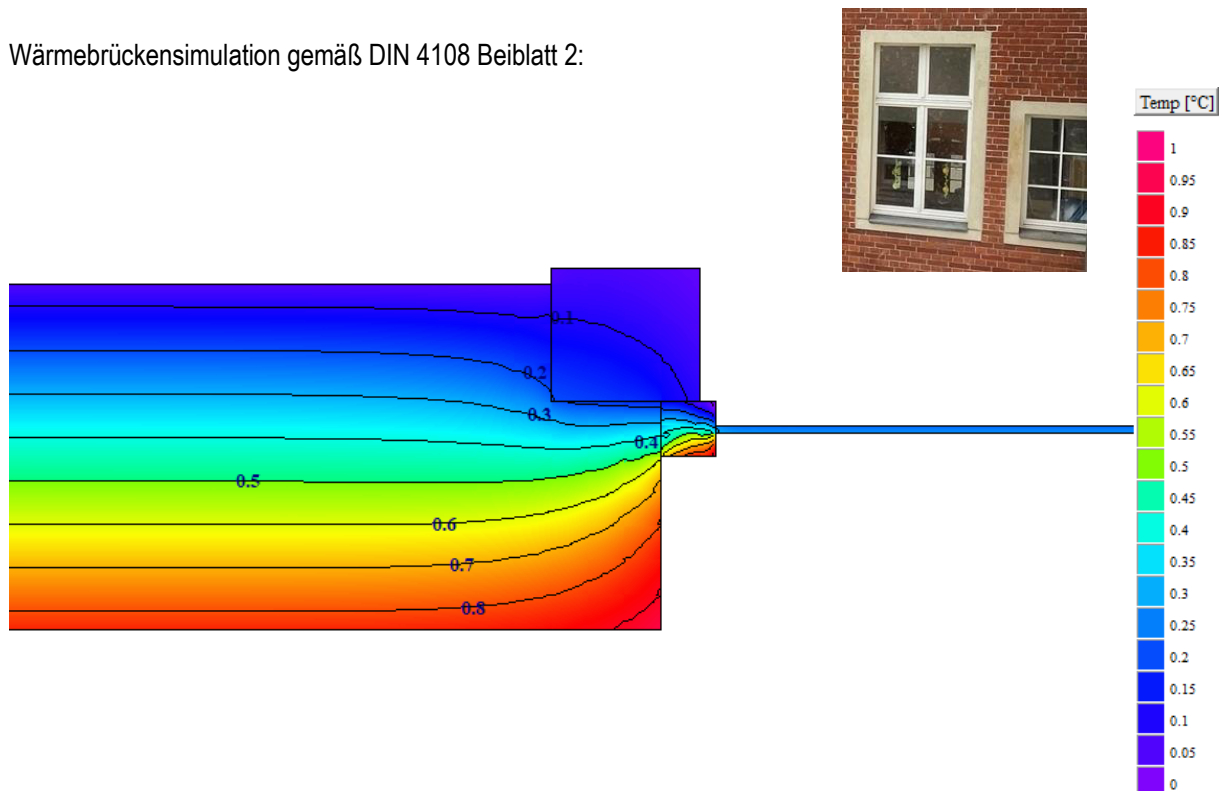
4.2 Luftdichtheit der Gebäudehülle

Zum Ortstermin wurden keine wesentlichen Leckagen festgestellt, welche auf eine erhöhte Luftundichtheit der Gebäudehülle hindeuten würden. Daher und aufgrund der massiven Bauweise des Gebäudes wird zunächst die Luftdichtheitskategorie II nach DIN V 18599-2 [2] ($n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$) angesetzt. Um die Ergebnisse der Bilanzierung mit den gemessenen Verbrauchswerten für die Gebäudebeheizung übereinzubringen werden die Lüftungswärmeverluste weiter reduziert und die Luftdichtheitskategorie I nach DIN V 18599-2 [2] ($n_{50} = 1,0 - 2,6 \text{ h}^{-1}$) in Ansatz gebracht.

4.3 Wärmebrücken

Die Wärmeverluste über die an der thermischen Gebäudehülle befindlichen Wärmebrücken werden in der energetischen Bilanzierung mit $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ berücksichtigt. Hintergrund für den Ansatz dieses reduzierten Wärmebrückenzuschlag ist der verhältnismäßig hohe Anteil der Wärmeverluste über die ungestörten Bereiche der ungedämmten Außenbauteile. Hier ist davon auszugehen, dass der Anteil der Wärmebrückenverluste am gesamten Transmissionswärmeverlust eher untergeordnet ausfällt. Eine abschätzende Wärmebrückensimulation für den Fensterlaibungsbereich bestätigt diesen Ansatz.

Wärmebrückensimulation gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:



errechneter psi-Wert:

$$\psi = -0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

erforderlicher psi-Wert für reduzierten Wärmebrückenzuschlag:

$$\psi_{ref,det} \leq 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} \quad \checkmark$$

4.4 Wärmeverluste über die thermische Gebäudehülle

Basis für die Bewertung der thermischen Gebäudehülle ist die energetische Bilanzierung der beiden Bestandsgebäude nach DIN V 18599 [2]. Dies ist in der Anlage 1 und 2 des vorliegenden Dokuments beigefügt.

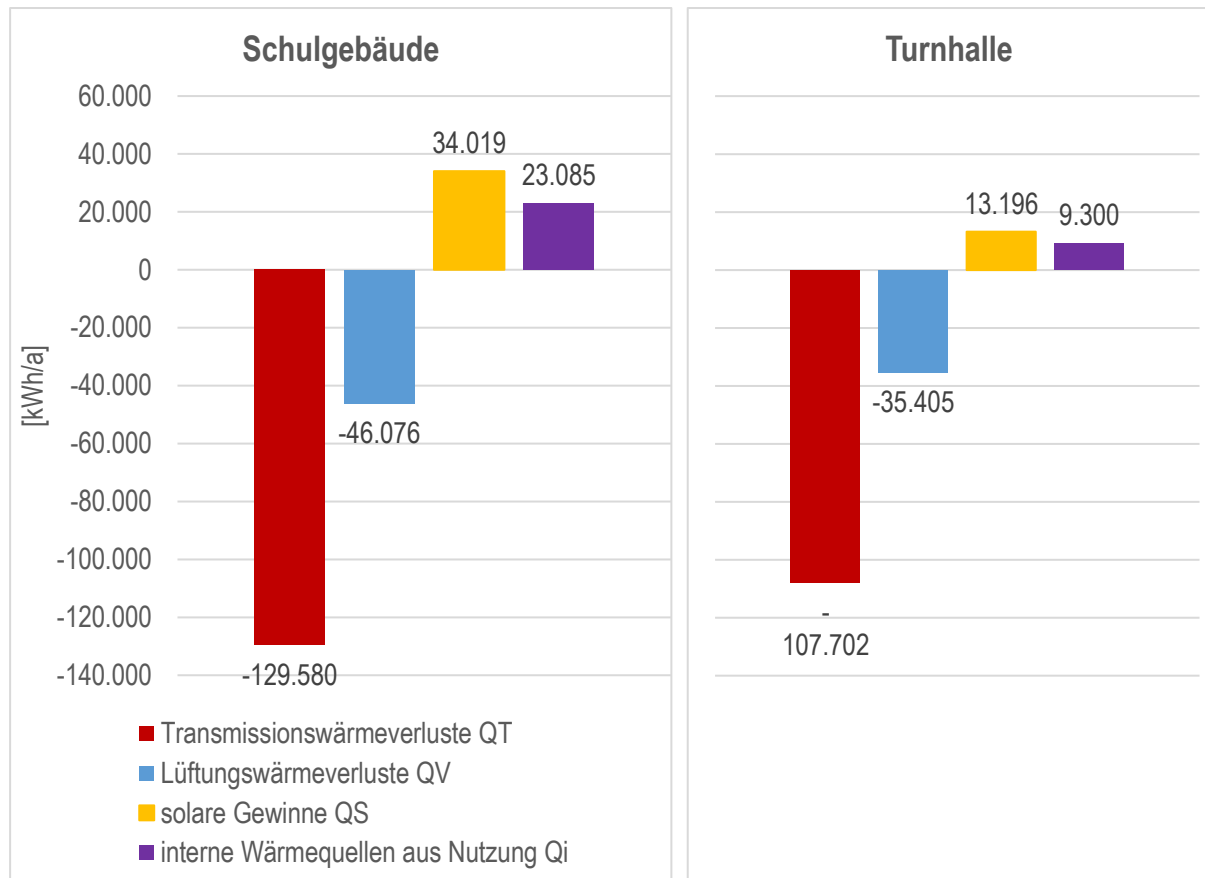


Abb. 01: Vergleich der resultierenden Wärmeverluste und Wärmegewinne über die Gebäudehülle

Mit Blick auf die angestrebte Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudes zeigt sich im Vergleich der Wärmeverluste und -gewinne in der Jahresbilanz, dass lediglich rund 30 % (Schule) bzw. 15 % (Turnhalle) der Wärmeverluste über interne und solare Gewinne kompensiert werden können (s. Abb. 1).

Betrachtet man nun die verschiedenen Wärmeverluste über die Gebäudehülle in Abbildung 2 wird deutlich, dass über 65 % der Verluste über die Außenbauteile abgegeben werden. Dagegen ordnen sich die punktuellen Wärmeverluste über Wärmebrücken sowie die Lüftungswärmeverluste über ungeplante Leckagen unter. Die nutzungsbedingten Lüftungswärmeverluste über die freie Fensterlüftung lassen sich durch bauliche Maßnahmen nicht weiter senken.

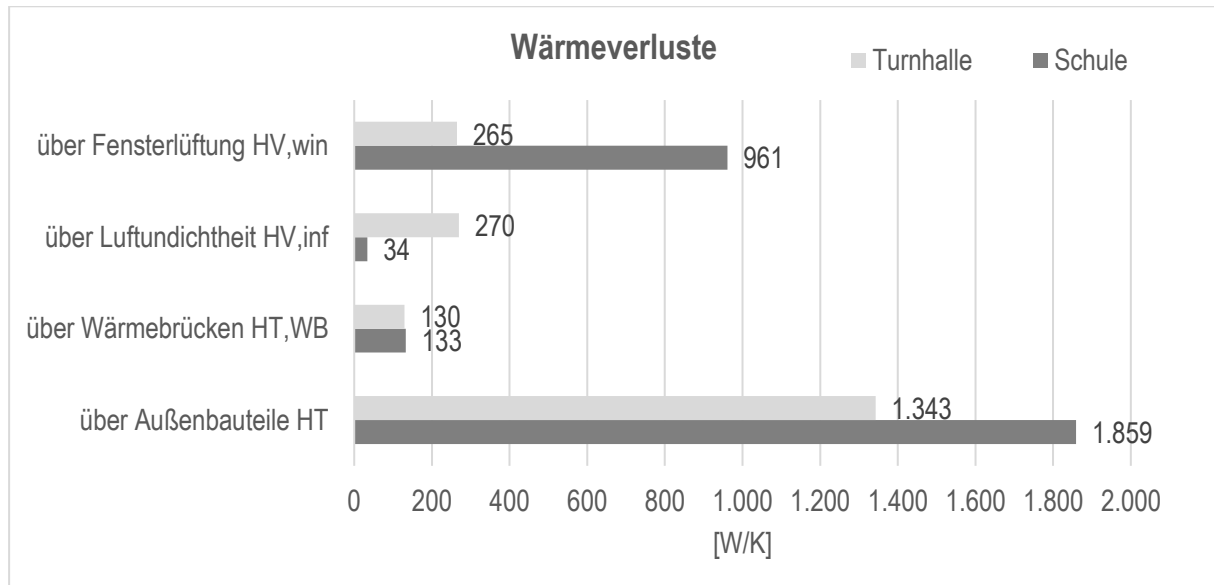


Abb. 02: Gegenüberstellung der verschiedenen Wärmeverluste über die Gebäudehülle

Innerhalb der Wärmeverluste über die Außenbauteile ist das größte Potential zur Senkung der Transmissionswärmeverluste in der Verbesserung des Dämmstandards der Außenwände zu sehen. Diese machen aufgrund ihres hohen Flächenanteils und der geringen wärmeschutztechnischen Qualität bei dem Schulgebäude mehr als 1/3 und bei der Turnhalle 2/3 der Transmissionswärmeverluste aus (s. Abb. 3a und 3b), weshalb eine Sanierung dieser Bauteilgruppen aus energetischer Sicht empfohlen werden kann. Gemäß Aufgabenstellung ist hier jedoch derzeit keine bauliche Sanierung der betreffenden Bauteile geplant, sodass dies im Vorliegenden nicht weiterverfolgt wird. Es soll an dieser Stelle jedoch hinsichtlich des hohen energetischen Einsparpotentials sensibilisiert werden, welches sich unter Umständen durch entsprechende denkmalverträgliche Dämmmaßnahmen umsetzen ließe.

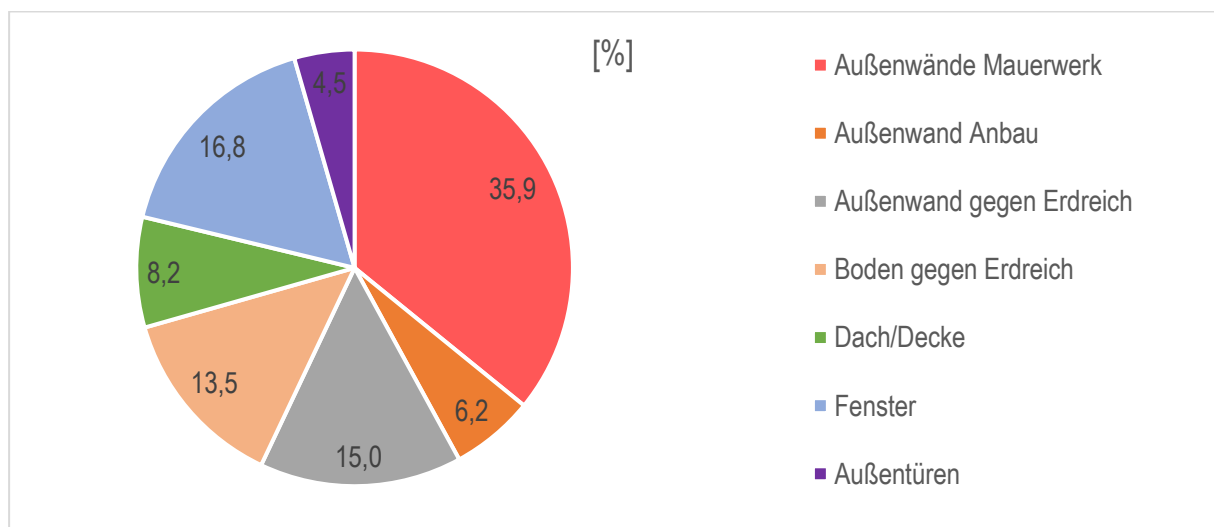


Abb. 3a: prozentuale Verteilung der Wärmeverluste über die Außenbauteile am Schulgebäude

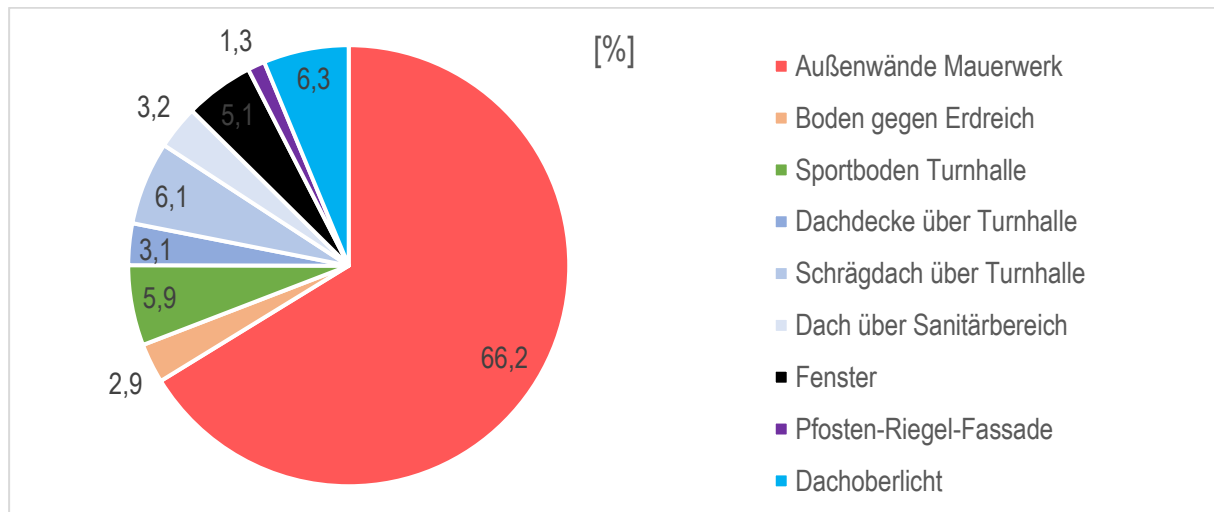


Abb. 3b: prozentuale Verteilung der Wärmeverluste über die Außenbauteile an der Turnhalle

5. Anlagentechnik

5.1 Beheizung

Beide Gebäude werden im Bestand wärmeerzeugungsseitig über gasbetriebene Brennwertkessel versorgt. Gemäß aktuellem Feuerstättenbescheid beträgt die Heizleistung der Kessel

- in der Schule 168 kW
- in der Turnhalle 69,5 kW

Die erzeugte Heizwärme wird entsprechend über Heizkreise im Schulgebäude verteilt und über Heizkörper an die Räume übergeben. In der Turnhalle erfolgt die Übergabe in den Sanitärräumen ebenfalls über Heizflächen und in der Halle über eine Fußbodenheizung im Sportboden.

Entsprechend der Heizwärmeerzeugung und Übergabe erfolgt die Heizwärmeverteilung bei entsprechend hohen Vor- und Rücklauftemperaturen. Mit dem Ziel der angestrebten Energieeffizienzsteigerung wird aus energetischer Sicht empfohlen, die mit fossilen Energien versorgten Wärmeerzeuger durch regenerative Systeme teilweise oder ganzheitlich zu ersetzen.

5.2 Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung im Schulgebäude erfolgt dezentral über Durchlauferhitzer oder Boiler. Der Warmwasserbedarf ist entsprechend gering, sodass hier kein energetischer Sanierungsbedarf besteht.

In der Turnhalle wird das für die Duschen benötigte Warmwasser zentral über den Brennwertkessel mit erzeugt.

5.3 technische Kühlung

Eine technische Kühlung aus Komfortgründen zur Verbesserung der thermischen Behaglichkeit im Sommer erfolgt in beiden Gebäuden nicht.

Hinweis: Die Kühlung von prozessbedingten Serverräumen o.ä. werden gemäß des Betrachtungshorizonts der DIN V 18599 [2] und des GEG [4] nicht in der energetischen Bilanzierung berücksichtigt.

5.4 maschinelle Belüftung

Eine mechanische Belüftung ist im Bestand nicht vorhanden.

5.5 Beleuchtung

Bei der Beleuchtung im Gebäude handelt es sich bereits um Anlagen mit LED-Leuchtmitteln.

6. Energetische Bilanz Bestand

Aufgrund der konkreten Zielstellung erfolgt im vorliegenden Fall eine Anpassung der Nutzungsrandbedingungen der in der energetischen Bilanzierung angesetzten Nutzungsprofile nach DIN V 18599. Dies erfolgt mit Blick auf die tatsächliche Nutzung derart, dass eine annähernde Vergleichbarkeit der berechneten Bedarfswerte mit den durch die Auftraggeberschaft zur Verfügung gestellten Verbrauchswerten möglich wird. Anzumerken ist, dass aufgrund des Nutzer- und Witterungseinflusses, möglicherweise vorhandener baulicher und anlagentechnischer Mängel sowie systematischer Abweichungen stets Abweichungen zwischen berechnetem Bedarf und gemessenen Verbrauch auftreten. Die hier erzielte Abweichung der Gasfeuerung von rund 15 % liegt dabei im hinnehmbaren Bereich.

Verbrauchsdaten:

	Verbrauch Schulgebäude	
	Strom	Gas
2023	20.201 kWh	138.510 kWh
2022	26.319 kWh	175.746 kWh
2021	22.167 kWh	133.619 kWh
2020	19.050 kWh	123.345 kWh
<i>Mittelwert</i>	<i>21.934 kWh</i>	<i>142.805 kWh</i>

Gemäß der energetischen Bilanzierung des Bestandsgebäudes in Anlage 1 und 2 ergeben sich folgende energetische Kennwerte nach DIN V 18599:

	<i>Schulgebäude</i>	<i>Turnhalle</i>
<u>Heizwärmebedarf:</u>	67,6 kWh/(m²·a)	240,3 kWh/(m²·a)
<u>Endenergiebedarf:</u>		
Heizwärme (Energieträger Gas):	166.240 kWh/a	161.207 kWh/a
Warmwasserbereitung (Energieträger Gas):	-	9.845 kWh/a
Warmwasserbereitung (Energieträger Strom):	13.387 kWh/a	-
Beleuchtung (Energieträger Strom):	4.465 kWh/a	4.539 kWh/a
Hilfsenergie (Energieträger Strom):	3.489 kWh/a	3.606 kWh/a
<u>Primärenergiebedarf:</u>	107,8 kWh/(m²·a)	357,0 kWh/(m²·a)

Treibhausgasemissionen mit Emissionsfaktoren nach GEG (s. Anlage 1):

	Schulgebäude	Turnhalle
absolut:	47.894 kg _{CO2} /a	41.545 kg _{CO2} /a
spezifisch:	25,4 kg _{CO2} /(m ² ·a)	80,5 kg _{CO2} /(m ² ·a)

Treibhausgasemissionen mit Emissionsfaktoren nach Förderrichtlinie [7]:

	Schulgebäude	Turnhalle
absolut:	44.042 kg _{CO2} /a	38.438 kg _{CO2} /a
spezifisch:	23,4 kg _{CO2} /(m ² ·a)	74,5 kg _{CO2} /(m ² ·a)

Schulgebäude:

Energieträger	CO ₂ -Faktor des Energieträgers [g/kWh]	Endenergieeinsatz vor der Maßnahme [kWh/a]	Treibhausgas-Emissionen vor der Maßnahme in CO ₂ -Äquivalenten [kg/a]
Strom - Bezug allgemein	498	21.341	10.627,8
Strom - Eigenverbrauch von erneuerbaren ¹	0	0	-
Strom - Umstellung von bisher fossilen Energieträger ²	150	0	-
Heizöl, leicht	266	0	-
Erdgas H - Heizwert Hi	201	166.240	33.414,2
Flüssiggas	239	0	-
Braunkohle	381	0	-
Steinkohle	338	0	-
Biomasse auf Holzbasis, trocken	388	0	-
Biogas - Bezug allgemein	326	0	-
Biogas - Eigenverbrauch von erneuerbaren ¹	152	0	-
Summe		187581	44042,1

Turnhalle:

Energieträger	CO ₂ -Faktor des Energieträgers [g/kWh]	Endenergieeinsatz vor der Maßnahme [kWh/a]	Treibhausgas-Emissionen vor der Maßnahme in CO ₂ -Äquivalenten [kg/a]
Strom - Bezug allgemein	498	8.145	4.056,2
Strom - Eigenverbrauch von erneuerbaren ¹	0	0	-
Strom - Umstellung von bisher fossilen Energieträger ²	150	0	-
Heizöl, leicht	266	0	-
Erdgas H - Heizwert Hi	201	171.052	34.381,5
Flüssiggas	239	0	-
Braunkohle	381	0	-
Steinkohle	338	0	-
Biomasse auf Holzbasis, trocken	388	0	-
Biogas - Bezug allgemein	326	0	-
Biogas - Eigenverbrauch von erneuerbaren ¹	152	0	-
Summe		179197	38437,7

7. Vorschlag energetische Sanierung

Wie bereits im Vorstehenden beschrieben, ist die angestrebte Verbesserung der Energieeffizienz und Senkung der betriebsbedingten Treibhausgasemissionen durch eine dämmtechnische Ertüchtigung der thermischen Hülle und Erneuerung anlagentechnischer Komponenten mit Einsatz regenerativer Energien anzustreben. Da gemäß Aufgabenstellung die Sanierung der thermischen Gebäudehülle nicht Gegenstand der vorliegenden Betrachtung ist, werden im Nachstehenden lediglich anlagentechnischen Sanierungsvarianten untersucht, in welchen ein zielführendes Verbesserungspotential gesehen wird.

7.1 Beheizung

Um die angestrebte Senkung der Treibhausgasemissionen im Betrieb der Gebäude zu erreichen, ist die Einbindung regenerativer Energien notwendig. Im Sinne einer wirtschaftlichen Sanierungsvariante wird für beide Gebäude der Einsatz verschiedener Wärmepumpenlösungen untersucht. Dabei werden sowohl Luft-Wasser-Wärmepumpen als auch Geothermie-Lösungen in unterschiedlichen Betriebsweisen betrachtet. Je nach Variante wird zudem der Einsatz eines gasbetriebenen Spitzlast-Heizkessels berücksichtigt.

Bei der überschlägigen Vorabschätzung der Geothermie-Varianten wurde von einer thermischen Entzugsleistung von 50 W/m und 100 m Bohrpfahllänge ausgegangen. Diese Annahmen ersetzen keine Fachplanung. Sofern die Varianten weiter verfolgt werden sollen ist eine entsprechende Fachplanung hierzu erforderlich.

Folgende Varianten werden untersucht:

Schulgebäude:

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	Vorlauftemperatur	PV-Anlage
1a	30 kW Luft-Wasser-WP	Gas-Brennwertkessel	50 °C	ohne
1b				28 kW _{peak}
2a	40 kW Geothermie-WP (Annahme: 8 Bohrpfähle)	elektr. Heizstab		ohne
2b				28 kW _{peak}
3a	30 kW Geothermie-WP (Annahme: 6 Bohrpfähle)	Gas-Brennwertkessel		ohne
3b				28 kW _{peak}

Turnhalle:

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	Vorlauftemperatur	PV-Anlage
1a	20 kW Luft-Wasser-WP	Gas-Brennwertkessel	35 °C	ohne
1b				45 kW _{peak}
2a	35 kW Geothermie-WP (Annahme: 7 Bohrpfähle)	elektr. Heizstab		ohne
2b				45 kW _{peak}
3a	20 kW Geothermie-WP (Annahme: 4 Bohrpfähle)	Gas-Brennwertkessel		ohne
3b				45 kW _{peak}

Die Vorabschätzung der angegebenen Heizleistung der jeweiligen Wärmepumpen erfolgte anhand von Simulationen zur Bedarfsdeckung [3] mit Kopplung an die energetische Bilanzierung nach DIN V 18599. Hierbei können die am Standort zu erwartenden Umwelttemperaturen entsprechend berücksichtigt werden und die Jahresarbeitszahlen entsprechend simuliert werden. Die Vordimensionierung der Wärmepumpen erfolgte dabei derart, dass die simulierte Jahresarbeitszahl bei JAZ ~ 3 liegt.

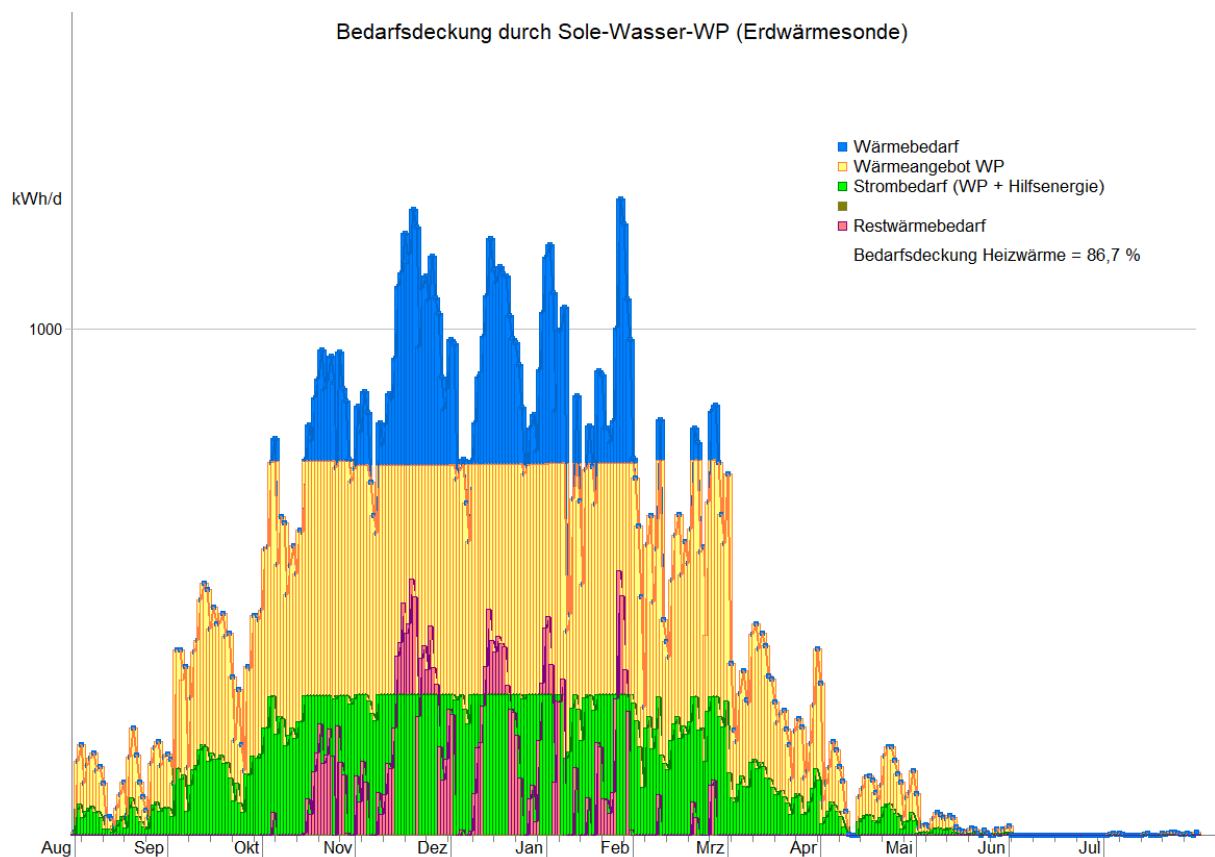


Abb. 4: Simulation für Schulgebäude mit Geothermienutzung (beispielhaft)

Um die notwendige Reduzierung der Systemtemperaturen umzusetzen sind folgende Ansätze im Weiteren zu verfolgen:

- Anpassung von Größe/Anzahl der Heizkörper im Gebäude
- Durchführung eines hydraulischen Abgleichs, Abgleich des Rohrnetzes für die Heizwärmeverteilung
- ggf. Verbesserung des Dämmstandards der thermischen Gebäudehülle (*aktuell nicht vorgesehen*)

In den Varianten mit bivalentem Betrieb der Wärmepumpe in Kombination mit einem gasbetriebenen Spitzenlastkessel sollte die Hybridwärmepumpe im Sinne der Senkung der betriebsbedingten Treibhausgasemissionen so gesteuert werden, dass der Gaskessel nur dann betrieben wird, wenn die resultierenden CO₂-Emissionen der Wärmepumpe höher sind als die, welche aus dem Betrieb des Spitzenlastkessels resultieren.

Im langfristigen Ausblick ist durch den prognostizierten Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien im Stromnetz und dem damit einhergehenden „klimaneutralen“ Strom eine monoenergetische Betriebsweise der Wärmepumpe ohne den Einsatz fossiler Energien vorzuziehen. Bei einer darauf abgestimmten Marktpreisgestaltung von Strom und Gas wäre diese Betrachtung auch aus wirtschaftlicher Sicht nachzuvollziehen. Als Voraussetzung ist jedoch hier die Ertüchtigung der thermischen Gebäudehülle zu berücksichtigen sowie die Verlässlichkeit bezüglich des Ausbaus der regenerativen Energien im bundesdeutschen Strom-Mix.

In beiden Betrachtungsvarianten wird der Einsatz eines Pufferspeichers in der energetischen Bilanzierung angesetzt. Diese wird unter anderem benötigt, um unterschiedliche Volumenströme im Wärmepumpenkreis und im Heizkreis hydraulisch zu entkoppeln und eine zu unnötig hohe Taktung der Wärmepumpe zu vermeiden. Darüber hinaus könnte der Pufferspeicher in Kombination mit einer PV-Anlage (s. Abschnitt 7.2) zur Speicherung überschüssiger am Gebäude erzeugter Energie genutzt werden.

7.2 PV-Anlage

Als zweite Komponente zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz wird der Einsatz einer PV-Anlage vorgeschlagen. Nach auftraggeberseitiger Auskunft wird eine Aufdach-Installation von PV-Modulen auf Teilflächen der Dächer als möglich erachtet.

In der hier geführten Betrachtung werden in Abhängigkeit von Dachneigung, -orientierung und -fläche folgende Anzahl von PV-Modulen berücksichtigt:

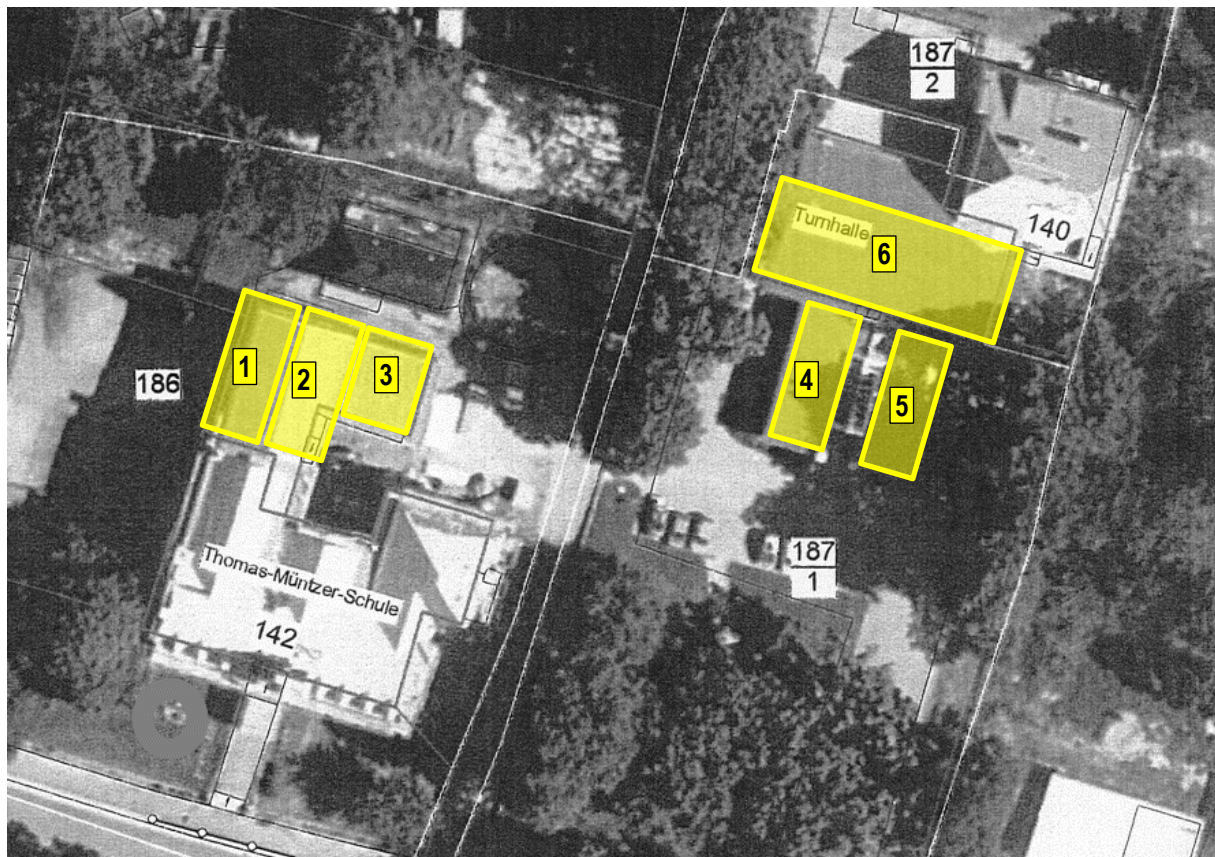


Abb. 5: Auszug interner Lageplan [5] mit schematischer Darstellung der angesetzten Anzahl an PV-Modulen

Nr.	Orientierung	Neigung	Geschätzte Anzahl der Module	Peak-Leistung bei 400 $W_{peak}/Modul$	Jahresertrag nach DIN V 18599
1	West	15°	28	11,2 kW _{peak}	7.224 kWh/a
2	Ost	15°	28	11,2 kW _{peak}	7.760 kWh/a
3	Süd	10°	15	6,0 kW _{peak}	4.267 kWh/a
4	West	20°	32	12,8 kW _{peak}	8.256 kWh/a
5	Ost	20°	32	12,8 kW _{peak}	8.869 kWh/a
6	Süd	34°	112	44,8 kW _{peak}	36.182 kWh/a

Die Ermittlung des angegebenen PV-Ertrags erfolgt auf Basis der ermittelten Leistung für die einzelnen Teilflächen 1 bis 6 und der darauf abgeschätzten Anzahl der PV-Module (à 400 $W_{peak}/Modul$) nach DIN V 18599. Die möglichen „PV-Flächen“ 4 und 5 werden vorerst nicht berücksichtigt, das sich in der Vorbetrachtung gezeigt hat, dass aufgrund der Größe der PV-Anlage ein hoher Anteil des erzeugten Stroms nicht im Gebäude genutzt wird sondern eingespeist werden würde.

8. Energetische Bilanz Sanierungsvarianten

8.1 Schulgebäude

Variantenübersicht:

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	Vorlauftemperatur	PV-Anlage
1a	30 kW Luft-Wasser-WP	Gas-Brennwertkessel	50 °C	ohne
1b				28 kW _{peak}
2a	40 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab		ohne
2b				28 kW _{peak}
3a	30 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwertkessel		ohne
3b				28 kW _{peak}

Gemäß den energetischen Bilanzierungen der Sanierungsvarianten (s. Anlage 2f.) ergeben sich folgende energetische Kennwerte nach DIN V 18599:

	a) Erneuerung Wärmeerzeugung	b) Wärmeerzeug. + PV-Anlage
Variante 1	$Q_{E,Strom} = 71.528 \text{ kWh/a}$	$Q_{E,Strom} = 55.512 \text{ kWh/a}$
	$Q_{E,Gas} = 41.780 \text{ kWh/a}$	$Q_{E,Gas} = 41.780 \text{ kWh/a}$
	$Q_P = 90,3 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$	$Q_P = 75,0 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$
	$m_{CO_2,SAB} = 26.469 \text{ kg}_{CO_2}$	$m_{CO_2,SAB} = 18.492 \text{ kg}_{CO_2}$
	CO ₂ -Reduzierung = 40 %	CO ₂ -Reduzierung = 58 %
	EE-Steigerung = 40 %	EE-Steigerung = 48 %
Variante 2	$Q_{E,Strom} = 76.138 \text{ kWh/a}$	$Q_{E,Strom} = 60.006 \text{ kWh/a}$
	$Q_P = 72,7 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$	$Q_P = 57,3 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$
	$m_{CO_2,SAB} = 21.096 \text{ kg}_{CO_2}$	$m_{CO_2,SAB} = 13.062 \text{ kg}_{CO_2}$
	CO ₂ -Reduzierung = 52 %	CO ₂ -Reduzierung = 70 %
	EE-Steigerung = 59 %	EE-Steigerung = 68 %
Variante 3	$Q_{E,Strom} = 68.686 \text{ kWh/a}$	$Q_{E,Strom} = 52.454 \text{ kWh/a}$
	$Q_{E,Gas} = 21.624 \text{ kWh/a}$	$Q_{E,Gas} = 21.624 \text{ kWh/a}$
	$Q_P = 77,0 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$	$Q_P = 61,5 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$
	$m_{CO_2,SAB} = 24.858 \text{ kg}_{CO_2}$	$m_{CO_2,SAB} = 16.775 \text{ kg}_{CO_2}$
	CO ₂ -Reduzierung = 44 %	CO ₂ -Reduzierung = 62 %
	EE-Steigerung = 52 %	EE-Steigerung = 61 %

$Q_{E,Strom}$... Endenergiebedarf Strom

$Q_{E,Gas}$... Endenergiebedarf Gas

Q_P ... Primärenergiebedarf

$m_{CO_2,SAB}$... betriebsbedingte Treibhausgasemissionen

CO_2 -Reduzierung ... Verringerung der Treibhausgas-Emissionen gemäß SAE 501 [7]

EE-Steigerung ... Steigerung der Endenergieeffizienz gemäß SAE 501 [7]

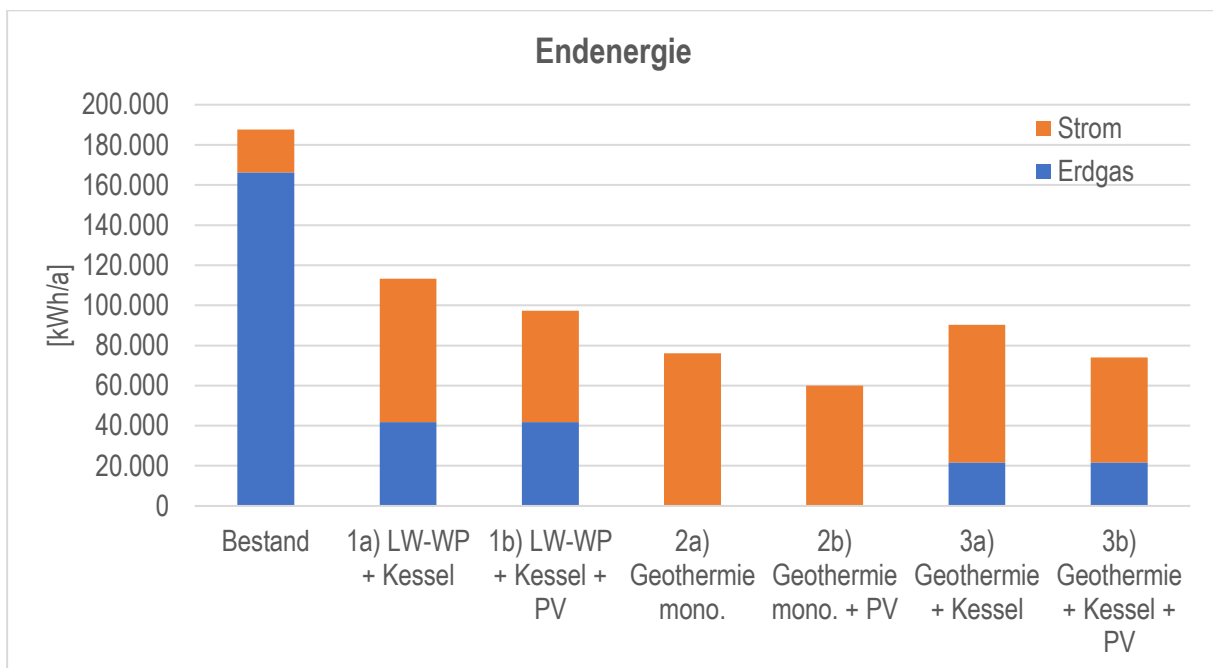


Abb. 06: Endenergiebedarf der einzelnen Betrachtungsvarianten

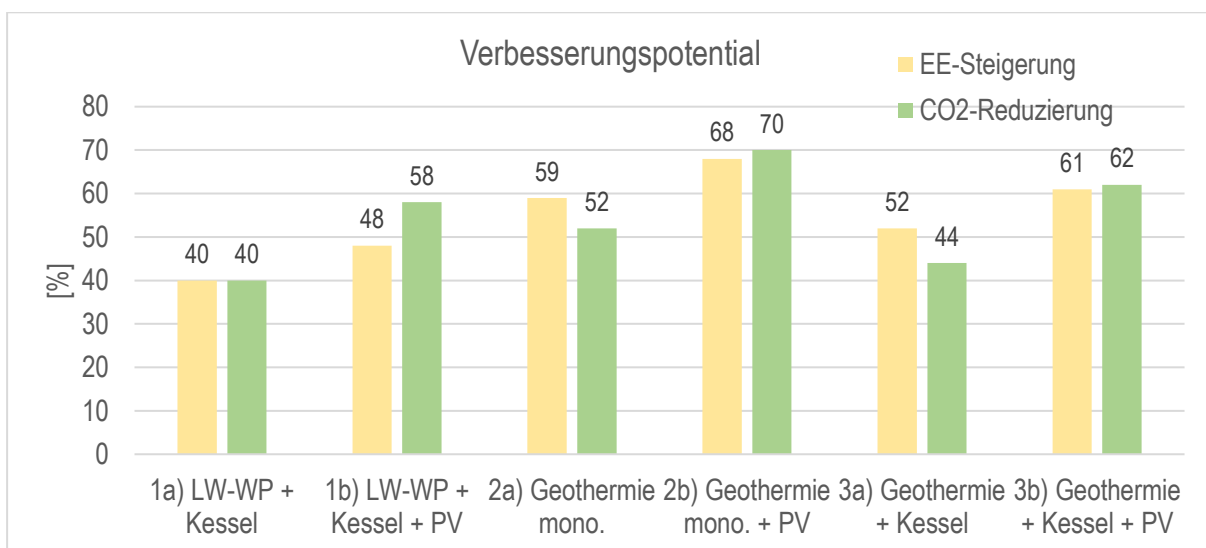


Abb. 07: Energieeffizienzsteigerung und CO₂-Einsparung nach SAE 501 [7] gegenüber Bestand

8.2 Turnhalle

Variantenübersicht:

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	Vorlauftemperatur	PV-Anlage
1a	20 kW Luft-Wasser-WP	Gas-Brennwertkessel	35 °C	ohne
1b				45 kW _{peak}
2a	35 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab		ohne
2b				45 kW _{peak}
3a	20 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwertkessel		ohne
3b				45 kW _{peak}

Gemäß den energetischen Bilanzierungen der Sanierungsvarianten (s. Anlage 2f.) ergeben sich folgende energetische Kennwerte nach DIN V 18599:

	a) Erneuerung Wärmeerzeugung	b) Wärmeerzeug. + PV-Anlage
Variante 1 (JAZ _{sim} = 2,38)	Q _{E,Strom} = 41.831 kWh/a	Q _{E,Strom} = 18.470 kWh/a
	Q _{E,Gas} = 62.213 kWh/a	Q _{E,Gas} = 62.213 kWh/a
	Q _P = 265,5 kWh/(m²·a)	Q _P = 183,9 kWh/(m²·a)
	m _{CO2,SAB} = 22.899 kg _{CO2}	m _{CO2,SAB} = 15.723 kg _{CO2}
	CO ₂ -Reduzierung = 40 %	CO ₂ -Reduzierung = 59 %
	EE-Steigerung = 40 %	EE-Steigerung = 53 %
Variante 2 (JAZ _{sim} = 3,87)	Q _{E,Strom} = 52.465 kWh/a	Q _{E,Strom} = 33.166 kWh/a
	Q _P = 183,1 kWh/(m²·a)	Q _P = 115,7 kWh/(m²·a)
	m _{CO2,SAB} = 11.581 kg _{CO2}	m _{CO2,SAB} = 4.975 kg _{CO2}
	CO ₂ -Reduzierung = 70 %	CO ₂ -Reduzierung = 87 %
	EE-Steigerung = 71 %	EE-Steigerung = 81 %
Variante 3 (JAZ _{sim} = 3,64)	Q _{E,Strom} = 39.347 kWh/a	Q _{E,Strom} = 19.615 kWh/a
	Q _{E,Gas} = 46.459 kWh/a	Q _{E,Gas} = 46.459 kWh/a
	Q _P = 226,5 kWh/(m²·a)	Q _P = 157,7 kWh/(m²·a)
	m _{CO2,SAB} = 19.468 kg _{CO2}	m _{CO2,SAB} = 12.281 kg _{CO2}
	CO ₂ -Reduzierung = 49 %	CO ₂ -Reduzierung = 68 %
	EE-Steigerung = 52 %	EE-Steigerung = 63 %

$Q_{E,Strom}$... Endenergiebedarf Strom

$Q_{E,Gas}$... Endenergiebedarf Gas

Q_P ... Primärenergiebedarf

$m_{CO_2,SAB}$... betriebsbedingte Treibhausgasemissionen

CO_2 -Reduzierung ... Verringerung der Treibhausgas-Emissionen gemäß SAE 501 [7]

EE-Steigerung ... Steigerung der Endenergieeffizienz gemäß SAE 501 [7]

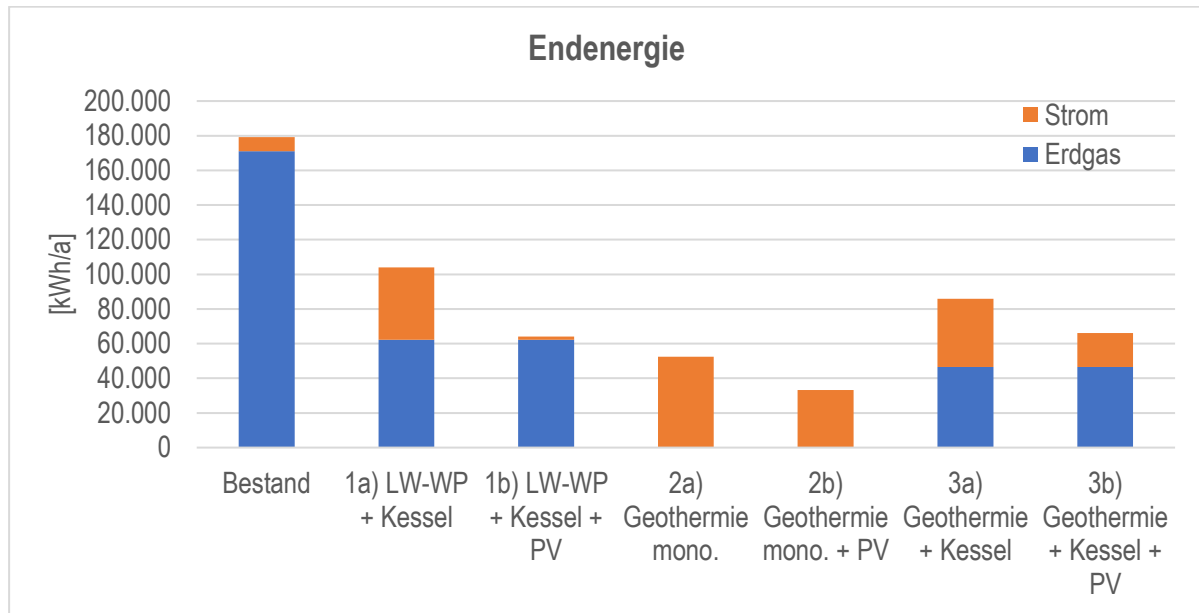


Abb. 08: Endenergiebedarf der einzelnen Betrachtungsvarianten

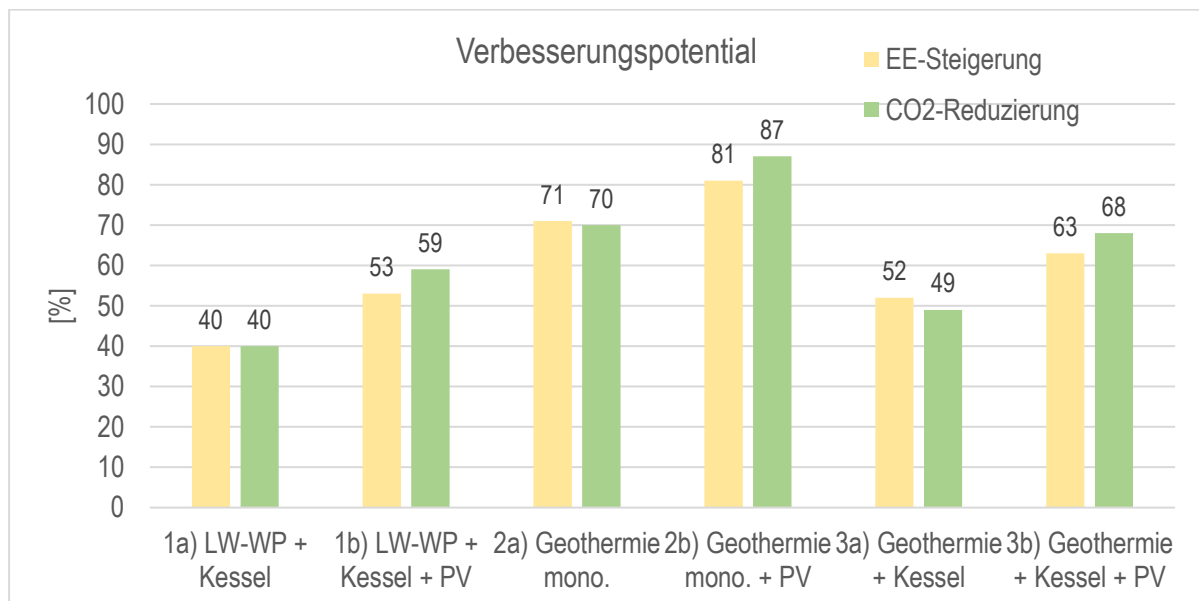


Abb. 09: Energieeffizienzsteigerung und CO_2 -Einsparung nach SAE 501 [7] gegenüber Bestand

8.3 Zwischenfazit

Es zeigt sich, dass mit den vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz der beiden untersuchten Gebäude sowie eine entsprechende Senkung der betriebsbedingten CO₂-Emissionen erzielt werden kann. Bereits bei Einsatz einer Hybridwärmepumpe und partiellem Erhalt der Erdgasnutzung (Variante 1a) kann der Endenergiebedarf durch die Einbindung der Umweltwärme aus der Wärmepumpennutzung um 40 % gegenüber der Bestandssituation gesenkt werden. Der Einsatz einer Wärmepumpe mit Geothermienutzung, sowohl mit als auch ohne gasbefeuelten Spitzenlastkessel führt zu einer entsprechend weiteren Steigerung der Energieeffizienz (s. Abb. 7).

Durch die Einbindung der hier angesetzten PV-Anlage (s. Abschnitt 7.2) kann durch den wärmepumpenbedingten Strombedarf die Energieeffizienz weiter verbessert werden.

Mit dieser Energieeffizienzsteigerung geht auch eine entsprechend hohe Reduzierung der betriebsbedingten CO₂-Emissionen einher. Dabei sind erwartungsgemäß die umfangreichsten CO₂-Reduzierungen bei Verzicht fossiler Energien möglich.

9. Kostenrahmen

Für die vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen erfolgt eine Ermittlung des erwartbaren Kostenrahmens auf Basis von projektspezifischen Erfahrungswerten und Informationen aus Preisdatenbanken (02/24). Hierbei sind aufgrund regional und konjunkturell bedingter Schwankungen entsprechende Abweichungen möglich.

9.1 Schulgebäude

Titel	Leistung	Betrag
Baustelleneinrichtung		
01.01.1	Baustelleneinrichtung	10.000,00 €
01.01.2	Gerüst einschließlich Vorhaltung	12.600,00 €
<u>Summe</u>	01 Baustelleneinrichtung	22.600,00 €
Heizungstechnik		
01.02.1	Rückbau und Entsorgung Bestandskessel	2.500,00 €
01.02.2	Luft-Wasser-Wärmepumpe 30 kW	50.000,00 €
01.02.3	Sole-Wasser-Wärmepumpe 40 kW mit elektrischer Nachheizung inkl. Sondenbohrung (8 x 100 m)	150.000,00 €
01.02.4	Sole-Wasser-Wärmepumpe 30 kW inkl. Sondenbohrung (6 x 100 m)	110.000,00 €
01.02.5	Gas-Brennwertkessel (Spitzenlast-Kessel)	10.000,00 €
01.02.6	Reserve für HK-Anpassung	20.000,00 €
01.02.7	Pufferspeicher 1000 l	2.000,00 €
01.02.8	Druckhaltung/Nachspeisung	3.000,00 €
01.02.9	Ergänzung Rohrleitung (inkl. Dämmung und Armaturen)	1.800,00 €
01.02.10	Regelung/Steuerung	2.000,00 €
01.02.11	Spülen und Füllen Heizungsnetz	800,00 €
01.02.12	Einregulierung und Inbetriebnahme	500,00 €
01.02.13	Montage und Inbetriebnahme	8.000,00 €
<u>Summe</u>	Heizungstechnik	360.600,00 €
PV-Anlage		
01.03.1	PV-Anlage, 28 kW peak, ohne Speicher inkl. Wechselrichter, Tragsystem, Verkabelung, Solarmodule	56.000,00 €
<u>Summe</u>	PV-Anlage	56.000,00 €
Baunebenkosten		
02.01.1	Kosten für Gebühren, Gutachten, Honorare u.ä. Annahme: ca. 25 % der Kosten KG 400	62.500,00 €
<u>Summe</u>	Baunebenkosten	62.500,00 €

9.2 Turnhalle

Titel	Leistung	Betrag
	Baustelleneinrichtung	
01.01.1	Baustelleneinrichtung	10.000,00 €
01.01.2	Gerüst einschließlich Vorhaltung	6.600,00 €
<u>Summe</u>	01 Baustelleneinrichtung	16.600,00 €
	Heizungstechnik	
01.02.1	Rückbau und Entsorgung Bestandskessel	2.500,00 €
01.02.2	Luft-Wasser-Wärmepumpe 20 kW	40.000,00 €
01.02.3	Sole-Wasser-Wärmepumpe 35 kW mit elektrischer Nachheizung inkl. Sondenbohrung (7 x 100 m)	135.000,00 €
01.02.4	Sole-Wasser-Wärmepumpe 20 kW inkl. Sondenbohrung (4 x 100 m)	80.000,00 €
01.02.5	Gas-Brennwertkessel (Spitzenlast-Kessel)	10.000,00 €
01.02.6	Reserve für HK-Anpassung	20.000,00 €
01.02.7	Pufferspeicher 1000 l	2.000,00 €
01.02.8	Druckhaltung/Nachspeisung	3.000,00 €
01.02.9	Ergänzung Rohrleitung (inkl. Dämmung und Armaturen)	1.800,00 €
01.02.10	Regelung/Steuerung	2.000,00 €
01.02.11	Spülen und Füllen Heizungsnetz	800,00 €
01.02.12	Einregulierung und Inbetriebnahme	500,00 €
01.02.13	Montage und Inbetriebnahme	8.000,00 €
<u>Summe</u>	Heizungstechnik	305.600,00 €
	PV-Anlage	
01.03.1	PV-Anlage, 45 kW peak, ohne Speicher inkl. Wechselrichter, Tragsystem, Verkabelung, Solarmodule	90.000,00 €
<u>Summe</u>	PV-Anlage	90.000,00 €
	Baunebenkosten	
02.01.1	Kosten für Gebühren, Gutachten, Honorare u.ä. Annahme: ca. 25 % der Kosten KG 400	62.500,00 €
<u>Summe</u>	Baunebenkosten	62.500,00 €

9.3 Kostenrahmenübersicht

9.3.1 Schulgebäude

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	PV-Anlage	Kosten mit Sicherheitszuschlag* inkl. MwSt.
1a	30 kW Luft-Wasser-WP	Gas-Brennwertkessel	ohne	226.587,90 €
1b			28 kW _{peak}	316.385,30 €
2a	40 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab	ohne	344.397,90 €
2b			28 kW _{peak}	434.195,30 €
3a	30 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwertkessel	ohne	305.127,90 €
3b			28 kW _{peak}	394.925,30 €

*inkl. 10 % Sicherheitszuschlag für Unvorhergesehenes nach Abstimmung mit AG

9.3.2 Turnhalle

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	PV-Anlage	Kosten mit Sicherheitszuschlag* inkl. MwSt.
1a	20 kW Luft-Wasser-WP	Gas-Brennwertkessel	ohne	213.497,90 €
1b			45 kW _{peak}	339.947,30 €
2a	35 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab	ohne	324.762,90 €
2b			45 kW _{peak}	451.212,30 €
3a	20 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwertkessel	ohne	265.857,90 €
3b			45 kW _{peak}	392.307,30 €

*inkl. 10 % Sicherheitszuschlag für Unvorhergesehenes nach Abstimmung mit AG

9.3.3 gemeinsame Heizwärmeerzeugung

Bei Errichtung einer gemeinsamen Anlage können die Kosten für die Wärmeerzeugungsanlage entsprechend reduziert werden. Hinzu kommen jedoch Kosten für die Herstellung der notwendigen Nahwärmeleitung und Wärmeübergabestation (ca. 15.000 €).

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	PV-Anlage	Kosten mit Sicherheitszuschlag* inkl. MwSt.
1a	50 kW Luft-Wasser-WP	Gas-Brennwert-kessel	ohne	383.435,80 €
1b			73 kW _{peak}	522.530,14 €
2a	75 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab	ohne	518.130,80 €
2b			73 kW _{peak}	657.225,14 €
3a	40 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwert-kessel	ohne	465.935,80 €
3b			73 kW _{peak}	605.030,14 €

*inkl. 10 % Sicherheitszuschlag für Unvorhergesehenes nach Abstimmung mit AG

10. Gebäudeenergiegesetz

Im Falle eines Austausches des Wärmeerzeugers in einem Gebäude gelten gemäß § 71 GEG Anforderungen an den Nutzungsanteil erneuerbarer Energien. Mit den hier betrachteten Wärmepumpenvarianten werden diese Anforderungen eingehalten.

11. energetische Förderung

Für die hier betrachteten anlagentechnischen Einzelmaßnahmen bestehen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Dokuments verschiedene Fördermöglichkeiten und Konditionen.

11.1 Bundesförderung für Effiziente Gebäude (BEG) – Einzelmaßnahmen (422)

Die Förderung der Wärmepumpe für Kommunen ist planmäßig ab August 2024 möglich. Mit Blick auf bereits bestehende KfW-Förderungen im privaten Bereich wird von einer Förderrate von ca. 30 % ausgegangen.

11.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG): Photovoltaik

Für Anlagen mit einer installierten Nennleistung von 10 bis 40 kW_{peak} gilt:

- Feste Einspeisevergütung, bei Überschusseinspeisung anzulegender Wert: 7,1 ct/kWh
- Feste Einspeisevergütung, bei Volleinspeisung anzulegender Wert: 10,9 ct/kWh

11.3 SAB-Programm „Energie und Klima 2023“

Über die SAB erfolgt eine europäische Förderung Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Gemäß der Richtlinie „Energie und Klima 2023 - Merkblatt zu Teil B - Modul II“ [7] sind entsprechende energetische Einsparung als Voraussetzung für die Förderung nachzuweisen. Dies wurde in der vorliegenden Betrachtung entsprechend berücksichtigt. Je nach erzielter Steigerung der Energieeffizienz sind folgende Fördersätze für die erforderlichen investiven Maßnahmen zum Erreichen der Energieeffizienzsteigerung möglich:

Energieeffizienzsteigerung	Fördersatz
≥ 10 %	50 %
≥ 20 %	60 %
≥ 30 %	70 %

12. Wirtschaftlichkeit

Abschließend erfolgt eine rechnerische Abschätzung hinsichtlich der anzunehmenden Wirtschaftlichkeit der hier betrachteten anlagentechnischen Sanierungsmaßnahmen, ohne Berücksichtigung von Fördermitteln und des Sicherheitszuschlages für Unvorhergesehenes von 30 %. Die Betrachtung erfolgt mittels Barwertmethode im Vergleich zwischen der Sanierungsmaßnahme und der Bestandssituation. Folgende Randbedingungen gelten:

Abminderung der Investitionskosten:	nicht berücksichtigt (VwV Energieeffizienz)
Strompreis:	37,39 ct./kWh (nach Angabe Auftraggeberschaft)
Gaspreis:	15,9581 ct./kWh (nach Angabe Auftraggeberschaft)
Einspeisevergütung PV:	7,1 ct./kWh
Energiepreissteigerung Strom:	1,7 %/a
Energiepreissteigerung Gas:	3 %/a
Kalkulationszins:	3 %/a

12.3.1 Schulgebäude

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	PV-Anlage	Investitionskosten	errechnete Amortisationsdauer
1a	30 kW Luft-	Gas-Brennwertkessel	ohne	205.989,00 €	29 a
1b	Wasser-WP		28 kW _{peak}	287.623,00 €	27 a
2a	40 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab	ohne	313.089,00 €	26 a
2b			28 kW _{peak}	394.723,00 €	24 a
3a	30 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwertkessel	ohne	277.389,00 €	26 a
3b			28 kW _{peak}	359.023,00 €	24 a

12.3.2 Turnhalle

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	PV-Anlage	Investitionskosten	errechnete Amortisationsdauer
1a	20 kW Luft-	Gas-Brennwertkessel	ohne	194.089,00 €	23 a
1b	Wasser-WP		45 kW _{peak}	309.043,00 €	21 a
2a	35 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab	ohne	295.239,00 €	19 a
2b			45 kW _{peak}	410.193,00 €	20 a
3a	20 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwertkessel	ohne	241.689,00 €	21 a
3b			45 kW _{peak}	356.643,00 €	21 a

12.3.2 gemeinsame Heizwärmeerzeugung

Var	Wärmepumpe	Spitzenlast	PV-Anlage	Investitionskosten	errechnete Amortisationsdauer
1a	50 kW Luft-	Gas-Brennwertkessel	ohne	348.578,00 €	23 a
1b	Wasser-WP		73 kW _{peak}	475.027,40 €	19 a
2a	75 kW Geothermie-WP	elektr. Heizstab	ohne	471.028,00 €	18 a
2b			73 kW _{peak}	597.477,40 €	16 a
3a	40 kW Geothermie-WP	Gas-Brennwertkessel	ohne	423.578,00 €	20 a
3b			73 kW _{peak}	550.027,40 €	19 a

13. Zusammenfassung

In der vorliegenden Betrachtung wurden das Schulgebäude sowie die Turnhalle der Thomas Müntzer Schule in Limbach-Oberfrohna (OT Rußdorf) energetisch bewertet. Bei der Betrachtung der Bestandssituation wurden die für die Gebäudeenergieeffizienz relevanten Sanierungspotentiale herausgearbeitet. Die nachstehende tabellarische Übersicht soll die Untersuchungsergebnisse zusammenfassen.

energetisches Sanierungspotential	Einschätzung
wärmeschutztechnische Verbesserung der Außenwände	<i>nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung</i>
wärmeschutztechnische Verbesserung der Fenster	
wärmeschutztechnische Verbesserung der Fenster	
Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe	Die Variante Luft-Wärmepumpe weist auf der einen Seite die geringsten Investitionskosten auf, auf der anderen Seite ist durch den erhöhten Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe auch der Wirtschaftlichkeit sowie die Endenergie- und CO ₂ -seitige Einsparung am niedrigsten.

	Für den Einsatz der Wärmepumpe ist eine Anpassung der Heizwärmeverteilung und -übergabe im Gebäude durchzuführen. Hierdurch sollen die Systemtemperaturen derart reduziert werden, dass die Wärmepumpe wirtschaftlich arbeiten kann und auf entsprechende Jahresarbeitszahlen kommt.
Einsatz einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (Geothermie)	Diese Variante weist die höchsten Investitionskosten auf, stellt jedoch aufgrund der effektiveren Nutzung von Umweltenergie auch die wirtschaftlichere und energieeffizientere Maßnahme dar. Auch hier ist eine Anpassung der Heizwärmeverteilung und -übergabe im Gebäude durchzuführen.
Errichtung einer PV-Anlage (aufdach)	Der Einsatz einer PV-Anlage kann aus energetischer Sicht empfohlen werden. Es zeigt sich, dass durch die Berücksichtigung des erzeugten PV-Stroms die Wirtschaftlichkeit der anlagentechnischen Sanierungsmaßnahmen verbessert.

Grundsätzlich zeigt sich, dass bei der Turnhalle geringere Amortisationszeiten zu erwarten sind als beim Schulgebäude. Dies ist dadurch zu begründen, dass aufgrund der vorhandenen Flächenheizung in der Turnhalle niedrigere Systemtemperaturen im Heizkreis als möglich erachtet und in der Bilanzierung angesetzt werden, wodurch eine wirtschaftlichere Betriebsweise der Wärmepumpentechnik ermöglicht wird. Sofern technisch die Möglichkeit besteht, eine gemeinsame Wärmeerzeugungsanlage für beide Gebäude umzusetzen, können die Investitionskosten gesenkt und die Wirtschaftlichkeit der Anlage erhöht werden.

Bei allen hier untersuchten Maßnahmen kann die maximale Förderquote im SAB-Programm „Energie und Klima 2023“ beantragt werden (Energieeffizienzsteigerung $\geq 30\%$).

Fazit:

Aus Sicht der Energieeffizienz, der Reduzierung betriebsbedingter CO₂-Emissionen sowie mit Blick auf die hier rechnerisch ermittelten Amortisationsdauern ist nach jetzigem Kenntnisstand und unter Berücksichtigung der in der vorliegenden Unterlage dokumentierten Annahmen und Randbedingungen für die zukünftige Energieversorgung der beiden hier betrachteten Gebäude Schule und Turnhalle der Einsatz einer gemeinsamen Heizwärmeerzeugung (Nahwärmeverbund) mittels Sole-Wasser-Wärmepumpe (Geothermie) in Verbindung mit einem Gas-Brennwertkessels zur Spitzenlastabdeckung sowie einer entsprechend dimensionierten PV-Anlage zu empfehlen und im Weiteren fachplanerisch zu untersetzen.

14. Schlussbemerkung

Die Beschreibung der im Zusammenhang mit diesem Dokument durchgeführten Untersuchungen und beschriebenen Ergebnisse gelten nur für den Zeitraum der Untersuchung und für die begutachteten Bauteile. Das Dokument ersetzt keine Planung und darf nur für den angegebenen Zweck verwendet werden. Die Weitergabe des Dokuments an Dritte darf nur geschlossen und in seiner Gesamtheit erfolgen.

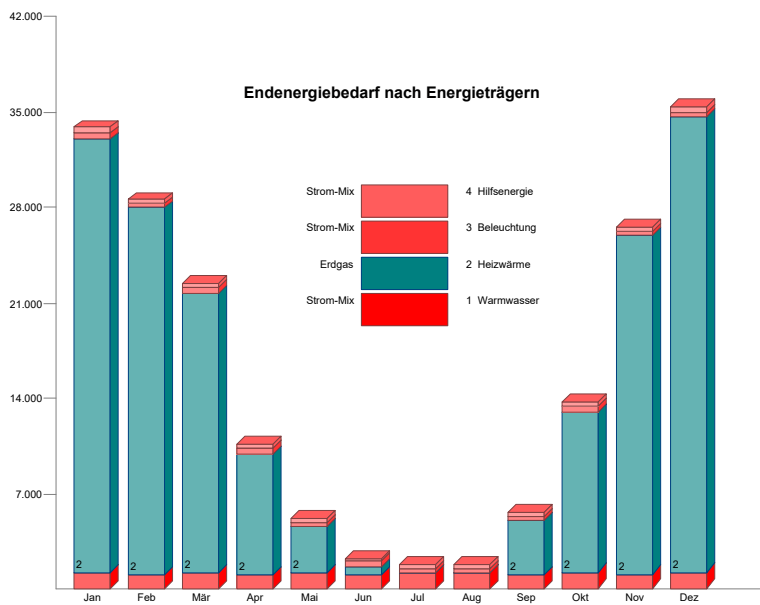
15. Anlagen

- Anlage 1: energetische Bilanzierung Schulgebäude Bestand
- Anlage 2: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 1a)
- Anlage 3: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 1b)
- Anlage 4: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 2a)
- Anlage 5: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 2b)
- Anlage 6: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 3a)
- Anlage 7: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 3b)
- Anlage 8: energetische Bilanzierung Turnhalle Bestand
- Anlage 9: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 1a)
- Anlage 10: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 1b)
- Anlage 11: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 2a)
- Anlage 12: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 2b)
- Anlage 13: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 3a)
- Anlage 14: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 3b)

Anlage 1: energetische Bilanzierung Schulgebäude Bestand

Energetische Bewertung von Gebäuden

kWh/Monat



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 "Schule Bestand"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	108 Klassenzimme	200	17,0	16,0	804	2742
<2> 02 Sanitär	116 WC und Sanit	200	17,0	16,0	95	356
<3> 03 Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	200	14,4	13,0	550	1687
<4> 04 Technik/Lager	220 Lager, Techn	200	15,3	13,0	207	560
<5> 05 Büro	102 Gruppenbüro	200	17,0	16,0	116	413
<6> 06 Speiseraum	117 Sonstige Auf	200	17,0	16,0	113	276
					1.885	6.033

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1885,1 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.2.0)

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
Kellergeschoss KG						
KG 03 Verkehrsflächen						

FD H	29 BoPla	3:0	210,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	75,1
FAW O	33 AW 01	3:0	5,0	0,78	1,00 FAW	51 02	3,9
FF O	010 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	38 AW 01	3:0	14,7	0,78	1,00 FAW	51 02	11,5
FAW N	39 AW 01	3:0	9,8	0,78	1,00 FAW	51 02	7,7
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW N	001 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW O	40 AW 01	3:0	27,5	0,78	1,00 FAW	51 02	21,5
FF O	014 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	015 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	003 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW W	43 AW 01	3:0	27,4	0,78	1,00 FAW	51 02	21,4
FAW N	44 AW 01	3:0	3,7	0,78	1,00 FAW	51 02	2,9
FAW W	47 AW 01	3:0	16,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FF W	017 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	019 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	018 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	48 AW 01	3:0	19,6	0,78	1,00 FAW	51 02	15,3
FF S	002 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	001 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	003 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW S	52 AW 01	3:0	10,8	0,78	1,00 FAW	51 02	8,5
KG 04 Technik/Lager							
FG H	136 Standard-STB	4:0	24,7	0,89	0,40 FG	53 25 14	8,8
FAW W	138 AW 01	4:0	10,0	0,78	1,00 FAW	51 02	7,8
FF W	020 FE 01	4:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	139 AW 01	4:0	16,6	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FG H	140 Standard-STB	4:0	81,3	0,89	0,40 FG	53 25 14	29,1
FD H	141 Standard-STB	4:0	3,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	1,1
FAW W	143 AW 01	4:0	31,0	0,78	1,00 FAW	51 02	24,2
FAW S	144 AW 01	4:0	11,6	0,78	1,00 FAW	51 02	9,0
FAW O	145 AW 01	4:0	27,1	0,78	1,00 FAW	51 02	21,2
FF O	011 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	012 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	013 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	005 Tür AT 01	4:0	1,8	2,00	1,00 FAW	51 02	3,6
FAW N	146 AW 01	4:0	20,0	0,78	1,00 FAW	51 02	15,6
FG H	147 Standard-STB	4:0	16,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	5,8
FAW N	151 AW 01	4:0	15,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,1
FAW W	152 AW 01	4:0	7,1	0,78	1,00 FAW	51 02	5,6
FF W	016 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	153 Standard-STB	4:0	77,8	0,89	0,40 FG	53 25 14	27,8
FDD H	156 Standard-STB	4:0	1,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	0,3
FAW S	157 AW 01	4:0	25,8	0,78	1,00 FAW	51 02	20,2
FF S	007 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	005 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	006 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	008 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	158 AW 01	4:0	19,1	0,78	1,00 FAW	51 02	14,9
FF O	009 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	159 Standard-STB	4:0	9,1	0,89	0,40 FG	53 25 14	3,3

FAW S	162 AW 01	4:0	7,2	0,78	1,00	FAW	51 02	5,6
FF S	004 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51 02	1,4
FG H	163 Standard-STB	4:0	14,7	0,89	0,40	FG	53 25 14	5,3
FAW O	164 AW 01	4:0	4,2	0,78	1,00	FAW	51 02	3,3
FAW N	165 AW 01	4:0	27,3	0,78	1,00	FAW	51 02	21,3
KG 06 Speiseraum								
FG H	1 BoPla	6:0	143,6	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	51,4
FAW S	6 AW 01	6:0	23,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,6
FAW S	004 Tür AT 01	6:0	2,6	2,00 ##	1,00	FAW	51 02	5,2
FAW O	7 AW 01	6:0	17,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,1
FAW N	11 AW 01	6:0	20,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,8
FF N	026 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	027 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	025 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW W	12 AW 01	6:0	25,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,0
FF W	021 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	024 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	022 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	023 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
Erdgeschoss EG								
EG 01 Klassenzimmer								
FAW S	263 AW 02	1:0	17,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	14,6
FAW O	264 AW 02	1:0	45,2	0,23 ##	1,00	FAW	51	10,6
FAW N	265 AW 02	1:0	27,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,6
FAW W	266 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	267 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FF S	008 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	007 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	005 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	006 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FG H	268 BoPla	1:0	63,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	22,6
FAW N	270 AW 02	1:0	25,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	21,9
FF N	021 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	019 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	020 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW W	271 AW 02	1:0	40,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	34,1
FF W	014 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	016 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	015 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	017 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	018 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW N	272 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	273 AW 02	1:0	29,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,4
FF W	010 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	011 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	013 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	012 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW O	274 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	275 AW 02	1:0	27,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,7
FF S	002 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	004 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5

FF S	001 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	003 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
EG 02 Sanitär								
FAW O	20 AW 02	2:0	22,1	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,2
FF O	028 FE 01	2:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW N	21 AW 02	2:0	36,0	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,5
FF N	025 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	026 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	027 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
EG 03 Verkehrsflächen								
FG H	80 Standard-STB	3:0	32,0	0,89	0,40	FG	53 25 14	11,5
FAW N	86 AW 02	3:0	11,7	0,85	1,00	FAW	51 02	9,9
FAW N	90 AW 02	3:0	6,9	0,85	1,00	FAW	51 02	5,9
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW O	95 AW 02	3:0	36,5	0,23	1,00	FAW	51	8,6
FF O	024 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	022 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	023 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	96 AW 02	3:0	30,8	0,23	1,00	FAW	51	7,2
FF S	032 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	029 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	030 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	031 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW O	97 AW 02	3:0	5,4	0,85	1,00	FAW	51 02	4,6
FAW O	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW W	101 AW 02	3:0	8,2	0,85	1,00	FAW	51 02	7,0
FF W	009 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	104 AW 02	3:0	13,4	0,85	1,00	FAW	51 02	11,4
FAW S	001 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
EG 04 Technik/Lager								
FAW O	175 AW 02	4:0	10,0	0,85	1,00	FAW	51 02	8,5
FAW N	178 AW 02	4:0	4,8	0,85	1,00	FAW	51 02	4,1
FG H	179 Standard-STB	4:0	6,9	0,89	0,40	FG	53 25 14	2,5
FAW N	181 AW 02	4:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
EG 05 Büro								
FG H	200 Standard-STB	5:0	20,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	7,2
FAW N	202 AW 02	5:0	12,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,5
FF N	034 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW W	203 AW 02	5:0	21,4	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	18,2
FF W	033 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
Obergeschoss OG								
OG 01 Klassenzimmer								
FD H	276 Dach Anbau	1:0	174,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	33,2
FDd H	277 Dach Anbau	1:0	1,2	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,2
FAW O	278 AW 02	1:0	1,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	1,6
FAW N	279 AW 02	1:0	26,4	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,2
FF N	023 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	022 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	021 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW W	280 AW 02	1:0	39,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	9,4

FF W	018 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	020 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	016 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	017 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	019 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW N	281 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	2,2
FAW W	282 AW 02	1:0	29,9	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	25,5
FF W	008 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	006 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	009 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	007 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW S	285 AW 02	1:0	20,6	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	17,6
FF S	013 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	014 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	015 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW O	286 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,7
FAW W	289 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,7
FAW S	290 AW 02	1:0	27,3	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	23,3
FF S	003 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	001 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	002 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	004 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FD H	291 Dach Anbau	1:0	73,3	0,24 ##	0,80 FDd	51 06	13,9
FAW S	293 AW 02	1:0	17,7	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	15,1
FAW O	294 AW 02	1:0	46,8	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	40,0
FAW N	295 AW 02	1:0	29,2	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,9
OG 02 Sanitär							
FD H	22 Dach Anbau	2:0	55,3	0,24 ##	0,80 FDd	51 06	10,5
FAW O	23 AW 02	2:0	22,7	0,23 ##	1,00 FAW	51	5,3
FF O	031 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FF O	030 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FAW N	24 AW 02	2:0	36,8	0,23 ##	1,00 FAW	51	8,7
FF N	027 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00 FF	51 02	1,8
FF N	028 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FF N	029 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
OG 03 Verkehrsflächen							
FD H	109 Dach Anbau	3:0	69,0	0,24	0,80 FDd	51 06	13,1
FAW O	121 AW 02	3:0	7,9	0,85	1,00 FAW	51 02	6,7
FAW O	001 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW N	127 AW 02	3:0	11,2	0,85	1,00 FAW	51 02	9,6
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW N	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW O	132 AW 02	3:0	37,0	0,23	1,00 FAW	51	8,7
FF O	026 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF O	025 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF O	024 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW S	133 AW 02	3:0	39,9	0,23	1,00 FAW	51	9,4
FAW O	134 AW 02	3:0	5,6	0,85	1,00 FAW	51 02	4,8
FAW O	002 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
OG 04 Technik/Lager							
FAW N	184 AW 02	4:0	5,8	0,85	1,00 FAW	51 02	5,0

FAW W	187 AW 02	4:0	8,1	0,85	1,00	FAW	51 02	6,9
FF W	005 FE 01	4:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	189 AW 02	4:0	4,7	0,85	1,00	FAW	51 02	4,0
OG 05 Büro								
FD H	205 Standard-STB	5:0	0,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,1
FDd H	207 Standard-STB	5:0	1,4	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW S	209 AW 02	5:0	19,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	16,4
FF S	011 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	012 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	010 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	211 Standard-STB	5:0	47,6	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	9,0
FDd H	213 Standard-STB	5:0	1,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW N	215 AW 02	5:0	14,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	12,5
FAW W	216 AW 02	5:0	24,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	20,7
FAW N	217 AW 02	5:0	12,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,3
Dachgeschoss DG								
DG 01 Klassenzimmer								
FDd H	218 Dachdecke	1:0	24,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	4,7
FD N	219 Dach B	1:0	16,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,8
FD S	220 Dach B	1:0	13,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,1
FD W	221 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	222 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD W	223 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	224 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FAW W	225 AW 03	1:0	21,4	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	20,1
FAW N	226 AW 03	1:0	4,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,9
FF S	008 FE 01	1:0	0,5	1,30	1,00	FF	51 02	0,6
FG H	232 Dachdecke	1:0	7,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	1,5
FDd H	233 Dachdecke	1:0	62,0	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	11,7
FD N	234 Dach B	1:0	17,3	0,24 ##	1,00	FD	51 02	4,1
FD S	235 Dach B	1:0	37,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	8,8
FD S	236 Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	237 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	238 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	239 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	240 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	241 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	242 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD S	243 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	244 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	245 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	246 Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	247 Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD O	248 Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD S	249 Dach B	1:0	2,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,6
FAW S	250 AW 03	1:0	14,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	13,4
FAW N	251 AW 03	1:0	4,1	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,8
FAW O	252 AW 03	1:0	21,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	19,9
DG 03 Verkehrsflächen								
FG H	55 Dachdecke	3:0	1,0	0,24	0,80	FDd	51 06	0,2
FDd H	56 Dachdecke	3:0	41,8	0,24	0,80	FDd	51 06	7,9

FD	N	57	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	W	58	Dach	B	3:0	13,5	0,24	1,00	FD	51	02	3,2
FD	O	59	Dach	B	3:0	14,8	0,24	1,00	FD	51	02	3,5
FD	N	60	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	O	61	Dach	B	3:0	0,7	0,24	1,00	FD	51	02	0,2
FAW	N	62	AW	03	3:0	3,4	0,94	1,00	FAW	51	02	3,2
FAW	W	67	AW	03	3:0	2,0	0,94	1,00	FAW	51	02	1,9
FAW	N	75	AW	03	3:0	3,2	0,94	1,00	FAW	51	02	3,0
FAW	O	76	AW	03	3:0	1,8	0,94	1,00	FAW	51	02	1,7
FAW	N	78	AW	03	3:0	10,0	0,94	1,00	FAW	51	02	9,4
DG 04 Technik/Lager												
FD	W	166	Dach	B	4:0	5,9	0,24	1,00	FD	51	02	1,4
FAW	N	167	AW	03	4:0	2,5	0,94	1,00	FAW	51	02	2,4
FAW	W	168	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FD	O	170	Dach	B	4:0	4,0	0,24	1,00	FD	51	02	0,9
FAW	O	171	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FAW	N	172	AW	03	4:0	1,5	0,94	1,00	FAW	51	02	1,4
DG 05 Büro												
FDd	H	191	Dachdecke		5:0	9,8	0,24 ##	0,80	FDd	51	06	1,8
FD	S	192	Dach	B	5:0	8,3	0,24 ##	1,00	FD	51	02	2,0
FD	W	193	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FD	O	194	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FAW	S	196	AW	03	5:0	2,6	0,94 ##	1,00	FAW	51	02	2,4

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.358,7$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.859,0$

Bodenplattenmaß $B' (25) = A_G / (0.5 P) = 733,00 / 80,00 = 9,16 \text{ m}$
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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 F_X -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 132,7 \text{ W/K}$ (7,1 %, $0,040 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	813	0	40	853	0	0
<2> 02 Sanitär	59	0	0	59	0	0
<3> 03 Verkehrsflächen	408	0	95	503	0	0
<4> 04 Technik/Lager	257	0	84	341	0	0
<5> 05 Büro	133	0	9	142	0	0
<6> 06 Speiseraum	42	0	51	93	0	0
	1712		280	1992		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.991,7 / 3.358,7 = \mathbf{0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,49	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$		0,57	1,30		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 22,1\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
Außentür	2,00		41 1 %	83 4 %
Außenwand Anbau	0,23		489 15 %	115 6 %
Außenwand EG/OG	0,85		675 20 %	576 31 %
Außenwand KG	0,78		357 11 %	279 15 %

Außenwand DG	0,94	96	3 %	91	5 %
Bodenplatte	0,89	704	21 %	252	14 %
Schrägdach	0,24	147	4 %	28	1 %
Fenster	1,30	240	7 %	312	17 %
Schrägdach	0,24	608	18 %	124	7 %
		3359	100 %	1.859	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3359 / 6033 = 1,67 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, eine exponierte Fassade

$e_{\text{wind}} = 0.01 \quad f_{\text{wind}} = 20 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <2> 02 Sanitär

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m, ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> 01 Klassenzimm	-	1,45	10,00	2,93	0,01	0,80	-	-
<2> 02 Sanitär	-	1,02	15,00	4,01	0,01	0,10	4,01	13
<3> 03 Verkehrsflä	-	1,54	0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lag	-	2,85	0,15	0,06	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro	-	1,55	4,00	1,13	0,02	0,35	-	-
<6> 06 Speiseraum	-	2,64	7,00	2,86	0,03	0,78	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> 01 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,01	0,10		
<2> 02 Sanitär			0,00	0,00	0,01	0,10	-	-
<3> 03 Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lager			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<6> 06 Speiseraum			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{v,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal}$ nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 / 6 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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 Lüftung	V m³	$H_{V,z, \text{Jan}}$ W/K	$H_{V, \text{inf}}$ W/K	$H_{V, \text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V, \text{mech}}$ W/K	$\vartheta_{V, \text{Jan}}$ °C
<1> 01 Klassenzimmer	2.742	0	13	750	763	0	15,2
<2> 02 Sanitär	356	0	1	12	13	263	
<3> 03 Verkehrsfläch	1.687	0	9	57	66	0	
<4> 04 Technik/Lager	560	0	5	19	24	0	
<5> 05 Büro	413	0	2	50	52	0	
<6> 06 Speiseraum	276	0	2	73	76	0	
		0	34	961	995	263	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> 01 Klassenzimmer		0	13	93	107		
<2> 02 Sanitär		0	1	12	13		
<3> 03 Verkehrsflächen		0	9	57	66		
<4> 04 Technik/Lager		0	5	19	24		
<5> 05 Büro		0	2	14	16		
<6> 06 Speiseraum		0	2	9	12		
		0	34	205	239		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster

(Ref-No 5.4.1)

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
FF O 010 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 7100	0,2/ 1,1
FF O 014 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 015 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 017 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 019 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 018 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 002 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 001 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 003 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF W 020 FE 01	4	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF O 011 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 012 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 013 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 016 FE 01	4	0,76	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 0,9
FF S 007 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 005 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 006 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 008 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF O 009 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF S 004 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF N 026 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 027 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 025 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF W 021 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 024 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 022 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 023 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 008 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 007 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 005 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 006 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF N 021 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 019 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 020 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF W 014 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 016 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 015 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 017 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 018 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 010 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 011 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 013 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 012 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF S 002 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 004 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8

FF S	001	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF S	003	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF O	028	FE	01	2	0,86	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 1,2
FF N	025	FE	01	2	0,96	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	026	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	027	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	024	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	022	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	023	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF S	032	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	029	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	030	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	031	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF W	009	FE	01	3	2,45	17/ 117	42/ 42	"	0,4/ 2,9
FF N	034	FE	01	5	1,32	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 1,1
FF W	033	FE	01	5	1,32	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,6
FF N	023	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	022	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	021	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF W	018	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	020	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	016	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	017	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	019	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	008	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	006	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	009	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	007	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	013	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	014	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	015	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	003	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	001	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	002	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	004	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF O	031	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF O	030	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF N	027	FE	01	2	0,99	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	028	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	029	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	026	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	025	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	024	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF W	005	FE	01	4	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	011	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	012	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	010	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	008	FE	01	1	0,33	59/ 113	42/ 42	"	0,2/ 0,4

167,80

55/ 193

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
FAW O 33 AW 01	O 3	5,0	0,78	0,80	4,50	138	0,3
FAW O 38 AW 01	O 3	14,7	0,78	0,80	4,50	138	1,0
FAW N 39 AW 01	N 3	9,8	0,78	0,80	4,50	81	0,3
FAW N 002 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW N 001 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW O 40 AW 01	O 3	27,5	0,78	0,80	4,50	138	1,8
FAW O 003 Tür AT	O 3	2,6	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW W 43 AW 01	W 3	27,4	0,78	0,50	4,50	117	0,7
FAW N 44 AW 01	N 3	3,7	0,78	0,50	4,50	81	0,0
FAW W 47 AW 01	W 3	16,5	0,78	0,50	4,50	117	0,4
FAW S 48 AW 01	S 3	19,6	0,78	0,50	4,50	113	0,5
FAW S 52 AW 01	S 3	10,8	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW W 138 AW 01	W 4	10,0	0,78	0,50	4,50	117	0,3
FAW S 139 AW 01	S 4	16,6	0,78	0,50	4,50	113	0,4
FAW W 143 AW 01	W 4	31,0	0,78	0,50	4,50	117	0,8
FAW S 144 AW 01	S 4	11,6	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW O 145 AW 01	O 4	27,1	0,78	0,50	4,50	138	0,9
FAW O 005 Tür AT	O 4	1,8	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW N 146 AW 01	N 4	20,0	0,78	0,50	4,50	81	0,3
FAW N 151 AW 01	N 4	15,5	0,78	0,50	4,50	81	0,2
FAW W 152 AW 01	W 4	7,1	0,78	0,50	4,50	117	0,2
FAW S 157 AW 01	S 4	25,8	0,78	0,50	4,50	113	0,7
FAW O 158 AW 01	O 4	19,1	0,78	0,50	4,50	138	0,7
FAW S 162 AW 01	S 4	7,2	0,78	0,50	4,50	113	0,2
FAW O 164 AW 01	O 4	4,2	0,78	0,50	4,50	138	0,1
FAW N 165 AW 01	N 4	27,3	0,78	0,50	4,50	81	0,4
FAW S 004 Tür AT	S 6	2,6	2,00	0,50	4,50	113	0,2

FAW S	263 AW 02	S	1	17,1	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW W	266 AW 02	W	1	28,1	0,85	0,50	4,50	117	0,8
FAW S	267 AW 02	S	1	29,0	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	270 AW 02	N	1	25,6	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW W	271 AW 02	W	1	40,0	0,85	0,50	4,50	117	1,2
FAW N	272 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	273 AW 02	W	1	29,7	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW O	274 AW 02	O	1	28,1	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW S	275 AW 02	S	1	27,8	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	86 AW 02	N	3	11,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	90 AW 02	N	3	6,9	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	002 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW O	97 AW 02	O	3	5,4	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	004 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW W	101 AW 02	W	3	8,2	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW S	104 AW 02	S	3	13,4	0,85	0,50	4,50	113	0,4
FAW S	001 Tür AT	S	3	4,7	2,00	0,50	4,50	113	0,3
FAW O	175 AW 02	O	4	10,0	0,85	0,50	4,50	138	0,4
FAW N	178 AW 02	N	4	4,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	181 AW 02	N	4	5,6	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	202 AW 02	N	5	12,3	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	203 AW 02	W	5	21,4	0,85	0,50	4,50	117	0,6
FAW O	278 AW 02	O	1	1,8	0,85	0,50	4,50	138	0,1
FAW N	281 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	282 AW 02	W	1	29,9	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	285 AW 02	S	1	20,6	0,85	0,50	4,50	113	0,6
FAW O	286 AW 02	O	1	29,0	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW W	289 AW 02	W	1	29,0	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	290 AW 02	S	1	27,3	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW S	293 AW 02	S	1	17,7	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW O	294 AW 02	O	1	46,8	0,85	0,50	4,50	138	1,8
FAW N	295 AW 02	N	1	29,2	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW O	121 AW 02	O	3	7,9	0,85	0,50	4,50	138	0,3
FAW O	001 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	127 AW 02	N	3	11,2	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	004 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW O	134 AW 02	O	3	5,6	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	002 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	184 AW 02	N	4	5,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW W	187 AW 02	W	4	8,1	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW N	189 AW 02	N	4	4,7	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW S	209 AW 02	S	5	19,3	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW N	215 AW 02	N	5	14,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	216 AW 02	W	5	24,2	0,85	0,50	4,50	117	0,7
FAW N	217 AW 02	N	5	12,1	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FD N	219 Dach B	N	1	16,2	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD S	220 Dach B	S	1	13,2	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD W	221 Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD O	222 Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0

FD	W	223	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	224	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	N	225	AW 03	W	1	21,4	0,94	0,50	4,50	117	0,7
FAW	N	226	AW 03	N	1	4,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FD	N	234	Dach B	N	1	17,3	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	S	235	Dach B	S	1	37,2	0,24	0,50	4,50	194	0,4
FD	S	236	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	237	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	238	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	239	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	240	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	241	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	242	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	S	243	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	244	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	245	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	246	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	247	Dach	W	1	0,7	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	248	Dach	O	1	0,7	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	249	Dach B	S	1	2,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	S	250	AW 03	S	1	14,2	0,94	0,50	4,50	113	0,4
FAW	N	251	AW 03	N	1	4,1	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	252	AW 03	O	1	21,2	0,94	0,50	4,50	138	0,9
FD	N	57	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	W	58	Dach B	W	3	13,5	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FD	O	59	Dach B	O	3	14,8	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD	N	60	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	O	61	Dach B	O	3	0,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	62	AW 03	N	3	3,4	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	W	67	AW 03	W	3	2,0	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FAW	N	75	AW 03	N	3	3,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	76	AW 03	O	3	1,8	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	78	AW 03	N	3	10,0	0,94	0,50	4,50	81	0,2
FD	W	166	Dach B	W	4	5,9	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FAW	N	167	AW 03	N	4	2,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FAW	W	168	AW 03	W	4	2,2	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FD	O	170	Dach B	O	4	4,0	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	O	171	AW 03	O	4	2,2	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	172	AW 03	N	4	1,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FD	S	192	Dach B	S	5	8,3	0,24	0,50	4,50	194	0,1
FD	W	193	Dach	W	5	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	194	Dach	O	5	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	S	196	AW 03	S	5	2,6	0,94	0,50	4,50	113	0,1

1.353,4

36,7

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

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 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh

über Fenster ...								
<1> 01 Klassen	2.813	2.141	805	559	1.036	931	2.264	28.951
<2> 02 Sanitär	106	70	30	17	30	39	86	1.283
<3> 03 Verkehr	861	640	229	155	310	284	715	9.419
<4> 04 Technik	327	246	90	62	119	107	267	3.443
<5> 05 Büro	363	310	113	84	167	128	297	3.529
<6> 06 Speiser	116	71	30	18	27	37	91	1.317
über opake ...								
<1> 01 Klassen	300	147	-	-	28	4	184	3.315
<2> 02 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> 03 Verkehr	148	71	-	-	9	2	95	1.867
<4> 04 Technik	107	53	-	-	10	1	66	1.288
<5> 05 Büro	42	19	-	-	4	1	25	502
<6> 06 Speiser	6	5	-	-	1	0	4	48
	5.188	3.773	1.296	894	1.740	1.533	4.094	54.963

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	804	80,4	16,1	0,0	96,5
<2> 02 Sanitär	95	-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	550	-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	207	-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro	116	3,5	4,9	0,0	8,4
<6> 06 Speiseraum	113	10,4	0,9	0,0	11,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> 01 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager		-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro		-	-	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	0,0	10,4	5,0	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär	0,0	2,3	0,6	0,2	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	0,0	2,9	3,4	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0

<5> 05 Büro	0,0	4,5	0,7	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum	0,0	2,9	0,7	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,r}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	853	763	0	667	148	0,221
<2> 02 Sanitär	59	13	263	48	4	0,088
<3> 03 Verkehrsflächen	503	66	0	213	17	0,082
<4> 04 Technik/Lager	341	25	0	136	6	0,043
<5> 05 Büro	142	52	0	81	19	0,238
<6> 06 Speiseraum	93	76	0	71	16	0,225

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> 01 Klassenzimmer	50	1617	24,86	2,55	0,983	1,000
<2> 02 Sanitär	50	335	14,19	1,89	0,991	1,000
<3> 03 Verkehrsflächen	50	569	48,37	4,02	1,000	1,000
<4> 04 Technik/Lager	50	365	28,33	2,77	1,000	1,000
<5> 05 Büro	50	194	29,93	2,87	0,988	0,999
<6> 06 Speiseraum	50	169	33,27	3,08	0,992	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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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	17,0	17,0	17,3	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,1	17,2	17,0
$T_{i, 2}$	°C	17,0	17,0	17,2	18,0	18,9	19,4	19,8	19,7	18,9	18,1	17,1	17,0
$T_{i, 3}$	°C	14,4	14,6	15,0	15,7	16,5	17,0	17,3	17,3	16,6	15,8	14,9	14,4
$T_{i, 4}$	°C	15,3	15,4	15,7	16,2	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,3
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,2	17,0
$T_{i, 6}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,2	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,3	17,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 2}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 3}$	°C	13,0	13,0	13,5	14,8	16,2	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,3	13,0
$T_{i, 4}$	°C	13,0	13,0	13,4	14,7	16,1	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,2	13,0
$T_{i, 5}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	16,9	16,0	16,0
$T_{i, 6}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0

Zone <1> 01 Klassenzimmer

(Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0$ °C und $Q_l = 96,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

η_{source}		0,782	0,912	0,978	0,987	0,983	0,982	0,952	0,756
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,741	0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,736
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.188	712	689	712	712	643	712	8.298
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	6.052
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.470	3.583	6.888	9.225	8.870	7.491	5.957	48.002
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	691	2.701	3.961	3.669	3.054	1.824	15.961
Q_T	kWh	2.704	5.146	7.711	9.932	9.869	8.398	7.624	62.138
Q_V	kWh	1.554	2.959	4.357	5.553	5.518	4.702	4.327	35.155
Q_S^*	kWh	2.376	2.149	795	555	1.054	925	2.373	20.237
Q_I^*	kWh	1.382	1.706	1.839	1.965	1.939	1.733	1.815	16.837

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone <2> 02 Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,673	1,000	0,987	0,991	0,991	0,986	0,961	0,691
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,838
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	93	84	82	84	84	76	84	834
t_h	h	-	740	720	744	744	672	744	4.899
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	168	447	708	681	548	384	3.024
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	65	182	271	263	212	149	1.169
Q_T	kWh	187	356	532	688	684	582	525	4.298
Q_V	kWh	-173	-5	181	369	349	269	142	-205
Q_S^*	kWh	87	70	29	17	30	39	84	765
Q_I^*	kWh	26	48	54	61	59	52	51	423

Zone <3> 03 Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,925	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,736
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,772	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,690
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	330	488	472	488	488	440	488	4.578
t_h	h	320	744	720	744	744	672	744	5.291
$Q_{h,b,RE}$	kWh	274	1.492	2.724	3.487	3.359	2.869	2.350	18.276
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	223	1.144	1.781	1.672	1.349	813	6.982
Q_T	kWh	764	2.193	3.650	4.816	4.782	4.042	3.596	26.984
Q_V	kWh	101	289	480	634	629	532	473	3.552
Q_S^*	kWh	864	709	229	155	319	286	809	6.082
Q_I^*	kWh	57	90	130	162	156	134	119	977

Zone <4> 04 Technik/Lager

(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,961	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,886	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,739
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	214	183	177	183	183	166	183	1.706
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	327	1.015	1.807	2.319	2.254	1.925	1.625	12.377
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	340	890	1.308	1.252	1.029	733	5.754
Q_T	kWh	536	1.539	2.562	3.387	3.363	2.844	2.525	18.961
Q_V	kWh	39	111	184	243	242	204	181	1.362
Q_S^*	kWh	402	296	90	62	129	108	332	2.832
Q_I^*	kWh	9	20	35	46	44	37	30	246

Zone <5> 05 Büro

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 8,4 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,827	0,923	0,985	0,992	0,988	0,988	0,964	0,792
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,814	0,974	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992	0,842
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	198	103	100	103	103	93	103	1.112
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	201	423	844	1.122	1.066	911	721	5.824
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	151	472	676	627	532	354	2.890
Q_T	kWh	452	860	1.290	1.657	1.647	1.401	1.275	10.381
Q_V	kWh	117	224	331	422	419	357	328	2.665
Q_S^*	kWh	333	311	112	84	170	128	314	2.991
Q_I^*	kWh	175	209	226	243	238	212	222	2.135

Zone <6> 06 Speiseraum

(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 11,3 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,961	0,987	0,993	0,992	0,990	0,981	0,834
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	79	100	96	100	100	90	100	936
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$Q_{h,b,RE}$	kWh	140	423	719	946	935	783	679	5.183
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	129	293	420	412	338	253	1.937
Q_T	kWh	297	566	847	1.087	1.080	919	838	6.817
Q_V	kWh	157	299	441	558	555	473	438	3.546
Q_S^*	kWh	111	75	30	18	28	37	94	1.113
Q_I^*	kWh	199	239	247	263	261	233	249	2.468

Summe Heizwärmebedarf (Ref-No 5.7.7)

	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/(m ² a)
<1> 01 Klassenzimme	62.138	35.155	20.237	16.837	63.963	79,6
<2> 02 Sanitär	4.298	-205	765	423	4.192	44,1
<3> 03 Verkehrsfläc	26.984	3.552	6.082	977	25.258	45,9
<4> 04 Technik/Lage	18.961	1.362	2.832	246	18.131	87,6
<5> 05 Büro	10.382	2.665	2.991	2.135	8.714	75,0
<6> 06 Speiseraum	6.817	3.546	1.113	2.468	7.120	63,3
	129.580	46.076	34.019	23.085	127.379	67,6

RLT-Systeme (DIN V 18599-3) (Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP,Jan}$ °C
<2> 02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

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

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

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech},m}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V,SUP}$ kW	$P_{V,ETA}$ kW	W_V, Jan kWh
<2> 02 Sanitär	1427	276	0,40	0,40	219

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> 02 Sanitär	212	219	212	219	219	197	219	2.574
	212	219	212	219	219	197	219	2.574

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

.....

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (16), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	CTL %
1 <1> Fassade Süd	Süd 1	300	170,4	56,5	gut	86
2 <1> Fassade West	West 1	300	203,7	67,5	gut	87
3 <1> Fassade Nord	Nord 1	300	67,9	22,5	gut	89
4 <2> Fassade Nord	Nord 2	200	18,7	6,2	gut	89
5 <2> Fassade Ost	Ost 2	200	8,8	2,9	gut	87
6 <3> Fassade Süd	Süd 3	100	44,3	10,8	mittel	83
7 <3> Fassade West	West 3	100	29,4	7,2	mittel	82
8 <3> Fassade Ost	Ost 3	100	105,2	25,8	mittel	82
9 <4> Fassade Süd	Süd 4	100	16,5	5,5	gut	86
10 <4> Fassade West	West 4	100	19,1	6,3	gut	87
11 <4> Fassade Ost	Ost 4	100	13,2	4,4	gut	87
12 <5> Fassade Süd	Süd 5	500	36,2	12,0	gut	79
13 <5> Fassade West	West 5	500	5,7	1,9	gut	77
14 <5> Fassade Nord	Nord 5	500	5,7	1,9	gut	75
15 <6> Fassade West	West 6	300	14,9	4,9	gut	87
16 <6> Fassade Nord	Nord 6	300	11,2	3,7	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
<1> 01 Klassenzimmer	804	442	362
<2> 02 Sanitär	95	28	68
<3> 03 Verkehrsflächen	550	179	372
<4> 04 Technik/Lager	207	49	158
<5> 05 Büro	116	48	69
<6> 06 Speiseraum	113	26	86

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

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

A_{RB} = 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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	86	60	56	50	45	42	40
2 <1> Fassade West	1	87	60	56	49	45	42	39
3 <1> Fassade Nord	1	89	60	55	48	44	40	38
4 <2> Fassade Nord	2	89	60	55	48	44	40	38
5 <2> Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39
6 <3> Fassade Süd	3	83	55	61	56	52	49	47
7 <3> Fassade West	3	82	55	62	56	52	49	47
8 <3> Fassade Ost	3	82	55	62	56	52	49	47
9 <4> Fassade Süd	4	86	60	56	50	45	42	40
10 <4> Fassade West	4	87	60	56	49	45	42	39
11 <4> Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39
12 <5> Fassade Süd	5	79	57	62	57	53	50	48
13 <5> Fassade West	5	77	57	63	57	54	51	49
14 <5> Fassade Nord	5	75	57	64	58	55	52	50
15 <6> Fassade West	6	87	60	56	49	45	42	39
16 <6> Fassade Nord	6	89	60	55	48	44	40	38

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung (Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{1,b}$ kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,6	0,76	51	1068	0	31
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	37
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	12
4 <2> Fassade Nord	2	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	5
5 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	2
6 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	3
7 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	2
8 <3> Fassade Ost	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	7

9	<4>	Fassade Süd	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
10	<4>	Fassade West	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
11	<4>	Fassade Ost	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
12	<5>	Fassade Süd	5	500	9-1-1	6,5	0,71	96	1818	148	26
13	<5>	Fassade West	5	500	9-1-1	6,5	0,71	97	1818	148	4
14	<5>	Fassade Nord	5	500	9-1-1	6,5	0,71	98	1818	148	4
15	<6>	Fassade West	6	300	9-1-1	4,0	0,53	63	1335	109	4
16	<6>	Fassade Nord	6	300	9-1-1	4,0	0,53	62	1335	109	3
17	A in	<1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,76	0	1068	0	117
18	A in	<2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	31
19	A in	<3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,24	0	610	50	38
20	A in	<4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,3	0,07	0	175	14	3
21	A in	<5> ohne TL	5	500	9-1-1	6,5	0,71	0	1818	148	75
22	A in	<6> ohne TL	6	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1335	109	42

446

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 1.885 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$ (Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 01 Klassen	159	171	174	190	177	153	163	1.961
<2> 02 Sanitär	37	38	38	40	39	35	38	448
<3> 03 Verkehr	46	49	48	51	50	44	48	569
<4> 04 Technik	4	4	4	4	4	4	4	47
<5> 05 Büro	71	75	74	79	76	67	73	869
<6> 06 Speiser	47	49	48	51	50	44	48	571
	363	386	386	414	395	346	373	4.465

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB} \text{ W/m}^2$ (Gl.11)

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

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

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

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

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

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

Kühlenergiebedarf (Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q _{sink}	Q _{source}	γ	c _{wirk}	τ	η
<1> 01 Klassenzimmer	116	237	2,034	50,000	24,86	0,447
<2> 02 Sanitär	5	9	1,676	50,000	14,19	0,479
<3> 03 Verkehrsflächen	41	53	1,298	50,000	48,37	0,686
<4> 04 Technik/Lager	26	21	0,800	50,000	28,33	0,811
<5> 05 Büro	14	28	1,970	50,000	29,93	0,469
<6> 06 Speiseraum	12	20	1,681	50,000	33,27	0,540

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{C,b} (Raumklima)								
<1> 01 Klassen	15	22	22	85	373	904	1.501	7.857
<2> 02 Sanitär	0	0	0	1	7	45	125	615
<3> 03 Verkehr	-	-	-	-	5	32	121	609
<4> 04 Technik	-	-	-	0	3	12	32	159
<5> 05 Büro	1	2	2	8	37	92	156	861
<6> 06 Speiser	1	1	1	3	11	39	84	461

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{C,b}

$Q_{C,b} = (1 - \eta) * Q_{source}$ mit $Q_{source} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{source}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,soll} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

Maximal erforderliche Kälteleistung Q_{C,max} (Ref-No 5.11.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	9	45,2	38,6	nein
<2> 02 Sanitär	13	1,3	-0,1	nein
<3> 03 Verkehrsflächen	13	12,3	9,2	nein
<4> 04 Technik/Lager	13	5,7	3,9	nein
<5> 05 Büro	13	4,5	4,2	nein
<6> 06 Speiseraum	13	2,4	1,5	nein
		71,4	57,3	

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
<1> 01 Klassenzimmer	nicht relevant			-
<2> 02 Sanitär	Schule ohne Dus	0,400 Person	165	1.121 a
<3> 03 Verkehrsfläch	nicht relevant			-
<4> 04 Technik/Lager	nicht relevant			-
<5> 05 Büro	nicht relevant			-
<6> 06 Speiseraum	nicht relevant			-

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

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	2/	1,00	13.200
2			

Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Verteilssystem: dezentral mit Erzeugern
Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)
mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation
Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Stichltg. (St)
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2			
Leitungslängen l_i	0 m	0 m	3 m
Wärmedurchgangskoeffizient U_i			0,255 W/(mK)
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$			32,9 °C
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$			17,0 °C

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
$Q_{w,b}$ kWh	1.085	1.121	1.085	1.121	1.121	1.013	1.121	13.200
$Q_{w,d,St}$ kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{w,d}$ kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{I,w,d}$ kWh	4	5	5	5	5	4	5	54

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

Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung (Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung (Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung (Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung (Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
 Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 24,0 kW (Strom-Mix)
 Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w,f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387

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

Endenergie Warmwasserbereitung (Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w,f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
$W_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> 01 Klassenzimmer	27,3	12,2	0	0,0	39,5
<2> 02 Sanitär	1,9	0,2	1426	6,2	8,3
<3> 03 Verkehrsflächen	16,1	1,1	0	0,0	17,1
<4> 04 Technik/Lager	10,9	0,4	0	0,0	11,3
<5> 05 Büro	4,6	0,8	0	0,0	5,4
<6> 06 Speiseraum	3,0	1,2	0	0,0	4,2

$Q_{T,max}$ = 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)

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		*	127.379	85,9	94,5
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

<1> hydraulischer Abgleich statisch je Heizkörper, $n > 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	2.417	8.704	19.111	26.225	25.060	21.041	15.842	127.379

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone <6> 06 Speiseraum

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t_h <6>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$t_{h,rL,d}$ <6>	h/d	6	6	6	6	6	6	6	
$d_{h,rB}$ <6>	d/m	17	20	22	24	24	21	22	184
$t_{h,rL}$ <6>	h/m	101	119	131	146	146	129	134	1.101

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

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

hydraulischer Abgleich statisch je Heizkörper, $n > 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,4+0 = 2,10^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (16,6%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.417	8.704	19.111	26.225	25.060	21.041	15.842	127.379
$Q_{h,ce}$	kWh	1.074	2.099	3.044	3.421	3.289	2.926	2.622	21.179
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.491	10.803	22.155	29.645	28.349	23.967	18.464	148.559

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

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,

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

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

System: (DIN V 18599-5:2011) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 1
Etagenringtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1059,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,00 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 70 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 55 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<6>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 142 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{hydr. \text{ Abgleich}} = 1,02$, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	398,0 m	23,3 m	53,0 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, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr								
$\beta_{h,d}$	0,06	0,17	0,37	0,47	0,45	0,42	0,29	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,6	33,0	43,0	48,1	47,1	45,9	39,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,9	29,1	36,1	39,7	39,0	38,1	33,7	
$Q_{h,d}$ kWh	47	130	255	346	333	280	221	1.760
$W_{h,d}$ kWh	10	15	23	30	29	25	21	174
$Q_{I,h,d}$ kWh	47	130	255	346	333	280	221	1.760

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 1,2 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,2 \%$

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

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

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

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

$Q_{l,h,d}$ = 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)

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

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.538	10.933	22.410	29.991	28.682	24.248	18.685	150.319

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

Heizwärmepufferspeicher
(Ref-No 5.13.7)

nicht vorgesehen

solare Heizungsunterstützung
(Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen
(Ref-No 5.13.9)

nicht vorgesehen

Konventionelle Heizwärmeerzeuger
(Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.885 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel nach 1994 (282), $P_n = 94,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,940$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,000$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0065 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 11,00 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 3,69 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,33 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,399 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,133 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178}$
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$
 $W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$
 $Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.538	10.933	22.410	29.991	28.682	24.248	18.685	150.319
$\beta_{h,1}$		0,37	0,97	1,80	2,18	2,09	1,99	1,48	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	323	988	2.376	3.454	3.253	2.693	1.870	15.998
$Q_{h,f}$	kWh	3.860	11.921	24.786	33.445	31.935	26.941	20.555	166.317
$W_{h,gen}$	kWh	25	56	102	132	127	108	87	741
$Q_{I,h,gen}$	kWh	5	13	25	34	33	27	22	173

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

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	3.860	11.921	24.786	33.445	31.935	26.941	20.555	166.317
W_h	kWh	35	71	125	162	156	133	108	915
Erdgas	kWh	3.856	11.909	24.786	33.445	31.935	26.941	20.555	166.240
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,7	2,0	4,0	5,2	5,0	4,7	3,3	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,5	1,3	2,7	3,6	3,4	3,2	2,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,2	0,5	1,0	1,3	1,3	1,2	0,9	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,3	0,6	0,8	0,7	0,7	0,5	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,3	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	2/	13.387	1,80	1,00	24.096
Erdgas	Heizwärme	*	166.240	1,10	1,11	164.742
Strom-Mix	Beleuchtung	**	4.465	1,80	1,00	8.037
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.489	1,80	1,00	6.280
Σ [kWh/Jahr]			187.580			203.155

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 203.155 / 1.885 = 107,8$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.885$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 187.580 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 13386,5+149765,3+4464,9+3488,8 = 171106 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 1,9 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,5 kWh/(m²a), Erdgas 88,2 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Strom-Mix	13.387	560	7.497	
Erdgas	149.765	240	35.944	
Strom-Mix	4.465	560	2.500	
Strom-Mix	3.489	560	1.954	
171.106			47.894	25,4

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

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
<1> 01 Klassenzim	804	-	1.961	-	-	83.521	85.482
<2> 02 Sanitär	95	-	448	-	13.389	5.473	19.309
<3> 03 Verkehrsfl	550	-	569	-	-	32.982	33.550
<4> 04 Technik/La	207	-	47	-	-	23.669	23.715
<5> 05 Büro	116	-	869	-	-	11.378	12.247
<6> 06 Speiseraum	113	-	571	-	-	9.294	9.865
Gebäude	1.885	-	4.465	-	13.386	166.316	184.167

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,0	67,6	78,3
Endenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,1	88,7	99,5

Primärenergiebedarf	2,5	4,3	0,0	12,8	88,3	107,8

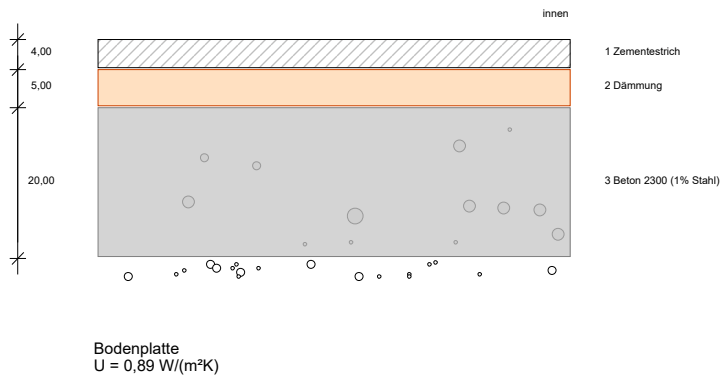
Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

Primärenergie-Referenzwert

(Ref-No 5.15.0)

vorh $q_P = 107,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

Bauteilquerschnitt


Bauteil: Bodenplatte
 (Ref-No 1.0)

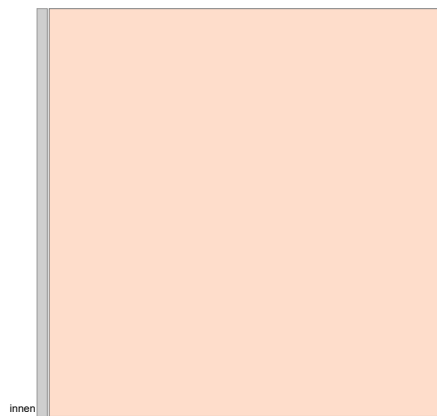
Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,03
02 Dämmung	5,00	160	8,0	0,060	0,83
03 Beton 2300 (1% Stahl)	20,00	2300	460,0	2,300	0,09
R_{se}					0,00
	d = 29,00	G =	548,0	$R_T =$	1,12

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Außenwand KG
 $U = 0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 $0 \text{ kg CO}_2\text{/(m}^2\text{50a)}$

Bauteil: Außenwand KG
 (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

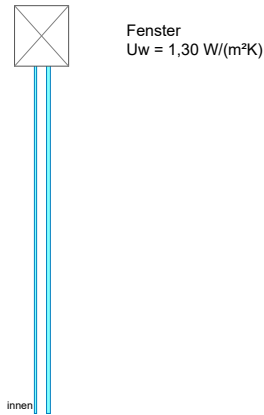
Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

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	2,00	1800	36,0	1,000	0,02
02 Ziegel-MW 1800	60,00	1800	1080,0	0,550	1,09
R_{se}					0,04
	d = 62,00	G =	1116,0	$R_T =$	1,28

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Fenster
 (Ref-No 1.0)

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

$U_w = - \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
 (Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 58\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteilquerschnitt

Außentür
 $U = 2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
von innen
1
 $0 \text{ kg CO}_2\text{/(m}^2\text{50a)}$

innen

—/—

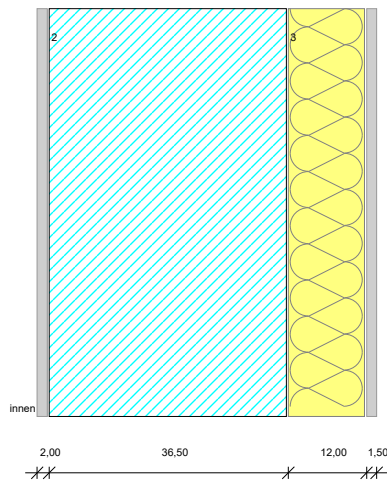
Bauteil: Außentür
(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient
(Ref-No 1.8)

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

Bauteilquerschnitt



Außenwand Anbau
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Innenputz
 2 Kalksandstein-MW 1800
 3 Dämmung
 4 Außenputz
 0 kg CO₂/(m²50a)

Bauteil: Außenwand Anbau

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

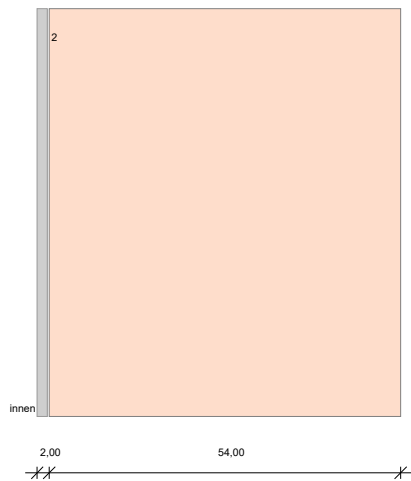
von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,13
01 Innenputz	2,00	1800	36,0	0,700	0,03
02 Kalksandstein-MW 1800	36,50	1800	657,0	0,600	0,61
03 Dämmung	12,00	20	2,4	0,035	3,43
04 Außenputz	1,50	1800	27,0	0,700	0,02
R_{se}					0,04
	d = 52,00	G = 722,4		$R_T = 4,26$	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

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

Bauteilquerschnitt



Außenwand EG/OG
 $U = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 von innen
 1 Innenputz
 2 Ziegel-MW 1800
 0 kg CO₂/(m²50a)

Bauteil: Außenwand EG/OG (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

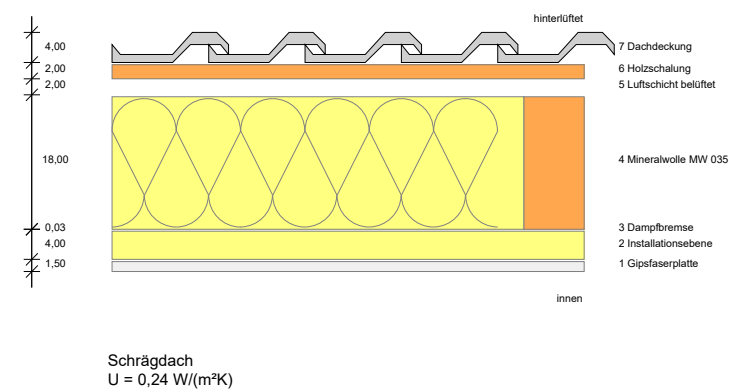
Querschnitt (Ref-No 1.3)

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	2,00	1800	36,0	1,000	0,02
02 Ziegel-MW 1800	54,00	1800	972,0	0,550	0,98
R_{se}					0,04
d =	56,00	G =	1008,0	$R_T =$	1,17

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Schrägdach
(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Dachdecke hinterlüftet" (2)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10$ m²K/W

Querschnitt
(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m² K/W
R_{si}					0,10
01 Gipsfaserplatte	1,50	1150	17,3	0,320	0,05
02 Installationsebene	4,00	20	0,8	–	–
03 Dampfbremse	0,03	–	–	–	–

04 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,14
05 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	-	-
06 Holzschalung	2,00	600	12,0	-	-
07 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{Se}					0,10
	d = 31,53	G = 73,7	R _T = 5,39		

$$U_{\text{Gefach}} = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
8,0 cm	70,0 cm	11,4 %	85,6 kg/m²			
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W	
R _{Si}					0,10	
01 Gipsfaserplatte	1,50	1150	17,3	0,320	0,05	
02 Installationsebene	4,00	20	0,8	–	–	
03 Dampfbremse	0,03	–	–	–	–	
04 Sparren 160 mm	18,00	600	108,0	0,130	1,38	
05 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	–	–	
06 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	–	
07 Dachdeckung	4,00	–	40,0	–	–	
R _{Se}					0,10	
		31,53	178,1	R _T =	1,63	

$$U_{(R)} = 0,61 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (88,57\% \cdot 1/5,390 + 11,43\% \cdot 1/1,631) = 4,27 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,886/0,047 + 0,114/0,047) + 1/(0,886/5,143 + 0,114/1,385) + 0,10 = 4,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,22 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 1\%)$$

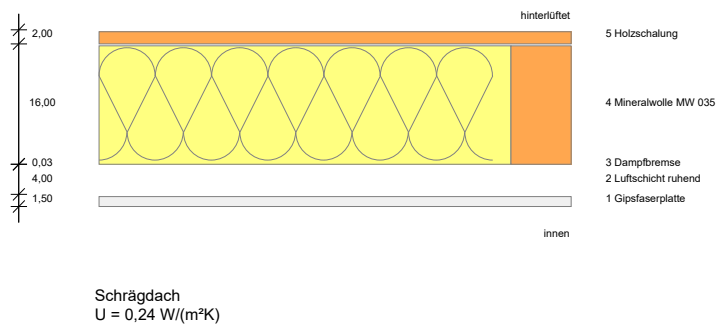
$$U = 1 / R_T = 0,237 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,24 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Schrägdach
 (Ref-No 1.0)

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

Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,10
01 Gipsfaserplatte	1,50	1150	17,3	0,320	0,05
02 Luftschicht ruhend	4,00	1	0,0	–	0,16
03 Dampfbremse	0,03	–	–	–	–

04 Mineralwolle MW 035	16,00	20	3,2	0,035	4,57
05 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,15
R _{se}					0,10
	d =	23,53	G =	32,5	R _T = 5,13

$$U_{\text{Gefach}} = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
8,0 cm	80,0 cm	10,0 %	41,8 kg/m ²		
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R _{si}					0,10
01 Gipsfaserplatte	1,50	1150	17,3	0,320	0,05
02 Luftschicht ruhend	4,00	1	0,0	-	0,16
03 Dampfbremse	0,03	-	-	-	-
04 Sparren 160 mm	16,00	600	96,0	0,130	1,23
05 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,15
R _{se}					0,10
	23,53		125,3	R _T =	1,79

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

$$R'_T = 1 / (90,00\% \cdot 1/5,132 + 10,00\% \cdot 1/1,791) = 4,33 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,900/0,047 + 0,100/0,047) + 1/(0,900/0,160 + 0,100/0,160) + 1/(0,900/4,571 + 0,100/1,231) + 1/(0,900/0,154 + 0,100/0,154) + 0,10 = 4,16 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,24 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 2 \%)$$

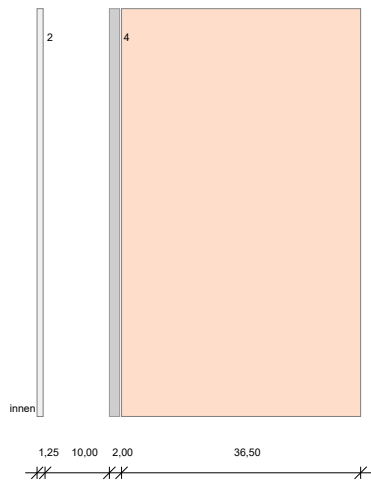
$$U = 1 / R_T = 0,236 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,24 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Außenwand DG
 $U = 0,94 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 von innen
 1 Gipskartonplatten nach DIN 18180
 2 Luftschicht ruhend
 3 Innenputz
 4 Ziegel-MW 1800
 $0 \text{ kg CO}_2\text{(m}^2\text{50a)}$

Bauteil: Außenwand DG
 (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,13
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05
02 Luftschicht ruhend	10,00	1	0,1	–	0,16
03 Innenputz	2,00	1800	36,0	1,000	0,02
04 Ziegel-MW 1800	36,50	1800	657,0	0,550	0,66
R_{se}					0,04
d =	49,75	G =	703,1	$R_T =$	1,06

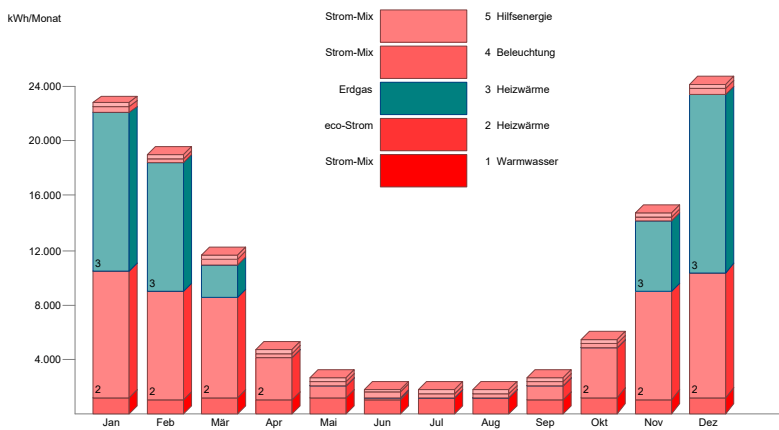
Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,94 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Anlage 2: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 1a)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



GEG 2018

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 "Schule LW-WP"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	108 Klassenzimme	200	17,0	16,0	804	2742
<2> 02 Sanitär	116 WC und Sanit	200	17,0	16,0	95	356
<3> 03 Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	200	14,4	13,0	550	1687
<4> 04 Technik/Lager	220 Lager, Techn	200	15,3	13,0	207	560
<5> 05 Büro	102 Gruppenbüro	200	17,0	16,0	116	413
<6> 06 Speiseraum	117 Sonstige Auf	200	17,0	16,0	113	276
					1.885	6.033

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1885,1\text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

 t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr $\Rightarrow$ Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb $\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb $\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabschaltung ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2**Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)**

(Ref-No 5.2.0)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2Begrenzung 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
Kellergeschoss KG						
KG 03 Verkehrsflächen						

FD H	29 BoPla	3:0	210,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	75,1
FAW O	33 AW 01	3:0	5,0	0,78	1,00 FAW	51 02	3,9
FF O	010 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	38 AW 01	3:0	14,7	0,78	1,00 FAW	51 02	11,5
FAW N	39 AW 01	3:0	9,8	0,78	1,00 FAW	51 02	7,7
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW N	001 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW O	40 AW 01	3:0	27,5	0,78	1,00 FAW	51 02	21,5
FF O	014 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	015 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	003 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW W	43 AW 01	3:0	27,4	0,78	1,00 FAW	51 02	21,4
FAW N	44 AW 01	3:0	3,7	0,78	1,00 FAW	51 02	2,9
FAW W	47 AW 01	3:0	16,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FF W	017 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	019 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	018 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	48 AW 01	3:0	19,6	0,78	1,00 FAW	51 02	15,3
FF S	002 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	001 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	003 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW S	52 AW 01	3:0	10,8	0,78	1,00 FAW	51 02	8,5
KG 04 Technik/Lager							
FG H	136 Standard-STB	4:0	24,7	0,89	0,40 FG	53 25 14	8,8
FAW W	138 AW 01	4:0	10,0	0,78	1,00 FAW	51 02	7,8
FF W	020 FE 01	4:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	139 AW 01	4:0	16,6	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FG H	140 Standard-STB	4:0	81,3	0,89	0,40 FG	53 25 14	29,1
FD H	141 Standard-STB	4:0	3,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	1,1
FAW W	143 AW 01	4:0	31,0	0,78	1,00 FAW	51 02	24,2
FAW S	144 AW 01	4:0	11,6	0,78	1,00 FAW	51 02	9,0
FAW O	145 AW 01	4:0	27,1	0,78	1,00 FAW	51 02	21,2
FF O	011 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	012 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	013 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	005 Tür AT 01	4:0	1,8	2,00	1,00 FAW	51 02	3,6
FAW N	146 AW 01	4:0	20,0	0,78	1,00 FAW	51 02	15,6
FG H	147 Standard-STB	4:0	16,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	5,8
FAW N	151 AW 01	4:0	15,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,1
FAW W	152 AW 01	4:0	7,1	0,78	1,00 FAW	51 02	5,6
FF W	016 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	153 Standard-STB	4:0	77,8	0,89	0,40 FG	53 25 14	27,8
FDD H	156 Standard-STB	4:0	1,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	0,3
FAW S	157 AW 01	4:0	25,8	0,78	1,00 FAW	51 02	20,2
FF S	007 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	005 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	006 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	008 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	158 AW 01	4:0	19,1	0,78	1,00 FAW	51 02	14,9
FF O	009 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	159 Standard-STB	4:0	9,1	0,89	0,40 FG	53 25 14	3,3

FAW S	162 AW 01	4:0	7,2	0,78	1,00	FAW	51 02	5,6
FF S	004 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51 02	1,4
FG H	163 Standard-STB	4:0	14,7	0,89	0,40	FG	53 25 14	5,3
FAW O	164 AW 01	4:0	4,2	0,78	1,00	FAW	51 02	3,3
FAW N	165 AW 01	4:0	27,3	0,78	1,00	FAW	51 02	21,3
KG 06 Speiseraum								
FG H	1 BoPla	6:0	143,6	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	51,4
FAW S	6 AW 01	6:0	23,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,6
FAW S	004 Tür AT 01	6:0	2,6	2,00 ##	1,00	FAW	51 02	5,2
FAW O	7 AW 01	6:0	17,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,1
FAW N	11 AW 01	6:0	20,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,8
FF N	026 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	027 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	025 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW W	12 AW 01	6:0	25,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,0
FF W	021 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	024 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	022 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	023 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
Erdgeschoss EG								
EG 01 Klassenzimmer								
FAW S	263 AW 02	1:0	17,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	14,6
FAW O	264 AW 02	1:0	45,2	0,23 ##	1,00	FAW	51	10,6
FAW N	265 AW 02	1:0	27,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,6
FAW W	266 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	267 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FF S	008 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	007 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	005 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	006 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FG H	268 BoPla	1:0	63,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	22,6
FAW N	270 AW 02	1:0	25,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	21,9
FF N	021 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	019 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	020 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW W	271 AW 02	1:0	40,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	34,1
FF W	014 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	016 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	015 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	017 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	018 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW N	272 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	273 AW 02	1:0	29,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,4
FF W	010 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	011 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	013 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	012 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW O	274 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	275 AW 02	1:0	27,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,7
FF S	002 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	004 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5

FF S	001 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	003 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
EG 02 Sanitär								
FAW O	20 AW 02	2:0	22,1	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,2
FF O	028 FE 01	2:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW N	21 AW 02	2:0	36,0	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,5
FF N	025 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	026 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	027 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
EG 03 Verkehrsflächen								
FG H	80 Standard-STB	3:0	32,0	0,89	0,40	FG	53 25 14	11,5
FAW N	86 AW 02	3:0	11,7	0,85	1,00	FAW	51 02	9,9
FAW N	90 AW 02	3:0	6,9	0,85	1,00	FAW	51 02	5,9
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW O	95 AW 02	3:0	36,5	0,23	1,00	FAW	51	8,6
FF O	024 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	022 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	023 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	96 AW 02	3:0	30,8	0,23	1,00	FAW	51	7,2
FF S	032 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	029 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	030 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	031 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW O	97 AW 02	3:0	5,4	0,85	1,00	FAW	51 02	4,6
FAW O	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW W	101 AW 02	3:0	8,2	0,85	1,00	FAW	51 02	7,0
FF W	009 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	104 AW 02	3:0	13,4	0,85	1,00	FAW	51 02	11,4
FAW S	001 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
EG 04 Technik/Lager								
FAW O	175 AW 02	4:0	10,0	0,85	1,00	FAW	51 02	8,5
FAW N	178 AW 02	4:0	4,8	0,85	1,00	FAW	51 02	4,1
FG H	179 Standard-STB	4:0	6,9	0,89	0,40	FG	53 25 14	2,5
FAW N	181 AW 02	4:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
EG 05 Büro								
FG H	200 Standard-STB	5:0	20,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	7,2
FAW N	202 AW 02	5:0	12,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,5
FF N	034 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW W	203 AW 02	5:0	21,4	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	18,2
FF W	033 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
Obergeschoss OG								
OG 01 Klassenzimmer								
FD H	276 Dach Anbau	1:0	174,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	33,2
FDd H	277 Dach Anbau	1:0	1,2	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,2
FAW O	278 AW 02	1:0	1,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	1,6
FAW N	279 AW 02	1:0	26,4	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,2
FF N	023 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	022 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	021 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW W	280 AW 02	1:0	39,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	9,4

FF W	018 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	020 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	016 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	017 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	019 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW N	281 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	2,2
FAW W	282 AW 02	1:0	29,9	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	25,5
FF W	008 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	006 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	009 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	007 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW S	285 AW 02	1:0	20,6	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	17,6
FF S	013 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	014 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	015 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW O	286 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,7
FAW W	289 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,7
FAW S	290 AW 02	1:0	27,3	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	23,3
FF S	003 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	001 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	002 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	004 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FD H	291 Dach Anbau	1:0	73,3	0,24 ##	0,80 FDd	51 06	13,9
FAW S	293 AW 02	1:0	17,7	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	15,1
FAW O	294 AW 02	1:0	46,8	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	40,0
FAW N	295 AW 02	1:0	29,2	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,9
OG 02 Sanitär							
FD H	22 Dach Anbau	2:0	55,3	0,24 ##	0,80 FDd	51 06	10,5
FAW O	23 AW 02	2:0	22,7	0,23 ##	1,00 FAW	51	5,3
FF O	031 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FF O	030 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FAW N	24 AW 02	2:0	36,8	0,23 ##	1,00 FAW	51	8,7
FF N	027 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00 FF	51 02	1,8
FF N	028 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FF N	029 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
OG 03 Verkehrsflächen							
FD H	109 Dach Anbau	3:0	69,0	0,24	0,80 FDd	51 06	13,1
FAW O	121 AW 02	3:0	7,9	0,85	1,00 FAW	51 02	6,7
FAW O	001 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW N	127 AW 02	3:0	11,2	0,85	1,00 FAW	51 02	9,6
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW N	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW O	132 AW 02	3:0	37,0	0,23	1,00 FAW	51	8,7
FF O	026 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF O	025 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF O	024 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW S	133 AW 02	3:0	39,9	0,23	1,00 FAW	51	9,4
FAW O	134 AW 02	3:0	5,6	0,85	1,00 FAW	51 02	4,8
FAW O	002 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
OG 04 Technik/Lager							
FAW N	184 AW 02	4:0	5,8	0,85	1,00 FAW	51 02	5,0

FAW W	187	AW 02	4:0	8,1	0,85	1,00	FAW	51 02	6,9
FF W	005	FE 01	4:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	189	AW 02	4:0	4,7	0,85	1,00	FAW	51 02	4,0
OG 05 Büro									
FD H	205	Standard-STB	5:0	0,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,1
FDd H	207	Standard-STB	5:0	1,4	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW S	209	AW 02	5:0	19,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	16,4
FF S	011	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	012	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	010	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	211	Standard-STB	5:0	47,6	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	9,0
FDd H	213	Standard-STB	5:0	1,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW N	215	AW 02	5:0	14,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	12,5
FAW W	216	AW 02	5:0	24,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	20,7
FAW N	217	AW 02	5:0	12,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,3
Dachgeschoss DG									
DG 01 Klassenzimmer									
FDd H	218	Dachdecke	1:0	24,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	4,7
FD N	219	Dach B	1:0	16,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,8
FD S	220	Dach B	1:0	13,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,1
FD W	221	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	222	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD W	223	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	224	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FAW W	225	AW 03	1:0	21,4	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	20,1
FAW N	226	AW 03	1:0	4,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,9
FF S	008	FE 01	1:0	0,5	1,30	1,00	FF	51 02	0,6
FG H	232	Dachdecke	1:0	7,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	1,5
FDd H	233	Dachdecke	1:0	62,0	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	11,7
FD N	234	Dach B	1:0	17,3	0,24 ##	1,00	FD	51 02	4,1
FD S	235	Dach B	1:0	37,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	8,8
FD S	236	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	237	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	238	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	239	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	240	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	241	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	242	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD S	243	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	244	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	245	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	246	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	247	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD O	248	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD S	249	Dach B	1:0	2,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,6
FAW S	250	AW 03	1:0	14,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	13,4
FAW N	251	AW 03	1:0	4,1	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,8
FAW O	252	AW 03	1:0	21,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	19,9
DG 03 Verkehrsflächen									
FG H	55	Dachdecke	3:0	1,0	0,24	0,80	FDd	51 06	0,2
FDd H	56	Dachdecke	3:0	41,8	0,24	0,80	FDd	51 06	7,9

FD	N	57	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	W	58	Dach	B	3:0	13,5	0,24	1,00	FD	51	02	3,2
FD	O	59	Dach	B	3:0	14,8	0,24	1,00	FD	51	02	3,5
FD	N	60	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	O	61	Dach	B	3:0	0,7	0,24	1,00	FD	51	02	0,2
FAW	N	62	AW	03	3:0	3,4	0,94	1,00	FAW	51	02	3,2
FAW	W	67	AW	03	3:0	2,0	0,94	1,00	FAW	51	02	1,9
FAW	N	75	AW	03	3:0	3,2	0,94	1,00	FAW	51	02	3,0
FAW	O	76	AW	03	3:0	1,8	0,94	1,00	FAW	51	02	1,7
FAW	N	78	AW	03	3:0	10,0	0,94	1,00	FAW	51	02	9,4
DG 04 Technik/Lager												
FD	W	166	Dach	B	4:0	5,9	0,24	1,00	FD	51	02	1,4
FAW	N	167	AW	03	4:0	2,5	0,94	1,00	FAW	51	02	2,4
FAW	W	168	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FD	O	170	Dach	B	4:0	4,0	0,24	1,00	FD	51	02	0,9
FAW	O	171	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FAW	N	172	AW	03	4:0	1,5	0,94	1,00	FAW	51	02	1,4
DG 05 Büro												
FDd	H	191	Dachdecke		5:0	9,8	0,24 ##	0,80	FDd	51	06	1,8
FD	S	192	Dach	B	5:0	8,3	0,24 ##	1,00	FD	51	02	2,0
FD	W	193	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FD	O	194	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FAW	S	196	AW	03	5:0	2,6	0,94 ##	1,00	FAW	51	02	2,4

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.358,7$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.859,0$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 733,00 / 80,00 = 9,16 \text{ m}$
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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 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.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 132,7 \text{ W/K}$ (7,1 %, 0,040 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	813	0	40	853	0	0
<2> 02 Sanitär	59	0	0	59	0	0
<3> 03 Verkehrsflächen	408	0	95	503	0	0
<4> 04 Technik/Lager	257	0	84	341	0	0
<5> 05 Büro	133	0	9	142	0	0
<6> 06 Speiseraum	42	0	51	93	0	0
	1712		280	1992		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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 Transmissionswärmekoeffizient

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.991,7 / 3.358,7 = \mathbf{0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,49	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$		0,57	1,30		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 22,1\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
Außentür	2,00		41 1 %	83 4 %
Außenwand Anbau	0,23		489 15 %	115 6 %
Außenwand EG/OG	0,85		675 20 %	576 31 %
Außenwand KG	0,78		357 11 %	279 15 %

Außenwand DG	0,94	96	3 %	91	5 %
Bodenplatte	0,89	704	21 %	252	14 %
Schrägdach	0,24	147	4 %	28	1 %
Fenster	1,30	240	7 %	312	17 %
Schrägdach	0,24	608	18 %	124	7 %
		3359	100 %	1.859	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3359 / 6033 = 1,67 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, eine exponierte Fassade

$e_{\text{wind}} = 0.01$ $f_{\text{wind}} = 20$ (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <2> 02 Sanitär

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m, ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> 01 Klassenzimm	-	1,45	10,00	2,93	0,01	0,80	-	-
<2> 02 Sanitär	-	1,02	15,00	4,01	0,01	0,10	4,01	13
<3> 03 Verkehrsflä	-	1,54	0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lag	-	2,85	0,15	0,06	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro	-	1,55	4,00	1,13	0,02	0,35	-	-
<6> 06 Speiseraum	-	2,64	7,00	2,86	0,03	0,78	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> 01 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,01	0,10		
<2> 02 Sanitär			0,00	0,00	0,01	0,10	-	-
<3> 03 Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lager			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<6> 06 Speiseraum			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal}$ nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 / 6 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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 Lüftung	V m³	$H_{V,z, \text{Jan}}$ W/K	$H_{V, \text{inf}}$ W/K	$H_{V, \text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V, \text{mech}}$ W/K	$\vartheta_{V, \text{Jan}}$ °C
<1> 01 Klassenzimmer	2.742	0	13	750	763	0	15,2
<2> 02 Sanitär	356	0	1	12	13	263	
<3> 03 Verkehrsfläch	1.687	0	9	57	66	0	
<4> 04 Technik/Lager	560	0	5	19	24	0	
<5> 05 Büro	413	0	2	50	52	0	
<6> 06 Speiseraum	276	0	2	73	76	0	
		0	34	961	995	263	
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...							
<1> 01 Klassenzimmer		0	13	93	107		
<2> 02 Sanitär		0	1	12	13		
<3> 03 Verkehrsflächen		0	9	57	66		
<4> 04 Technik/Lager		0	5	19	24		
<5> 05 Büro		0	2	14	16		
<6> 06 Speiseraum		0	2	9	12		
		0	34	205	239		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster

(Ref-No 5.4.1)

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
FF O 010 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 7100	0,2/ 1,1
FF O 014 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 015 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 017 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 019 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 018 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 002 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 001 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 003 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF W 020 FE 01	4	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF O 011 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 012 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 013 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 016 FE 01	4	0,76	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 0,9
FF S 007 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 005 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 006 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 008 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF O 009 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF S 004 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF N 026 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 027 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 025 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF W 021 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 024 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 022 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 023 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 008 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 007 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 005 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 006 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF N 021 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 019 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 020 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF W 014 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 016 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 015 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 017 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 018 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 010 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 011 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 013 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 012 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF S 002 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 004 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8

FF S	001	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF S	003	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF O	028	FE	01	2	0,86	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 1,2
FF N	025	FE	01	2	0,96	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	026	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	027	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	024	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	022	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	023	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF S	032	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	029	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	030	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	031	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF W	009	FE	01	3	2,45	17/ 117	42/ 42	"	0,4/ 2,9
FF N	034	FE	01	5	1,32	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 1,1
FF W	033	FE	01	5	1,32	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,6
FF N	023	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	022	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	021	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF W	018	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	020	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	016	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	017	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	019	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	008	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	006	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	009	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	007	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	013	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	014	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	015	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	003	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	001	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	002	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	004	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF O	031	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF O	030	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF N	027	FE	01	2	0,99	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	028	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	029	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	026	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	025	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	024	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF W	005	FE	01	4	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	011	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	012	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	010	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	008	FE	01	1	0,33	59/ 113	42/ 42	"	0,2/ 0,4

167,80

55/ 193

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
FAW O 33 AW 01	O 3	5,0	0,78	0,80	4,50	138	0,3
FAW O 38 AW 01	O 3	14,7	0,78	0,80	4,50	138	1,0
FAW N 39 AW 01	N 3	9,8	0,78	0,80	4,50	81	0,3
FAW N 002 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW N 001 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW O 40 AW 01	O 3	27,5	0,78	0,80	4,50	138	1,8
FAW O 003 Tür AT	O 3	2,6	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW W 43 AW 01	W 3	27,4	0,78	0,50	4,50	117	0,7
FAW N 44 AW 01	N 3	3,7	0,78	0,50	4,50	81	0,0
FAW W 47 AW 01	W 3	16,5	0,78	0,50	4,50	117	0,4
FAW S 48 AW 01	S 3	19,6	0,78	0,50	4,50	113	0,5
FAW S 52 AW 01	S 3	10,8	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW W 138 AW 01	W 4	10,0	0,78	0,50	4,50	117	0,3
FAW S 139 AW 01	S 4	16,6	0,78	0,50	4,50	113	0,4
FAW W 143 AW 01	W 4	31,0	0,78	0,50	4,50	117	0,8
FAW S 144 AW 01	S 4	11,6	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW O 145 AW 01	O 4	27,1	0,78	0,50	4,50	138	0,9
FAW O 005 Tür AT	O 4	1,8	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW N 146 AW 01	N 4	20,0	0,78	0,50	4,50	81	0,3
FAW N 151 AW 01	N 4	15,5	0,78	0,50	4,50	81	0,2
FAW W 152 AW 01	W 4	7,1	0,78	0,50	4,50	117	0,2
FAW S 157 AW 01	S 4	25,8	0,78	0,50	4,50	113	0,7
FAW O 158 AW 01	O 4	19,1	0,78	0,50	4,50	138	0,7
FAW S 162 AW 01	S 4	7,2	0,78	0,50	4,50	113	0,2
FAW O 164 AW 01	O 4	4,2	0,78	0,50	4,50	138	0,1
FAW N 165 AW 01	N 4	27,3	0,78	0,50	4,50	81	0,4
FAW S 004 Tür AT	S 6	2,6	2,00	0,50	4,50	113	0,2

FAW S	263 AW 02	S	1	17,1	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW W	266 AW 02	W	1	28,1	0,85	0,50	4,50	117	0,8
FAW S	267 AW 02	S	1	29,0	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	270 AW 02	N	1	25,6	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW W	271 AW 02	W	1	40,0	0,85	0,50	4,50	117	1,2
FAW N	272 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	273 AW 02	W	1	29,7	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW O	274 AW 02	O	1	28,1	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW S	275 AW 02	S	1	27,8	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	86 AW 02	N	3	11,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	90 AW 02	N	3	6,9	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	002 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW O	97 AW 02	O	3	5,4	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	004 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW W	101 AW 02	W	3	8,2	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW S	104 AW 02	S	3	13,4	0,85	0,50	4,50	113	0,4
FAW S	001 Tür AT	S	3	4,7	2,00	0,50	4,50	113	0,3
FAW O	175 AW 02	O	4	10,0	0,85	0,50	4,50	138	0,4
FAW N	178 AW 02	N	4	4,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	181 AW 02	N	4	5,6	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	202 AW 02	N	5	12,3	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	203 AW 02	W	5	21,4	0,85	0,50	4,50	117	0,6
FAW O	278 AW 02	O	1	1,8	0,85	0,50	4,50	138	0,1
FAW N	281 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	282 AW 02	W	1	29,9	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	285 AW 02	S	1	20,6	0,85	0,50	4,50	113	0,6
FAW O	286 AW 02	O	1	29,0	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW W	289 AW 02	W	1	29,0	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	290 AW 02	S	1	27,3	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW S	293 AW 02	S	1	17,7	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW O	294 AW 02	O	1	46,8	0,85	0,50	4,50	138	1,8
FAW N	295 AW 02	N	1	29,2	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW O	121 AW 02	O	3	7,9	0,85	0,50	4,50	138	0,3
FAW O	001 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	127 AW 02	N	3	11,2	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	004 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW O	134 AW 02	O	3	5,6	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	002 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	184 AW 02	N	4	5,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW W	187 AW 02	W	4	8,1	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW N	189 AW 02	N	4	4,7	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW S	209 AW 02	S	5	19,3	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW N	215 AW 02	N	5	14,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	216 AW 02	W	5	24,2	0,85	0,50	4,50	117	0,7
FAW N	217 AW 02	N	5	12,1	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FD N	219 Dach B	N	1	16,2	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD S	220 Dach B	S	1	13,2	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD W	221 Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD O	222 Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0

FD	W	223	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	224	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	N	225	AW 03	W	1	21,4	0,94	0,50	4,50	117	0,7
FAW	N	226	AW 03	N	1	4,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FD	N	234	Dach B	N	1	17,3	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	S	235	Dach B	S	1	37,2	0,24	0,50	4,50	194	0,4
FD	S	236	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	237	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	238	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	239	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	240	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	241	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	242	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	S	243	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	244	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	245	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	246	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	247	Dach	W	1	0,7	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	248	Dach	O	1	0,7	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	249	Dach B	S	1	2,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	S	250	AW 03	S	1	14,2	0,94	0,50	4,50	113	0,4
FAW	N	251	AW 03	N	1	4,1	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	252	AW 03	O	1	21,2	0,94	0,50	4,50	138	0,9
FD	N	57	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	W	58	Dach B	W	3	13,5	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FD	O	59	Dach B	O	3	14,8	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD	N	60	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	O	61	Dach B	O	3	0,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	62	AW 03	N	3	3,4	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	W	67	AW 03	W	3	2,0	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FAW	N	75	AW 03	N	3	3,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	76	AW 03	O	3	1,8	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	78	AW 03	N	3	10,0	0,94	0,50	4,50	81	0,2
FD	W	166	Dach B	W	4	5,9	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FAW	N	167	AW 03	N	4	2,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FAW	W	168	AW 03	W	4	2,2	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FD	O	170	Dach B	O	4	4,0	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	O	171	AW 03	O	4	2,2	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	172	AW 03	N	4	1,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FD	S	192	Dach B	S	5	8,3	0,24	0,50	4,50	194	0,1
FD	W	193	Dach	W	5	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	194	Dach	O	5	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	S	196	AW 03	S	5	2,6	0,94	0,50	4,50	113	0,1

1.353,4

36,7

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

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 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

solare Wärmegegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh

über Fenster ...

<1> 01 Klassen	2.813	2.141	805	559	1.036	931	2.264	28.951
<2> 02 Sanitär	106	70	30	17	30	39	86	1.283
<3> 03 Verkehr	861	640	229	155	310	284	715	9.419
<4> 04 Technik	327	246	90	62	119	107	267	3.443
<5> 05 Büro	363	310	113	84	167	128	297	3.529
<6> 06 Speiser	116	71	30	18	27	37	91	1.317
über opake ...								
<1> 01 Klassen	300	147	-	-	28	4	184	3.315
<2> 02 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> 03 Verkehr	148	71	-	-	9	2	95	1.867
<4> 04 Technik	107	53	-	-	10	1	66	1.288
<5> 05 Büro	42	19	-	-	4	1	25	502
<6> 06 Speiser	6	5	-	-	1	0	4	48
	5.188	3.773	1.296	894	1.740	1.533	4.094	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	7.257	7.714	7.737	7.128	6.608			54.963

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	804	80,4	16,1	0,0	96,5
<2> 02 Sanitär	95	-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	550	-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	207	-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro	116	3,5	4,9	0,0	8,4
<6> 06 Speiseraum	113	10,4	0,9	0,0	11,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> 01 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager		-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro		-	-	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	0,0	10,4	3,6	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär	0,0	2,3	0,4	0,2	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	0,0	2,9	2,5	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0

<5> 05 Büro	0,0	4,5	0,5	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum	0,0	2,9	0,5	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,r}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	853	763	0	667	146	0,218
<2> 02 Sanitär	59	13	263	48	4	0,084
<3> 03 Verkehrsflächen	503	66	0	213	16	0,076
<4> 04 Technik/Lager	341	25	0	136	5	0,040
<5> 05 Büro	142	52	0	81	19	0,235
<6> 06 Speiseraum	93	76	0	71	16	0,222

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> 01 Klassenzimmer	50	1617	24,86	2,55	0,984	1,000
<2> 02 Sanitär	50	335	14,19	1,89	0,992	1,000
<3> 03 Verkehrsflächen	50	569	48,37	4,02	1,000	1,000
<4> 04 Technik/Lager	50	365	28,33	2,77	1,000	1,000
<5> 05 Büro	50	194	29,93	2,87	0,988	0,999
<6> 06 Speiseraum	50	169	33,27	3,08	0,992	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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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	17,0	17,0	17,3	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,1	17,2	17,0
$T_{i, 2}$	°C	17,0	17,0	17,2	18,0	18,9	19,4	19,8	19,7	18,9	18,1	17,1	17,0
$T_{i, 3}$	°C	14,4	14,6	15,0	15,7	16,5	17,0	17,3	17,3	16,6	15,8	14,9	14,4
$T_{i, 4}$	°C	15,3	15,4	15,7	16,2	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,3
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,2	17,0
$T_{i, 6}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,2	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,3	17,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 2}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 3}$	°C	13,0	13,0	13,5	14,8	16,2	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,3	13,0
$T_{i, 4}$	°C	13,0	13,0	13,4	14,7	16,1	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,2	13,0
$T_{i, 5}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	16,9	16,0	16,0
$T_{i, 6}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0

Zone <1> 01 Klassenzimmer

(Ref-No 5.7.1)

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 $\Delta Q_{\text{C,b,WE}}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,\text{Jan}} = 17,0$ °C und $Q_l = 96,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,\text{Jan}} = 16,0$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

η_{source}		0,782	0,913	0,978	0,988	0,984	0,982	0,953	0,756
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,741	0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,736
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.188	712	689	712	712	643	712	8.298
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.472	3.593	6.910	9.256	8.900	7.516	5.975	48.147
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	693	2.710	3.974	3.682	3.065	1.830	16.016
Q_T	kWh	2.704	5.146	7.711	9.932	9.869	8.398	7.624	62.138
Q_V	kWh	1.554	2.959	4.357	5.553	5.518	4.702	4.327	35.155
Q_S^*	kWh	2.377	2.150	795	555	1.054	925	2.374	20.242
Q_I^*	kWh	1.379	1.693	1.808	1.921	1.897	1.697	1.789	16.631

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone <2> 02 Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,673	1,000	0,988	0,992	0,992	0,987	0,962	0,691
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,838
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	93	84	82	84	84	76	84	834
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	4.905
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	169	450	712	685	551	386	3.041
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	66	183	272	264	213	150	1.176
Q_T	kWh	187	356	532	688	684	582	525	4.298
Q_V	kWh	-173	-5	181	369	349	269	142	-205
Q_S^*	kWh	87	70	30	17	30	39	84	765
Q_I^*	kWh	26	46	50	56	54	48	47	398

Zone <3> 03 Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,927	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,736
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,772	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,690
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	330	488	472	488	488	440	488	4.578
t_h	h	323	744	720	744	744	672	744	5.294
$Q_{h,b,RE}$	kWh	277	1.501	2.740	3.508	3.379	2.886	2.364	18.385
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	224	1.151	1.792	1.682	1.357	818	7.023
Q_T	kWh	764	2.193	3.650	4.816	4.782	4.042	3.596	26.984
Q_V	kWh	101	289	480	634	629	532	473	3.552
Q_S^*	kWh	865	709	229	155	319	286	809	6.083
Q_I^*	kWh	54	80	108	131	126	109	99	826

Zone <4> 04 Technik/Lager
(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,962	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,886	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,739
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	214	183	177	183	183	166	183	1.706
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	328	1.018	1.813	2.327	2.261	1.931	1.629	12.415
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	341	893	1.312	1.256	1.033	736	5.772
Q_T	kWh	536	1.539	2.562	3.387	3.363	2.844	2.525	18.961
Q_V	kWh	39	111	184	243	242	204	181	1.362
Q_S^*	kWh	402	296	90	62	129	108	332	2.833
Q_I^*	kWh	8	16	26	34	33	28	23	189

Zone <5> 05 Büro
(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 8,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,827	0,924	0,985	0,992	0,988	0,988	0,965	0,793
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,814	0,974	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992	0,842
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	198	103	100	103	103	93	103	1.112
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	201	424	847	1.126	1.070	914	723	5.843
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	152	474	678	629	534	355	2.901
Q_T	kWh	452	860	1.290	1.657	1.647	1.401	1.275	10.381
Q_V	kWh	117	224	331	422	419	357	328	2.665
Q_S^*	kWh	333	312	112	84	170	128	314	2.992
Q_I^*	kWh	175	207	221	236	232	207	218	2.104

Zone <6> 06 Speiseraum

(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 11,3 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,846	0,961	0,988	0,993	0,992	0,991	0,982	0,834
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	79	100	96	100	100	90	100	936
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.229
$Q_{h,b,RE}$	kWh	140	425	722	950	939	787	682	5.204
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	129	294	422	414	340	254	1.946
Q_T	kWh	297	566	847	1.087	1.080	919	838	6.817
Q_V	kWh	157	299	441	558	555	473	438	3.546
Q_S^*	kWh	111	75	30	18	28	37	94	1.113
Q_I^*	kWh	198	237	243	256	255	228	245	2.438

Summe Heizwärmebedarf (Ref-No 5.7.7)

	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/ (m ² a)
<1> 01 Klassenzimme	62.138	35.155	20.242	16.631	64.163	79,8
<2> 02 Sanitär	4.298	-205	765	398	4.217	44,3
<3> 03 Verkehrsfläc	26.984	3.552	6.083	826	25.409	46,2
<4> 04 Technik/Lage	18.961	1.362	2.833	189	18.188	87,9
<5> 05 Büro	10.382	2.665	2.992	2.104	8.744	75,2
<6> 06 Speiseraum	6.817	3.546	1.113	2.438	7.150	63,5
	129.580	46.076	34.028	22.586	127.870	67,8

RLT-Systeme (DIN V 18599-3) (Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<2> 02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

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

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

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
<2> 02 Sanitär	1427	276	0,40	0,40	219

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> 02 Sanitär	212	219	212	219	219	197	219	
...	212	219	212	219	219			2.574
	212	219	212	219	219	197	219	

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

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

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

$W_V = \text{Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)}$

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (16), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd	1	300	170,4	56,5	gut	86
2 <1> Fassade West	West	1	300	203,7	67,5	gut	87
3 <1> Fassade Nord	Nord	1	300	67,9	22,5	gut	89
4 <2> Fassade Nord	Nord	2	200	18,7	6,2	gut	89
5 <2> Fassade Ost	Ost	2	200	8,8	2,9	gut	87
6 <3> Fassade Süd	Süd	3	100	44,3	10,8	mittel	83
7 <3> Fassade West	West	3	100	29,4	7,2	mittel	82
8 <3> Fassade Ost	Ost	3	100	105,2	25,8	mittel	82
9 <4> Fassade Süd	Süd	4	100	16,5	5,5	gut	86
10 <4> Fassade West	West	4	100	19,1	6,3	gut	87
11 <4> Fassade Ost	Ost	4	100	13,2	4,4	gut	87
12 <5> Fassade Süd	Süd	5	500	36,2	12,0	gut	79
13 <5> Fassade West	West	5	500	5,7	1,9	gut	77
14 <5> Fassade Nord	Nord	5	500	5,7	1,9	gut	75
15 <6> Fassade West	West	6	300	14,9	4,9	gut	87
16 <6> Fassade Nord	Nord	6	300	11,2	3,7	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> 01 Klassenzimmer	804	442	362
<2> 02 Sanitär	95	28	68
<3> 03 Verkehrsflächen	550	179	372
<4> 04 Technik/Lager	207	49	158
<5> 05 Büro	116	48	69
<6> 06 Speiseraum	113	26	86

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	86	60	56	50	45	42	40
2 <1> Fassade West	1	87	60	56	49	45	42	39
3 <1> Fassade Nord	1	89	60	55	48	44	40	38
4 <2> Fassade Nord	2	89	60	55	48	44	40	38
5 <2> Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39
6 <3> Fassade Süd	3	83	55	61	56	52	49	47
7 <3> Fassade West	3	82	55	62	56	52	49	48
8 <3> Fassade Ost	3	82	55	62	56	52	49	48
9 <4> Fassade Süd	4	86	60	56	50	45	42	40
10 <4> Fassade West	4	87	60	56	49	45	42	39
11 <4> Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39
12 <5> Fassade Süd	5	79	57	62	57	53	50	48
13 <5> Fassade West	5	77	57	63	57	54	51	49
14 <5> Fassade Nord	5	75	57	64	58	55	52	50
15 <6> Fassade West	6	87	60	56	49	45	42	39
16 <6> Fassade Nord	6	89	60	55	48	44	40	38

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung
(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,6	0,76	51	1068	0	31
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	37
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	12
4 <2> Fassade Nord	2	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	5
5 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	2
6 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	3
7 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	2
8 <3> Fassade Ost	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	7
9 <4> Fassade Süd	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
10 <4> Fassade West	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
11 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
12 <5> Fassade Süd	5	500	9-1-1	6,5	0,71	96	1818	148	26
13 <5> Fassade West	5	500	9-1-1	6,5	0,71	97	1818	148	4
14 <5> Fassade Nord	5	500	9-1-1	6,5	0,71	98	1818	148	4
15 <6> Fassade West	6	300	9-1-1	4,0	0,53	63	1335	109	4
16 <6> Fassade Nord	6	300	9-1-1	4,0	0,53	62	1335	109	3
17 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,76	0	1068	0	117
18 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	31
19 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,24	0	610	50	38
20 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,3	0,07	0	175	14	3
21 A in <5> ohne TL	5	500	9-1-1	6,5	0,71	0	1818	148	75
22 A in <6> ohne TL	6	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1335	109	42

446

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.885 m²
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}
(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 01 Klassen	159	171	174	190	177	153	163	1.961
<2> 02 Sanitär	37	38	38	40	39	35	38	448
<3> 03 Verkehr	46	49	48	51	50	44	48	569
<4> 04 Technik	4	4	4	4	4	4	4	47
<5> 05 Büro	71	75	74	79	76	67	73	869

<6> 06 Speiser	47	49	48	51	50	44	48	571
	363	386	386	414	395	346	373	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	355	363	351	364	368			4.465

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

Kühlenergiebedarf

(Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> 01 Klassenzimmer	116	237	2,034	50,000	24,86	0,447
<2> 02 Sanitär	5	9	1,676	50,000	14,19	0,479
<3> 03 Verkehrsflächen	41	53	1,298	50,000	48,37	0,686
<4> 04 Technik/Lager	26	21	0,800	50,000	28,33	0,811
<5> 05 Büro	14	28	1,970	50,000	29,93	0,469
<6> 06 Speiseraum	12	20	1,681	50,000	33,27	0,540

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez Jul kWh	Jan Aug kWh	Feb Sep kWh	Mär Okt kWh	Apr Nov kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> 01 Klassen	15	22	22	85	373	904	1.501	
...	2.223	1.944	583	159	26			7.857
<2> 02 Sanitär	0	0	0	1	7	45	125	
...	240	175	19	2	0			615
<3> 03 Verkehr	-	-	-	-	5	32	121	
...	284	162	5	-	-			609

<4> 04 Technik	-	-	-	0	3	12	32	
...	68	41	3	0	-			159
<5> 05 Büro	1	2	2	8	37	92	156	
...	248	229	67	18	2			861
<6> 06 Speiser	1	1	1	3	11	39	84	
...	160	128	26	6	2			461

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,\text{max}}$
(Ref-No 5.11.2)

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

Zone	$t_{c, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{c, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{c, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> 01 Klassenzimmer	9	45,2	38,6	nein
<2> 02 Sanitär	13	1,3	-0,1	nein
<3> 03 Verkehrsflächen	13	12,3	9,2	nein
<4> 04 Technik/Lager	13	5,7	3,9	nein
<5> 05 Büro	13	4,5	4,2	nein
<6> 06 Speiseraum	13	2,4	1,5	nein
		71,4	57,3	

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)
(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser
(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
<1> 01 Klassenzimmer	nicht relevant			-
<2> 02 Sanitär	Schule ohne Dus	0,400 Person	165	1.121 a
<3> 03 Verkehrsfläch	nicht relevant			-

<4> 04 Technik/Lager nicht relevant
 <5> 05 Büro nicht relevant
 <6> 06 Speiseraum nicht relevant

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

a)

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung 2	2/	1,00	13.200

Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
 Verteilsystem: dezentral mit Erzeugern
 Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)
 mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation
 Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i		0 m			0 m		3 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							17,0 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,b}$	kWh	1.085	1.121	1.085	1.121	1.121	1.013	1.121	13.200
$Q_{w,d,St}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{I,w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54

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

Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Solaranlage nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 24,0 kW (Strom-Mix)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w, f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387

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

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

Q _{w,outg}	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
Q _{w,f}	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
W _{w,f}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	
...		1.100	1.137	1.100	1.136	1.136			13.387
Q _{I,w,<2>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung Q_{h,max}

(Ref-No 5.13.1)

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

Zone	Q _{T,max} kW	Q _{V,max} kW	V _{mech} m³/h	Q _{V,mech} kW	Φ _{h,max} kW
<1> 01 Klassenzimmer	27,3	12,2	0	0,0	39,5
<2> 02 Sanitär	1,9	0,2	1426	6,2	8,3
<3> 03 Verkehrsflächen	16,1	1,1	0	0,0	17,1
<4> 04 Technik/Lager	10,9	0,4	0	0,0	11,3
<5> 05 Büro	4,6	0,8	0	0,0	5,4
<6> 06 Speiseraum	3,0	1,2	0	0,0	4,2

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} * V = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		*	127.870	85,9	94,5
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.870

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone <1> 01 Klassenzimmer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	6	6	6	6	6	6	6	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	184
$t_{h,rL} <1>$	h/m	101	119	131	146	146	129	134	1.101

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.870
$Q_{h,ce}$	kWh	929	1.819	2.638	2.944	2.831	2.518	2.272	18.295
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.353	10.555	21.823	29.273	27.991	23.643	18.175	146.165

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

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,

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2011) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 1
Etagenringtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1059,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,00 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 142 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	398,0 m	23,3 m	53,0 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, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,05	0,17	0,35	0,46	0,44	0,41	0,28	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,2	27,5	33,5	36,5	35,9	35,1	31,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,1	25,0	29,0	31,0	30,6	30,1	27,6	
$Q_{h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007
$W_{h,d}$	kWh	15	22	34	44	42	36	31	257
$Q_{I,h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007

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

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

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

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

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.380	10.629	21.969	29.471	28.182	23.804	18.301	147.172

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 1000$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 4,8$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)
 $Q_{l,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (unregelmäßige Wärmeeinträge, Gl.69)
 $W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	26	31	34	33	33	30	
$Q_{h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324
$W_{h,s}$	kWh	3	9	18	25	24	20	15	130
$Q_{l,h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324

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

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 2,92

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.390	10.654	22.013	29.526	28.235	23.849	18.339	147.495
$Q_{h,f}$	kWh	946	3.696	7.834	9.210	9.288	7.996	7.442	50.432
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	4.702	11.894	10.719	8.567	2.141	38.022
$Q_{h,f, aux}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.885 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel nach 1994 (282), $P_n = 94,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,940$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,000$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0065 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 9,00 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 3,16 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,19 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,399 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,133 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit}$ = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 ($d_{h,rB} > 1$)
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n$ = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen}$ = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung
 $W_{h,gen}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192
 $Q_{i,h,gen}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	0	0	4.702	11.894	10.719	8.567	2.141	38.022
$\beta_{h,1}$		0,00	0,00	0,38	0,86	0,78	0,70	0,17	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	4	11	484	1.159	1.043	831	233	3.764

$Q_{h,f}$	kWh	4	11	5.186	13.053	11.762	9.398	2.373	41.786
$W_{h,gen}$	kWh	11	11	30	60	55	45	20	284
$Q_{I,h,gen}$	kWh	3	7	15	20	19	16	13	92

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

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	950	3.707	13.019	22.263	21.050	17.393	9.815	92.218
W_h	kWh	28	43	83	128	121	101	67	
	...	36	24	15	11	14			671
eco-Strom	kWh	946	3.696	7.834	9.210	9.288	7.996	7.442	
	...	2.991	884	132	-	14			50.432
Erdgas	kWh	-	-	5.186	13.066	11.762	9.398	2.368	
	...	-	-	-	-	-			41.780
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,6	1,5	2,9	3,8	3,6	3,4	2,4	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,4	1,0	2,0	2,6	2,5	2,3	1,7	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,4	0,7	1,0	0,9	0,9	0,6	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a

Strom-Mix	Warmwasser	2/	13.387	1,80	1,00	24.096
eco-Strom	Heizwärme		50.432	1,80	1,00	90.778
Erdgas	Heizwärme	*	41.780	1,10	1,11	41.403
Strom-Mix	Beleuchtung	**	4.465	1,80	1,00	8.037
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.245	1,80	1,00	5.841
Σ [kWh/Jahr]			113.308			170.155

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 170.155 / 1.885 = 90,3$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.885$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 113.308 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 13386,5+50432,2+37639,2+4464,9+3244,7 = 109168 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 1,7 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,5 kWh/(m²a), eco-Strom 26,8 kWh/(m²a), Erdgas 22,2 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Strom-Mix	13.387	560	7.497	
eco-Strom	50.432	560	28.242	
Erdgas	37.639	240	9.033	
Strom-Mix	4.465	560	2.500	
Strom-Mix	3.245	560	1.817	
	109.168		49.089	26,0

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

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

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
<1> 01 Klassenzim	804	-	1.961	-	-	46.273	48.235
<2> 02 Sanitär	95	-	448	-	13.389	3.044	16.881
<3> 03 Verkehrsfl	550	-	569	-	-	18.325	18.893
<4> 04 Technik/La	207	-	47	-	-	13.115	13.161
<5> 05 Büro	116	-	869	-	-	6.309	7.178
<6> 06 Speiseraum	113	-	571	-	-	5.153	5.724
Gebäude	1.885	-	4.465	-	13.386	92.218	110.070

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,0	67,8	78,6

Endenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,1	49,3	60,1
Primärenergiebedarf	2,5	4,3	0,0	12,8	70,8	90,3

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

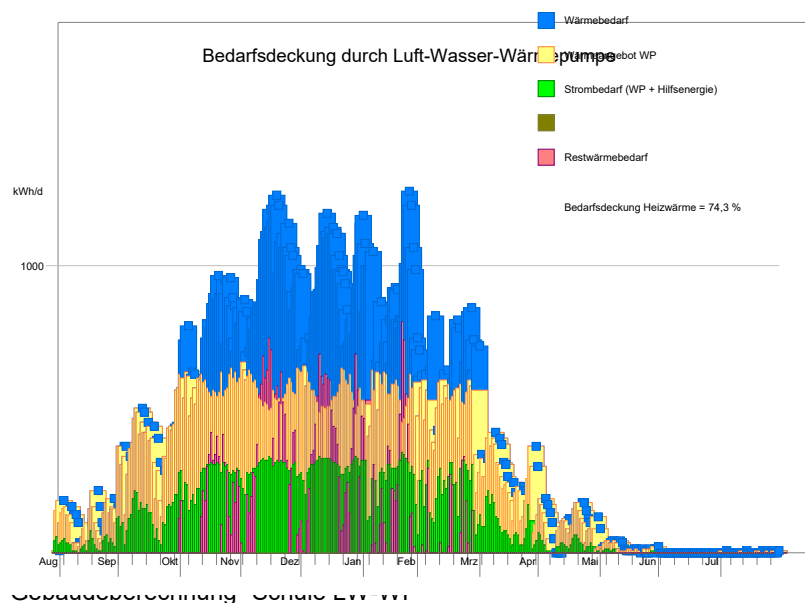
.....

Primärenergie-Referenzwert

(Ref-No 5.15.0)

vorh $q_P = 90,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Simulation zur Bedarfsdeckung



Wärmebedarf

Nutzwärmebedarf für Heizung, DIN V 18599 in [kWh]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
Hzg	28235	23849	18339	7921	2998	498	0	71	3390	10654	147495

Wärmeangebot

Wärmeangebot aus Luft-Wasser-Wärmepumpe

Klimatensatz (Wärmepumpe)

"09.kol", $T_{a,iM} = 8,7\text{ °C}$

Wärmepumpe Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010, 30,0 kW, Energieträger Strom-Mix

Vorlauftemperatur für Heizung 50 °C

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur und für die Quelltemperaturen korrigiert. COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Wärmequelle = Außenluft, Quelltemperaturen = aus Klimadaten, untere Einsatzgrenze $T_a = -15\text{ °C}$,

Nachheizung durch separaten Wärmeerzeuger

Nennleistung kW	Hilfsenergie P _{aux} Watt	COP _{A2/W35} -	Leistungsverlust W/K
30,0	0	3,2	0,0

Bedarfsdeckung

Deckungsanteile durch Luft-Wasser-Wärmepumpe

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme										
Bedarf	62	3410	10691	22071	29598	28303	23909	18390	7945	147.866
Deckung	62	3410	10691	17369	17704	17585	15342	16250	7945	109.844
%	100	100	100	79	60	62	64	88	100	74

Strom- und Hilfsenergiebedarf

Strombedarf der Wärmepumpe $Q_{f,WP}$ und Endenergiebedarf für einen zweiten Wärmeerzeuger $Q_{f,WE2}$

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
$Q_{f,WP}$	14	946	3696	7834	9210	9288	7996	7442	2991	50.432
$Q_{f,WE2}$	0	0	0	4702	11894	10719	8567	2141	0	38.022
ΣQ_f	14	946	3696	12536	21104	20007	16563	9582	2991	88.454

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

ohne zweiten Wärmeerzeuger JAZ = **2,18** = (0+109844) / (50432 + 0)
mit zweitem Wärmeerzeuger JAZ = 1,67 = (0 + 147495) / (50432 + 38022 + 0)

Übergabewerte für DIN V 18599

Der zweite Wärmeerzeuger ist ein separater Erzeuger

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme, JAZ = 2,92										
$Q_{h,out}$	62	3410	10691	22071	29598	28303	23909	18390	7945	147.866
$Q_{h,f}$	14	946	3696	7834	9210	9288	7996	7442	2991	50.432
$Q_{h,f,bu}$	0	0	0	4702	11894	10719	8567	2141	0	38.022
$W_{h,gen}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Der Hilfsenergiebedarf $W_{w,gen}$ und $W_{h,gen}$ wird lastanteilig ermittelt

Simulation im Detail

vom Uhr

mit Q_{Bedarf} = Wärmebedarf für Heizung, T_{Quell} = Temperatur der Wärmequelle (Mittelwert), COP_{iM}
= mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpe (Heizung), $Q_{f,WP}$ = Strombedarf der Elektro-Wärmepumpe,
 Q_{aux} = Hilfsenergiebedarf der zusätzlichen Aggregate und Q_{Rest} = Restwärmebedarf

Woche	Q_{Bedarf} kWh	T_{Quell} °C	COP_{iM} -	$Q_{f,WP}$ kWh	Q_{aux} kWh	Q_{Rest} kWh
35 / 31.08.	892	11,3	3,53	253		
36 / 07.09.	491	15,8	4,10	120		
37 / 14.09.	807	13,1	3,47	233		
38 / 21.09.	771	13,4	3,62	213		
39 / 28.09.	1444	11,7	3,37	428		
40 / 05.10.	2267	9,9	3,08	737		

41 / 12.10.	3130	6,0	2,56	1225	
42 / 19.10.	1894	11,5	3,31	571	
43 / 26.10.	2979	7,5	2,79	1066	
44 / 02.11.	4362	6,3	2,57	1579	304
45 / 09.11.	4390	6,2	2,56	1577	347
46 / 16.11.	6250	0,4	1,84	2143	2307
47 / 23.11.	5776	1,9	2,01	2057	1646
48 / 30.11.	5428	4,2	2,29	1902	1068
49 / 07.12.	5690	3,7	2,20	1929	1454
50 / 14.12.	8125	-3,3	1,59	2267	4517
51 / 21.12.	7464	-1,4	1,72	2203	3682
52 / 28.12.	6018	2,3	2,05	2037	1841
1 / 04.01.	5370	3,6	2,20	1914	1154
2 / 11.01.	7698	-3,5	1,57	2277	4111
3 / 18.01.	6597	-0,2	1,82	2147	2682
4 / 25.01.	6236	0,9	1,92	2099	2203
5 / 01.02.	6538	-0,8	1,73	2044	2997
6 / 08.02.	4669	5,2	2,37	1681	694
7 / 15.02.	5612	2,2	2,03	2036	1487
8 / 22.02.	7090	-2,5	1,66	2234	3391
9 / 01.03.	3718	5,6	2,34	1507	187
10 / 08.03.	3654	5,9	2,44	1375	300
11 / 15.03.	4465	2,7	2,09	1862	566
12 / 22.03.	4623	2,1	2,00	1857	906
13 / 29.03.	2948	6,0	2,31	1198	184
14 / 05.04.	2444	4,4	2,22	1099	
15 / 12.04.	1976	7,4	2,71	730	
16 / 19.04.	1270	11,9	3,55	358	
17 / 26.04.	1404	10,3	2,87	489	
18 / 03.05.	781	11,7	3,11	251	
19 / 10.05.	399	16,0	3,74	107	
20 / 17.05.	867	10,8	3,19	271	
21 / 24.05.	699	12,6	3,61	194	
22 / 31.05.	200	14,3	4,09	49	
23 / 07.06.	239	10,2	3,20	75	
24 / 14.06.	63	17,4	4,89	13	
25 / 21.06.	30	19,8	4,86	6	
26 / 28.06.	42	18,2	4,55	9	
27 / 05.07.		17,5			
28 / 12.07.		14,9			
29 / 19.07.		20,0			
30 / 26.07.		16,8			
31 / 02.08.	13	17,8	4,60	3	
32 / 09.08.	7	19,9	4,59	2	
33 / 16.08.	13	17,4	4,35	3	
34 / 23.08.	18	16,4	4,32	4	

147.861

50.430

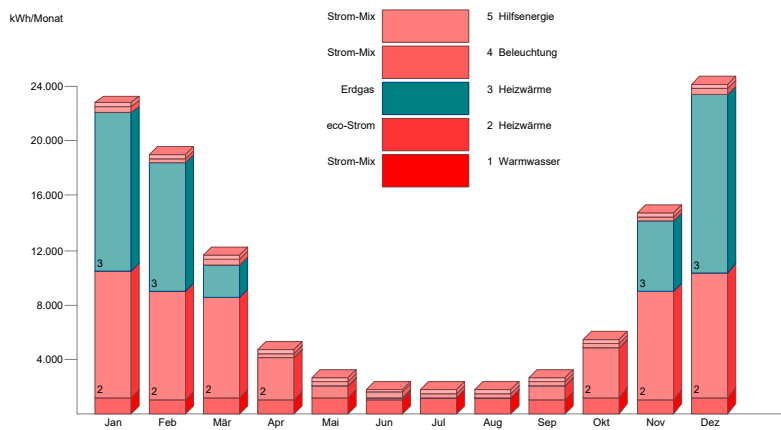
-

38.026

Anlage 3: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 1b)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Schule LW-WP+PV"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.1.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	108 Klassenzimme	200	17,0	16,0	804	2742
<2> 02 Sanitär	116 WC und Sanit	200	17,0	16,0	95	356
<3> 03 Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	200	14,4	13,0	550	1687
<4> 04 Technik/Lager	220 Lager, Techn	200	15,3	13,0	207	560
<5> 05 Büro	102 Gruppenbüro	200	17,0	16,0	116	413
<6> 06 Speiseraum	117 Sonstige Auf	200	17,0	16,0	113	276
					1.885	6.033

Gebäude, $A_{NGF} = 1885,1\text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.2.0)

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
Kellergeschoss KG						
KG 03 Verkehrsflächen						

FD H	29 BoPla	3:0	210,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	75,1
FAW O	33 AW 01	3:0	5,0	0,78	1,00 FAW	51 02	3,9
FF O	010 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	38 AW 01	3:0	14,7	0,78	1,00 FAW	51 02	11,5
FAW N	39 AW 01	3:0	9,8	0,78	1,00 FAW	51 02	7,7
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW N	001 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW O	40 AW 01	3:0	27,5	0,78	1,00 FAW	51 02	21,5
FF O	014 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	015 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	003 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW W	43 AW 01	3:0	27,4	0,78	1,00 FAW	51 02	21,4
FAW N	44 AW 01	3:0	3,7	0,78	1,00 FAW	51 02	2,9
FAW W	47 AW 01	3:0	16,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FF W	017 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	019 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	018 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	48 AW 01	3:0	19,6	0,78	1,00 FAW	51 02	15,3
FF S	002 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	001 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	003 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW S	52 AW 01	3:0	10,8	0,78	1,00 FAW	51 02	8,5
KG 04 Technik/Lager							
FG H	136 Standard-STB	4:0	24,7	0,89	0,40 FG	53 25 14	8,8
FAW W	138 AW 01	4:0	10,0	0,78	1,00 FAW	51 02	7,8
FF W	020 FE 01	4:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	139 AW 01	4:0	16,6	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FG H	140 Standard-STB	4:0	81,3	0,89	0,40 FG	53 25 14	29,1
FD H	141 Standard-STB	4:0	3,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	1,1
FAW W	143 AW 01	4:0	31,0	0,78	1,00 FAW	51 02	24,2
FAW S	144 AW 01	4:0	11,6	0,78	1,00 FAW	51 02	9,0
FAW O	145 AW 01	4:0	27,1	0,78	1,00 FAW	51 02	21,2
FF O	011 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	012 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	013 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	005 Tür AT 01	4:0	1,8	2,00	1,00 FAW	51 02	3,6
FAW N	146 AW 01	4:0	20,0	0,78	1,00 FAW	51 02	15,6
FG H	147 Standard-STB	4:0	16,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	5,8
FAW N	151 AW 01	4:0	15,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,1
FAW W	152 AW 01	4:0	7,1	0,78	1,00 FAW	51 02	5,6
FF W	016 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	153 Standard-STB	4:0	77,8	0,89	0,40 FG	53 25 14	27,8
FDD H	156 Standard-STB	4:0	1,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	0,3
FAW S	157 AW 01	4:0	25,8	0,78	1,00 FAW	51 02	20,2
FF S	007 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	005 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	006 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	008 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	158 AW 01	4:0	19,1	0,78	1,00 FAW	51 02	14,9
FF O	009 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	159 Standard-STB	4:0	9,1	0,89	0,40 FG	53 25 14	3,3

FAW S	162 AW 01	4:0	7,2	0,78	1,00	FAW	51 02	5,6
FF S	004 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51 02	1,4
FG H	163 Standard-STB	4:0	14,7	0,89	0,40	FG	53 25 14	5,3
FAW O	164 AW 01	4:0	4,2	0,78	1,00	FAW	51 02	3,3
FAW N	165 AW 01	4:0	27,3	0,78	1,00	FAW	51 02	21,3
KG 06 Speiseraum								
FG H	1 BoPla	6:0	143,6	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	51,4
FAW S	6 AW 01	6:0	23,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,6
FAW S	004 Tür AT 01	6:0	2,6	2,00 ##	1,00	FAW	51 02	5,2
FAW O	7 AW 01	6:0	17,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,1
FAW N	11 AW 01	6:0	20,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,8
FF N	026 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	027 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	025 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW W	12 AW 01	6:0	25,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,0
FF W	021 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	024 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	022 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	023 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
Erdgeschoss EG								
EG 01 Klassenzimmer								
FAW S	263 AW 02	1:0	17,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	14,6
FAW O	264 AW 02	1:0	45,2	0,23 ##	1,00	FAW	51	10,6
FAW N	265 AW 02	1:0	27,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,6
FAW W	266 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	267 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FF S	008 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	007 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	005 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	006 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FG H	268 BoPla	1:0	63,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	22,6
FAW N	270 AW 02	1:0	25,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	21,9
FF N	021 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	019 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	020 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW W	271 AW 02	1:0	40,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	34,1
FF W	014 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	016 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	015 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	017 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	018 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW N	272 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	273 AW 02	1:0	29,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,4
FF W	010 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	011 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	013 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	012 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW O	274 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	275 AW 02	1:0	27,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,7
FF S	002 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	004 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5

FF S	001 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	003 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
EG 02 Sanitär								
FAW O	20 AW 02	2:0	22,1	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,2
FF O	028 FE 01	2:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW N	21 AW 02	2:0	36,0	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,5
FF N	025 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	026 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	027 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
EG 03 Verkehrsflächen								
FG H	80 Standard-STB	3:0	32,0	0,89	0,40	FG	53 25 14	11,5
FAW N	86 AW 02	3:0	11,7	0,85	1,00	FAW	51 02	9,9
FAW N	90 AW 02	3:0	6,9	0,85	1,00	FAW	51 02	5,9
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW O	95 AW 02	3:0	36,5	0,23	1,00	FAW	51	8,6
FF O	024 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	022 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	023 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	96 AW 02	3:0	30,8	0,23	1,00	FAW	51	7,2
FF S	032 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	029 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	030 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	031 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW O	97 AW 02	3:0	5,4	0,85	1,00	FAW	51 02	4,6
FAW O	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW W	101 AW 02	3:0	8,2	0,85	1,00	FAW	51 02	7,0
FF W	009 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	104 AW 02	3:0	13,4	0,85	1,00	FAW	51 02	11,4
FAW S	001 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
EG 04 Technik/Lager								
FAW O	175 AW 02	4:0	10,0	0,85	1,00	FAW	51 02	8,5
FAW N	178 AW 02	4:0	4,8	0,85	1,00	FAW	51 02	4,1
FG H	179 Standard-STB	4:0	6,9	0,89	0,40	FG	53 25 14	2,5
FAW N	181 AW 02	4:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
EG 05 Büro								
FG H	200 Standard-STB	5:0	20,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	7,2
FAW N	202 AW 02	5:0	12,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,5
FF N	034 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW W	203 AW 02	5:0	21,4	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	18,2
FF W	033 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
Obergeschoss OG								
OG 01 Klassenzimmer								
FD H	276 Dach Anbau	1:0	174,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	33,2
FDd H	277 Dach Anbau	1:0	1,2	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,2
FAW O	278 AW 02	1:0	1,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	1,6
FAW N	279 AW 02	1:0	26,4	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,2
FF N	023 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	022 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	021 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW W	280 AW 02	1:0	39,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	9,4

FF W	018 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	020 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	016 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	017 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	019 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	281 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	282 AW 02	1:0	29,9	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,5
FF W	008 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	006 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	009 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	007 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	285 AW 02	1:0	20,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	17,6
FF S	013 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	014 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	015 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW O	286 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW W	289 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW S	290 AW 02	1:0	27,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,3
FF S	003 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	001 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	002 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	004 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	291 Dach Anbau	1:0	73,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	13,9
FAW S	293 AW 02	1:0	17,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	15,1
FAW O	294 AW 02	1:0	46,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	40,0
FAW N	295 AW 02	1:0	29,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,9
OG 02 Sanitär								
FD H	22 Dach Anbau	2:0	55,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	10,5
FAW O	23 AW 02	2:0	22,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,3
FF O	031 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF O	030 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FAW N	24 AW 02	2:0	36,8	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,7
FF N	027 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	028 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	029 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
OG 03 Verkehrsflächen								
FD H	109 Dach Anbau	3:0	69,0	0,24	0,80	FDd	51 06	13,1
FAW O	121 AW 02	3:0	7,9	0,85	1,00	FAW	51 02	6,7
FAW O	001 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	127 AW 02	3:0	11,2	0,85	1,00	FAW	51 02	9,6
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW O	132 AW 02	3:0	37,0	0,23	1,00	FAW	51	8,7
FF O	026 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	025 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	024 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	133 AW 02	3:0	39,9	0,23	1,00	FAW	51	9,4
FAW O	134 AW 02	3:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
FAW O	002 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
OG 04 Technik/Lager								
FAW N	184 AW 02	4:0	5,8	0,85	1,00	FAW	51 02	5,0

FAW W	187 AW 02	4:0	8,1	0,85	1,00	FAW	51 02	6,9
FF W	005 FE 01	4:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	189 AW 02	4:0	4,7	0,85	1,00	FAW	51 02	4,0
OG 05 Büro								
FD H	205 Standard-STB	5:0	0,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,1
FDd H	207 Standard-STB	5:0	1,4	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW S	209 AW 02	5:0	19,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	16,4
FF S	011 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	012 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	010 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	211 Standard-STB	5:0	47,6	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	9,0
FDd H	213 Standard-STB	5:0	1,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW N	215 AW 02	5:0	14,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	12,5
FAW W	216 AW 02	5:0	24,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	20,7
FAW N	217 AW 02	5:0	12,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,3
Dachgeschoss DG								
DG 01 Klassenzimmer								
FDd H	218 Dachdecke	1:0	24,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	4,7
FD N	219 Dach B	1:0	16,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,8
FD S	220 Dach B	1:0	13,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,1
FD W	221 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	222 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD W	223 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	224 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FAW W	225 AW 03	1:0	21,4	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	20,1
FAW N	226 AW 03	1:0	4,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,9
FF S	008 FE 01	1:0	0,5	1,30	1,00	FF	51 02	0,6
FG H	232 Dachdecke	1:0	7,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	1,5
FDd H	233 Dachdecke	1:0	62,0	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	11,7
FD N	234 Dach B	1:0	17,3	0,24 ##	1,00	FD	51 02	4,1
FD S	235 Dach B	1:0	37,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	8,8
FD S	236 Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	237 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	238 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	239 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	240 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	241 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	242 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD S	243 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	244 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	245 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	246 Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	247 Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD O	248 Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD S	249 Dach B	1:0	2,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,6
FAW S	250 AW 03	1:0	14,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	13,4
FAW N	251 AW 03	1:0	4,1	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,8
FAW O	252 AW 03	1:0	21,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	19,9
DG 03 Verkehrsflächen								
FG H	55 Dachdecke	3:0	1,0	0,24	0,80	FDd	51 06	0,2
FDd H	56 Dachdecke	3:0	41,8	0,24	0,80	FDd	51 06	7,9

FD	N	57	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	W	58	Dach	B	3:0	13,5	0,24	1,00	FD	51	02	3,2
FD	O	59	Dach	B	3:0	14,8	0,24	1,00	FD	51	02	3,5
FD	N	60	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	O	61	Dach	B	3:0	0,7	0,24	1,00	FD	51	02	0,2
FAW	N	62	AW	03	3:0	3,4	0,94	1,00	FAW	51	02	3,2
FAW	W	67	AW	03	3:0	2,0	0,94	1,00	FAW	51	02	1,9
FAW	N	75	AW	03	3:0	3,2	0,94	1,00	FAW	51	02	3,0
FAW	O	76	AW	03	3:0	1,8	0,94	1,00	FAW	51	02	1,7
FAW	N	78	AW	03	3:0	10,0	0,94	1,00	FAW	51	02	9,4
DG 04 Technik/Lager												
FD	W	166	Dach	B	4:0	5,9	0,24	1,00	FD	51	02	1,4
FAW	N	167	AW	03	4:0	2,5	0,94	1,00	FAW	51	02	2,4
FAW	W	168	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FD	O	170	Dach	B	4:0	4,0	0,24	1,00	FD	51	02	0,9
FAW	O	171	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FAW	N	172	AW	03	4:0	1,5	0,94	1,00	FAW	51	02	1,4
DG 05 Büro												
FDd	H	191	Dachdecke		5:0	9,8	0,24 ##	0,80	FDd	51	06	1,8
FD	S	192	Dach	B	5:0	8,3	0,24 ##	1,00	FD	51	02	2,0
FD	W	193	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FD	O	194	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FAW	S	196	AW	03	5:0	2,6	0,94 ##	1,00	FAW	51	02	2,4

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.358,7$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.859,0$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 733,00 / 80,00 = 9,16 \text{ m}$
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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 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.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 132,7 \text{ W/K}$ (7,1 %, 0,040 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	813	0	40	853	0	0
<2> 02 Sanitär	59	0	0	59	0	0
<3> 03 Verkehrsflächen	408	0	95	503	0	0
<4> 04 Technik/Lager	257	0	84	341	0	0
<5> 05 Büro	133	0	9	142	0	0
<6> 06 Speiseraum	42	0	51	93	0	0
	1712		280	1992		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.991,7 / 3.358,7 = \mathbf{0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,49	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$		0,57	1,30		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 22,1\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
Außentür	2,00		41 1 %	83 4 %
Außenwand Anbau	0,23		489 15 %	115 6 %
Außenwand EG/OG	0,85		675 20 %	576 31 %
Außenwand KG	0,78		357 11 %	279 15 %

Außenwand DG	0,94	96	3 %	91	5 %
Bodenplatte	0,89	704	21 %	252	14 %
Schrägdach	0,24	147	4 %	28	1 %
Fenster	1,30	240	7 %	312	17 %
Schrägdach	0,24	608	18 %	124	7 %
		3359	100 %	1.859	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3359 / 6033 = 1,67 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.01 \quad f_{\text{wind}} = 20 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <2> 02 Sanitär

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m, ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> 01 Klassenzimm	-	1,45	10,00	2,93	0,01	0,80	-	-
<2> 02 Sanitär	-	1,02	15,00	4,01	0,01	0,10	4,01	13
<3> 03 Verkehrsflä	-	1,54	0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lag	-	2,85	0,15	0,06	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro	-	1,55	4,00	1,13	0,02	0,35	-	-
<6> 06 Speiseraum	-	2,64	7,00	2,86	0,03	0,78	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> 01 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,01	0,10		
<2> 02 Sanitär			0,00	0,00	0,01	0,10	-	-
<3> 03 Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lager			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<6> 06 Speiseraum			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{v,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal}$ nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 / 6 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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 Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
<1> 01 Klassenzimmer	2.742	0	13	750	763	0	15,2
<2> 02 Sanitär	356	0	1	12	13	263	
<3> 03 Verkehrsfläch	1.687	0	9	57	66	0	
<4> 04 Technik/Lager	560	0	5	19	24	0	
<5> 05 Büro	413	0	2	50	52	0	
<6> 06 Speiseraum	276	0	2	73	76	0	
		0	34	961	995	263	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> 01 Klassenzimmer		0	13	93	107		
<2> 02 Sanitär		0	1	12	13		
<3> 03 Verkehrsflächen		0	9	57	66		
<4> 04 Technik/Lager		0	5	19	24		
<5> 05 Büro		0	2	14	16		
<6> 06 Speiseraum		0	2	9	12		
		0	34	205	239		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster

(Ref-No 5.4.1)

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
FF O 010 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 7100	0,2/ 1,1
FF O 014 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 015 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 017 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 019 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 018 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 002 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 001 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 003 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF W 020 FE 01	4	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF O 011 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 012 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 013 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 016 FE 01	4	0,76	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 0,9
FF S 007 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 005 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 006 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 008 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF O 009 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF S 004 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF N 026 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 027 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 025 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF W 021 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 024 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 022 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 023 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 008 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 007 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 005 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 006 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF N 021 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 019 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 020 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF W 014 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 016 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 015 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 017 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 018 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 010 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 011 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 013 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 012 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF S 002 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 004 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8

FF S	001	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF S	003	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF O	028	FE	01	2	0,86	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 1,2
FF N	025	FE	01	2	0,96	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	026	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	027	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	024	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	022	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	023	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF S	032	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	029	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	030	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	031	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF W	009	FE	01	3	2,45	17/ 117	42/ 42	"	0,4/ 2,9
FF N	034	FE	01	5	1,32	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 1,1
FF W	033	FE	01	5	1,32	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,6
FF N	023	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	022	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	021	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF W	018	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	020	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	016	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	017	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	019	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	008	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	006	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	009	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	007	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	013	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	014	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	015	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	003	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	001	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	002	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	004	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF O	031	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF O	030	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF N	027	FE	01	2	0,99	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	028	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	029	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	026	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	025	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	024	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF W	005	FE	01	4	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	011	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	012	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	010	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	008	FE	01	1	0,33	59/ 113	42/ 42	"	0,2/ 0,4

167,80

55/ 193

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
FAW O 33 AW 01	O 3	5,0	0,78	0,80	4,50	138	0,3
FAW O 38 AW 01	O 3	14,7	0,78	0,80	4,50	138	1,0
FAW N 39 AW 01	N 3	9,8	0,78	0,80	4,50	81	0,3
FAW N 002 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW N 001 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW O 40 AW 01	O 3	27,5	0,78	0,80	4,50	138	1,8
FAW O 003 Tür AT	O 3	2,6	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW W 43 AW 01	W 3	27,4	0,78	0,50	4,50	117	0,7
FAW N 44 AW 01	N 3	3,7	0,78	0,50	4,50	81	0,0
FAW W 47 AW 01	W 3	16,5	0,78	0,50	4,50	117	0,4
FAW S 48 AW 01	S 3	19,6	0,78	0,50	4,50	113	0,5
FAW S 52 AW 01	S 3	10,8	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW W 138 AW 01	W 4	10,0	0,78	0,50	4,50	117	0,3
FAW S 139 AW 01	S 4	16,6	0,78	0,50	4,50	113	0,4
FAW W 143 AW 01	W 4	31,0	0,78	0,50	4,50	117	0,8
FAW S 144 AW 01	S 4	11,6	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW O 145 AW 01	O 4	27,1	0,78	0,50	4,50	138	0,9
FAW O 005 Tür AT	O 4	1,8	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW N 146 AW 01	N 4	20,0	0,78	0,50	4,50	81	0,3
FAW N 151 AW 01	N 4	15,5	0,78	0,50	4,50	81	0,2
FAW W 152 AW 01	W 4	7,1	0,78	0,50	4,50	117	0,2
FAW S 157 AW 01	S 4	25,8	0,78	0,50	4,50	113	0,7
FAW O 158 AW 01	O 4	19,1	0,78	0,50	4,50	138	0,7
FAW S 162 AW 01	S 4	7,2	0,78	0,50	4,50	113	0,2
FAW O 164 AW 01	O 4	4,2	0,78	0,50	4,50	138	0,1
FAW N 165 AW 01	N 4	27,3	0,78	0,50	4,50	81	0,4
FAW S 004 Tür AT	S 6	2,6	2,00	0,50	4,50	113	0,2

FAW S	263 AW 02	S	1	17,1	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW W	266 AW 02	W	1	28,1	0,85	0,50	4,50	117	0,8
FAW S	267 AW 02	S	1	29,0	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	270 AW 02	N	1	25,6	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW W	271 AW 02	W	1	40,0	0,85	0,50	4,50	117	1,2
FAW N	272 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	273 AW 02	W	1	29,7	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW O	274 AW 02	O	1	28,1	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW S	275 AW 02	S	1	27,8	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	86 AW 02	N	3	11,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	90 AW 02	N	3	6,9	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	002 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW O	97 AW 02	O	3	5,4	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	004 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW W	101 AW 02	W	3	8,2	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW S	104 AW 02	S	3	13,4	0,85	0,50	4,50	113	0,4
FAW S	001 Tür AT	S	3	4,7	2,00	0,50	4,50	113	0,3
FAW O	175 AW 02	O	4	10,0	0,85	0,50	4,50	138	0,4
FAW N	178 AW 02	N	4	4,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	181 AW 02	N	4	5,6	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	202 AW 02	N	5	12,3	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	203 AW 02	W	5	21,4	0,85	0,50	4,50	117	0,6
FAW O	278 AW 02	O	1	1,8	0,85	0,50	4,50	138	0,1
FAW N	281 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	282 AW 02	W	1	29,9	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	285 AW 02	S	1	20,6	0,85	0,50	4,50	113	0,6
FAW O	286 AW 02	O	1	29,0	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW W	289 AW 02	W	1	29,0	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	290 AW 02	S	1	27,3	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW S	293 AW 02	S	1	17,7	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW O	294 AW 02	O	1	46,8	0,85	0,50	4,50	138	1,8
FAW N	295 AW 02	N	1	29,2	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW O	121 AW 02	O	3	7,9	0,85	0,50	4,50	138	0,3
FAW O	001 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	127 AW 02	N	3	11,2	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	004 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW O	134 AW 02	O	3	5,6	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	002 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	184 AW 02	N	4	5,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW W	187 AW 02	W	4	8,1	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW N	189 AW 02	N	4	4,7	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW S	209 AW 02	S	5	19,3	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW N	215 AW 02	N	5	14,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	216 AW 02	W	5	24,2	0,85	0,50	4,50	117	0,7
FAW N	217 AW 02	N	5	12,1	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FD N	219 Dach B	N	1	16,2	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD S	220 Dach B	S	1	13,2	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD W	221 Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD O	222 Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0

FD	W	223	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	224	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	N	225	AW 03	W	1	21,4	0,94	0,50	4,50	117	0,7
FAW	N	226	AW 03	N	1	4,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FD	N	234	Dach B	N	1	17,3	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	S	235	Dach B	S	1	37,2	0,24	0,50	4,50	194	0,4
FD	S	236	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	237	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	238	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	239	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	240	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	241	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	242	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	S	243	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	244	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	245	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	246	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	247	Dach	W	1	0,7	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	248	Dach	O	1	0,7	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	249	Dach B	S	1	2,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	S	250	AW 03	S	1	14,2	0,94	0,50	4,50	113	0,4
FAW	N	251	AW 03	N	1	4,1	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	252	AW 03	O	1	21,2	0,94	0,50	4,50	138	0,9
FD	N	57	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	W	58	Dach B	W	3	13,5	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FD	O	59	Dach B	O	3	14,8	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD	N	60	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	O	61	Dach B	O	3	0,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	62	AW 03	N	3	3,4	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	W	67	AW 03	W	3	2,0	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FAW	N	75	AW 03	N	3	3,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	76	AW 03	O	3	1,8	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	78	AW 03	N	3	10,0	0,94	0,50	4,50	81	0,2
FD	W	166	Dach B	W	4	5,9	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FAW	N	167	AW 03	N	4	2,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FAW	W	168	AW 03	W	4	2,2	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FD	O	170	Dach B	O	4	4,0	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	O	171	AW 03	O	4	2,2	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	172	AW 03	N	4	1,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FD	S	192	Dach B	S	5	8,3	0,24	0,50	4,50	194	0,1
FD	W	193	Dach	W	5	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	194	Dach	O	5	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	S	196	AW 03	S	5	2,6	0,94	0,50	4,50	113	0,1

1.353,4

36,7

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

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 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh

über Fenster ...

<1> 01 Klassen	2.813	2.141	805	559	1.036	931	2.264	28.951
<2> 02 Sanitär	106	70	30	17	30	39	86	1.283
<3> 03 Verkehr	861	640	229	155	310	284	715	9.419
<4> 04 Technik	327	246	90	62	119	107	267	3.443
<5> 05 Büro	363	310	113	84	167	128	297	3.529
<6> 06 Speiser	116	71	30	18	27	37	91	1.317
über opake ...								
<1> 01 Klassen	300	147	-	-	28	4	184	3.315
<2> 02 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> 03 Verkehr	148	71	-	-	9	2	95	1.867
<4> 04 Technik	107	53	-	-	10	1	66	1.288
<5> 05 Büro	42	19	-	-	4	1	25	502
<6> 06 Speiser	6	5	-	-	1	0	4	48
	5.188	3.773	1.296	894	1.740	1.533	4.094	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	7.257	7.714	7.737	7.128	6.608			54.963

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	804	80,4	16,1	0,0	96,5
<2> 02 Sanitär	95	-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	550	-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	207	-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro	116	3,5	4,9	0,0	8,4
<6> 06 Speiseraum	113	10,4	0,9	0,0	11,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> 01 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager		-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro		-	-	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	0,0	10,4	3,6	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär	0,0	2,3	0,4	0,2	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	0,0	2,9	2,5	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0

<5> 05 Büro	0,0	4,5	0,5	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum	0,0	2,9	0,5	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

$q_{l,fa}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,r}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	853	763	0	667	146	0,218
<2> 02 Sanitär	59	13	263	48	4	0,084
<3> 03 Verkehrsflächen	503	66	0	213	16	0,076
<4> 04 Technik/Lager	341	25	0	136	5	0,040
<5> 05 Büro	142	52	0	81	19	0,235
<6> 06 Speiseraum	93	76	0	71	16	0,222

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> 01 Klassenzimmer	50	1617	24,86	2,55	0,984	1,000
<2> 02 Sanitär	50	335	14,19	1,89	0,992	1,000
<3> 03 Verkehrsflächen	50	569	48,37	4,02	1,000	1,000
<4> 04 Technik/Lager	50	365	28,33	2,77	1,000	1,000
<5> 05 Büro	50	194	29,93	2,87	0,988	0,999
<6> 06 Speiseraum	50	169	33,27	3,08	0,992	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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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	17,0	17,0	17,3	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,1	17,2	17,0
$T_{i, 2}$	°C	17,0	17,0	17,2	18,0	18,9	19,4	19,8	19,7	18,9	18,1	17,1	17,0
$T_{i, 3}$	°C	14,4	14,6	15,0	15,7	16,5	17,0	17,3	17,3	16,6	15,8	14,9	14,4
$T_{i, 4}$	°C	15,3	15,4	15,7	16,2	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,3
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,2	17,0
$T_{i, 6}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,2	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,3	17,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 2}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 3}$	°C	13,0	13,0	13,5	14,8	16,2	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,3	13,0
$T_{i, 4}$	°C	13,0	13,0	13,4	14,7	16,1	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,2	13,0
$T_{i, 5}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	16,9	16,0	16,0
$T_{i, 6}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0

Zone <1> 01 Klassenzimmer

(Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0$ °C und $Q_I = 96,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

η_{source}		0,782	0,913	0,978	0,988	0,984	0,982	0,953	0,756
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,741	0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,736
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.188	712	689	712	712	643	712	8.298
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.472	3.593	6.910	9.256	8.900	7.516	5.975	48.148
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	693	2.710	3.974	3.682	3.065	1.830	16.016
Q_T	kWh	2.704	5.146	7.711	9.932	9.869	8.398	7.624	62.138
Q_V	kWh	1.554	2.959	4.357	5.553	5.518	4.702	4.327	35.155
Q_S^*	kWh	2.377	2.150	795	555	1.054	925	2.374	20.242
Q_I^*	kWh	1.379	1.693	1.808	1.921	1.897	1.697	1.789	16.631

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone <2> 02 Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,673	1,000	0,988	0,992	0,992	0,987	0,962	0,691
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,838
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	93	84	82	84	84	76	84	834
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	4.905
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	169	450	712	685	551	386	3.041
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	66	183	272	264	213	150	1.176
Q_T	kWh	187	356	532	688	684	582	525	4.298
Q_V	kWh	-173	-5	181	369	349	269	142	-205
Q_S^*	kWh	87	70	30	17	30	39	84	765
Q_I^*	kWh	26	46	50	56	54	48	47	398

Zone <3> 03 Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,927	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,736
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,772	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,690
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	330	488	472	488	488	440	488	4.578
t_h	h	323	744	720	744	744	672	744	5.295
$Q_{h,b,RE}$	kWh	277	1.501	2.740	3.508	3.379	2.886	2.364	18.386
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	224	1.151	1.792	1.682	1.357	818	7.023
Q_T	kWh	764	2.193	3.650	4.816	4.782	4.042	3.596	26.984
Q_V	kWh	101	289	480	634	629	532	473	3.552
Q_S^*	kWh	865	709	229	155	319	286	809	6.084
Q_I^*	kWh	54	80	108	131	126	109	99	825

Zone <4> 04 Technik/Lager

(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,962	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,886	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,739
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	214	183	177	183	183	166	183	1.706
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	328	1.018	1.813	2.327	2.261	1.931	1.629	12.416
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	341	893	1.312	1.256	1.033	736	5.772
Q_T	kWh	536	1.539	2.562	3.387	3.363	2.844	2.525	18.961
Q_V	kWh	39	111	184	243	242	204	181	1.362
Q_S^*	kWh	402	296	90	62	129	108	332	2.833
Q_I^*	kWh	8	16	26	34	33	28	23	189

Zone <5> 05 Büro

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 8,4 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,827	0,924	0,985	0,992	0,988	0,988	0,965	0,793
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,814	0,974	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992	0,842
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	198	103	100	103	103	93	103	1.112
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	201	424	847	1.126	1.070	914	723	5.843
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	152	474	678	629	534	355	2.901
Q_T	kWh	452	860	1.290	1.657	1.647	1.401	1.275	10.381
Q_V	kWh	117	224	331	422	419	357	328	2.665
Q_S^*	kWh	333	312	112	84	170	128	314	2.992
Q_I^*	kWh	175	207	221	236	232	207	218	2.104

Zone <6> 06 Speiseraum

(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 11,3 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,846	0,961	0,988	0,993	0,992	0,991	0,982	0,834
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	79	100	96	100	100	90	100	936
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.229
$Q_{h,b,RE}$	kWh	140	425	722	950	939	787	682	5.204
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	129	294	422	414	340	254	1.946
Q_T	kWh	297	566	847	1.087	1.080	919	838	6.817
Q_V	kWh	157	299	441	558	555	473	438	3.546
Q_S^*	kWh	111	75	30	18	28	37	94	1.113
Q_I^*	kWh	198	237	243	256	255	228	245	2.438

Summe Heizwärmebedarf
 (Ref-No 5.7.7)

	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/ (m ² a)
<1> 01 Klassenzimme	62.138	35.155	20.242	16.631	64.163	79,8
<2> 02 Sanitär	4.298	-205	765	398	4.217	44,3
<3> 03 Verkehrsfläc	26.984	3.552	6.084	825	25.409	46,2
<4> 04 Technik/Lage	18.961	1.362	2.833	189	18.188	87,9
<5> 05 Büro	10.382	2.665	2.992	2.104	8.744	75,2
<6> 06 Speiseraum	6.817	3.546	1.113	2.438	7.150	63,5
	129.580	46.076	34.028	22.585	127.871	67,8

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)
 (Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen
 (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<2> 02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
<2> 02 Sanitär	1427	276	0,40	0,40	219

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> 02 Sanitär	212	219	212	219	219	197	219	
...	212	219	212	219	219			2.574
	212	219	212	219	219	197	219	

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (16), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich			Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1	<1>	Fassade Süd	Süd	1	300	170,4	56,5	gut	86
2	<1>	Fassade West	West	1	300	203,7	67,5	gut	87
3	<1>	Fassade Nord	Nord	1	300	67,9	22,5	gut	89
4	<2>	Fassade Nord	Nord	2	200	18,7	6,2	gut	89
5	<2>	Fassade Ost	Ost	2	200	8,8	2,9	gut	87
6	<3>	Fassade Süd	Süd	3	100	44,3	10,8	mittel	83
7	<3>	Fassade West	West	3	100	29,4	7,2	mittel	82
8	<3>	Fassade Ost	Ost	3	100	105,2	25,8	mittel	82
9	<4>	Fassade Süd	Süd	4	100	16,5	5,5	gut	86
10	<4>	Fassade West	West	4	100	19,1	6,3	gut	87
11	<4>	Fassade Ost	Ost	4	100	13,2	4,4	gut	87
12	<5>	Fassade Süd	Süd	5	500	36,2	12,0	gut	79
13	<5>	Fassade West	West	5	500	5,7	1,9	gut	77
14	<5>	Fassade Nord	Nord	5	500	5,7	1,9	gut	75
15	<6>	Fassade West	West	6	300	14,9	4,9	gut	87
16	<6>	Fassade Nord	Nord	6	300	11,2	3,7	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	AKTL [m ²]
<1> 01 Klassenzimmer	804	442	362
<2> 02 Sanitär	95	28	68
<3> 03 Verkehrsflächen	550	179	372
<4> 04 Technik/Lager	207	49	158
<5> 05 Büro	116	48	69
<6> 06 Speiseraum	113	26	86

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	86	60	56	50	45	42	40
2 <1> Fassade West	1	87	60	56	49	45	42	39
3 <1> Fassade Nord	1	89	60	55	48	44	40	38
4 <2> Fassade Nord	2	89	60	55	48	44	40	38
5 <2> Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39
6 <3> Fassade Süd	3	83	55	61	56	52	49	47
7 <3> Fassade West	3	82	55	62	56	52	49	48
8 <3> Fassade Ost	3	82	55	62	56	52	49	48
9 <4> Fassade Süd	4	86	60	56	50	45	42	40
10 <4> Fassade West	4	87	60	56	49	45	42	39
11 <4> Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39
12 <5> Fassade Süd	5	79	57	62	57	53	50	48
13 <5> Fassade West	5	77	57	63	57	54	51	49
14 <5> Fassade Nord	5	75	57	64	58	55	52	50
15 <6> Fassade West	6	87	60	56	49	45	42	39
16 <6> Fassade Nord	6	89	60	55	48	44	40	38

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung
(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,6	0,76	51	1068	0	31
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	37
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	12
4 <2> Fassade Nord	2	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	5
5 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	2
6 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	3
7 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	2
8 <3> Fassade Ost	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	7
9 <4> Fassade Süd	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
10 <4> Fassade West	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
11 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
12 <5> Fassade Süd	5	500	9-1-1	6,5	0,71	96	1818	148	26
13 <5> Fassade West	5	500	9-1-1	6,5	0,71	97	1818	148	4
14 <5> Fassade Nord	5	500	9-1-1	6,5	0,71	98	1818	148	4
15 <6> Fassade West	6	300	9-1-1	4,0	0,53	63	1335	109	4
16 <6> Fassade Nord	6	300	9-1-1	4,0	0,53	62	1335	109	3
17 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,76	0	1068	0	117
18 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	31
19 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,24	0	610	50	38
20 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,3	0,07	0	175	14	3
21 A in <5> ohne TL	5	500	9-1-1	6,5	0,71	0	1818	148	75
22 A in <6> ohne TL	6	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1335	109	42

446

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.885 m²
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}
(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 01 Klassen	159	171	174	190	177	153	163	1.961
<2> 02 Sanitär	37	38	38	40	39	35	38	448
<3> 03 Verkehr	46	49	48	51	50	44	48	569
<4> 04 Technik	4	4	4	4	4	4	4	47
<5> 05 Büro	71	75	74	79	76	67	73	869

<6> 06 Speiser	47	49	48	51	50	44	48	571
	363	386	386	414	395	346	373	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	355	363	351	364	368			4.465

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

Kühlenergiebedarf

(Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> 01 Klassenzimmer	116	237	2,034	50,000	24,86	0,447
<2> 02 Sanitär	5	9	1,676	50,000	14,19	0,479
<3> 03 Verkehrsflächen	41	53	1,298	50,000	48,37	0,686
<4> 04 Technik/Lager	26	21	0,800	50,000	28,33	0,811
<5> 05 Büro	14	28	1,970	50,000	29,93	0,469
<6> 06 Speiseraum	12	20	1,681	50,000	33,27	0,540

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez Jul kWh	Jan Aug kWh	Feb Sep kWh	Mär Okt kWh	Apr Nov kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> 01 Klassen	15	22	22	85	373	904	1.501	
...	2.223	1.944	583	159	26			7.857
<2> 02 Sanitär	0	0	0	1	7	45	125	
...	240	175	19	2	0			615
<3> 03 Verkehr	-	-	-	-	5	32	121	
...	284	162	5	-	-			609

<4> 04 Technik	-	-	-	0	3	12	32	
...	68	41	3	0	-			159
<5> 05 Büro	1	2	2	8	37	92	156	
...	248	229	67	18	2			861
<6> 06 Speiser	1	1	1	3	11	39	84	
...	160	128	26	6	2			461

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,\text{max}}$
(Ref-No 5.11.2)

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

Zone	$t_{c, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{c, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{c, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> 01 Klassenzimmer	9	45,2	38,6	nein
<2> 02 Sanitär	13	1,3	-0,1	nein
<3> 03 Verkehrsflächen	13	12,3	9,2	nein
<4> 04 Technik/Lager	13	5,7	3,9	nein
<5> 05 Büro	13	4,5	4,2	nein
<6> 06 Speiseraum	13	2,4	1,5	nein
		71,4	57,3	

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)
(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser
(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
<1> 01 Klassenzimmer	nicht relevant			-
<2> 02 Sanitär	Schule ohne Dus	0,400 Person	165	1.121 a
<3> 03 Verkehrsfläch	nicht relevant			-

<4> 04 Technik/Lager nicht relevant
 <5> 05 Büro nicht relevant
 <6> 06 Speiseraum nicht relevant

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

a)

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	2/	1,00	13.200
2			

Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
 Verteilsystem: dezentral mit Erzeugern
 Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)
 mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation
 Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i		0 m			0 m		3 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							17,0 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,b}$	kWh	1.085	1.121	1.085	1.121	1.121	1.013	1.121	13.200
$Q_{w,d,St}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{I,w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54

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

Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Solaranlage nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 24,0 kW (Strom-Mix)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w, f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387

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

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

Q _{w,outg}	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
Q _{w,f}	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
W _{w,f}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	
...		1.100	1.137	1.100	1.136	1.136			13.387
Q _{I,w,<2>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung Q_{h,max}

(Ref-No 5.13.1)

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

Zone	Q _{T,max} kW	Q _{V,max} kW	V _{mech} m³/h	Q _{V,mech} kW	Φ _{h,max} kW
<1> 01 Klassenzimmer	27,3	12,2	0	0,0	39,5
<2> 02 Sanitär	1,9	0,2	1426	6,2	8,3
<3> 03 Verkehrsflächen	16,1	1,1	0	0,0	17,1
<4> 04 Technik/Lager	10,9	0,4	0	0,0	11,3
<5> 05 Büro	4,6	0,8	0	0,0	5,4
<6> 06 Speiseraum	3,0	1,2	0	0,0	4,2

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} * V = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		*	127.871	85,9	94,5
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.871

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone <1> 01 Klassenzimmer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	6	6	6	6	6	6	6	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	184
$t_{h,rL} <1>$	h/m	101	119	131	146	146	129	134	1.101

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ K$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.871
$Q_{h,ce}$	kWh	929	1.819	2.638	2.944	2.831	2.518	2.272	18.296
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.353	10.555	21.823	29.273	27.991	23.643	18.175	146.167

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

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,

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2011) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 1
Etagenringtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1059,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,00 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 142 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	398,0 m	23,3 m	53,0 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, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,05	0,17	0,35	0,46	0,44	0,41	0,28	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,2	27,5	33,5	36,5	35,9	35,1	31,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,1	25,0	29,0	31,0	30,6	30,1	27,6	
$Q_{h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007
$W_{h,d}$	kWh	15	22	34	44	42	36	31	257
$Q_{I,h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007

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

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

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

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

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.380	10.629	21.969	29.471	28.182	23.804	18.301	147.173

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 1000$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 4,8$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)
 $Q_{l,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (unregelmäßige Wärmeeinträge, Gl.69)
 $W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	26	31	34	33	33	30	
$Q_{h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324
$W_{h,s}$	kWh	3	9	18	25	24	20	15	130
$Q_{l,h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324

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

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 2,92

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.390	10.654	22.013	29.526	28.235	23.849	18.339	147.497
$Q_{h,f}$	kWh	946	3.696	7.834	9.210	9.288	7.996	7.442	50.432
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	4.702	11.894	10.719	8.567	2.141	38.022
$Q_{h,f, aux}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.885 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel nach 1994 (282), $P_n = 94,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,940$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,000$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0065 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 9,00 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 3,16 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,19 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,399 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,133 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit}$ = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 ($d_{h,rB} > 1$)
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n$ = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen}$ = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung
 $W_{h,gen}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192
 $Q_{l,h,gen}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	0	0	4.702	11.894	10.719	8.567	2.141	38.022
$\beta_{h,1}$		0,00	0,00	0,38	0,86	0,78	0,70	0,17	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	4	11	484	1.159	1.043	831	233	3.767

$Q_{h,f}$	kWh	4	11	5.186	13.053	11.762	9.398	2.373	41.789
$W_{h,gen}$	kWh	11	11	30	60	55	45	20	285
$Q_{I,h,gen}$	kWh	3	7	15	20	19	16	13	94

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

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	950	3.707	13.019	22.263	21.050	17.393	9.815	92.221
W_h	kWh	28	43	83	128	121	101	67	
	...	36	25	15	11	14			672
eco-Strom	kWh	946	3.696	7.834	9.210	9.288	7.996	7.442	
	...	2.991	884	132	-	14			50.432
Erdgas	kWh	-	-	5.186	13.066	11.762	9.398	2.368	
	...	-	-	-	-	-			41.780
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,6	1,5	2,9	3,8	3,6	3,4	2,4	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,4	1,0	2,0	2,6	2,5	2,3	1,7	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,4	0,7	1,0	0,9	0,9	0,6	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
Stromangebot aus Photovoltaikanlage

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf kWh		2.650	5.479	9.615	11.108	11.160	9.667	9.238	71.529
Stromangebot kWh		1.729	1.009	418	231	360	576	1.297	19.251
anrechenbar kWh		1.729	1.009	418	231	360	576	1.297	16.017

Jahres-Stromproduktion = 19.251 kWh/a, Strombedarf = 71.529 kWh/a, anrechenbar = 16.017 kWh/a

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	2/	13.387	1,80	1,00	24.096
eco-Strom	Heizwärme		50.432	1,80	1,00	90.778
Erdgas	Heizwärme	*	41.780	1,10	1,11	41.403
Strom-Mix	Beleuchtung	**	4.465	1,80	1,00	8.037
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.246	1,80	1,00	5.842
Strom-Mix	Stromgutschrift		-16.017	1,80	1,00	-28.830
Σ [kWh/Jahr]			97.292			141.326

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 141.326 / 1.885 = 75,0$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.885$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 97.292 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 13386,5+50432,2+37639,2+4464,9+3245,6-16016,7 = 93152 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 1,7 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,5 kWh/(m²a), eco-Strom 26,8

kWh/(m²a), Erdgas 22,2 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -8,5 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
Strom-Mix	13.387	560	7.497	
eco-Strom	50.432	560	28.242	
Erdgas	37.639	240	9.033	
Strom-Mix	4.465	560	2.500	
Strom-Mix	3.246	560	1.818	
Strom aus PV	-	450	-7.202	
109.169			41.887	22,2

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = - 49089,8 / 109169,0 * 16017 = -7.202 kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
	m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
<1> 01 Klassenzim	804	-	1.961	-	-	46.275	48.236
<2> 02 Sanitär	95	-	448	-	13.389	3.044	16.881
<3> 03 Verkehrsfl	550	-	569	-	-	18.325	18.894
<4> 04 Technik/La	207	-	47	-	-	13.115	13.161
<5> 05 Büro	116	-	869	-	-	6.309	7.178
<6> 06 Speiseraum	113	-	571	-	-	5.153	5.725
Gebäude	1.885	-	4.465	-	13.386	92.221	110.073

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,0	67,8	78,6
Endenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,1	49,3	60,1
Primärenergiebedarf	2,5	4,3	0,0	12,8	70,8	90,3

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

Primärenergie-Referenzwert

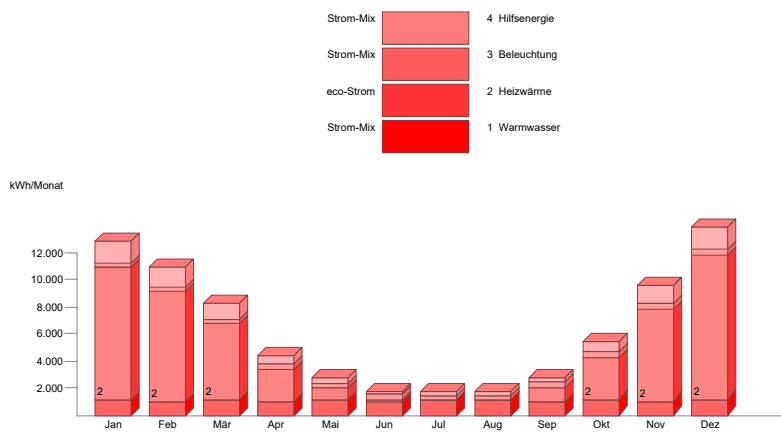
(Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 75,0 kWh/(m²a)

Anlage 4: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 2a)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Schule LW-Geothermie mono"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.1.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	108 Klassenzimme	200	17,0	16,0	804	2742
<2> 02 Sanitär	116 WC und Sanit	200	17,0	16,0	95	356
<3> 03 Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	200	14,4	13,0	550	1687
<4> 04 Technik/Lager	220 Lager, Techn	200	15,3	13,0	207	560
<5> 05 Büro	102 Gruppenbüro	200	17,0	16,0	116	413
<6> 06 Speiseraum	117 Sonstige Auf	200	17,0	16,0	113	276
					1.885	6.033

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1885,1\text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.2.0)

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
Kellergeschoss KG						
KG 03 Verkehrsflächen						

FD H	29	BoPla	3:0	210,0	0,89	0,40	FG	53	25	14	75,1
FAW O	33	AW 01	3:0	5,0	0,78	1,00	FAW	51	02		3,9
FF O	010	FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FAW O	38	AW 01	3:0	14,7	0,78	1,00	FAW	51	02		11,5
FAW N	39	AW 01	3:0	9,8	0,78	1,00	FAW	51	02		7,7
FAW N	002	Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00	FAW	51	02		5,2
FAW N	001	Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00	FAW	51	02		5,2
FAW O	40	AW 01	3:0	27,5	0,78	1,00	FAW	51	02		21,5
FF O	014	FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF O	015	FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FAW O	003	Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00	FAW	51	02		5,2
FAW W	43	AW 01	3:0	27,4	0,78	1,00	FAW	51	02		21,4
FAW N	44	AW 01	3:0	3,7	0,78	1,00	FAW	51	02		2,9
FAW W	47	AW 01	3:0	16,5	0,78	1,00	FAW	51	02		12,9
FF W	017	FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00	FF	51	02		1,6
FF W	019	FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00	FF	51	02		1,6
FF W	018	FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00	FF	51	02		1,6
FAW S	48	AW 01	3:0	19,6	0,78	1,00	FAW	51	02		15,3
FF S	002	FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF S	001	FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF S	003	FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FAW S	52	AW 01	3:0	10,8	0,78	1,00	FAW	51	02		8,5
KG 04 Technik/Lager											
FG H	136	Standard-STB	4:0	24,7	0,89	0,40	FG	53	25	14	8,8
FAW W	138	AW 01	4:0	10,0	0,78	1,00	FAW	51	02		7,8
FF W	020	FE 01	4:0	1,2	1,30	1,00	FF	51	02		1,6
FAW S	139	AW 01	4:0	16,6	0,78	1,00	FAW	51	02		12,9
FG H	140	Standard-STB	4:0	81,3	0,89	0,40	FG	53	25	14	29,1
FD H	141	Standard-STB	4:0	3,2	0,89	0,40	FG	53	25	14	1,1
FAW W	143	AW 01	4:0	31,0	0,78	1,00	FAW	51	02		24,2
FAW S	144	AW 01	4:0	11,6	0,78	1,00	FAW	51	02		9,0
FAW O	145	AW 01	4:0	27,1	0,78	1,00	FAW	51	02		21,2
FF O	011	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF O	012	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF O	013	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FAW O	005	Tür AT 01	4:0	1,8	2,00	1,00	FAW	51	02		3,6
FAW N	146	AW 01	4:0	20,0	0,78	1,00	FAW	51	02		15,6
FG H	147	Standard-STB	4:0	16,2	0,89	0,40	FG	53	25	14	5,8
FAW N	151	AW 01	4:0	15,5	0,78	1,00	FAW	51	02		12,1
FAW W	152	AW 01	4:0	7,1	0,78	1,00	FAW	51	02		5,6
FF W	016	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FG H	153	Standard-STB	4:0	77,8	0,89	0,40	FG	53	25	14	27,8
FDD H	156	Standard-STB	4:0	1,0	0,89	0,40	FG	53	25	14	0,3
FAW S	157	AW 01	4:0	25,8	0,78	1,00	FAW	51	02		20,2
FF S	007	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF S	005	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF S	006	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FF S	008	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FAW O	158	AW 01	4:0	19,1	0,78	1,00	FAW	51	02		14,9
FF O	009	FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51	02		1,4
FG H	159	Standard-STB	4:0	9,1	0,89	0,40	FG	53	25	14	3,3

FAW S	162 AW 01	4:0	7,2	0,78	1,00	FAW	51 02	5,6
FF S	004 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51 02	1,4
FG H	163 Standard-STB	4:0	14,7	0,89	0,40	FG	53 25 14	5,3
FAW O	164 AW 01	4:0	4,2	0,78	1,00	FAW	51 02	3,3
FAW N	165 AW 01	4:0	27,3	0,78	1,00	FAW	51 02	21,3
KG 06 Speiseraum								
FG H	1 BoPla	6:0	143,6	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	51,4
FAW S	6 AW 01	6:0	23,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,6
FAW S	004 Tür AT 01	6:0	2,6	2,00 ##	1,00	FAW	51 02	5,2
FAW O	7 AW 01	6:0	17,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,1
FAW N	11 AW 01	6:0	20,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,8
FF N	026 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	027 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	025 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW W	12 AW 01	6:0	25,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,0
FF W	021 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	024 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	022 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	023 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
Erdgeschoss EG								
EG 01 Klassenzimmer								
FAW S	263 AW 02	1:0	17,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	14,6
FAW O	264 AW 02	1:0	45,2	0,23 ##	1,00	FAW	51	10,6
FAW N	265 AW 02	1:0	27,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,6
FAW W	266 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	267 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FF S	008 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	007 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	005 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	006 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FG H	268 BoPla	1:0	63,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	22,6
FAW N	270 AW 02	1:0	25,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	21,9
FF N	021 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	019 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	020 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW W	271 AW 02	1:0	40,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	34,1
FF W	014 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	016 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	015 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	017 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	018 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW N	272 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	273 AW 02	1:0	29,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,4
FF W	010 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	011 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	013 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	012 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW O	274 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	275 AW 02	1:0	27,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,7
FF S	002 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	004 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5

FF S	001 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	003 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
EG 02 Sanitär								
FAW O	20 AW 02	2:0	22,1	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,2
FF O	028 FE 01	2:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW N	21 AW 02	2:0	36,0	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,5
FF N	025 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	026 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	027 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
EG 03 Verkehrsflächen								
FG H	80 Standard-STB	3:0	32,0	0,89	0,40	FG	53 25 14	11,5
FAW N	86 AW 02	3:0	11,7	0,85	1,00	FAW	51 02	9,9
FAW N	90 AW 02	3:0	6,9	0,85	1,00	FAW	51 02	5,9
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW O	95 AW 02	3:0	36,5	0,23	1,00	FAW	51	8,6
FF O	024 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	022 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	023 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	96 AW 02	3:0	30,8	0,23	1,00	FAW	51	7,2
FF S	032 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	029 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	030 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	031 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW O	97 AW 02	3:0	5,4	0,85	1,00	FAW	51 02	4,6
FAW O	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW W	101 AW 02	3:0	8,2	0,85	1,00	FAW	51 02	7,0
FF W	009 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	104 AW 02	3:0	13,4	0,85	1,00	FAW	51 02	11,4
FAW S	001 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
EG 04 Technik/Lager								
FAW O	175 AW 02	4:0	10,0	0,85	1,00	FAW	51 02	8,5
FAW N	178 AW 02	4:0	4,8	0,85	1,00	FAW	51 02	4,1
FG H	179 Standard-STB	4:0	6,9	0,89	0,40	FG	53 25 14	2,5
FAW N	181 AW 02	4:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
EG 05 Büro								
FG H	200 Standard-STB	5:0	20,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	7,2
FAW N	202 AW 02	5:0	12,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,5
FF N	034 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW W	203 AW 02	5:0	21,4	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	18,2
FF W	033 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
Obergeschoss OG								
OG 01 Klassenzimmer								
FD H	276 Dach Anbau	1:0	174,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	33,2
FDd H	277 Dach Anbau	1:0	1,2	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,2
FAW O	278 AW 02	1:0	1,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	1,6
FAW N	279 AW 02	1:0	26,4	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,2
FF N	023 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	022 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	021 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW W	280 AW 02	1:0	39,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	9,4

FF W	018 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	020 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	016 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	017 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	019 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	281 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	282 AW 02	1:0	29,9	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,5
FF W	008 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	006 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	009 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	007 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	285 AW 02	1:0	20,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	17,6
FF S	013 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	014 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	015 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW O	286 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW W	289 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW S	290 AW 02	1:0	27,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,3
FF S	003 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	001 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	002 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	004 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	291 Dach Anbau	1:0	73,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	13,9
FAW S	293 AW 02	1:0	17,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	15,1
FAW O	294 AW 02	1:0	46,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	40,0
FAW N	295 AW 02	1:0	29,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,9
OG 02 Sanitär								
FD H	22 Dach Anbau	2:0	55,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	10,5
FAW O	23 AW 02	2:0	22,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,3
FF O	031 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF O	030 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FAW N	24 AW 02	2:0	36,8	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,7
FF N	027 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	028 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	029 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
OG 03 Verkehrsflächen								
FD H	109 Dach Anbau	3:0	69,0	0,24	0,80	FDd	51 06	13,1
FAW O	121 AW 02	3:0	7,9	0,85	1,00	FAW	51 02	6,7
FAW O	001 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	127 AW 02	3:0	11,2	0,85	1,00	FAW	51 02	9,6
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW O	132 AW 02	3:0	37,0	0,23	1,00	FAW	51	8,7
FF O	026 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	025 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	024 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	133 AW 02	3:0	39,9	0,23	1,00	FAW	51	9,4
FAW O	134 AW 02	3:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
FAW O	002 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
OG 04 Technik/Lager								
FAW N	184 AW 02	4:0	5,8	0,85	1,00	FAW	51 02	5,0

FAW W	187	AW 02	4:0	8,1	0,85	1,00	FAW	51 02	6,9
FF W	005	FE 01	4:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	189	AW 02	4:0	4,7	0,85	1,00	FAW	51 02	4,0
OG 05 Büro									
FD H	205	Standard-STB	5:0	0,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,1
FDd H	207	Standard-STB	5:0	1,4	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW S	209	AW 02	5:0	19,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	16,4
FF S	011	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	012	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	010	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	211	Standard-STB	5:0	47,6	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	9,0
FDd H	213	Standard-STB	5:0	1,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW N	215	AW 02	5:0	14,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	12,5
FAW W	216	AW 02	5:0	24,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	20,7
FAW N	217	AW 02	5:0	12,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,3
Dachgeschoss DG									
DG 01 Klassenzimmer									
FDd H	218	Dachdecke	1:0	24,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	4,7
FD N	219	Dach B	1:0	16,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,8
FD S	220	Dach B	1:0	13,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,1
FD W	221	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	222	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD W	223	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	224	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FAW W	225	AW 03	1:0	21,4	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	20,1
FAW N	226	AW 03	1:0	4,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,9
FF S	008	FE 01	1:0	0,5	1,30	1,00	FF	51 02	0,6
FG H	232	Dachdecke	1:0	7,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	1,5
FDd H	233	Dachdecke	1:0	62,0	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	11,7
FD N	234	Dach B	1:0	17,3	0,24 ##	1,00	FD	51 02	4,1
FD S	235	Dach B	1:0	37,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	8,8
FD S	236	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	237	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	238	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	239	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	240	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	241	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	242	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD S	243	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	244	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	245	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	246	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	247	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD O	248	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD S	249	Dach B	1:0	2,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,6
FAW S	250	AW 03	1:0	14,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	13,4
FAW N	251	AW 03	1:0	4,1	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,8
FAW O	252	AW 03	1:0	21,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	19,9
DG 03 Verkehrsflächen									
FG H	55	Dachdecke	3:0	1,0	0,24	0,80	FDd	51 06	0,2
FDd H	56	Dachdecke	3:0	41,8	0,24	0,80	FDd	51 06	7,9

FD	N	57	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	W	58	Dach	B	3:0	13,5	0,24	1,00	FD	51	02	3,2
FD	O	59	Dach	B	3:0	14,8	0,24	1,00	FD	51	02	3,5
FD	N	60	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	O	61	Dach	B	3:0	0,7	0,24	1,00	FD	51	02	0,2
FAW	N	62	AW	03	3:0	3,4	0,94	1,00	FAW	51	02	3,2
FAW	W	67	AW	03	3:0	2,0	0,94	1,00	FAW	51	02	1,9
FAW	N	75	AW	03	3:0	3,2	0,94	1,00	FAW	51	02	3,0
FAW	O	76	AW	03	3:0	1,8	0,94	1,00	FAW	51	02	1,7
FAW	N	78	AW	03	3:0	10,0	0,94	1,00	FAW	51	02	9,4
DG 04 Technik/Lager												
FD	W	166	Dach	B	4:0	5,9	0,24	1,00	FD	51	02	1,4
FAW	N	167	AW	03	4:0	2,5	0,94	1,00	FAW	51	02	2,4
FAW	W	168	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FD	O	170	Dach	B	4:0	4,0	0,24	1,00	FD	51	02	0,9
FAW	O	171	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FAW	N	172	AW	03	4:0	1,5	0,94	1,00	FAW	51	02	1,4
DG 05 Büro												
FDd	H	191	Dachdecke		5:0	9,8	0,24 ##	0,80	FDd	51	06	1,8
FD	S	192	Dach	B	5:0	8,3	0,24 ##	1,00	FD	51	02	2,0
FD	W	193	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FD	O	194	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FAW	S	196	AW	03	5:0	2,6	0,94 ##	1,00	FAW	51	02	2,4

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.358,7$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.859,0$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 733,00 / 80,00 = 9,16 \text{ m}$
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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 Fx-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.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 132,7 \text{ W/K}$ (7,1 %, 0,040 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	813	0	40	853	0	0
<2> 02 Sanitär	59	0	0	59	0	0
<3> 03 Verkehrsflächen	408	0	95	503	0	0
<4> 04 Technik/Lager	257	0	84	341	0	0
<5> 05 Büro	133	0	9	142	0	0
<6> 06 Speiseraum	42	0	51	93	0	0
	1712		280	1992		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.991,7 / 3.358,7 = \mathbf{0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,49	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$		0,57	1,30		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 22,1\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
Außentür	2,00		41 1 %	83 4 %
Außenwand Anbau	0,23		489 15 %	115 6 %
Außenwand EG/OG	0,85		675 20 %	576 31 %
Außenwand KG	0,78		357 11 %	279 15 %

Außenwand DG	0,94	96	3 %	91	5 %
Bodenplatte	0,89	704	21 %	252	14 %
Schrägdach	0,24	147	4 %	28	1 %
Fenster	1,30	240	7 %	312	17 %
Schrägdach	0,24	608	18 %	124	7 %
		3359	100 %	1.859	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3359 / 6033 = 1,67 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, eine exponierte Fassade

$e_{\text{wind}} = 0.01$ $f_{\text{wind}} = 20$ (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <2> 02 Sanitär

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m, ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> 01 Klassenzimm	-	1,45	10,00	2,93	0,01	0,80	-	-
<2> 02 Sanitär	-	1,02	15,00	4,01	0,01	0,10	4,01	13
<3> 03 Verkehrsflä	-	1,54	0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lag	-	2,85	0,15	0,06	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro	-	1,55	4,00	1,13	0,02	0,35	-	-
<6> 06 Speiseraum	-	2,64	7,00	2,86	0,03	0,78	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> 01 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,01	0,10		
<2> 02 Sanitär			0,00	0,00	0,01	0,10	-	-
<3> 03 Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lager			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<6> 06 Speiseraum			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal}$ nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 / 6 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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 Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
<1> 01 Klassenzimmer	2.742	0	13	750	763	0	15,2
<2> 02 Sanitär	356	0	1	12	13	263	
<3> 03 Verkehrsfläch	1.687	0	9	57	66	0	
<4> 04 Technik/Lager	560	0	5	19	24	0	
<5> 05 Büro	413	0	2	50	52	0	
<6> 06 Speiseraum	276	0	2	73	76	0	
		0	34	961	995	263	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> 01 Klassenzimmer		0	13	93	107		
<2> 02 Sanitär		0	1	12	13		
<3> 03 Verkehrsflächen		0	9	57	66		
<4> 04 Technik/Lager		0	5	19	24		
<5> 05 Büro		0	2	14	16		
<6> 06 Speiseraum		0	2	9	12		
		0	34	205	239		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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
FF O 010 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 7100	0,2/ 1,1
FF O 014 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 015 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 017 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 019 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 018 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 002 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 001 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 003 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF W 020 FE 01	4	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF O 011 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 012 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 013 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 016 FE 01	4	0,76	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 0,9
FF S 007 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 005 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 006 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 008 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF O 009 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF S 004 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF N 026 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 027 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 025 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF W 021 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 024 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 022 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 023 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 008 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 007 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 005 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 006 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF N 021 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 019 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 020 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF W 014 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 016 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 015 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 017 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 018 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 010 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 011 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 013 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 012 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF S 002 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 004 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8

FF S	001	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF S	003	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF O	028	FE	01	2	0,86	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 1,2
FF N	025	FE	01	2	0,96	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	026	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	027	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	024	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	022	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	023	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF S	032	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	029	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	030	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	031	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF W	009	FE	01	3	2,45	17/ 117	42/ 42	"	0,4/ 2,9
FF N	034	FE	01	5	1,32	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 1,1
FF W	033	FE	01	5	1,32	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,6
FF N	023	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	022	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	021	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF W	018	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	020	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	016	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	017	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	019	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	008	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	006	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	009	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	007	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	013	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	014	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	015	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	003	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	001	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	002	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	004	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF O	031	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF O	030	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF N	027	FE	01	2	0,99	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	028	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	029	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	026	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	025	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	024	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF W	005	FE	01	4	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	011	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	012	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	010	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	008	FE	01	1	0,33	59/ 113	42/ 42	"	0,2/ 0,4

167,80

55/ 193

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
FAW O 33 AW 01	O 3	5,0	0,78	0,80	4,50	138	0,3
FAW O 38 AW 01	O 3	14,7	0,78	0,80	4,50	138	1,0
FAW N 39 AW 01	N 3	9,8	0,78	0,80	4,50	81	0,3
FAW N 002 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW N 001 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW O 40 AW 01	O 3	27,5	0,78	0,80	4,50	138	1,8
FAW O 003 Tür AT	O 3	2,6	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW W 43 AW 01	W 3	27,4	0,78	0,50	4,50	117	0,7
FAW N 44 AW 01	N 3	3,7	0,78	0,50	4,50	81	0,0
FAW W 47 AW 01	W 3	16,5	0,78	0,50	4,50	117	0,4
FAW S 48 AW 01	S 3	19,6	0,78	0,50	4,50	113	0,5
FAW S 52 AW 01	S 3	10,8	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW W 138 AW 01	W 4	10,0	0,78	0,50	4,50	117	0,3
FAW S 139 AW 01	S 4	16,6	0,78	0,50	4,50	113	0,4
FAW W 143 AW 01	W 4	31,0	0,78	0,50	4,50	117	0,8
FAW S 144 AW 01	S 4	11,6	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW O 145 AW 01	O 4	27,1	0,78	0,50	4,50	138	0,9
FAW O 005 Tür AT	O 4	1,8	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW N 146 AW 01	N 4	20,0	0,78	0,50	4,50	81	0,3
FAW N 151 AW 01	N 4	15,5	0,78	0,50	4,50	81	0,2
FAW W 152 AW 01	W 4	7,1	0,78	0,50	4,50	117	0,2
FAW S 157 AW 01	S 4	25,8	0,78	0,50	4,50	113	0,7
FAW O 158 AW 01	O 4	19,1	0,78	0,50	4,50	138	0,7
FAW S 162 AW 01	S 4	7,2	0,78	0,50	4,50	113	0,2
FAW O 164 AW 01	O 4	4,2	0,78	0,50	4,50	138	0,1
FAW N 165 AW 01	N 4	27,3	0,78	0,50	4,50	81	0,4
FAW S 004 Tür AT	S 6	2,6	2,00	0,50	4,50	113	0,2

FAW S	263 AW 02	S	1	17,1	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW W	266 AW 02	W	1	28,1	0,85	0,50	4,50	117	0,8
FAW S	267 AW 02	S	1	29,0	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	270 AW 02	N	1	25,6	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW W	271 AW 02	W	1	40,0	0,85	0,50	4,50	117	1,2
FAW N	272 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	273 AW 02	W	1	29,7	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW O	274 AW 02	O	1	28,1	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW S	275 AW 02	S	1	27,8	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	86 AW 02	N	3	11,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	90 AW 02	N	3	6,9	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	002 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW O	97 AW 02	O	3	5,4	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	004 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW W	101 AW 02	W	3	8,2	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW S	104 AW 02	S	3	13,4	0,85	0,50	4,50	113	0,4
FAW S	001 Tür AT	S	3	4,7	2,00	0,50	4,50	113	0,3
FAW O	175 AW 02	O	4	10,0	0,85	0,50	4,50	138	0,4
FAW N	178 AW 02	N	4	4,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	181 AW 02	N	4	5,6	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	202 AW 02	N	5	12,3	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	203 AW 02	W	5	21,4	0,85	0,50	4,50	117	0,6
FAW O	278 AW 02	O	1	1,8	0,85	0,50	4,50	138	0,1
FAW N	281 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	282 AW 02	W	1	29,9	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	285 AW 02	S	1	20,6	0,85	0,50	4,50	113	0,6
FAW O	286 AW 02	O	1	29,0	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW W	289 AW 02	W	1	29,0	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	290 AW 02	S	1	27,3	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW S	293 AW 02	S	1	17,7	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW O	294 AW 02	O	1	46,8	0,85	0,50	4,50	138	1,8
FAW N	295 AW 02	N	1	29,2	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW O	121 AW 02	O	3	7,9	0,85	0,50	4,50	138	0,3
FAW O	001 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	127 AW 02	N	3	11,2	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	004 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW O	134 AW 02	O	3	5,6	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	002 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	184 AW 02	N	4	5,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW W	187 AW 02	W	4	8,1	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW N	189 AW 02	N	4	4,7	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW S	209 AW 02	S	5	19,3	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW N	215 AW 02	N	5	14,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	216 AW 02	W	5	24,2	0,85	0,50	4,50	117	0,7
FAW N	217 AW 02	N	5	12,1	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FD N	219 Dach B	N	1	16,2	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD S	220 Dach B	S	1	13,2	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD W	221 Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD O	222 Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0

FD	W	223	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	224	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	N	225	AW 03	W	1	21,4	0,94	0,50	4,50	117	0,7
FAW	N	226	AW 03	N	1	4,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FD	N	234	Dach B	N	1	17,3	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	S	235	Dach B	S	1	37,2	0,24	0,50	4,50	194	0,4
FD	S	236	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	237	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	238	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	239	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	240	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	241	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	242	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	S	243	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	244	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	245	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	246	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	247	Dach	W	1	0,7	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	248	Dach	O	1	0,7	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	249	Dach B	S	1	2,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	250	AW 03	S	1	14,2	0,94	0,50	4,50	113	0,4
FAW	N	251	AW 03	N	1	4,1	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	252	AW 03	O	1	21,2	0,94	0,50	4,50	138	0,9
FD	N	57	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	W	58	Dach B	W	3	13,5	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FD	O	59	Dach B	O	3	14,8	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD	N	60	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	O	61	Dach B	O	3	0,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	62	AW 03	N	3	3,4	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	W	67	AW 03	W	3	2,0	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FAW	N	75	AW 03	N	3	3,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	76	AW 03	O	3	1,8	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	78	AW 03	N	3	10,0	0,94	0,50	4,50	81	0,2
FD	W	166	Dach B	W	4	5,9	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FAW	N	167	AW 03	N	4	2,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FAW	W	168	AW 03	W	4	2,2	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FD	O	170	Dach B	O	4	4,0	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	O	171	AW 03	O	4	2,2	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	172	AW 03	N	4	1,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FD	S	192	Dach B	S	5	8,3	0,24	0,50	4,50	194	0,1
FD	W	193	Dach	W	5	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	194	Dach	O	5	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	S	196	AW 03	S	5	2,6	0,94	0,50	4,50	113	0,1

1.353,4

36,7

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

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 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh

über Fenster ...

<1> 01 Klassen	2.813	2.141	805	559	1.036	931	2.264	28.951
<2> 02 Sanitär	106	70	30	17	30	39	86	1.283
<3> 03 Verkehr	861	640	229	155	310	284	715	9.419
<4> 04 Technik	327	246	90	62	119	107	267	3.443
<5> 05 Büro	363	310	113	84	167	128	297	3.529
<6> 06 Speiser	116	71	30	18	27	37	91	1.317
über opake ...								
<1> 01 Klassen	300	147	-	-	28	4	184	3.315
<2> 02 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> 03 Verkehr	148	71	-	-	9	2	95	1.867
<4> 04 Technik	107	53	-	-	10	1	66	1.288
<5> 05 Büro	42	19	-	-	4	1	25	502
<6> 06 Speiser	6	5	-	-	1	0	4	48
	5.188	3.773	1.296	894	1.740	1.533	4.094	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	7.257	7.714	7.737	7.128	6.608			54.963

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	804	80,4	16,1	0,0	96,5
<2> 02 Sanitär	95	-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	550	-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	207	-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro	116	3,5	4,9	0,0	8,4
<6> 06 Speiseraum	113	10,4	0,9	0,0	11,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> 01 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager		-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro		-	-	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	0,0	10,4	3,4	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär	0,0	2,3	0,4	0,2	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	0,0	2,9	2,3	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0

<5> 05 Büro	0,0	4,5	0,5	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum	0,0	2,9	0,5	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,r}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	853	763	0	667	146	0,218
<2> 02 Sanitär	59	13	263	48	4	0,083
<3> 03 Verkehrsflächen	503	66	0	213	16	0,075
<4> 04 Technik/Lager	341	25	0	136	5	0,040
<5> 05 Büro	142	52	0	81	19	0,235
<6> 06 Speiseraum	93	76	0	71	16	0,221

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> 01 Klassenzimmer	50	1617	24,86	2,55	0,984	1,000
<2> 02 Sanitär	50	335	14,19	1,89	0,992	1,000
<3> 03 Verkehrsflächen	50	569	48,37	4,02	1,000	1,000
<4> 04 Technik/Lager	50	365	28,33	2,77	1,000	1,000
<5> 05 Büro	50	194	29,93	2,87	0,988	0,999
<6> 06 Speiseraum	50	169	33,27	3,08	0,993	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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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	17,0	17,0	17,3	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,1	17,2	17,0
$T_{i, 2}$	°C	17,0	17,0	17,2	18,0	18,9	19,4	19,8	19,7	18,9	18,1	17,1	17,0
$T_{i, 3}$	°C	14,4	14,6	15,0	15,7	16,5	17,0	17,3	17,3	16,6	15,8	14,9	14,4
$T_{i, 4}$	°C	15,3	15,4	15,7	16,2	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,3
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,2	17,0
$T_{i, 6}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,2	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,3	17,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 2}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 3}$	°C	13,0	13,0	13,5	14,8	16,2	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,3	13,0
$T_{i, 4}$	°C	13,0	13,0	13,4	14,7	16,1	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,2	13,0
$T_{i, 5}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	16,9	16,0	16,0
$T_{i, 6}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0

Zone <1> 01 Klassenzimmer

(Ref-No 5.7.1)

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 $\Delta Q_{\text{C,b,WE}}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,\text{Jan}} = 17,0$ °C und $Q_l = 96,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,\text{Jan}} = 16,0$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

η_{source}		0,783	0,913	0,979	0,988	0,984	0,982	0,953	0,756
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,741	0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,736
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.188	712	689	712	712	643	712	8.298
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.473	3.595	6.914	9.262	8.905	7.520	5.979	48.173
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	693	2.712	3.977	3.684	3.066	1.831	16.026
Q_T	kWh	2.704	5.146	7.711	9.932	9.869	8.398	7.624	62.138
Q_V	kWh	1.554	2.959	4.357	5.553	5.518	4.702	4.327	35.155
Q_S^*	kWh	2.377	2.151	795	555	1.054	925	2.375	20.243
Q_I^*	kWh	1.378	1.691	1.802	1.913	1.889	1.691	1.784	16.594

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone <2> 02 Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,673	1,000	0,988	0,992	0,992	0,987	0,962	0,691
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,838
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	93	84	82	84	84	76	84	834
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	4.906
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	170	451	713	685	551	387	3.044
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	66	183	272	264	214	150	1.177
Q_T	kWh	187	356	532	688	684	582	525	4.298
Q_V	kWh	-173	-5	181	369	349	269	142	-205
Q_S^*	kWh	87	70	30	17	30	39	84	765
Q_I^*	kWh	26	46	50	55	54	47	47	394

Zone <3> 03 Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,927	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,736
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,772	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,690
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	330	488	472	488	488	440	488	4.578
t_h	h	324	744	720	744	744	672	744	5.295
$Q_{h,b,RE}$	kWh	277	1.503	2.743	3.512	3.383	2.889	2.367	18.404
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	225	1.152	1.794	1.684	1.358	819	7.031
Q_T	kWh	764	2.193	3.650	4.816	4.782	4.042	3.596	26.984
Q_V	kWh	101	289	480	634	629	532	473	3.552
Q_S^*	kWh	865	709	229	155	319	286	809	6.084
Q_I^*	kWh	53	77	104	125	121	104	96	799

Zone <4> 04 Technik/Lager

(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,962	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,886	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,739
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	214	183	177	183	183	166	183	1.706
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	328	1.019	1.814	2.328	2.263	1.933	1.630	12.422
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	342	894	1.313	1.257	1.033	736	5.776
Q_T	kWh	536	1.539	2.562	3.387	3.363	2.844	2.525	18.961
Q_V	kWh	39	111	184	243	242	204	181	1.362
Q_S^*	kWh	402	297	90	62	129	108	332	2.833
Q_I^*	kWh	8	15	25	32	31	26	22	179

Zone <5> 05 Büro

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 8,4 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,827	0,924	0,985	0,992	0,988	0,988	0,965	0,793
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,814	0,974	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992	0,842
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	198	103	100	103	103	93	103	1.112
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	201	424	848	1.127	1.070	914	724	5.847
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	152	474	679	630	534	355	2.903
Q_T	kWh	452	860	1.290	1.657	1.647	1.401	1.275	10.381
Q_V	kWh	117	224	331	422	419	357	328	2.665
Q_S^*	kWh	333	312	112	84	170	128	314	2.992
Q_I^*	kWh	175	206	221	235	231	206	217	2.099

Zone <6> 06 Speiseraum

(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0\text{ °C}$ und $Q_I = 11,3\text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,846	0,961	0,988	0,993	0,993	0,991	0,982	0,834
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	79	100	96	100	100	90	100	936
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.229
$Q_{h,b,RE}$	kWh	140	425	722	951	940	787	682	5.208
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	129	294	422	414	340	255	1.948
Q_T	kWh	297	566	847	1.087	1.080	919	838	6.817
Q_V	kWh	157	299	441	558	555	473	438	3.546
Q_S^*	kWh	111	75	30	18	28	37	94	1.113
Q_I^*	kWh	198	237	242	255	254	227	245	2.433

Summe Heizwärmebedarf
 (Ref-No 5.7.7)

	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/(m ² a)
<1> 01 Klassenzimme	62.138	35.155	20.243	16.594	64.199	79,9
<2> 02 Sanitär	4.298	-205	765	394	4.221	44,4
<3> 03 Verkehrsfläc	26.984	3.552	6.084	799	25.435	46,2
<4> 04 Technik/Lage	18.961	1.362	2.833	179	18.198	87,9
<5> 05 Büro	10.382	2.665	2.992	2.099	8.749	75,3
<6> 06 Speiseraum	6.817	3.546	1.113	2.433	7.155	63,6
	129.580	46.076	34.029	22.497	127.958	67,9

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)
 (Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen
 (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<2> 02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

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

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

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
<2> 02 Sanitär	1427	276	0,40	0,40	219

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> 02 Sanitär	212	219	212	219	219	197	219	
...	212	219	212	219	219			2.574
	212	219	212	219	219	197	219	

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (16), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich			Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1	<1>	Fassade Süd	Süd	1	300	170,4	56,5	gut	86
2	<1>	Fassade West	West	1	300	203,7	67,5	gut	87
3	<1>	Fassade Nord	Nord	1	300	67,9	22,5	gut	89
4	<2>	Fassade Nord	Nord	2	200	18,7	6,2	gut	89
5	<2>	Fassade Ost	Ost	2	200	8,8	2,9	gut	87
6	<3>	Fassade Süd	Süd	3	100	44,3	10,8	mittel	83
7	<3>	Fassade West	West	3	100	29,4	7,2	mittel	82
8	<3>	Fassade Ost	Ost	3	100	105,2	25,8	mittel	82
9	<4>	Fassade Süd	Süd	4	100	16,5	5,5	gut	86
10	<4>	Fassade West	West	4	100	19,1	6,3	gut	87
11	<4>	Fassade Ost	Ost	4	100	13,2	4,4	gut	87
12	<5>	Fassade Süd	Süd	5	500	36,2	12,0	gut	79
13	<5>	Fassade West	West	5	500	5,7	1,9	gut	77
14	<5>	Fassade Nord	Nord	5	500	5,7	1,9	gut	75
15	<6>	Fassade West	West	6	300	14,9	4,9	gut	87
16	<6>	Fassade Nord	Nord	6	300	11,2	3,7	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> 01 Klassenzimmer	804	442	362
<2> 02 Sanitär	95	28	68
<3> 03 Verkehrsflächen	550	179	372
<4> 04 Technik/Lager	207	49	158
<5> 05 Büro	116	48	69
<6> 06 Speiseraum	113	26	86

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	86	60	56	50	45	42	40
2 <1> Fassade West	1	87	60	56	49	45	42	39
3 <1> Fassade Nord	1	89	60	55	48	44	40	38
4 <2> Fassade Nord	2	89	60	55	48	44	40	38
5 <2> Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39
6 <3> Fassade Süd	3	83	55	61	56	52	49	47
7 <3> Fassade West	3	82	55	62	56	52	49	48
8 <3> Fassade Ost	3	82	55	62	56	52	49	48
9 <4> Fassade Süd	4	86	60	56	50	45	42	40
10 <4> Fassade West	4	87	60	56	49	45	42	39
11 <4> Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39
12 <5> Fassade Süd	5	79	57	62	57	53	50	48
13 <5> Fassade West	5	77	57	63	57	54	51	49
14 <5> Fassade Nord	5	75	57	64	58	55	52	50
15 <6> Fassade West	6	87	60	56	49	45	42	39
16 <6> Fassade Nord	6	89	60	55	48	44	40	38

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung
(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,6	0,76	51	1068	0	31
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	37
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	12
4 <2> Fassade Nord	2	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	5
5 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	2
6 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	3
7 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	2
8 <3> Fassade Ost	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	7
9 <4> Fassade Süd	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
10 <4> Fassade West	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
11 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
12 <5> Fassade Süd	5	500	9-1-1	6,5	0,71	96	1818	148	26
13 <5> Fassade West	5	500	9-1-1	6,5	0,71	97	1818	148	4
14 <5> Fassade Nord	5	500	9-1-1	6,5	0,71	98	1818	148	4
15 <6> Fassade West	6	300	9-1-1	4,0	0,53	63	1335	109	4
16 <6> Fassade Nord	6	300	9-1-1	4,0	0,53	62	1335	109	3
17 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,76	0	1068	0	117
18 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	31
19 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,24	0	610	50	38
20 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,3	0,07	0	175	14	3
21 A in <5> ohne TL	5	500	9-1-1	6,5	0,71	0	1818	148	75
22 A in <6> ohne TL	6	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1335	109	42

446

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.885 m²
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}
(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 01 Klassen	159	171	174	190	177	153	163	1.961
<2> 02 Sanitär	37	38	38	40	39	35	38	448
<3> 03 Verkehr	46	49	48	51	50	44	48	569
<4> 04 Technik	4	4	4	4	4	4	4	47
<5> 05 Büro	71	75	74	79	76	67	73	869

<6> 06 Speiser	47	49	48	51	50	44	48	571
	363	386	386	414	395	346	373	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	355	363	351	364	368			4.465

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

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

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

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

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

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

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

Kühlenergiebedarf

(Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> 01 Klassenzimmer	116	237	2,034	50,000	24,86	0,447
<2> 02 Sanitär	5	9	1,676	50,000	14,19	0,479
<3> 03 Verkehrsflächen	41	53	1,298	50,000	48,37	0,686
<4> 04 Technik/Lager	26	21	0,800	50,000	28,33	0,811
<5> 05 Büro	14	28	1,970	50,000	29,93	0,469
<6> 06 Speiseraum	12	20	1,681	50,000	33,27	0,540

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez Jul kWh	Jan Aug kWh	Feb Sep kWh	Mär Okt kWh	Apr Nov kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> 01 Klassen	15	22	22	85	373	904	1.501	
...	2.223	1.944	583	159	26			7.857
<2> 02 Sanitär	0	0	0	1	7	45	125	
...	240	175	19	2	0			615
<3> 03 Verkehr	-	-	-	-	5	32	121	
...	284	162	5	-	-			609

<4> 04 Technik	-	-	-	0	3	12	32	
...	68	41	3	0	-			159
<5> 05 Büro	1	2	2	8	37	92	156	
...	248	229	67	18	2			861
<6> 06 Speiser	1	1	1	3	11	39	84	
...	160	128	26	6	2			461

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,\text{max}}$
(Ref-No 5.11.2)

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

Zone	$t_{c, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{c, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{c, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> 01 Klassenzimmer	9	45,2	38,6	nein
<2> 02 Sanitär	13	1,3	-0,1	nein
<3> 03 Verkehrsflächen	13	12,3	9,2	nein
<4> 04 Technik/Lager	13	5,7	3,9	nein
<5> 05 Büro	13	4,5	4,2	nein
<6> 06 Speiseraum	13	2,4	1,5	nein
		71,4	57,3	

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)
(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser
(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
<1> 01 Klassenzimmer	nicht relevant			-
<2> 02 Sanitär	Schule ohne Dus	0,400 Person	165	1.121 a
<3> 03 Verkehrsfläch	nicht relevant			-

<4> 04 Technik/Lager nicht relevant
 <5> 05 Büro nicht relevant
 <6> 06 Speiseraum nicht relevant

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

a)

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	2/	1,00	13.200
2			

Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
 Verteilsystem: dezentral mit Erzeugern
 Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)
 mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation
 Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i		0 m			0 m		3 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							17,0 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,b}$	kWh	1.085	1.121	1.085	1.121	1.121	1.013	1.121	13.200
$Q_{w,d,St}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{I,w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54

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

Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Solaranlage nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 24,0 kW (Strom-Mix)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w, f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387

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

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

Q _{w,outg}	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
Q _{w,f}	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
W _{w,f}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	
...		1.100	1.137	1.100	1.136	1.136			13.387
Q _{I,w,<2>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung Q_{h,max}

(Ref-No 5.13.1)

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

Zone	Q _{T,max} kW	Q _{V,max} kW	V _{mech} m³/h	Q _{V,mech} kW	Φ _{h,max} kW
<1> 01 Klassenzimmer	27,3	12,2	0	0,0	39,5
<2> 02 Sanitär	1,9	0,2	1426	6,2	8,3
<3> 03 Verkehrsflächen	16,1	1,1	0	0,0	17,1
<4> 04 Technik/Lager	10,9	0,4	0	0,0	11,3
<5> 05 Büro	4,6	0,8	0	0,0	5,4
<6> 06 Speiseraum	3,0	1,2	0	0,0	4,2

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} * V = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		*	127.958	85,9	94,5
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	2.426	8.743	19.199	26.349	25.179	21.141	15.915	127.958

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone <1> 01 Klassenzimmer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	6	6	6	6	6	6	6	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	184
$t_{h,rL} <1>$	h/m	101	119	131	146	146	129	134	1.101

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ K$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.426	8.743	19.199	26.349	25.179	21.141	15.915	127.958
$Q_{h,ce}$	kWh	930	1.820	2.639	2.946	2.833	2.520	2.274	18.307
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.356	10.563	21.839	29.295	28.012	23.661	18.189	146.265

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

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,

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2011) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 1
Etagenringtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1059,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,00 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 142 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	398,0 m	23,3 m	53,0 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, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,05	0,17	0,35	0,46	0,44	0,41	0,28	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,2	27,5	33,5	36,5	35,9	35,1	31,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,1	25,0	29,0	31,0	30,6	30,1	27,6	
$Q_{h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007
$W_{h,d}$	kWh	15	22	34	44	42	36	31	257
$Q_{I,h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007

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

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

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3
Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.382	10.636	21.985	29.493	28.203	23.822	18.315	147.272

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 1000$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 4,8$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)
 $Q_{l,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (unregelmäßige Wärmeeinträge, Gl.69)
 $W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	26	31	34	33	33	30	
$Q_{h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324
$W_{h,s}$	kWh	3	9	18	25	24	20	15	130
$Q_{l,h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324

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

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe, JAZ = 2,67

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol} = \text{Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich}$

Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"

COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit

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

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.393	10.661	22.029	29.548	28.256	23.867	18.353	147.596
$Q_{h,f}$	kWh	973	3.158	6.771	8.693	8.458	7.128	5.615	44.165
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	-	1.923	1.250	1.000	-	4.172
$Q_{h,f, sum}$	kWh	973	3.158	6.771	10.615	9.708	8.128	5.615	48.337
$Q_{h,f, aux}$	kWh	160	510	1.073	1.360	1.326	1.121	892	6.989

Konventionelle Heizwärmeerzeuger

(Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.885 \text{ m}^2$)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Heizwärme

(Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	973	3.158	6.771	10.615	9.708	8.128	5.615	48.337
W_h	kWh	178	542	1.125	1.428	1.392	1.177	938	
...		406	155	28	-	6			7.376
eco-Strom	kWh	973	3.158	6.771	10.615	9.708	8.128	5.615	
	...	2.348	861	141	-	20			48.337
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,5	1,4	2,7	3,5	3,4	3,1	2,3	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,4	0,9	1,8	2,4	2,3	2,2	1,5	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,4	0,7	0,9	0,9	0,8	0,6	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern

(Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	2/	13.387	1,80	1,00	24.096
eco-Strom	Heizwärme		48.337	1,80	1,00	87.006
Strom-Mix	Beleuchtung	*	4.465	1,80	1,00	8.037
Strom-Mix	Hilfsenergie		9.950	1,80	1,00	17.909
Σ [kWh/Jahr]			76.138			137.048

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 137.048 / 1.885 = 72,7$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.885$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 76.138 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 5,3 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,5 kWh/(m²a), eco-Strom 25,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m ² a)
Strom-Mix	13.387	560	7.497	
eco-Strom	48.337	560	27.069	
Strom-Mix	4.465	560	2.500	
Strom-Mix	9.950	560	5.572	
76.139			42.637	22,6

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
	m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
<1> 01 Klassenzim	804	-	1.961	-	-	24.250	26.211
<2> 02 Sanitär	95	-	448	-	13.389	1.595	15.433
<3> 03 Verkehrsfl	550	-	569	-	-	9.610	10.178
<4> 04 Technik/La	207	-	47	-	-	6.874	6.921
<5> 05 Büro	116	-	869	-	-	3.307	4.176
<6> 06 Speiseraum	113	-	571	-	-	2.701	3.272
Gebäude	1.885	-	4.465	-	13.386	48.337	66.188

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,0	67,9	78,6
Endenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,1	29,6	40,4
Primärenergiebedarf	2,5	4,3	0,0	12,8	53,2	72,7

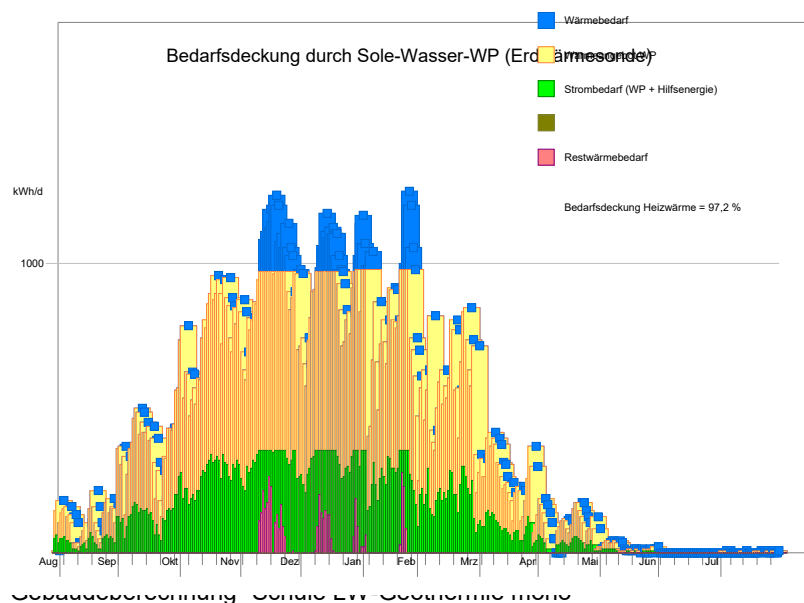
Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

Primärenergie-Referenzwert

(Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 72,7 kWh/(m²a)

Simulation zur Bedarfsdeckung



Wärmebedarf

Nutzwärmebedarf für Heizung, DIN V 18599 in [kWh]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
Hzg	28256	23867	18353	7921	2999	498	0	71	3393	10661	147596

Wärmeangebot

Wärmeangebot aus Sole-Wasser-WP (Erdwärmesonde)

Klimatensatz (Wärmepumpe)

"09.kol", $T_{a,iM} = 8,7\text{ °C}$

Wärmepumpe Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010, 40,0 kW, Energieträger Strom-Mix

Vorlauftemperatur für Heizung 50 °C

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur und für die Quelltemperaturen korrigiert. COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Wärmequelle = Erdwärmesonde, Quelltemperaturen = 1,7° 1,8° 2,2° 2,9° 3,6° 4° 4,4° 4,3° 3,6° 2,9° 2,1° 1,6°, Nachheizung durch Heizstab zur Wärmepumpe

Nennleistung kW	Hilfsenergie P_{aux} Watt	$COP_{B0/W35}$ -	Leistungsverlust W/K
40,0	2000	4,3	2,0

Bedarfsdeckung

Deckungsanteile durch Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonde

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme										
Bedarf	71	3390	10654	22013	29527	28235	23849	18339	7921	147.495
Deckung	71	3390	10654	22013	27604	26986	22850	18339	7921	143.324
%	100	100	100	100	93	96	96	100	100	97

Strom- und Hilfsenergiebedarf

Strombedarf der Wärmepumpe $Q_{f,WP}$ und Endenergiebedarf für einen zweiten Wärmeerzeuger $Q_{f,WE2}$

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
$Q_{f,WP}$	20	973	3158	6771	8693	8458	7128	5615	2348	44.165
$Q_{f,WE2}$	0	0	0	0	1923	1250	999	0	0	4.172
ΣQ_f	20	973	3158	6771	10615	9708	8128	5615	2348	48.337

Hilfsenergiebedarf für den Primärkreis der Wärmepumpe HE_{WP}

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
HE_{WP}	3	160	510	1073	1360	1326	1121	892	379	6.989

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

ohne zweiten Wärmeerzeuger JAZ = **2,80** = (0+143324) / (44165 + 6989)
mit zweitem Wärmeerzeuger JAZ = 2,67 = (0 + 147596) / (44165 + 4172 + 6989)

Übergabewerte für DIN V 18599

Der zweite Wärmeerzeuger ist ein Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme, JAZ = 2,67										
$Q_{h,out}$	71	3390	10654	22013	29527	28235	23849	18339	7921	147.495
$Q_{h,f}$	20	973	3158	6771	8693	8458	7128	5615	2348	44.165
$Q_{h,f,bu}$	0	0	0	0	1923	1250	999	0	0	4.172
$W_{h,gen}$	3	160	510	1073	1360	1326	1121	892	379	6.989

Der Hilfsenergiebedarf $W_{w,gen}$ und $W_{h,gen}$ wird lastanteilig ermittelt

Simulation im Detail

vom Uhr

mit Q_{Bedarf} = Wärmebedarf für Heizung, T_{Quell} = Temperatur der Wärmequelle (Mittelwert), COP_{iM}
= mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpe (Heizung), $Q_{f,WP}$ = Strombedarf der Elektro-Wärmepumpe,
 Q_{aux} = Hilfsenergiebedarf der zusätzlichen Aggregate und Q_{Rest} = Restwärmebedarf

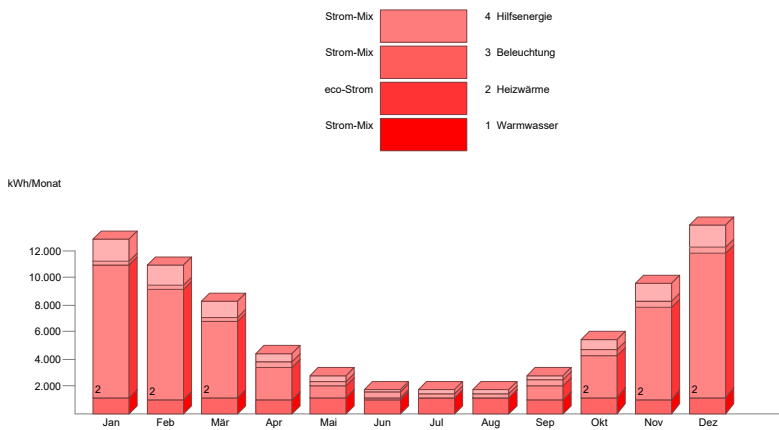
Woche	Q_{Bedarf} kWh	T_{Quell} °C	COP_{iM} -	$Q_{f,WP}$ kWh	Q_{aux} kWh	Q_{Rest} kWh

35 / 31.08.	887	3,7	3,48	255	42	
36 / 07.09.	488	3,6	3,48	140	23	
37 / 14.09.	803	3,6	3,48	230	38	
38 / 21.09.	767	3,6	3,48	220	36	
39 / 28.09.	1438	3,2	3,40	422	69	
40 / 05.10.	2259	2,9	3,37	670	108	
41 / 12.10.	3119	2,9	3,37	925	149	
42 / 19.10.	1887	2,9	3,38	559	90	
43 / 26.10.	2969	2,8	3,35	887	143	
44 / 02.11.	4350	2,1	3,25	1338	212	
45 / 09.11.	4379	2,1	3,25	1347	213	
46 / 16.11.	6233	2,1	3,25	1917	304	
47 / 23.11.	5761	2,1	3,25	1772	281	
48 / 30.11.	5414	1,7	3,18	1700	266	
49 / 07.12.	5676	1,6	3,18	1787	280	
50 / 14.12.	8105	1,6	3,18	2149	336	1284
51 / 21.12.	7446	1,6	3,18	2146	336	634
52 / 28.12.	6004	1,6	3,18	1886	295	5
1 / 04.01.	5358	1,7	3,19	1679	263	
2 / 11.01.	7679	1,7	3,19	2144	336	842
3 / 18.01.	6581	1,7	3,19	2005	314	185
4 / 25.01.	6222	1,7	3,19	1881	295	221
5 / 01.02.	6522	1,8	3,21	1914	301	384
6 / 08.02.	4657	1,8	3,21	1453	228	
7 / 15.02.	5598	1,8	3,21	1747	275	
8 / 22.02.	7072	1,8	3,21	2014	317	614
9 / 01.03.	3708	2,2	3,27	1135	180	
10 / 08.03.	3644	2,2	3,27	1115	177	
11 / 15.03.	4453	2,2	3,27	1364	217	
12 / 22.03.	4610	2,2	3,27	1411	224	
13 / 29.03.	2940	2,6	3,30	890	142	
14 / 05.04.	2437	2,9	3,37	722	117	
15 / 12.04.	1970	2,9	3,37	584	94	
16 / 19.04.	1267	2,9	3,37	376	61	
17 / 26.04.	1400	3,1	3,39	414	67	
18 / 03.05.	781	3,6	3,49	224	37	
19 / 10.05.	399	3,6	3,48	115	19	
20 / 17.05.	867	3,6	3,48	249	41	
21 / 24.05.	700	3,6	3,49	201	33	
22 / 31.05.	202	3,9	3,52	57	10	
23 / 07.06.	243	4,0	3,55	68	11	
24 / 14.06.	64	4,0	3,51	18	3	
25 / 21.06.	30	4,0	3,44	9	1	
26 / 28.06.	42	4,2	3,59	12	2	
27 / 05.07.		4,4				
28 / 12.07.		4,4				
29 / 19.07.		4,4				
30 / 26.07.		4,4				
31 / 02.08.	15	4,3	3,39	4	1	
32 / 09.08.	8	4,3	3,89	2	0	
33 / 16.08.	15	4,3	3,76	4	1	
34 / 23.08.	20	4,3	3,46	6	1	
147.490			44.166	6.988	4.169	

Anlage 5: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 2b)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Schule LW-Geothermie mono+PV"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.1.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	108 Klassenzimme	200	17,0	16,0	804	2742
<2> 02 Sanitär	116 WC und Sanit	200	17,0	16,0	95	356
<3> 03 Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	200	14,4	13,0	550	1687
<4> 04 Technik/Lager	220 Lager, Techn	200	15,3	13,0	207	560
<5> 05 Büro	102 Gruppenbüro	200	17,0	16,0	116	413
<6> 06 Speiseraum	117 Sonstige Auf	200	17,0	16,0	113	276
					1.885	6.033

Gebäude, $A_{NGF} = 1885,1 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.2.0)

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
Kellergeschoss KG						
KG 03 Verkehrsflächen						

FD H	29 BoPla	3:0	210,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	75,1
FAW O	33 AW 01	3:0	5,0	0,78	1,00 FAW	51 02	3,9
FF O	010 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	38 AW 01	3:0	14,7	0,78	1,00 FAW	51 02	11,5
FAW N	39 AW 01	3:0	9,8	0,78	1,00 FAW	51 02	7,7
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW N	001 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW O	40 AW 01	3:0	27,5	0,78	1,00 FAW	51 02	21,5
FF O	014 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	015 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	003 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW W	43 AW 01	3:0	27,4	0,78	1,00 FAW	51 02	21,4
FAW N	44 AW 01	3:0	3,7	0,78	1,00 FAW	51 02	2,9
FAW W	47 AW 01	3:0	16,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FF W	017 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	019 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	018 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	48 AW 01	3:0	19,6	0,78	1,00 FAW	51 02	15,3
FF S	002 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	001 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	003 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW S	52 AW 01	3:0	10,8	0,78	1,00 FAW	51 02	8,5
KG 04 Technik/Lager							
FG H	136 Standard-STB	4:0	24,7	0,89	0,40 FG	53 25 14	8,8
FAW W	138 AW 01	4:0	10,0	0,78	1,00 FAW	51 02	7,8
FF W	020 FE 01	4:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	139 AW 01	4:0	16,6	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FG H	140 Standard-STB	4:0	81,3	0,89	0,40 FG	53 25 14	29,1
FD H	141 Standard-STB	4:0	3,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	1,1
FAW W	143 AW 01	4:0	31,0	0,78	1,00 FAW	51 02	24,2
FAW S	144 AW 01	4:0	11,6	0,78	1,00 FAW	51 02	9,0
FAW O	145 AW 01	4:0	27,1	0,78	1,00 FAW	51 02	21,2
FF O	011 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	012 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	013 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	005 Tür AT 01	4:0	1,8	2,00	1,00 FAW	51 02	3,6
FAW N	146 AW 01	4:0	20,0	0,78	1,00 FAW	51 02	15,6
FG H	147 Standard-STB	4:0	16,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	5,8
FAW N	151 AW 01	4:0	15,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,1
FAW W	152 AW 01	4:0	7,1	0,78	1,00 FAW	51 02	5,6
FF W	016 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	153 Standard-STB	4:0	77,8	0,89	0,40 FG	53 25 14	27,8
FDD H	156 Standard-STB	4:0	1,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	0,3
FAW S	157 AW 01	4:0	25,8	0,78	1,00 FAW	51 02	20,2
FF S	007 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	005 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	006 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	008 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	158 AW 01	4:0	19,1	0,78	1,00 FAW	51 02	14,9
FF O	009 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	159 Standard-STB	4:0	9,1	0,89	0,40 FG	53 25 14	3,3

FAW S	162 AW 01	4:0	7,2	0,78	1,00	FAW	51 02	5,6
FF S	004 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51 02	1,4
FG H	163 Standard-STB	4:0	14,7	0,89	0,40	FG	53 25 14	5,3
FAW O	164 AW 01	4:0	4,2	0,78	1,00	FAW	51 02	3,3
FAW N	165 AW 01	4:0	27,3	0,78	1,00	FAW	51 02	21,3
KG 06 Speiseraum								
FG H	1 BoPla	6:0	143,6	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	51,4
FAW S	6 AW 01	6:0	23,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,6
FAW S	004 Tür AT 01	6:0	2,6	2,00 ##	1,00	FAW	51 02	5,2
FAW O	7 AW 01	6:0	17,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,1
FAW N	11 AW 01	6:0	20,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,8
FF N	026 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	027 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	025 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW W	12 AW 01	6:0	25,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,0
FF W	021 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	024 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	022 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	023 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
Erdgeschoss EG								
EG 01 Klassenzimmer								
FAW S	263 AW 02	1:0	17,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	14,6
FAW O	264 AW 02	1:0	45,2	0,23 ##	1,00	FAW	51	10,6
FAW N	265 AW 02	1:0	27,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,6
FAW W	266 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	267 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FF S	008 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	007 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	005 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	006 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FG H	268 BoPla	1:0	63,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	22,6
FAW N	270 AW 02	1:0	25,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	21,9
FF N	021 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	019 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	020 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW W	271 AW 02	1:0	40,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	34,1
FF W	014 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	016 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	015 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	017 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	018 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW N	272 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	273 AW 02	1:0	29,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,4
FF W	010 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	011 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	013 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	012 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW O	274 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	275 AW 02	1:0	27,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,7
FF S	002 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	004 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5

FF S	001 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	003 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
EG 02 Sanitär								
FAW O	20 AW 02	2:0	22,1	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,2
FF O	028 FE 01	2:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW N	21 AW 02	2:0	36,0	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,5
FF N	025 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	026 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	027 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
EG 03 Verkehrsflächen								
FG H	80 Standard-STB	3:0	32,0	0,89	0,40	FG	53 25 14	11,5
FAW N	86 AW 02	3:0	11,7	0,85	1,00	FAW	51 02	9,9
FAW N	90 AW 02	3:0	6,9	0,85	1,00	FAW	51 02	5,9
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW O	95 AW 02	3:0	36,5	0,23	1,00	FAW	51	8,6
FF O	024 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	022 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	023 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	96 AW 02	3:0	30,8	0,23	1,00	FAW	51	7,2
FF S	032 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	029 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	030 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	031 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW O	97 AW 02	3:0	5,4	0,85	1,00	FAW	51 02	4,6
FAW O	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW W	101 AW 02	3:0	8,2	0,85	1,00	FAW	51 02	7,0
FF W	009 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	104 AW 02	3:0	13,4	0,85	1,00	FAW	51 02	11,4
FAW S	001 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
EG 04 Technik/Lager								
FAW O	175 AW 02	4:0	10,0	0,85	1,00	FAW	51 02	8,5
FAW N	178 AW 02	4:0	4,8	0,85	1,00	FAW	51 02	4,1
FG H	179 Standard-STB	4:0	6,9	0,89	0,40	FG	53 25 14	2,5
FAW N	181 AW 02	4:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
EG 05 Büro								
FG H	200 Standard-STB	5:0	20,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	7,2
FAW N	202 AW 02	5:0	12,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,5
FF N	034 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW W	203 AW 02	5:0	21,4	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	18,2
FF W	033 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
Obergeschoss OG								
OG 01 Klassenzimmer								
FD H	276 Dach Anbau	1:0	174,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	33,2
FDd H	277 Dach Anbau	1:0	1,2	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,2
FAW O	278 AW 02	1:0	1,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	1,6
FAW N	279 AW 02	1:0	26,4	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,2
FF N	023 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	022 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	021 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW W	280 AW 02	1:0	39,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	9,4

FF W	018 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	020 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	016 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	017 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	019 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW N	281 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	2,2
FAW W	282 AW 02	1:0	29,9	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	25,5
FF W	008 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	006 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	009 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF W	007 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW S	285 AW 02	1:0	20,6	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	17,6
FF S	013 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	014 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	015 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW O	286 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,7
FAW W	289 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,7
FAW S	290 AW 02	1:0	27,3	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	23,3
FF S	003 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	001 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	002 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF S	004 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FD H	291 Dach Anbau	1:0	73,3	0,24 ##	0,80 FDd	51 06	13,9
FAW S	293 AW 02	1:0	17,7	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	15,1
FAW O	294 AW 02	1:0	46,8	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	40,0
FAW N	295 AW 02	1:0	29,2	0,85 ##	1,00 FAW	51 02	24,9
OG 02 Sanitär							
FD H	22 Dach Anbau	2:0	55,3	0,24 ##	0,80 FDd	51 06	10,5
FAW O	23 AW 02	2:0	22,7	0,23 ##	1,00 FAW	51	5,3
FF O	031 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FF O	030 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FAW N	24 AW 02	2:0	36,8	0,23 ##	1,00 FAW	51	8,7
FF N	027 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00 FF	51 02	1,8
FF N	028 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
FF N	029 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00 FF	51 02	1,1
OG 03 Verkehrsflächen							
FD H	109 Dach Anbau	3:0	69,0	0,24	0,80 FDd	51 06	13,1
FAW O	121 AW 02	3:0	7,9	0,85	1,00 FAW	51 02	6,7
FAW O	001 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW N	127 AW 02	3:0	11,2	0,85	1,00 FAW	51 02	9,6
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW N	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
FAW O	132 AW 02	3:0	37,0	0,23	1,00 FAW	51	8,7
FF O	026 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF O	025 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FF O	024 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00 FF	51 02	5,2
FAW S	133 AW 02	3:0	39,9	0,23	1,00 FAW	51	9,4
FAW O	134 AW 02	3:0	5,6	0,85	1,00 FAW	51 02	4,8
FAW O	002 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00 FAW	51 02	6,0
OG 04 Technik/Lager							
FAW N	184 AW 02	4:0	5,8	0,85	1,00 FAW	51 02	5,0

FAW W	187 AW 02	4:0	8,1	0,85	1,00	FAW	51 02	6,9
FF W	005 FE 01	4:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	189 AW 02	4:0	4,7	0,85	1,00	FAW	51 02	4,0
OG 05 Büro								
FD H	205 Standard-STB	5:0	0,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,1
FDd H	207 Standard-STB	5:0	1,4	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW S	209 AW 02	5:0	19,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	16,4
FF S	011 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	012 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	010 FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	211 Standard-STB	5:0	47,6	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	9,0
FDd H	213 Standard-STB	5:0	1,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW N	215 AW 02	5:0	14,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	12,5
FAW W	216 AW 02	5:0	24,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	20,7
FAW N	217 AW 02	5:0	12,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,3
Dachgeschoss DG								
DG 01 Klassenzimmer								
FDd H	218 Dachdecke	1:0	24,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	4,7
FD N	219 Dach B	1:0	16,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,8
FD S	220 Dach B	1:0	13,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,1
FD W	221 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	222 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD W	223 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	224 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FAW W	225 AW 03	1:0	21,4	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	20,1
FAW N	226 AW 03	1:0	4,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,9
FF S	008 FE 01	1:0	0,5	1,30	1,00	FF	51 02	0,6
FG H	232 Dachdecke	1:0	7,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	1,5
FDd H	233 Dachdecke	1:0	62,0	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	11,7
FD N	234 Dach B	1:0	17,3	0,24 ##	1,00	FD	51 02	4,1
FD S	235 Dach B	1:0	37,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	8,8
FD S	236 Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	237 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	238 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	239 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	240 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	241 Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	242 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD S	243 Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	244 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	245 Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	246 Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	247 Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD O	248 Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD S	249 Dach B	1:0	2,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,6
FAW S	250 AW 03	1:0	14,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	13,4
FAW N	251 AW 03	1:0	4,1	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,8
FAW O	252 AW 03	1:0	21,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	19,9
DG 03 Verkehrsflächen								
FG H	55 Dachdecke	3:0	1,0	0,24	0,80	FDd	51 06	0,2
FDd H	56 Dachdecke	3:0	41,8	0,24	0,80	FDd	51 06	7,9

FD	N	57	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	W	58	Dach	B	3:0	13,5	0,24	1,00	FD	51	02	3,2
FD	O	59	Dach	B	3:0	14,8	0,24	1,00	FD	51	02	3,5
FD	N	60	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	O	61	Dach	B	3:0	0,7	0,24	1,00	FD	51	02	0,2
FAW	N	62	AW	03	3:0	3,4	0,94	1,00	FAW	51	02	3,2
FAW	W	67	AW	03	3:0	2,0	0,94	1,00	FAW	51	02	1,9
FAW	N	75	AW	03	3:0	3,2	0,94	1,00	FAW	51	02	3,0
FAW	O	76	AW	03	3:0	1,8	0,94	1,00	FAW	51	02	1,7
FAW	N	78	AW	03	3:0	10,0	0,94	1,00	FAW	51	02	9,4
DG 04 Technik/Lager												
FD	W	166	Dach	B	4:0	5,9	0,24	1,00	FD	51	02	1,4
FAW	N	167	AW	03	4:0	2,5	0,94	1,00	FAW	51	02	2,4
FAW	W	168	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FD	O	170	Dach	B	4:0	4,0	0,24	1,00	FD	51	02	0,9
FAW	O	171	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FAW	N	172	AW	03	4:0	1,5	0,94	1,00	FAW	51	02	1,4
DG 05 Büro												
FDd	H	191	Dachdecke		5:0	9,8	0,24 ##	0,80	FDd	51	06	1,8
FD	S	192	Dach	B	5:0	8,3	0,24 ##	1,00	FD	51	02	2,0
FD	W	193	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FD	O	194	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FAW	S	196	AW	03	5:0	2,6	0,94 ##	1,00	FAW	51	02	2,4

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.358,7$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.859,0$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 733,00 / 80,00 = 9,16 \text{ m}$
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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 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.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 132,7 \text{ W/K}$ (7,1 %, 0,040 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	813	0	40	853	0	0
<2> 02 Sanitär	59	0	0	59	0	0
<3> 03 Verkehrsflächen	408	0	95	503	0	0
<4> 04 Technik/Lager	257	0	84	341	0	0
<5> 05 Büro	133	0	9	142	0	0
<6> 06 Speiseraum	42	0	51	93	0	0
	1712		280	1992		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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 Transmissionswärmekoeffizient

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.991,7 / 3.358,7 = \mathbf{0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,49	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$		0,57	1,30		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 22,1\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
Außentür	2,00		41 1 %	83 4 %
Außenwand Anbau	0,23		489 15 %	115 6 %
Außenwand EG/OG	0,85		675 20 %	576 31 %
Außenwand KG	0,78		357 11 %	279 15 %

Außenwand DG	0,94	96	3 %	91	5 %
Bodenplatte	0,89	704	21 %	252	14 %
Schrägdach	0,24	147	4 %	28	1 %
Fenster	1,30	240	7 %	312	17 %
Schrägdach	0,24	608	18 %	124	7 %
		3359	100 %	1.859	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3359 / 6033 = 1,67 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.01 \quad f_{\text{wind}} = 20 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <2> 02 Sanitär

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m, ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> 01 Klassenzimm	-	1,45	10,00	2,93	0,01	0,80	-	-
<2> 02 Sanitär	-	1,02	15,00	4,01	0,01	0,10	4,01	13
<3> 03 Verkehrsflä	-	1,54	0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lag	-	2,85	0,15	0,06	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro	-	1,55	4,00	1,13	0,02	0,35	-	-
<6> 06 Speiseraum	-	2,64	7,00	2,86	0,03	0,78	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> 01 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,01	0,10		
<2> 02 Sanitär			0,00	0,00	0,01	0,10	-	-
<3> 03 Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lager			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<6> 06 Speiseraum			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal}$ nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 / 6 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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 Lüftung	V m³	$H_{V,z, \text{Jan}}$ W/K	$H_{V, \text{inf}}$ W/K	$H_{V, \text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V, \text{mech}}$ W/K	$\vartheta_{V, \text{Jan}}$ °C
<1> 01 Klassenzimmer	2.742	0	13	750	763	0	15,2
<2> 02 Sanitär	356	0	1	12	13	263	
<3> 03 Verkehrsfläch	1.687	0	9	57	66	0	
<4> 04 Technik/Lager	560	0	5	19	24	0	
<5> 05 Büro	413	0	2	50	52	0	
<6> 06 Speiseraum	276	0	2	73	76	0	
		0	34	961	995	263	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> 01 Klassenzimmer		0	13	93	107		
<2> 02 Sanitär		0	1	12	13		
<3> 03 Verkehrsflächen		0	9	57	66		
<4> 04 Technik/Lager		0	5	19	24		
<5> 05 Büro		0	2	14	16		
<6> 06 Speiseraum		0	2	9	12		
		0	34	205	239		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster

(Ref-No 5.4.1)

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
FF O 010 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 7100	0,2/ 1,1
FF O 014 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 015 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 017 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 019 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 018 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 002 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 001 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 003 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF W 020 FE 01	4	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF O 011 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 012 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 013 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 016 FE 01	4	0,76	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 0,9
FF S 007 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 005 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 006 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 008 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF O 009 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF S 004 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF N 026 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 027 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 025 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF W 021 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 024 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 022 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 023 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 008 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 007 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 005 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 006 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF N 021 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 019 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 020 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF W 014 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 016 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 015 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 017 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 018 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 010 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 011 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 013 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 012 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF S 002 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 004 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8

FF S	001	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF S	003	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF O	028	FE	01	2	0,86	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 1,2
FF N	025	FE	01	2	0,96	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	026	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	027	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	024	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	022	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	023	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF S	032	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	029	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	030	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	031	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF W	009	FE	01	3	2,45	17/ 117	42/ 42	"	0,4/ 2,9
FF N	034	FE	01	5	1,32	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 1,1
FF W	033	FE	01	5	1,32	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,6
FF N	023	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	022	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	021	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF W	018	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	020	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	016	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	017	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	019	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	008	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	006	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	009	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	007	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	013	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	014	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	015	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	003	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	001	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	002	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	004	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF O	031	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF O	030	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF N	027	FE	01	2	0,99	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	028	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	029	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	026	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	025	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	024	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF W	005	FE	01	4	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	011	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	012	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	010	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	008	FE	01	1	0,33	59/ 113	42/ 42	"	0,2/ 0,4

167,80

55/ 193

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
FAW O 33 AW 01	O 3	5,0	0,78	0,80	4,50	138	0,3
FAW O 38 AW 01	O 3	14,7	0,78	0,80	4,50	138	1,0
FAW N 39 AW 01	N 3	9,8	0,78	0,80	4,50	81	0,3
FAW N 002 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW N 001 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW O 40 AW 01	O 3	27,5	0,78	0,80	4,50	138	1,8
FAW O 003 Tür AT	O 3	2,6	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW W 43 AW 01	W 3	27,4	0,78	0,50	4,50	117	0,7
FAW N 44 AW 01	N 3	3,7	0,78	0,50	4,50	81	0,0
FAW W 47 AW 01	W 3	16,5	0,78	0,50	4,50	117	0,4
FAW S 48 AW 01	S 3	19,6	0,78	0,50	4,50	113	0,5
FAW S 52 AW 01	S 3	10,8	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW W 138 AW 01	W 4	10,0	0,78	0,50	4,50	117	0,3
FAW S 139 AW 01	S 4	16,6	0,78	0,50	4,50	113	0,4
FAW W 143 AW 01	W 4	31,0	0,78	0,50	4,50	117	0,8
FAW S 144 AW 01	S 4	11,6	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW O 145 AW 01	O 4	27,1	0,78	0,50	4,50	138	0,9
FAW O 005 Tür AT	O 4	1,8	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW N 146 AW 01	N 4	20,0	0,78	0,50	4,50	81	0,3
FAW N 151 AW 01	N 4	15,5	0,78	0,50	4,50	81	0,2
FAW W 152 AW 01	W 4	7,1	0,78	0,50	4,50	117	0,2
FAW S 157 AW 01	S 4	25,8	0,78	0,50	4,50	113	0,7
FAW O 158 AW 01	O 4	19,1	0,78	0,50	4,50	138	0,7
FAW S 162 AW 01	S 4	7,2	0,78	0,50	4,50	113	0,2
FAW O 164 AW 01	O 4	4,2	0,78	0,50	4,50	138	0,1
FAW N 165 AW 01	N 4	27,3	0,78	0,50	4,50	81	0,4
FAW S 004 Tür AT	S 6	2,6	2,00	0,50	4,50	113	0,2

FAW S	263 AW 02	S	1	17,1	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW W	266 AW 02	W	1	28,1	0,85	0,50	4,50	117	0,8
FAW S	267 AW 02	S	1	29,0	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	270 AW 02	N	1	25,6	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW W	271 AW 02	W	1	40,0	0,85	0,50	4,50	117	1,2
FAW N	272 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	273 AW 02	W	1	29,7	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW O	274 AW 02	O	1	28,1	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW S	275 AW 02	S	1	27,8	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	86 AW 02	N	3	11,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	90 AW 02	N	3	6,9	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	002 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW O	97 AW 02	O	3	5,4	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	004 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW W	101 AW 02	W	3	8,2	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW S	104 AW 02	S	3	13,4	0,85	0,50	4,50	113	0,4
FAW S	001 Tür AT	S	3	4,7	2,00	0,50	4,50	113	0,3
FAW O	175 AW 02	O	4	10,0	0,85	0,50	4,50	138	0,4
FAW N	178 AW 02	N	4	4,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	181 AW 02	N	4	5,6	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	202 AW 02	N	5	12,3	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	203 AW 02	W	5	21,4	0,85	0,50	4,50	117	0,6
FAW O	278 AW 02	O	1	1,8	0,85	0,50	4,50	138	0,1
FAW N	281 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	282 AW 02	W	1	29,9	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	285 AW 02	S	1	20,6	0,85	0,50	4,50	113	0,6
FAW O	286 AW 02	O	1	29,0	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW W	289 AW 02	W	1	29,0	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	290 AW 02	S	1	27,3	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW S	293 AW 02	S	1	17,7	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW O	294 AW 02	O	1	46,8	0,85	0,50	4,50	138	1,8
FAW N	295 AW 02	N	1	29,2	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW O	121 AW 02	O	3	7,9	0,85	0,50	4,50	138	0,3
FAW O	001 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	127 AW 02	N	3	11,2	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	004 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW O	134 AW 02	O	3	5,6	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	002 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	184 AW 02	N	4	5,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW W	187 AW 02	W	4	8,1	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW N	189 AW 02	N	4	4,7	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW S	209 AW 02	S	5	19,3	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW N	215 AW 02	N	5	14,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	216 AW 02	W	5	24,2	0,85	0,50	4,50	117	0,7
FAW N	217 AW 02	N	5	12,1	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FD N	219 Dach B	N	1	16,2	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD S	220 Dach B	S	1	13,2	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD W	221 Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD O	222 Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0

FD	W	223	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	224	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	N	225	AW 03	W	1	21,4	0,94	0,50	4,50	117	0,7
FAW	N	226	AW 03	N	1	4,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FD	N	234	Dach B	N	1	17,3	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	S	235	Dach B	S	1	37,2	0,24	0,50	4,50	194	0,4
FD	S	236	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	237	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	238	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	239	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	240	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	241	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	242	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	S	243	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	244	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	245	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	246	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	247	Dach	W	1	0,7	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	248	Dach	O	1	0,7	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	249	Dach B	S	1	2,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	S	250	AW 03	S	1	14,2	0,94	0,50	4,50	113	0,4
FAW	N	251	AW 03	N	1	4,1	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	252	AW 03	O	1	21,2	0,94	0,50	4,50	138	0,9
FD	N	57	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	W	58	Dach B	W	3	13,5	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FD	O	59	Dach B	O	3	14,8	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD	N	60	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	O	61	Dach B	O	3	0,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	62	AW 03	N	3	3,4	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	W	67	AW 03	W	3	2,0	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FAW	N	75	AW 03	N	3	3,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	76	AW 03	O	3	1,8	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	78	AW 03	N	3	10,0	0,94	0,50	4,50	81	0,2
FD	W	166	Dach B	W	4	5,9	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FAW	N	167	AW 03	N	4	2,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FAW	W	168	AW 03	W	4	2,2	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FD	O	170	Dach B	O	4	4,0	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	O	171	AW 03	O	4	2,2	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	172	AW 03	N	4	1,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FD	S	192	Dach B	S	5	8,3	0,24	0,50	4,50	194	0,1
FD	W	193	Dach	W	5	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	194	Dach	O	5	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	S	196	AW 03	S	5	2,6	0,94	0,50	4,50	113	0,1

1.353,4

36,7

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

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 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh

über Fenster ...

<1> 01 Klassen	2.813	2.141	805	559	1.036	931	2.264	28.951
<2> 02 Sanitär	106	70	30	17	30	39	86	1.283
<3> 03 Verkehr	861	640	229	155	310	284	715	9.419
<4> 04 Technik	327	246	90	62	119	107	267	3.443
<5> 05 Büro	363	310	113	84	167	128	297	3.529
<6> 06 Speiser	116	71	30	18	27	37	91	1.317
über opake ...								
<1> 01 Klassen	300	147	-	-	28	4	184	3.315
<2> 02 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> 03 Verkehr	148	71	-	-	9	2	95	1.867
<4> 04 Technik	107	53	-	-	10	1	66	1.288
<5> 05 Büro	42	19	-	-	4	1	25	502
<6> 06 Speiser	6	5	-	-	1	0	4	48
	5.188	3.773	1.296	894	1.740	1.533	4.094	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	7.257	7.714	7.737	7.128	6.608			54.963

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	804	80,4	16,1	0,0	96,5
<2> 02 Sanitär	95	-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	550	-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	207	-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro	116	3,5	4,9	0,0	8,4
<6> 06 Speiseraum	113	10,4	0,9	0,0	11,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> 01 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager		-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro		-	-	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	0,0	10,4	3,4	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär	0,0	2,3	0,4	0,2	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	0,0	2,9	2,3	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0

<5> 05 Büro	0,0	4,5	0,5	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum	0,0	2,9	0,5	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,r}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	853	763	0	667	146	0,218
<2> 02 Sanitär	59	13	263	48	4	0,083
<3> 03 Verkehrsflächen	503	66	0	213	16	0,075
<4> 04 Technik/Lager	341	25	0	136	5	0,040
<5> 05 Büro	142	52	0	81	19	0,235
<6> 06 Speiseraum	93	76	0	71	16	0,221

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> 01 Klassenzimmer	50	1617	24,86	2,55	0,984	1,000
<2> 02 Sanitär	50	335	14,19	1,89	0,992	1,000
<3> 03 Verkehrsflächen	50	569	48,37	4,02	1,000	1,000
<4> 04 Technik/Lager	50	365	28,33	2,77	1,000	1,000
<5> 05 Büro	50	194	29,93	2,87	0,988	0,999
<6> 06 Speiseraum	50	169	33,27	3,08	0,993	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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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	17,0	17,0	17,3	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,1	17,2	17,0
$T_{i, 2}$	°C	17,0	17,0	17,2	18,0	18,9	19,4	19,8	19,7	18,9	18,1	17,1	17,0
$T_{i, 3}$	°C	14,4	14,6	15,0	15,7	16,5	17,0	17,3	17,3	16,6	15,8	14,9	14,4
$T_{i, 4}$	°C	15,3	15,4	15,7	16,2	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,3
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,2	17,0
$T_{i, 6}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,2	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,3	17,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 2}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 3}$	°C	13,0	13,0	13,5	14,8	16,2	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,3	13,0
$T_{i, 4}$	°C	13,0	13,0	13,4	14,7	16,1	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,2	13,0
$T_{i, 5}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	16,9	16,0	16,0
$T_{i, 6}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0

Zone <1> 01 Klassenzimmer

(Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0$ °C und $Q_l = 96,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

η_{source}		0,783	0,913	0,979	0,988	0,984	0,982	0,953	0,756
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,741	0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,736
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.188	712	689	712	712	643	712	8.298
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.473	3.595	6.914	9.262	8.905	7.520	5.979	48.173
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	693	2.712	3.977	3.684	3.066	1.831	16.026
Q_T	kWh	2.704	5.146	7.711	9.932	9.869	8.398	7.624	62.138
Q_V	kWh	1.554	2.959	4.357	5.553	5.518	4.702	4.327	35.155
Q_S^*	kWh	2.377	2.151	795	555	1.054	925	2.375	20.243
Q_I^*	kWh	1.378	1.691	1.802	1.913	1.889	1.691	1.784	16.594

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone <2> 02 Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,673	1,000	0,988	0,992	0,992	0,987	0,962	0,691
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,838
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	93	84	82	84	84	76	84	834
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	4.906
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	170	451	713	685	551	387	3.044
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	66	183	272	264	214	150	1.177
Q_T	kWh	187	356	532	688	684	582	525	4.298
Q_V	kWh	-173	-5	181	369	349	269	142	-205
Q_S^*	kWh	87	70	30	17	30	39	84	765
Q_I^*	kWh	26	46	50	55	54	47	47	394

Zone <3> 03 Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,927	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,736
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,772	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,690
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	330	488	472	488	488	440	488	4.578
t_h	h	324	744	720	744	744	672	744	5.295
$Q_{h,b,RE}$	kWh	277	1.503	2.743	3.512	3.383	2.889	2.367	18.404
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	225	1.152	1.794	1.684	1.358	819	7.031
Q_T	kWh	764	2.193	3.650	4.816	4.782	4.042	3.596	26.984
Q_V	kWh	101	289	480	634	629	532	473	3.552
Q_S^*	kWh	865	709	229	155	319	286	809	6.084
Q_I^*	kWh	53	77	104	125	121	104	96	799

Zone <4> 04 Technik/Lager

(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,962	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,886	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,739
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	214	183	177	183	183	166	183	1.706
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	328	1.019	1.814	2.328	2.263	1.933	1.630	12.422
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	342	894	1.313	1.257	1.033	736	5.776
Q_T	kWh	536	1.539	2.562	3.387	3.363	2.844	2.525	18.961
Q_V	kWh	39	111	184	243	242	204	181	1.362
Q_S^*	kWh	402	297	90	62	129	108	332	2.833
Q_I^*	kWh	8	15	25	32	31	26	22	179

Zone <5> 05 Büro

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 8,4 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,827	0,924	0,985	0,992	0,988	0,988	0,965	0,793
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,814	0,974	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992	0,842
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	198	103	100	103	103	93	103	1.112
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	201	424	848	1.127	1.070	914	724	5.847
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	152	474	679	630	534	355	2.903
Q_T	kWh	452	860	1.290	1.657	1.647	1.401	1.275	10.381
Q_V	kWh	117	224	331	422	419	357	328	2.665
Q_S^*	kWh	333	312	112	84	170	128	314	2.992
Q_I^*	kWh	175	206	221	235	231	206	217	2.099

Zone <6> 06 Speiseraum

(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 11,3 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,846	0,961	0,988	0,993	0,993	0,991	0,982	0,834
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	79	100	96	100	100	90	100	936
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.229
$Q_{h,b,RE}$	kWh	140	425	722	951	940	787	682	5.208
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	129	294	422	414	340	255	1.948
Q_T	kWh	297	566	847	1.087	1.080	919	838	6.817
Q_V	kWh	157	299	441	558	555	473	438	3.546
Q_S^*	kWh	111	75	30	18	28	37	94	1.113
Q_I^*	kWh	198	237	242	255	254	227	245	2.433

Summe Heizwärmebedarf
 (Ref-No 5.7.7)

	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/ (m ² a)
<1> 01 Klassenzimme	62.138	35.155	20.243	16.594	64.199	79,9
<2> 02 Sanitär	4.298	-205	765	394	4.221	44,4
<3> 03 Verkehrsfläc	26.984	3.552	6.084	799	25.435	46,2
<4> 04 Technik/Lage	18.961	1.362	2.833	179	18.198	87,9
<5> 05 Büro	10.382	2.665	2.992	2.099	8.749	75,3
<6> 06 Speiseraum	6.817	3.546	1.113	2.433	7.155	63,6
	129.580	46.076	34.029	22.497	127.958	67,9

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)
 (Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen
 (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<2> 02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
<2> 02 Sanitär	1427	276	0,40	0,40	219

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> 02 Sanitär	212	219	212	219	219	197	219	
...	212	219	212	219	219			2.574
	212	219	212	219	219	197	219	

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (16), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd	1	300	170,4	56,5	gut	86
2 <1> Fassade West	West	1	300	203,7	67,5	gut	87
3 <1> Fassade Nord	Nord	1	300	67,9	22,5	gut	89
4 <2> Fassade Nord	Nord	2	200	18,7	6,2	gut	89
5 <2> Fassade Ost	Ost	2	200	8,8	2,9	gut	87
6 <3> Fassade Süd	Süd	3	100	44,3	10,8	mittel	83
7 <3> Fassade West	West	3	100	29,4	7,2	mittel	82
8 <3> Fassade Ost	Ost	3	100	105,2	25,8	mittel	82
9 <4> Fassade Süd	Süd	4	100	16,5	5,5	gut	86
10 <4> Fassade West	West	4	100	19,1	6,3	gut	87
11 <4> Fassade Ost	Ost	4	100	13,2	4,4	gut	87
12 <5> Fassade Süd	Süd	5	500	36,2	12,0	gut	79
13 <5> Fassade West	West	5	500	5,7	1,9	gut	77
14 <5> Fassade Nord	Nord	5	500	5,7	1,9	gut	75
15 <6> Fassade West	West	6	300	14,9	4,9	gut	87
16 <6> Fassade Nord	Nord	6	300	11,2	3,7	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> 01 Klassenzimmer	804	442	362
<2> 02 Sanitär	95	28	68
<3> 03 Verkehrsflächen	550	179	372
<4> 04 Technik/Lager	207	49	158
<5> 05 Büro	116	48	69
<6> 06 Speiseraum	113	26	86

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	86	60	56	50	45	42	40
2 <1> Fassade West	1	87	60	56	49	45	42	39
3 <1> Fassade Nord	1	89	60	55	48	44	40	38
4 <2> Fassade Nord	2	89	60	55	48	44	40	38
5 <2> Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39
6 <3> Fassade Süd	3	83	55	61	56	52	49	47
7 <3> Fassade West	3	82	55	62	56	52	49	48
8 <3> Fassade Ost	3	82	55	62	56	52	49	48
9 <4> Fassade Süd	4	86	60	56	50	45	42	40
10 <4> Fassade West	4	87	60	56	49	45	42	39
11 <4> Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39
12 <5> Fassade Süd	5	79	57	62	57	53	50	48
13 <5> Fassade West	5	77	57	63	57	54	51	49
14 <5> Fassade Nord	5	75	57	64	58	55	52	50
15 <6> Fassade West	6	87	60	56	49	45	42	39
16 <6> Fassade Nord	6	89	60	55	48	44	40	38

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung
(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,6	0,76	51	1068	0	31
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	37
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	12
4 <2> Fassade Nord	2	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	5
5 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	2
6 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	3
7 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	2
8 <3> Fassade Ost	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	7
9 <4> Fassade Süd	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
10 <4> Fassade West	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
11 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
12 <5> Fassade Süd	5	500	9-1-1	6,5	0,71	96	1818	148	26
13 <5> Fassade West	5	500	9-1-1	6,5	0,71	97	1818	148	4
14 <5> Fassade Nord	5	500	9-1-1	6,5	0,71	98	1818	148	4
15 <6> Fassade West	6	300	9-1-1	4,0	0,53	63	1335	109	4
16 <6> Fassade Nord	6	300	9-1-1	4,0	0,53	62	1335	109	3
17 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,76	0	1068	0	117
18 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	31
19 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,24	0	610	50	38
20 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,3	0,07	0	175	14	3
21 A in <5> ohne TL	5	500	9-1-1	6,5	0,71	0	1818	148	75
22 A in <6> ohne TL	6	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1335	109	42

446

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.885 m²
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}
(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 01 Klassen	159	171	174	190	177	153	163	1.961
<2> 02 Sanitär	37	38	38	40	39	35	38	448
<3> 03 Verkehr	46	49	48	51	50	44	48	569
<4> 04 Technik	4	4	4	4	4	4	4	47
<5> 05 Büro	71	75	74	79	76	67	73	869

<6> 06 Speiser	47	49	48	51	50	44	48	571
	363	386	386	414	395	346	373	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	355	363	351	364	368			4.465

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

Kühlenergiebedarf

(Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> 01 Klassenzimmer	116	237	2,034	50,000	24,86	0,447
<2> 02 Sanitär	5	9	1,676	50,000	14,19	0,479
<3> 03 Verkehrsflächen	41	53	1,298	50,000	48,37	0,686
<4> 04 Technik/Lager	26	21	0,800	50,000	28,33	0,811
<5> 05 Büro	14	28	1,970	50,000	29,93	0,469
<6> 06 Speiseraum	12	20	1,681	50,000	33,27	0,540

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez Jul kWh	Jan Aug kWh	Feb Sep kWh	Mär Okt kWh	Apr Nov kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> 01 Klassen	15	22	22	85	373	904	1.501	
...	2.223	1.944	583	159	26			7.857
<2> 02 Sanitär	0	0	0	1	7	45	125	
...	240	175	19	2	0			615
<3> 03 Verkehr	-	-	-	-	5	32	121	
...	284	162	5	-	-			609

<4> 04 Technik	-	-	-	0	3	12	32	
...	68	41	3	0	-			159
<5> 05 Büro	1	2	2	8	37	92	156	
...	248	229	67	18	2			861
<6> 06 Speiser	1	1	1	3	11	39	84	
...	160	128	26	6	2			461

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

Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,max}$
(Ref-No 5.11.2)

$Q_{c,max}$ 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
<1> 01 Klassenzimmer	9	45,2	38,6	nein
<2> 02 Sanitär	13	1,3	-0,1	nein
<3> 03 Verkehrsflächen	13	12,3	9,2	nein
<4> 04 Technik/Lager	13	5,7	3,9	nein
<5> 05 Büro	13	4,5	4,2	nein
<6> 06 Speiseraum	13	2,4	1,5	nein
		71,4	57,3	

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)
(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser
(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
<1> 01 Klassenzimmer	nicht relevant			-
<2> 02 Sanitär	Schule ohne Dus	0,400 Person	165	1.121 a
<3> 03 Verkehrsfläch	nicht relevant			-

<4> 04 Technik/Lager nicht relevant
 <5> 05 Büro nicht relevant
 <6> 06 Speiseraum nicht relevant

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

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung 2	2/	1,00	13.200

Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
 Verteilsystem: dezentral mit Erzeugern
 Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)
 mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation
 Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

	Verteilung (V)				Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i	0 m				0 m		3 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							17,0 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,b}$	kWh	1.085	1.121	1.085	1.121	1.121	1.013	1.121	13.200
$Q_{w,d,St}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{I,w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54

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

Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Solaranlage nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 24,0 kW (Strom-Mix)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w, f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387

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

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

Q _{w,outg}	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
Q _{w,f}	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
W _{w,f}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	
...		1.100	1.137	1.100	1.136	1.136			13.387
Q _{I,w,<2>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung Q_{h,max}

(Ref-No 5.13.1)

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} m ³ /h	Q _{V,mech} kW	Φ _{h,max} kW
<1> 01 Klassenzimmer	27,3	12,2	0	0,0	39,5
<2> 02 Sanitär	1,9	0,2	1426	6,2	8,3
<3> 03 Verkehrsflächen	16,1	1,1	0	0,0	17,1
<4> 04 Technik/Lager	10,9	0,4	0	0,0	11,3
<5> 05 Büro	4,6	0,8	0	0,0	5,4
<6> 06 Speiseraum	3,0	1,2	0	0,0	4,2

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} * V = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		*	127.958	85,9	94,5
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	2.426	8.743	19.199	26.349	25.179	21.141	15.915	127.958

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone <1> 01 Klassenzimmer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	6	6	6	6	6	6	6	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	184
$t_{h,rL} <1>$	h/m	101	119	131	146	146	129	134	1.101

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.426	8.743	19.199	26.349	25.179	21.141	15.915	127.958
$Q_{h,ce}$	kWh	930	1.820	2.639	2.946	2.833	2.520	2.274	18.307
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.356	10.563	21.839	29.295	28.012	23.661	18.189	146.265

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

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,

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2011) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 1
Etagenringtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1059,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,00 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 142 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	398,0 m	23,3 m	53,0 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, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,05	0,17	0,35	0,46	0,44	0,41	0,28	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,2	27,5	33,5	36,5	35,9	35,1	31,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,1	25,0	29,0	31,0	30,6	30,1	27,6	
$Q_{h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007
$W_{h,d}$	kWh	15	22	34	44	42	36	31	257
$Q_{I,h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007

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

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

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3
Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.382	10.636	21.985	29.493	28.203	23.822	18.315	147.272

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 1000$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 4,8$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)
 $Q_{l,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (unregelmäßige Wärmeeinträge, Gl.69)
 $W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	26	31	34	33	33	30	
$Q_{h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324
$W_{h,s}$	kWh	3	9	18	25	24	20	15	130
$Q_{l,h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324

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

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe, JAZ = 2,67

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol} =$ Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich

Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"

COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit

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

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.393	10.661	22.029	29.548	28.256	23.867	18.353	147.596
$Q_{h,f}$	kWh	973	3.158	6.771	8.693	8.458	7.128	5.615	44.165
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	-	1.923	1.250	1.000	-	4.172
$Q_{h,f, sum}$	kWh	973	3.158	6.771	10.615	9.708	8.128	5.615	48.337
$Q_{h,f, aux}$	kWh	160	510	1.073	1.360	1.326	1.121	892	6.989

Konventionelle Heizwärmeerzeuger

(Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.885 \text{ m}^2$)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Heizwärme

(Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	973	3.158	6.771	10.615	9.708	8.128	5.615	48.337
W_h	kWh	178	542	1.125	1.428	1.392	1.177	938	
...		406	155	28	-	6			7.376
eco-Strom	kWh	973	3.158	6.771	10.615	9.708	8.128	5.615	
...		2.348	861	141	-	20			48.337
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,5	1,4	2,7	3,5	3,4	3,1	2,3	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,4	0,9	1,8	2,4	2,3	2,2	1,5	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,4	0,7	0,9	0,9	0,8	0,6	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
Stromangebot aus Photovoltaikanlage
Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf kWh		2.826	5.441	9.595	13.814	12.851	10.875	8.283	76.138
Stromangebot kWh		1.729	1.009	418	231	360	576	1.297	19.251
anrechenbar kWh		1.729	1.009	418	231	360	576	1.297	16.132

Jahres-Stromproduktion = 19.251 kWh/a, Strombedarf = 76.138 kWh/a, anrechenbar = 16.132 kWh/a

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	2/	13.387	1,80	1,00	24.096
eco-Strom	Heizwärme		48.337	1,80	1,00	87.006
Strom-Mix	Beleuchtung	*	4.465	1,80	1,00	8.037
Strom-Mix	Hilfsenergie		9.950	1,80	1,00	17.909
Strom-Mix	Stromgutschrift		-16.132	1,80	1,00	-29.037
Σ [kWh/Jahr]			60.006			108.011

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 108.011 / 1.885 = 57,3$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.885$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 60.006 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 5,3 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,5 kWh/(m²a), eco-Strom 25,6 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -8,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Strom-Mix	13.387	560	7.497	
eco-Strom	48.337	560	27.069	
Strom-Mix	4.465	560	2.500	
Strom-Mix	9.950	560	5.572	
Strom aus PV	-	560	-9.034	
	76.139		33.603	17,8

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = - 42637,2 / 76139,0 * 16132 = -9.034 KWh/a (GEG A9, Abs.1g)

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone		RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> 01 Klassenzim	804	-	1.961	-	-	24.250	26.211
<2> 02 Sanitär	95	-	448	-	13.389	1.595	15.433
<3> 03 Verkehrsfl	550	-	569	-	-	9.610	10.178
<4> 04 Technik/La	207	-	47	-	-	6.874	6.921
<5> 05 Büro	116	-	869	-	-	3.307	4.176
<6> 06 Speiseraum	113	-	571	-	-	2.701	3.272
Gebäude	1.885	-	4.465	-	13.386	48.337	66.188

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie
Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,0	67,9	78,6
Endenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,1	29,6	40,4
Primärenergiebedarf	2,5	4,3	0,0	12,8	53,2	72,7

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

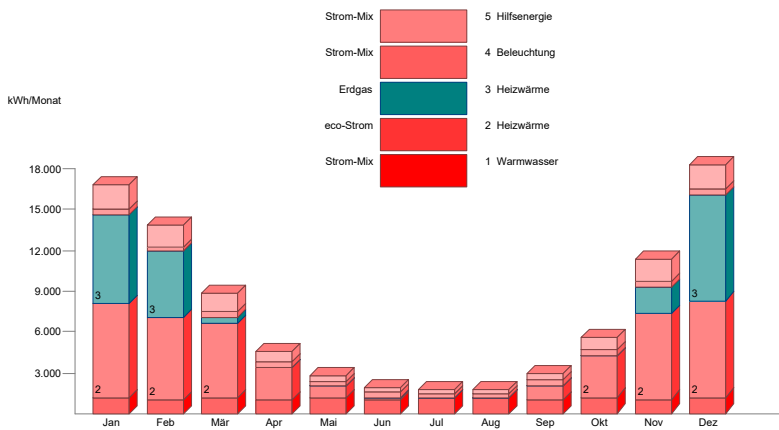
Primärenergie-Referenzwert (Ref-No 5.15.0)

vorh $q_P = 57,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Anlage 6: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 3a)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



GEG 2021

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 "Schule LW-Geothermie"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.1.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	108 Klassenzimme	200	17,0	16,0	804	2742
<2> 02 Sanitär	116 WC und Sanit	200	17,0	16,0	95	356
<3> 03 Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	200	14,4	13,0	550	1687
<4> 04 Technik/Lager	220 Lager, Techn	200	15,3	13,0	207	560
<5> 05 Büro	102 Gruppenbüro	200	17,0	16,0	116	413
<6> 06 Speiseraum	117 Sonstige Auf	200	17,0	16,0	113	276
					1.885	6.033

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1885,1\text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.2.0)

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
Kellergeschoss KG						
KG 03 Verkehrsflächen						

FD H	29 BoPla	3:0	210,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	75,1
FAW O	33 AW 01	3:0	5,0	0,78	1,00 FAW	51 02	3,9
FF O	010 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	38 AW 01	3:0	14,7	0,78	1,00 FAW	51 02	11,5
FAW N	39 AW 01	3:0	9,8	0,78	1,00 FAW	51 02	7,7
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW N	001 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW O	40 AW 01	3:0	27,5	0,78	1,00 FAW	51 02	21,5
FF O	014 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	015 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	003 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW W	43 AW 01	3:0	27,4	0,78	1,00 FAW	51 02	21,4
FAW N	44 AW 01	3:0	3,7	0,78	1,00 FAW	51 02	2,9
FAW W	47 AW 01	3:0	16,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FF W	017 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	019 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	018 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	48 AW 01	3:0	19,6	0,78	1,00 FAW	51 02	15,3
FF S	002 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	001 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	003 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW S	52 AW 01	3:0	10,8	0,78	1,00 FAW	51 02	8,5
KG 04 Technik/Lager							
FG H	136 Standard-STB	4:0	24,7	0,89	0,40 FG	53 25 14	8,8
FAW W	138 AW 01	4:0	10,0	0,78	1,00 FAW	51 02	7,8
FF W	020 FE 01	4:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	139 AW 01	4:0	16,6	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FG H	140 Standard-STB	4:0	81,3	0,89	0,40 FG	53 25 14	29,1
FD H	141 Standard-STB	4:0	3,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	1,1
FAW W	143 AW 01	4:0	31,0	0,78	1,00 FAW	51 02	24,2
FAW S	144 AW 01	4:0	11,6	0,78	1,00 FAW	51 02	9,0
FAW O	145 AW 01	4:0	27,1	0,78	1,00 FAW	51 02	21,2
FF O	011 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	012 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	013 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	005 Tür AT 01	4:0	1,8	2,00	1,00 FAW	51 02	3,6
FAW N	146 AW 01	4:0	20,0	0,78	1,00 FAW	51 02	15,6
FG H	147 Standard-STB	4:0	16,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	5,8
FAW N	151 AW 01	4:0	15,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,1
FAW W	152 AW 01	4:0	7,1	0,78	1,00 FAW	51 02	5,6
FF W	016 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	153 Standard-STB	4:0	77,8	0,89	0,40 FG	53 25 14	27,8
FDD H	156 Standard-STB	4:0	1,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	0,3
FAW S	157 AW 01	4:0	25,8	0,78	1,00 FAW	51 02	20,2
FF S	007 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	005 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	006 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	008 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	158 AW 01	4:0	19,1	0,78	1,00 FAW	51 02	14,9
FF O	009 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	159 Standard-STB	4:0	9,1	0,89	0,40 FG	53 25 14	3,3

FAW S	162 AW 01	4:0	7,2	0,78	1,00	FAW	51 02	5,6
FF S	004 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51 02	1,4
FG H	163 Standard-STB	4:0	14,7	0,89	0,40	FG	53 25 14	5,3
FAW O	164 AW 01	4:0	4,2	0,78	1,00	FAW	51 02	3,3
FAW N	165 AW 01	4:0	27,3	0,78	1,00	FAW	51 02	21,3
KG 06 Speiseraum								
FG H	1 BoPla	6:0	143,6	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	51,4
FAW S	6 AW 01	6:0	23,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,6
FAW S	004 Tür AT 01	6:0	2,6	2,00 ##	1,00	FAW	51 02	5,2
FAW O	7 AW 01	6:0	17,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,1
FAW N	11 AW 01	6:0	20,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,8
FF N	026 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	027 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	025 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW W	12 AW 01	6:0	25,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,0
FF W	021 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	024 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	022 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	023 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
Erdgeschoss EG								
EG 01 Klassenzimmer								
FAW S	263 AW 02	1:0	17,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	14,6
FAW O	264 AW 02	1:0	45,2	0,23 ##	1,00	FAW	51	10,6
FAW N	265 AW 02	1:0	27,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,6
FAW W	266 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	267 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FF S	008 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	007 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	005 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	006 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FG H	268 BoPla	1:0	63,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	22,6
FAW N	270 AW 02	1:0	25,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	21,9
FF N	021 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	019 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	020 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW W	271 AW 02	1:0	40,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	34,1
FF W	014 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	016 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	015 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	017 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	018 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW N	272 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	273 AW 02	1:0	29,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,4
FF W	010 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	011 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	013 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	012 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW O	274 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	275 AW 02	1:0	27,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,7
FF S	002 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	004 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5

FF S	001 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	003 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
EG 02 Sanitär								
FAW O	20 AW 02	2:0	22,1	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,2
FF O	028 FE 01	2:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW N	21 AW 02	2:0	36,0	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,5
FF N	025 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	026 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	027 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
EG 03 Verkehrsflächen								
FG H	80 Standard-STB	3:0	32,0	0,89	0,40	FG	53 25 14	11,5
FAW N	86 AW 02	3:0	11,7	0,85	1,00	FAW	51 02	9,9
FAW N	90 AW 02	3:0	6,9	0,85	1,00	FAW	51 02	5,9
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW O	95 AW 02	3:0	36,5	0,23	1,00	FAW	51	8,6
FF O	024 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	022 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	023 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	96 AW 02	3:0	30,8	0,23	1,00	FAW	51	7,2
FF S	032 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	029 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	030 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	031 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW O	97 AW 02	3:0	5,4	0,85	1,00	FAW	51 02	4,6
FAW O	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW W	101 AW 02	3:0	8,2	0,85	1,00	FAW	51 02	7,0
FF W	009 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	104 AW 02	3:0	13,4	0,85	1,00	FAW	51 02	11,4
FAW S	001 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
EG 04 Technik/Lager								
FAW O	175 AW 02	4:0	10,0	0,85	1,00	FAW	51 02	8,5
FAW N	178 AW 02	4:0	4,8	0,85	1,00	FAW	51 02	4,1
FG H	179 Standard-STB	4:0	6,9	0,89	0,40	FG	53 25 14	2,5
FAW N	181 AW 02	4:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
EG 05 Büro								
FG H	200 Standard-STB	5:0	20,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	7,2
FAW N	202 AW 02	5:0	12,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,5
FF N	034 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW W	203 AW 02	5:0	21,4	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	18,2
FF W	033 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
Obergeschoss OG								
OG 01 Klassenzimmer								
FD H	276 Dach Anbau	1:0	174,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	33,2
FDd H	277 Dach Anbau	1:0	1,2	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,2
FAW O	278 AW 02	1:0	1,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	1,6
FAW N	279 AW 02	1:0	26,4	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,2
FF N	023 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	022 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	021 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW W	280 AW 02	1:0	39,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	9,4

FF W	018 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	020 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	016 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	017 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	019 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	281 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	282 AW 02	1:0	29,9	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,5
FF W	008 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	006 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	009 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	007 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	285 AW 02	1:0	20,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	17,6
FF S	013 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	014 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	015 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW O	286 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW W	289 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW S	290 AW 02	1:0	27,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,3
FF S	003 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	001 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	002 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	004 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	291 Dach Anbau	1:0	73,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	13,9
FAW S	293 AW 02	1:0	17,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	15,1
FAW O	294 AW 02	1:0	46,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	40,0
FAW N	295 AW 02	1:0	29,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,9
OG 02 Sanitär								
FD H	22 Dach Anbau	2:0	55,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	10,5
FAW O	23 AW 02	2:0	22,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,3
FF O	031 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF O	030 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FAW N	24 AW 02	2:0	36,8	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,7
FF N	027 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	028 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	029 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
OG 03 Verkehrsflächen								
FD H	109 Dach Anbau	3:0	69,0	0,24	0,80	FDd	51 06	13,1
FAW O	121 AW 02	3:0	7,9	0,85	1,00	FAW	51 02	6,7
FAW O	001 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	127 AW 02	3:0	11,2	0,85	1,00	FAW	51 02	9,6
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW O	132 AW 02	3:0	37,0	0,23	1,00	FAW	51	8,7
FF O	026 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	025 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	024 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	133 AW 02	3:0	39,9	0,23	1,00	FAW	51	9,4
FAW O	134 AW 02	3:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
FAW O	002 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
OG 04 Technik/Lager								
FAW N	184 AW 02	4:0	5,8	0,85	1,00	FAW	51 02	5,0

FAW W	187	AW 02	4:0	8,1	0,85	1,00	FAW	51 02	6,9
FF W	005	FE 01	4:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	189	AW 02	4:0	4,7	0,85	1,00	FAW	51 02	4,0
OG 05 Büro									
FD H	205	Standard-STB	5:0	0,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,1
FDd H	207	Standard-STB	5:0	1,4	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW S	209	AW 02	5:0	19,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	16,4
FF S	011	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	012	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	010	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	211	Standard-STB	5:0	47,6	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	9,0
FDd H	213	Standard-STB	5:0	1,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW N	215	AW 02	5:0	14,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	12,5
FAW W	216	AW 02	5:0	24,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	20,7
FAW N	217	AW 02	5:0	12,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,3
Dachgeschoss DG									
DG 01 Klassenzimmer									
FDd H	218	Dachdecke	1:0	24,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	4,7
FD N	219	Dach B	1:0	16,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,8
FD S	220	Dach B	1:0	13,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,1
FD W	221	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	222	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD W	223	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	224	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FAW W	225	AW 03	1:0	21,4	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	20,1
FAW N	226	AW 03	1:0	4,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,9
FF S	008	FE 01	1:0	0,5	1,30	1,00	FF	51 02	0,6
FG H	232	Dachdecke	1:0	7,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	1,5
FDd H	233	Dachdecke	1:0	62,0	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	11,7
FD N	234	Dach B	1:0	17,3	0,24 ##	1,00	FD	51 02	4,1
FD S	235	Dach B	1:0	37,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	8,8
FD S	236	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	237	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	238	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	239	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	240	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	241	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	242	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD S	243	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	244	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	245	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	246	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	247	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD O	248	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD S	249	Dach B	1:0	2,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,6
FAW S	250	AW 03	1:0	14,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	13,4
FAW N	251	AW 03	1:0	4,1	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,8
FAW O	252	AW 03	1:0	21,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	19,9
DG 03 Verkehrsflächen									
FG H	55	Dachdecke	3:0	1,0	0,24	0,80	FDd	51 06	0,2
FDd H	56	Dachdecke	3:0	41,8	0,24	0,80	FDd	51 06	7,9

FD	N	57	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	W	58	Dach	B	3:0	13,5	0,24	1,00	FD	51	02	3,2
FD	O	59	Dach	B	3:0	14,8	0,24	1,00	FD	51	02	3,5
FD	N	60	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9
FD	O	61	Dach	B	3:0	0,7	0,24	1,00	FD	51	02	0,2
FAW	N	62	AW	03	3:0	3,4	0,94	1,00	FAW	51	02	3,2
FAW	W	67	AW	03	3:0	2,0	0,94	1,00	FAW	51	02	1,9
FAW	N	75	AW	03	3:0	3,2	0,94	1,00	FAW	51	02	3,0
FAW	O	76	AW	03	3:0	1,8	0,94	1,00	FAW	51	02	1,7
FAW	N	78	AW	03	3:0	10,0	0,94	1,00	FAW	51	02	9,4
DG 04 Technik/Lager												
FD	W	166	Dach	B	4:0	5,9	0,24	1,00	FD	51	02	1,4
FAW	N	167	AW	03	4:0	2,5	0,94	1,00	FAW	51	02	2,4
FAW	W	168	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FD	O	170	Dach	B	4:0	4,0	0,24	1,00	FD	51	02	0,9
FAW	O	171	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1
FAW	N	172	AW	03	4:0	1,5	0,94	1,00	FAW	51	02	1,4
DG 05 Büro												
FDd	H	191	Dachdecke		5:0	9,8	0,24 ##	0,80	FDd	51	06	1,8
FD	S	192	Dach	B	5:0	8,3	0,24 ##	1,00	FD	51	02	2,0
FD	W	193	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FD	O	194	Dach		5:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51	02	0,1
FAW	S	196	AW	03	5:0	2,6	0,94 ##	1,00	FAW	51	02	2,4

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.358,7$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.859,0$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 733,00 / 80,00 = 9,16 \text{ m}$
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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 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.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 132,7 \text{ W/K}$ (7,1 %, 0,040 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	813	0	40	853	0	0
<2> 02 Sanitär	59	0	0	59	0	0
<3> 03 Verkehrsflächen	408	0	95	503	0	0
<4> 04 Technik/Lager	257	0	84	341	0	0
<5> 05 Büro	133	0	9	142	0	0
<6> 06 Speiseraum	42	0	51	93	0	0
	1712		280	1992		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.991,7 / 3.358,7 = \mathbf{0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,49	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$		0,57	1,30		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 22,1\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
Außentür	2,00		41 1 %	83 4 %
Außenwand Anbau	0,23		489 15 %	115 6 %
Außenwand EG/OG	0,85		675 20 %	576 31 %
Außenwand KG	0,78		357 11 %	279 15 %

Außenwand DG	0,94	96	3 %	91	5 %
Bodenplatte	0,89	704	21 %	252	14 %
Schrägdach	0,24	147	4 %	28	1 %
Fenster	1,30	240	7 %	312	17 %
Schrägdach	0,24	608	18 %	124	7 %
		3359	100 %	1.859	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3359 / 6033 = 1,67 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.01 \quad f_{\text{wind}} = 20 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <2> 02 Sanitär

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m, ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> 01 Klassenzimm	-	1,45	10,00	2,93	0,01	0,80	-	-
<2> 02 Sanitär	-	1,02	15,00	4,01	0,01	0,10	4,01	13
<3> 03 Verkehrsflä	-	1,54	0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lag	-	2,85	0,15	0,06	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro	-	1,55	4,00	1,13	0,02	0,35	-	-
<6> 06 Speiseraum	-	2,64	7,00	2,86	0,03	0,78	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> 01 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,01	0,10		
<2> 02 Sanitär			0,00	0,00	0,01	0,10	-	-
<3> 03 Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lager			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<6> 06 Speiseraum			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal}$ nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 / 6 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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 Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
<1> 01 Klassenzimmer	2.742	0	13	750	763	0	15,2
<2> 02 Sanitär	356	0	1	12	13	263	
<3> 03 Verkehrsfläch	1.687	0	9	57	66	0	
<4> 04 Technik/Lager	560	0	5	19	24	0	
<5> 05 Büro	413	0	2	50	52	0	
<6> 06 Speiseraum	276	0	2	73	76	0	
		0	34	961	995	263	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> 01 Klassenzimmer		0	13	93	107		
<2> 02 Sanitär		0	1	12	13		
<3> 03 Verkehrsflächen		0	9	57	66		
<4> 04 Technik/Lager		0	5	19	24		
<5> 05 Büro		0	2	14	16		
<6> 06 Speiseraum		0	2	9	12		
		0	34	205	239		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster

(Ref-No 5.4.1)

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
FF O 010 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 7100	0,2/ 1,1
FF O 014 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 015 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 017 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 019 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 018 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 002 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 001 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 003 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF W 020 FE 01	4	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF O 011 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 012 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 013 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 016 FE 01	4	0,76	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 0,9
FF S 007 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 005 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 006 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 008 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF O 009 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF S 004 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF N 026 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 027 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 025 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF W 021 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 024 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 022 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 023 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 008 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 007 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 005 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 006 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF N 021 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 019 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 020 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF W 014 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 016 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 015 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 017 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 018 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 010 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 011 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 013 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 012 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF S 002 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 004 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8

FF S	001	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF S	003	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF O	028	FE	01	2	0,86	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 1,2
FF N	025	FE	01	2	0,96	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	026	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	027	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	024	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	022	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	023	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF S	032	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	029	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	030	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	031	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF W	009	FE	01	3	2,45	17/ 117	42/ 42	"	0,4/ 2,9
FF N	034	FE	01	5	1,32	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 1,1
FF W	033	FE	01	5	1,32	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,6
FF N	023	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	022	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	021	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF W	018	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	020	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	016	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	017	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	019	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	008	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	006	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	009	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	007	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	013	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	014	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	015	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	003	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	001	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	002	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	004	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF O	031	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF O	030	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF N	027	FE	01	2	0,99	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	028	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	029	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	026	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	025	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	024	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF W	005	FE	01	4	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	011	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	012	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	010	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	008	FE	01	1	0,33	59/ 113	42/ 42	"	0,2/ 0,4

167,80

55/ 193

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
FAW O 33 AW 01	O 3	5,0	0,78	0,80	4,50	138	0,3
FAW O 38 AW 01	O 3	14,7	0,78	0,80	4,50	138	1,0
FAW N 39 AW 01	N 3	9,8	0,78	0,80	4,50	81	0,3
FAW N 002 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW N 001 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW O 40 AW 01	O 3	27,5	0,78	0,80	4,50	138	1,8
FAW O 003 Tür AT	O 3	2,6	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW W 43 AW 01	W 3	27,4	0,78	0,50	4,50	117	0,7
FAW N 44 AW 01	N 3	3,7	0,78	0,50	4,50	81	0,0
FAW W 47 AW 01	W 3	16,5	0,78	0,50	4,50	117	0,4
FAW S 48 AW 01	S 3	19,6	0,78	0,50	4,50	113	0,5
FAW S 52 AW 01	S 3	10,8	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW W 138 AW 01	W 4	10,0	0,78	0,50	4,50	117	0,3
FAW S 139 AW 01	S 4	16,6	0,78	0,50	4,50	113	0,4
FAW W 143 AW 01	W 4	31,0	0,78	0,50	4,50	117	0,8
FAW S 144 AW 01	S 4	11,6	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW O 145 AW 01	O 4	27,1	0,78	0,50	4,50	138	0,9
FAW O 005 Tür AT	O 4	1,8	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW N 146 AW 01	N 4	20,0	0,78	0,50	4,50	81	0,3
FAW N 151 AW 01	N 4	15,5	0,78	0,50	4,50	81	0,2
FAW W 152 AW 01	W 4	7,1	0,78	0,50	4,50	117	0,2
FAW S 157 AW 01	S 4	25,8	0,78	0,50	4,50	113	0,7
FAW O 158 AW 01	O 4	19,1	0,78	0,50	4,50	138	0,7
FAW S 162 AW 01	S 4	7,2	0,78	0,50	4,50	113	0,2
FAW O 164 AW 01	O 4	4,2	0,78	0,50	4,50	138	0,1
FAW N 165 AW 01	N 4	27,3	0,78	0,50	4,50	81	0,4
FAW S 004 Tür AT	S 6	2,6	2,00	0,50	4,50	113	0,2

FAW S	263 AW 02	S	1	17,1	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW W	266 AW 02	W	1	28,1	0,85	0,50	4,50	117	0,8
FAW S	267 AW 02	S	1	29,0	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	270 AW 02	N	1	25,6	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW W	271 AW 02	W	1	40,0	0,85	0,50	4,50	117	1,2
FAW N	272 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	273 AW 02	W	1	29,7	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW O	274 AW 02	O	1	28,1	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW S	275 AW 02	S	1	27,8	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	86 AW 02	N	3	11,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	90 AW 02	N	3	6,9	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	002 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW O	97 AW 02	O	3	5,4	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	004 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW W	101 AW 02	W	3	8,2	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW S	104 AW 02	S	3	13,4	0,85	0,50	4,50	113	0,4
FAW S	001 Tür AT	S	3	4,7	2,00	0,50	4,50	113	0,3
FAW O	175 AW 02	O	4	10,0	0,85	0,50	4,50	138	0,4
FAW N	178 AW 02	N	4	4,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	181 AW 02	N	4	5,6	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	202 AW 02	N	5	12,3	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	203 AW 02	W	5	21,4	0,85	0,50	4,50	117	0,6
FAW O	278 AW 02	O	1	1,8	0,85	0,50	4,50	138	0,1
FAW N	281 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	282 AW 02	W	1	29,9	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	285 AW 02	S	1	20,6	0,85	0,50	4,50	113	0,6
FAW O	286 AW 02	O	1	29,0	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW W	289 AW 02	W	1	29,0	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	290 AW 02	S	1	27,3	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW S	293 AW 02	S	1	17,7	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW O	294 AW 02	O	1	46,8	0,85	0,50	4,50	138	1,8
FAW N	295 AW 02	N	1	29,2	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW O	121 AW 02	O	3	7,9	0,85	0,50	4,50	138	0,3
FAW O	001 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	127 AW 02	N	3	11,2	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	004 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW O	134 AW 02	O	3	5,6	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	002 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	184 AW 02	N	4	5,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW W	187 AW 02	W	4	8,1	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW N	189 AW 02	N	4	4,7	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW S	209 AW 02	S	5	19,3	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW N	215 AW 02	N	5	14,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	216 AW 02	W	5	24,2	0,85	0,50	4,50	117	0,7
FAW N	217 AW 02	N	5	12,1	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FD N	219 Dach B	N	1	16,2	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD S	220 Dach B	S	1	13,2	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD W	221 Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD O	222 Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0

FD	W	223	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	224	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	N	225	AW 03	W	1	21,4	0,94	0,50	4,50	117	0,7
FAW	N	226	AW 03	N	1	4,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FD	N	234	Dach B	N	1	17,3	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	S	235	Dach B	S	1	37,2	0,24	0,50	4,50	194	0,4
FD	S	236	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	237	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	238	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	239	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	240	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	241	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	242	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	S	243	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	244	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	245	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	246	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	247	Dach	W	1	0,7	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	248	Dach	O	1	0,7	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	249	Dach B	S	1	2,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	S	250	AW 03	S	1	14,2	0,94	0,50	4,50	113	0,4
FAW	N	251	AW 03	N	1	4,1	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	252	AW 03	O	1	21,2	0,94	0,50	4,50	138	0,9
FD	N	57	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	W	58	Dach B	W	3	13,5	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FD	O	59	Dach B	O	3	14,8	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD	N	60	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	O	61	Dach B	O	3	0,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	62	AW 03	N	3	3,4	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	W	67	AW 03	W	3	2,0	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FAW	N	75	AW 03	N	3	3,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	76	AW 03	O	3	1,8	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	78	AW 03	N	3	10,0	0,94	0,50	4,50	81	0,2
FD	W	166	Dach B	W	4	5,9	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FAW	N	167	AW 03	N	4	2,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FAW	W	168	AW 03	W	4	2,2	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FD	O	170	Dach B	O	4	4,0	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	O	171	AW 03	O	4	2,2	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	172	AW 03	N	4	1,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FD	S	192	Dach B	S	5	8,3	0,24	0,50	4,50	194	0,1
FD	W	193	Dach	W	5	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	194	Dach	O	5	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	S	196	AW 03	S	5	2,6	0,94	0,50	4,50	113	0,1

1.353,4

36,7

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

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 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh

über Fenster ...

<1> 01 Klassen	2.813	2.141	805	559	1.036	931	2.264	28.951
<2> 02 Sanitär	106	70	30	17	30	39	86	1.283
<3> 03 Verkehr	861	640	229	155	310	284	715	9.419
<4> 04 Technik	327	246	90	62	119	107	267	3.443
<5> 05 Büro	363	310	113	84	167	128	297	3.529
<6> 06 Speiser	116	71	30	18	27	37	91	1.317
über opake ...								
<1> 01 Klassen	300	147	-	-	28	4	184	3.315
<2> 02 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> 03 Verkehr	148	71	-	-	9	2	95	1.867
<4> 04 Technik	107	53	-	-	10	1	66	1.288
<5> 05 Büro	42	19	-	-	4	1	25	502
<6> 06 Speiser	6	5	-	-	1	0	4	48
	5.188	3.773	1.296	894	1.740	1.533	4.094	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	7.257	7.714	7.737	7.128	6.608			54.963

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	804	80,4	16,1	0,0	96,5
<2> 02 Sanitär	95	-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	550	-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	207	-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro	116	3,5	4,9	0,0	8,4
<6> 06 Speiseraum	113	10,4	0,9	0,0	11,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> 01 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager		-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro		-	-	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	0,0	10,4	3,6	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär	0,0	2,3	0,4	0,2	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	0,0	2,9	2,5	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0

<5> 05 Büro	0,0	4,5	0,5	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum	0,0	2,9	0,5	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,r}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	853	763	0	667	146	0,218
<2> 02 Sanitär	59	13	263	48	4	0,084
<3> 03 Verkehrsflächen	503	66	0	213	16	0,076
<4> 04 Technik/Lager	341	25	0	136	5	0,040
<5> 05 Büro	142	52	0	81	19	0,235
<6> 06 Speiseraum	93	76	0	71	16	0,222

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> 01 Klassenzimmer	50	1617	24,86	2,55	0,984	1,000
<2> 02 Sanitär	50	335	14,19	1,89	0,992	1,000
<3> 03 Verkehrsflächen	50	569	48,37	4,02	1,000	1,000
<4> 04 Technik/Lager	50	365	28,33	2,77	1,000	1,000
<5> 05 Büro	50	194	29,93	2,87	0,988	0,999
<6> 06 Speiseraum	50	169	33,27	3,08	0,992	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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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	17,0	17,0	17,3	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,1	17,2	17,0
$T_{i, 2}$	°C	17,0	17,0	17,2	18,0	18,9	19,4	19,8	19,7	18,9	18,1	17,1	17,0
$T_{i, 3}$	°C	14,4	14,6	15,0	15,7	16,5	17,0	17,3	17,3	16,6	15,8	14,9	14,4
$T_{i, 4}$	°C	15,3	15,4	15,7	16,2	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,3
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,2	17,0
$T_{i, 6}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,2	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,3	17,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 2}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 3}$	°C	13,0	13,0	13,5	14,8	16,2	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,3	13,0
$T_{i, 4}$	°C	13,0	13,0	13,4	14,7	16,1	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,2	13,0
$T_{i, 5}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	16,9	16,0	16,0
$T_{i, 6}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0

Zone <1> 01 Klassenzimmer

(Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0$ °C und $Q_l = 96,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

η_{source}		0,782	0,913	0,978	0,988	0,984	0,982	0,953	0,756
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,741	0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,736
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.188	712	689	712	712	643	712	8.298
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.472	3.593	6.910	9.256	8.900	7.516	5.975	48.148
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	693	2.710	3.974	3.682	3.065	1.830	16.016
Q_T	kWh	2.704	5.146	7.711	9.932	9.869	8.398	7.624	62.138
Q_V	kWh	1.554	2.959	4.357	5.553	5.518	4.702	4.327	35.155
Q_S^*	kWh	2.377	2.150	795	555	1.054	925	2.374	20.242
Q_I^*	kWh	1.379	1.693	1.808	1.921	1.897	1.697	1.789	16.631

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone <2> 02 Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,673	1,000	0,988	0,992	0,992	0,987	0,962	0,691
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,838
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	93	84	82	84	84	76	84	834
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	4.905
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	169	450	712	685	551	386	3.041
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	66	183	272	264	213	150	1.176
Q_T	kWh	187	356	532	688	684	582	525	4.298
Q_V	kWh	-173	-5	181	369	349	269	142	-205
Q_S^*	kWh	87	70	30	17	30	39	84	765
Q_I^*	kWh	26	46	50	56	54	48	47	398

Zone <3> 03 Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,927	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,736
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,772	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,690
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	330	488	472	488	488	440	488	4.578
t_h	h	323	744	720	744	744	672	744	5.295
$Q_{h,b,RE}$	kWh	277	1.501	2.740	3.508	3.379	2.886	2.364	18.386
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	224	1.151	1.792	1.682	1.357	818	7.023
Q_T	kWh	764	2.193	3.650	4.816	4.782	4.042	3.596	26.984
Q_V	kWh	101	289	480	634	629	532	473	3.552
Q_S^*	kWh	865	709	229	155	319	286	809	6.084
Q_I^*	kWh	54	80	108	131	126	109	99	825

Zone <4> 04 Technik/Lager

(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,962	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,886	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,739
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	214	183	177	183	183	166	183	1.706
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	328	1.018	1.813	2.327	2.261	1.931	1.629	12.416
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	341	893	1.312	1.256	1.033	736	5.772
Q_T	kWh	536	1.539	2.562	3.387	3.363	2.844	2.525	18.961
Q_V	kWh	39	111	184	243	242	204	181	1.362
Q_S^*	kWh	402	296	90	62	129	108	332	2.833
Q_I^*	kWh	8	16	26	34	33	28	23	189

Zone <5> 05 Büro

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 8,4 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,827	0,924	0,985	0,992	0,988	0,988	0,965	0,793
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,814	0,974	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992	0,842
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	198	103	100	103	103	93	103	1.112
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	201	424	847	1.126	1.070	914	723	5.843
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	152	474	678	629	534	355	2.901
Q_T	kWh	452	860	1.290	1.657	1.647	1.401	1.275	10.381
Q_V	kWh	117	224	331	422	419	357	328	2.665
Q_S^*	kWh	333	312	112	84	170	128	314	2.992
Q_I^*	kWh	175	207	221	236	232	207	218	2.104

Zone <6> 06 Speiseraum

(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 11,3 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,846	0,961	0,988	0,993	0,992	0,991	0,982	0,834
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	79	100	96	100	100	90	100	936
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.229
$Q_{h,b,RE}$	kWh	140	425	722	950	939	787	682	5.204
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	129	294	422	414	340	254	1.946
Q_T	kWh	297	566	847	1.087	1.080	919	838	6.817
Q_V	kWh	157	299	441	558	555	473	438	3.546
Q_S^*	kWh	111	75	30	18	28	37	94	1.113
Q_I^*	kWh	198	237	243	256	255	228	245	2.438

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.7)

	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/ (m ² a)
<1> 01 Klassenzimme	62.138	35.155	20.242	16.631	64.163	79,8
<2> 02 Sanitär	4.298	-205	765	398	4.217	44,3
<3> 03 Verkehrsfläc	26.984	3.552	6.084	825	25.409	46,2
<4> 04 Technik/Lage	18.961	1.362	2.833	189	18.188	87,9
<5> 05 Büro	10.382	2.665	2.992	2.104	8.744	75,2
<6> 06 Speiseraum	6.817	3.546	1.113	2.438	7.150	63,5
	129.580	46.076	34.028	22.585	127.871	67,8

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<2> 02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

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

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

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
<2> 02 Sanitär	1427	276	0,40	0,40	219

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> 02 Sanitär	212	219	212	219	219	197	219	
...	212	219	212	219	219			2.574
	212	219	212	219	219	197	219	

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (16), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd	1	300	170,4	56,5	gut	86
2 <1> Fassade West	West	1	300	203,7	67,5	gut	87
3 <1> Fassade Nord	Nord	1	300	67,9	22,5	gut	89
4 <2> Fassade Nord	Nord	2	200	18,7	6,2	gut	89
5 <2> Fassade Ost	Ost	2	200	8,8	2,9	gut	87
6 <3> Fassade Süd	Süd	3	100	44,3	10,8	mittel	83
7 <3> Fassade West	West	3	100	29,4	7,2	mittel	82
8 <3> Fassade Ost	Ost	3	100	105,2	25,8	mittel	82
9 <4> Fassade Süd	Süd	4	100	16,5	5,5	gut	86
10 <4> Fassade West	West	4	100	19,1	6,3	gut	87
11 <4> Fassade Ost	Ost	4	100	13,2	4,4	gut	87
12 <5> Fassade Süd	Süd	5	500	36,2	12,0	gut	79
13 <5> Fassade West	West	5	500	5,7	1,9	gut	77
14 <5> Fassade Nord	Nord	5	500	5,7	1,9	gut	75
15 <6> Fassade West	West	6	300	14,9	4,9	gut	87
16 <6> Fassade Nord	Nord	6	300	11,2	3,7	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> 01 Klassenzimmer	804	442	362
<2> 02 Sanitär	95	28	68
<3> 03 Verkehrsflächen	550	179	372
<4> 04 Technik/Lager	207	49	158
<5> 05 Büro	116	48	69
<6> 06 Speiseraum	113	26	86

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	86	60	56	50	45	42	40
2 <1> Fassade West	1	87	60	56	49	45	42	39
3 <1> Fassade Nord	1	89	60	55	48	44	40	38
4 <2> Fassade Nord	2	89	60	55	48	44	40	38
5 <2> Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39
6 <3> Fassade Süd	3	83	55	61	56	52	49	47
7 <3> Fassade West	3	82	55	62	56	52	49	48
8 <3> Fassade Ost	3	82	55	62	56	52	49	48
9 <4> Fassade Süd	4	86	60	56	50	45	42	40
10 <4> Fassade West	4	87	60	56	49	45	42	39
11 <4> Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39
12 <5> Fassade Süd	5	79	57	62	57	53	50	48
13 <5> Fassade West	5	77	57	63	57	54	51	49
14 <5> Fassade Nord	5	75	57	64	58	55	52	50
15 <6> Fassade West	6	87	60	56	49	45	42	39
16 <6> Fassade Nord	6	89	60	55	48	44	40	38

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung
(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,6	0,76	51	1068	0	31
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	37
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	12
4 <2> Fassade Nord	2	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	5
5 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	2
6 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	3
7 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	2
8 <3> Fassade Ost	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	7
9 <4> Fassade Süd	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
10 <4> Fassade West	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
11 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
12 <5> Fassade Süd	5	500	9-1-1	6,5	0,71	96	1818	148	26
13 <5> Fassade West	5	500	9-1-1	6,5	0,71	97	1818	148	4
14 <5> Fassade Nord	5	500	9-1-1	6,5	0,71	98	1818	148	4
15 <6> Fassade West	6	300	9-1-1	4,0	0,53	63	1335	109	4
16 <6> Fassade Nord	6	300	9-1-1	4,0	0,53	62	1335	109	3
17 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,76	0	1068	0	117
18 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	31
19 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,24	0	610	50	38
20 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,3	0,07	0	175	14	3
21 A in <5> ohne TL	5	500	9-1-1	6,5	0,71	0	1818	148	75
22 A in <6> ohne TL	6	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1335	109	42

446

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 1.885 \text{ m}^2$
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$
(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 01 Klassen	159	171	174	190	177	153	163	1.961
<2> 02 Sanitär	37	38	38	40	39	35	38	448
<3> 03 Verkehr	46	49	48	51	50	44	48	569
<4> 04 Technik	4	4	4	4	4	4	4	47
<5> 05 Büro	71	75	74	79	76	67	73	869

<6> 06 Speiser	47	49	48	51	50	44	48	571
	363	386	386	414	395	346	373	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	355	363	351	364	368			4.465

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

Kühlenergiebedarf

(Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> 01 Klassenzimmer	116	237	2,034	50,000	24,86	0,447
<2> 02 Sanitär	5	9	1,676	50,000	14,19	0,479
<3> 03 Verkehrsflächen	41	53	1,298	50,000	48,37	0,686
<4> 04 Technik/Lager	26	21	0,800	50,000	28,33	0,811
<5> 05 Büro	14	28	1,970	50,000	29,93	0,469
<6> 06 Speiseraum	12	20	1,681	50,000	33,27	0,540

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez Jul kWh	Jan Aug kWh	Feb Sep kWh	Mär Okt kWh	Apr Nov kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> 01 Klassen	15	22	22	85	373	904	1.501	
...	2.223	1.944	583	159	26			7.857
<2> 02 Sanitär	0	0	0	1	7	45	125	
...	240	175	19	2	0			615
<3> 03 Verkehr	-	-	-	-	5	32	121	
...	284	162	5	-	-			609

<4> 04 Technik	-	-	-	0	3	12	32	
...	68	41	3	0	-			159
<5> 05 Büro	1	2	2	8	37	92	156	
...	248	229	67	18	2			861
<6> 06 Speiser	1	1	1	3	11	39	84	
...	160	128	26	6	2			461

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,\text{max}}$
(Ref-No 5.11.2)

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

Zone	$t_{c, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{c, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{c, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> 01 Klassenzimmer	9	45,2	38,6	nein
<2> 02 Sanitär	13	1,3	-0,1	nein
<3> 03 Verkehrsflächen	13	12,3	9,2	nein
<4> 04 Technik/Lager	13	5,7	3,9	nein
<5> 05 Büro	13	4,5	4,2	nein
<6> 06 Speiseraum	13	2,4	1,5	nein
		71,4	57,3	

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)
(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser
(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
<1> 01 Klassenzimmer	nicht relevant			-
<2> 02 Sanitär	Schule ohne Dus	0,400 Person	165	1.121 a
<3> 03 Verkehrsfläch	nicht relevant			-

<4> 04 Technik/Lager nicht relevant
 <5> 05 Büro nicht relevant
 <6> 06 Speiseraum nicht relevant

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

a)

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	2/	1,00	13.200
2			

Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
 Verteilsystem: dezentral mit Erzeugern
 Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)
 mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation
 Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

	Verteilung (V)				Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i	0 m				0 m		3 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							17,0 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,b}$	kWh	1.085	1.121	1.085	1.121	1.121	1.013	1.121	13.200
$Q_{w,d,St}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{I,w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54

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

Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Solaranlage nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 24,0 kW (Strom-Mix)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w, f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387

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

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

Q _{w,outg}	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
Q _{w,f}	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
W _{w,f}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	
...		1.100	1.137	1.100	1.136	1.136			13.387
Q _{I,w,<2>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung Q_{h,max}

(Ref-No 5.13.1)

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

Zone	Q _{T,max} kW	Q _{V,max} kW	V _{mech} m³/h	Q _{V,mech} kW	Φ _{h,max} kW
<1> 01 Klassenzimmer	27,3	12,2	0	0,0	39,5
<2> 02 Sanitär	1,9	0,2	1426	6,2	8,3
<3> 03 Verkehrsflächen	16,1	1,1	0	0,0	17,1
<4> 04 Technik/Lager	10,9	0,4	0	0,0	11,3
<5> 05 Büro	4,6	0,8	0	0,0	5,4
<6> 06 Speiseraum	3,0	1,2	0	0,0	4,2

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} * V = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		*	127.871	85,9	94,5
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.871

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone <1> 01 Klassenzimmer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	6	6	6	6	6	6	6	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	184
$t_{h,rL} <1>$	h/m	101	119	131	146	146	129	134	1.101

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.871
$Q_{h,ce}$	kWh	929	1.819	2.638	2.944	2.831	2.518	2.272	18.296
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.353	10.555	21.823	29.273	27.991	23.643	18.175	146.167

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

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,

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2011) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 1
Etagenringtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1059,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,00 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 142 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	398,0 m	23,3 m	53,0 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, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,05	0,17	0,35	0,46	0,44	0,41	0,28	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,2	27,5	33,5	36,5	35,9	35,1	31,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,1	25,0	29,0	31,0	30,6	30,1	27,6	
$Q_{h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007
$W_{h,d}$	kWh	15	22	34	44	42	36	31	257
$Q_{I,h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007

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

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

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

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

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.380	10.629	21.969	29.471	28.182	23.804	18.301	147.173

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 1000$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 4,8$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)
 $Q_{l,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (unregelmäßige Wärmeeinträge, Gl.69)
 $W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	26	31	34	33	33	30	
$Q_{h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324
$W_{h,s}$	kWh	3	9	18	25	24	20	15	130
$Q_{l,h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324

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

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 3,09

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.390	10.654	22.013	29.526	28.235	23.849	18.339	147.497
$Q_{h,f}$	kWh	973	3.158	6.210	7.052	7.027	6.067	5.496	39.353
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	1.824	7.133	5.814	4.400	390	19.561
$Q_{h,f, aux}$	kWh	213	680	1.312	1.471	1.469	1.272	1.164	8.311

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.885 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel nach 1994 (282), $P_n = 94,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,940$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,000$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0065 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 9,00 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 3,16 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,19 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,399 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,133 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit}$ = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 ($d_{h,rB} > 1$)
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n$ = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen}$ = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung
 $W_{h,gen}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192
 $Q_{l,h,gen}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	0	0	1.824	7.133	5.814	4.400	390	19.561
$\beta_{h,1}$		0,00	0,00	0,15	0,52	0,42	0,36	0,03	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	4	11	208	733	609	468	58	2.093

$Q_{h,f}$	kWh	4	11	2.032	7.866	6.423	4.868	448	21.654
$W_{h,gen}$	kWh	11	11	18	40	35	28	13	210
$Q_{I,h,gen}$	kWh	3	7	15	20	19	16	13	94

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

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	977	3.169	8.242	14.918	13.451	10.935	5.943	61.007
W_h	kWh	242	723	1.383	1.579	1.571	1.356	1.223	
	...	542	214	46	11	19			8.908
eco-Strom	kWh	973	3.158	6.210	7.052	7.027	6.067	5.496	
	...	2.348	861	141	-	20			39.353
Erdgas	kWh	-	-	2.030	7.858	6.417	4.868	452	
	...	-	-	-	-	-			21.624
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,6	1,5	2,9	3,8	3,6	3,4	2,4	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,4	1,0	2,0	2,6	2,5	2,3	1,7	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,4	0,7	1,0	0,9	0,9	0,6	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a

Strom-Mix	Warmwasser	2/	13.387	1,80	1,00	24.096
eco-Strom	Heizwärme		39.353	1,80	1,00	70.835
Erdgas	Heizwärme	*	21.624	1,10	1,11	21.430
Strom-Mix	Beleuchtung	**	4.465	1,80	1,00	8.037
Strom-Mix	Hilfsenergie		11.482	1,80	1,00	20.667
Σ [kWh/Jahr]			90.310			145.065

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 145.065 / 1.885 = 77,0$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.885$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 90.310 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 13386,5+39352,6+19481,4+4464,9+11481,7 = 88167 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,1 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,5 kWh/(m²a), eco-Strom 20,9 kWh/(m²a), Erdgas 11,5 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Strom-Mix	13.387	560	7.497	
eco-Strom	39.353	560	22.038	
Erdgas	19.481	240	4.676	
Strom-Mix	4.465	560	2.500	
Strom-Mix	11.482	560	6.430	
	88.168		43.140	22,9

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

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

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
<1> 01 Klassenzim	804	-	1.961	-	-	30.612	32.574
<2> 02 Sanitär	95	-	448	-	13.389	2.014	15.851
<3> 03 Verkehrsfl	550	-	569	-	-	12.123	12.692
<4> 04 Technik/La	207	-	47	-	-	8.676	8.723
<5> 05 Büro	116	-	869	-	-	4.173	5.043
<6> 06 Speiseraum	113	-	571	-	-	3.409	3.980
Gebäude	1.885	-	4.465	-	13.386	61.006	78.860

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,0	67,8	78,6

Endenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,1	37,1	47,9
Primärenergiebedarf	2,5	4,3	0,0	12,8	57,5	77,0

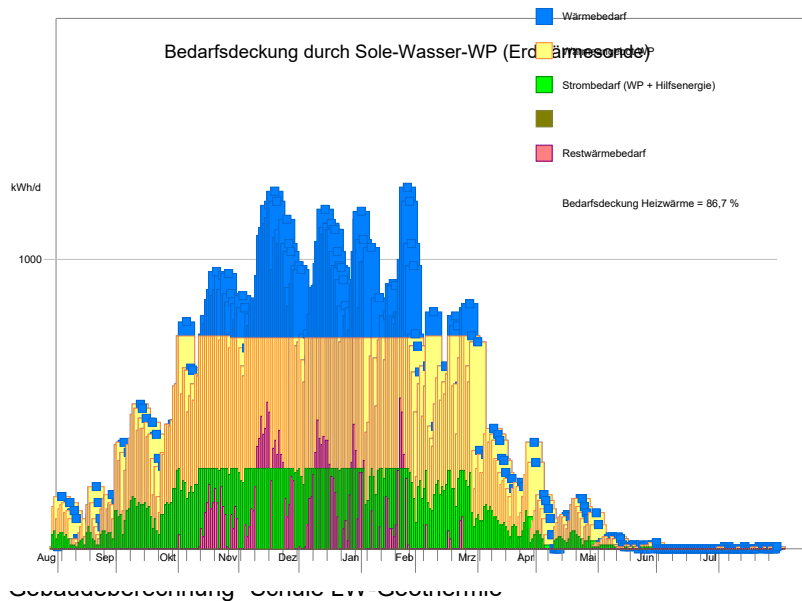
Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

Primärenergie-Referenzwert

(Ref-No 5.15.0)

vorh $q_P = 77,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

Simulation zur Bedarfsdeckung



Wärmebedarf

Nutzwärmebedarf für Heizung, DIN V 18599 in [kWh]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
Hzg	28235	23849	18339	7921	2999	498	0	71	3390	10654	147497

Wärmeangebot

Wärmeangebot aus Sole-Wasser-WP (Erdwärmesonde)

Klimadatensatz (Wärmepumpe)

"09.kol", $T_{a,iM} = 8,7\text{ °C}$

Wärmepumpe Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010, 30,0 kW, Energieträger Strom-Mix

Vorlauftemperatur für Heizung 50 °C

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur und für die Quelltemperaturen korrigiert. COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Wärmequelle = Erdwärmesonde, Quelltemperaturen = 1,7° 1,8° 2,2° 2,9° 3,6° 4° 4,4° 4,3° 3,6° 2,9° 2,1° 1,6°, Nachheizung durch separaten Wärmeerzeuger

Nennleistung kW	Hilfsenergie P_{aux} Watt	$COP_{B0/W35}$ -	Leistungsverlust W/K
30,0	2000	4,3	2,0

Bedarfsdeckung

Deckungsanteile durch Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonde

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme										
Bedarf	71	3390	10654	22013	29527	28235	23849	18339	7921	147.495
Deckung	71	3390	10654	20188	22394	22421	19450	17949	7921	127.934
%	100	100	100	92	76	79	82	98	100	87

Strom- und Hilfsenergiebedarf

Strombedarf der Wärmepumpe $Q_{f,WP}$ und Endenergiebedarf für einen zweiten Wärmeerzeuger $Q_{f,WE2}$

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
$Q_{f,WP}$	20	973	3158	6210	7052	7027	6067	5495	2348	39.353
$Q_{f,WE2}$	0	0	0	1824	7133	5814	4400	390	0	19.561
ΣQ_f	20	973	3158	8034	14185	12842	10467	5886	2348	58.914

Hilfsenergiebedarf für den Primärkreis der Wärmepumpe HE_{WP}

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
HE_{WP}	4	213	680	1312	1471	1469	1272	1164	506	8.311

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

ohne zweiten Wärmeerzeuger JAZ = **2,68** = (0+127934) / (39353 + 8311)
mit zweitem Wärmeerzeuger JAZ = 2,19 = (0 + 147497) / (39353 + 19561 + 8311)

Übergabewerte für DIN V 18599

Der zweite Wärmeerzeuger ist eine separater Erzeuger

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme, JAZ = 3,09										
$Q_{h,out}$	71	3390	10654	22013	29527	28235	23849	18339	7921	147.495
$Q_{h,f}$	20	973	3158	6210	7052	7027	6067	5495	2348	39.353
$Q_{h,f,bu}$	0	0	0	1824	7133	5814	4400	390	0	19.561
$W_{h,gen}$	4	213	680	1312	1471	1469	1272	1164	506	8.311

Der Hilfsenergiebedarf $W_{w,gen}$ und $W_{h,gen}$ wird lastanteilig ermittelt

Simulation im Detail

vom Uhr

mit Q_{Bedarf} = Wärmebedarf für Heizung, T_{Quell} = Temperatur der Wärmequelle (Mittelwert), COP_{iM}
= mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpe (Heizung), $Q_{f,WP}$ = Strombedarf der Elektro-Wärmepumpe,
 Q_{aux} = Hilfsenergiebedarf der zusätzlichen Aggregate und Q_{Rest} = Restwärmebedarf

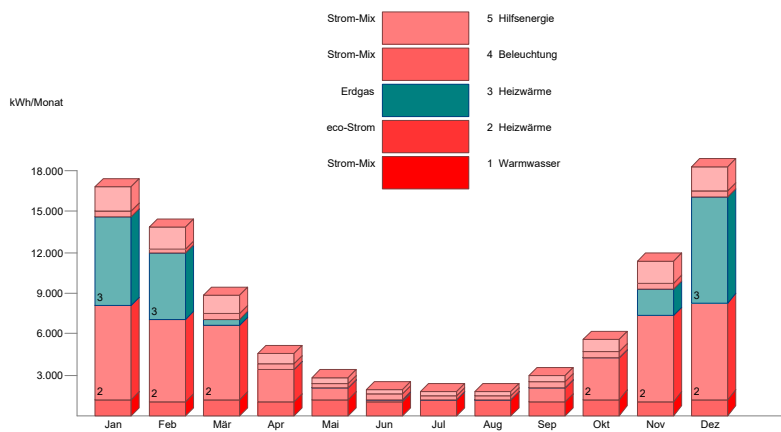
Woche	Q_{Bedarf} kWh	T_{Quell} °C	COP_{iM} -	$Q_{f,WP}$ kWh	Q_{aux} kWh	Q_{Rest} kWh

35 / 31.08.	887	3,7	3,48	255	56	
36 / 07.09.	488	3,6	3,48	140	31	
37 / 14.09.	803	3,6	3,48	230	51	
38 / 21.09.	767	3,6	3,48	220	48	
39 / 28.09.	1438	3,2	3,40	422	91	
40 / 05.10.	2259	2,9	3,37	670	144	
41 / 12.10.	3119	2,9	3,37	925	199	
42 / 19.10.	1887	2,9	3,38	559	121	
43 / 26.10.	2969	2,8	3,35	887	190	
44 / 02.11.	4350	2,1	3,25	1324	280	46
45 / 09.11.	4379	2,1	3,25	1323	280	77
46 / 16.11.	6233	2,1	3,25	1591	336	1058
47 / 23.11.	5761	2,1	3,25	1575	333	641
48 / 30.11.	5414	1,7	3,19	1562	326	437
49 / 07.12.	5676	1,6	3,18	1569	327	691
50 / 14.12.	8105	1,6	3,18	1611	336	2988
51 / 21.12.	7446	1,6	3,18	1611	336	2330
52 / 28.12.	6004	1,6	3,18	1597	333	926
1 / 04.01.	5358	1,7	3,19	1536	321	454
2 / 11.01.	7679	1,7	3,19	1608	336	2551
3 / 18.01.	6581	1,7	3,19	1602	335	1474
4 / 25.01.	6222	1,7	3,19	1607	336	1097
5 / 01.02.	6522	1,8	3,21	1500	314	1711
6 / 08.02.	4657	1,8	3,21	1387	291	209
7 / 15.02.	5598	1,8	3,21	1577	330	542
8 / 22.02.	7072	1,8	3,21	1603	336	1932
9 / 01.03.	3708	2,2	3,27	1135	240	
10 / 08.03.	3644	2,2	3,27	1091	231	82
11 / 15.03.	4453	2,2	3,27	1333	282	101
12 / 22.03.	4610	2,2	3,27	1348	285	209
13 / 29.03.	2940	2,6	3,30	890	190	
14 / 05.04.	2437	2,9	3,37	722	156	
15 / 12.04.	1970	2,9	3,37	584	126	
16 / 19.04.	1267	2,9	3,37	376	81	
17 / 26.04.	1400	3,1	3,39	414	89	
18 / 03.05.	781	3,6	3,49	224	49	
19 / 10.05.	399	3,6	3,48	115	25	
20 / 17.05.	867	3,6	3,48	249	55	
21 / 24.05.	700	3,6	3,49	201	44	
22 / 31.05.	202	3,9	3,52	57	13	
23 / 07.06.	243	4,0	3,55	68	15	
24 / 14.06.	64	4,0	3,51	18	4	
25 / 21.06.	30	4,0	3,44	9	2	
26 / 28.06.	42	4,2	3,59	12	3	
27 / 05.07.		4,4				
28 / 12.07.		4,4				
29 / 19.07.		4,4				
30 / 26.07.		4,4				
31 / 02.08.	15	4,3	3,39	4	1	
32 / 09.08.	8	4,3	3,89	2	1	
33 / 16.08.	15	4,3	3,76	4	1	
34 / 23.08.	20	4,3	3,46	6	1	
	147.490			39.353	8.310	19.555

Anlage 7: energetische Bilanzierung Schulgebäude Variante 3b)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Schule LW-Geothermie+PV"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren
 (Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel
 mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)
 mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	108 Klassenzimme	200	17,0	16,0	804	2742
<2> 02 Sanitär	116 WC und Sanit	200	17,0	16,0	95	356
<3> 03 Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	200	14,4	13,0	550	1687
<4> 04 Technik/Lager	220 Lager, Techn	200	15,3	13,0	207	560
<5> 05 Büro	102 Gruppenbüro	200	17,0	16,0	116	413
<6> 06 Speiseraum	117 Sonstige Auf	200	17,0	16,0	113	276
					1.885	6.033

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1885,1\text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

 t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr $\Rightarrow$ Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb $\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb $\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabschaltung ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2**Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)**

(Ref-No 5.2.0)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2Begrenzung 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
Kellergeschoss KG						
KG 03 Verkehrsflächen						

FD H	29 BoPla	3:0	210,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	75,1
FAW O	33 AW 01	3:0	5,0	0,78	1,00 FAW	51 02	3,9
FF O	010 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	38 AW 01	3:0	14,7	0,78	1,00 FAW	51 02	11,5
FAW N	39 AW 01	3:0	9,8	0,78	1,00 FAW	51 02	7,7
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW N	001 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW O	40 AW 01	3:0	27,5	0,78	1,00 FAW	51 02	21,5
FF O	014 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	015 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	003 Tür AT 01	3:0	2,6	2,00	1,00 FAW	51 02	5,2
FAW W	43 AW 01	3:0	27,4	0,78	1,00 FAW	51 02	21,4
FAW N	44 AW 01	3:0	3,7	0,78	1,00 FAW	51 02	2,9
FAW W	47 AW 01	3:0	16,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FF W	017 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	019 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FF W	018 FE 01	3:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	48 AW 01	3:0	19,6	0,78	1,00 FAW	51 02	15,3
FF S	002 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	001 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	003 FE 01	3:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW S	52 AW 01	3:0	10,8	0,78	1,00 FAW	51 02	8,5
KG 04 Technik/Lager							
FG H	136 Standard-STB	4:0	24,7	0,89	0,40 FG	53 25 14	8,8
FAW W	138 AW 01	4:0	10,0	0,78	1,00 FAW	51 02	7,8
FF W	020 FE 01	4:0	1,2	1,30	1,00 FF	51 02	1,6
FAW S	139 AW 01	4:0	16,6	0,78	1,00 FAW	51 02	12,9
FG H	140 Standard-STB	4:0	81,3	0,89	0,40 FG	53 25 14	29,1
FD H	141 Standard-STB	4:0	3,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	1,1
FAW W	143 AW 01	4:0	31,0	0,78	1,00 FAW	51 02	24,2
FAW S	144 AW 01	4:0	11,6	0,78	1,00 FAW	51 02	9,0
FAW O	145 AW 01	4:0	27,1	0,78	1,00 FAW	51 02	21,2
FF O	011 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	012 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF O	013 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	005 Tür AT 01	4:0	1,8	2,00	1,00 FAW	51 02	3,6
FAW N	146 AW 01	4:0	20,0	0,78	1,00 FAW	51 02	15,6
FG H	147 Standard-STB	4:0	16,2	0,89	0,40 FG	53 25 14	5,8
FAW N	151 AW 01	4:0	15,5	0,78	1,00 FAW	51 02	12,1
FAW W	152 AW 01	4:0	7,1	0,78	1,00 FAW	51 02	5,6
FF W	016 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	153 Standard-STB	4:0	77,8	0,89	0,40 FG	53 25 14	27,8
FDD H	156 Standard-STB	4:0	1,0	0,89	0,40 FG	53 25 14	0,3
FAW S	157 AW 01	4:0	25,8	0,78	1,00 FAW	51 02	20,2
FF S	007 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	005 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	006 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FF S	008 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FAW O	158 AW 01	4:0	19,1	0,78	1,00 FAW	51 02	14,9
FF O	009 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00 FF	51 02	1,4
FG H	159 Standard-STB	4:0	9,1	0,89	0,40 FG	53 25 14	3,3

FAW S	162 AW 01	4:0	7,2	0,78	1,00	FAW	51 02	5,6
FF S	004 FE 01	4:0	1,1	1,30	1,00	FF	51 02	1,4
FG H	163 Standard-STB	4:0	14,7	0,89	0,40	FG	53 25 14	5,3
FAW O	164 AW 01	4:0	4,2	0,78	1,00	FAW	51 02	3,3
FAW N	165 AW 01	4:0	27,3	0,78	1,00	FAW	51 02	21,3
KG 06 Speiseraum								
FG H	1 BoPla	6:0	143,6	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	51,4
FAW S	6 AW 01	6:0	23,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,6
FAW S	004 Tür AT 01	6:0	2,6	2,00 ##	1,00	FAW	51 02	5,2
FAW O	7 AW 01	6:0	17,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,1
FAW N	11 AW 01	6:0	20,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	4,8
FF N	026 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	027 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF N	025 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW W	12 AW 01	6:0	25,6	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,0
FF W	021 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	024 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	022 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FF W	023 FE 01	6:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
Erdgeschoss EG								
EG 01 Klassenzimmer								
FAW S	263 AW 02	1:0	17,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	14,6
FAW O	264 AW 02	1:0	45,2	0,23 ##	1,00	FAW	51	10,6
FAW N	265 AW 02	1:0	27,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,6
FAW W	266 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	267 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FF S	008 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	007 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	005 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	006 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FG H	268 BoPla	1:0	63,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	22,6
FAW N	270 AW 02	1:0	25,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	21,9
FF N	021 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	019 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF N	020 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW W	271 AW 02	1:0	40,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	34,1
FF W	014 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	016 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	015 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	017 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	018 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW N	272 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	273 AW 02	1:0	29,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,4
FF W	010 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	011 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	013 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF W	012 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW O	274 AW 02	1:0	28,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,9
FAW S	275 AW 02	1:0	27,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,7
FF S	002 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	004 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5

FF S	001 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF S	003 FE 01	1:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
EG 02 Sanitär								
FAW O	20 AW 02	2:0	22,1	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,2
FF O	028 FE 01	2:0	1,2	1,30	1,00	FF	51 02	1,6
FAW N	21 AW 02	2:0	36,0	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,5
FF N	025 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	026 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	027 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
EG 03 Verkehrsflächen								
FG H	80 Standard-STB	3:0	32,0	0,89	0,40	FG	53 25 14	11,5
FAW N	86 AW 02	3:0	11,7	0,85	1,00	FAW	51 02	9,9
FAW N	90 AW 02	3:0	6,9	0,85	1,00	FAW	51 02	5,9
FAW N	002 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
FAW O	95 AW 02	3:0	36,5	0,23	1,00	FAW	51	8,6
FF O	024 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	022 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FF O	023 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	96 AW 02	3:0	30,8	0,23	1,00	FAW	51	7,2
FF S	032 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	029 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	030 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FF S	031 FE 01	3:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW O	97 AW 02	3:0	5,4	0,85	1,00	FAW	51 02	4,6
FAW O	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW W	101 AW 02	3:0	8,2	0,85	1,00	FAW	51 02	7,0
FF W	009 FE 01	3:0	3,5	1,30	1,00	FF	51 02	4,5
FAW S	104 AW 02	3:0	13,4	0,85	1,00	FAW	51 02	11,4
FAW S	001 Tür AT 01	3:0	4,7	2,00	1,00	FAW	51 02	9,4
EG 04 Technik/Lager								
FAW O	175 AW 02	4:0	10,0	0,85	1,00	FAW	51 02	8,5
FAW N	178 AW 02	4:0	4,8	0,85	1,00	FAW	51 02	4,1
FG H	179 Standard-STB	4:0	6,9	0,89	0,40	FG	53 25 14	2,5
FAW N	181 AW 02	4:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
EG 05 Büro								
FG H	200 Standard-STB	5:0	20,2	0,89 ##	0,40	FG	53 25 14	7,2
FAW N	202 AW 02	5:0	12,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,5
FF N	034 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
FAW W	203 AW 02	5:0	21,4	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	18,2
FF W	033 FE 01	5:0	1,9	1,30	1,00	FF	51 02	2,5
Obergeschoss OG								
OG 01 Klassenzimmer								
FD H	276 Dach Anbau	1:0	174,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	33,2
FDd H	277 Dach Anbau	1:0	1,2	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,2
FAW O	278 AW 02	1:0	1,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	1,6
FAW N	279 AW 02	1:0	26,4	0,23 ##	1,00	FAW	51	6,2
FF N	023 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	022 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF N	021 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW W	280 AW 02	1:0	39,9	0,23 ##	1,00	FAW	51	9,4

FF W	018 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	020 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	016 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	017 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	019 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	281 AW 02	1:0	2,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	2,2
FAW W	282 AW 02	1:0	29,9	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	25,5
FF W	008 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	006 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	009 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF W	007 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	285 AW 02	1:0	20,6	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	17,6
FF S	013 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	014 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	015 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW O	286 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW W	289 AW 02	1:0	29,0	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,7
FAW S	290 AW 02	1:0	27,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	23,3
FF S	003 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	001 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	002 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	004 FE 01	1:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	291 Dach Anbau	1:0	73,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	13,9
FAW S	293 AW 02	1:0	17,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	15,1
FAW O	294 AW 02	1:0	46,8	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	40,0
FAW N	295 AW 02	1:0	29,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	24,9
OG 02 Sanitär								
FD H	22 Dach Anbau	2:0	55,3	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	10,5
FAW O	23 AW 02	2:0	22,7	0,23 ##	1,00	FAW	51	5,3
FF O	031 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF O	030 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FAW N	24 AW 02	2:0	36,8	0,23 ##	1,00	FAW	51	8,7
FF N	027 FE 01	2:0	1,4	1,30	1,00	FF	51 02	1,8
FF N	028 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
FF N	029 FE 01	2:0	0,9	1,30	1,00	FF	51 02	1,1
OG 03 Verkehrsflächen								
FD H	109 Dach Anbau	3:0	69,0	0,24	0,80	FDd	51 06	13,1
FAW O	121 AW 02	3:0	7,9	0,85	1,00	FAW	51 02	6,7
FAW O	001 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	127 AW 02	3:0	11,2	0,85	1,00	FAW	51 02	9,6
FAW N	003 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW N	004 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
FAW O	132 AW 02	3:0	37,0	0,23	1,00	FAW	51	8,7
FF O	026 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	025 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF O	024 FE 01	3:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW S	133 AW 02	3:0	39,9	0,23	1,00	FAW	51	9,4
FAW O	134 AW 02	3:0	5,6	0,85	1,00	FAW	51 02	4,8
FAW O	002 Tür AT 01	3:0	3,0	2,00	1,00	FAW	51 02	6,0
OG 04 Technik/Lager								
FAW N	184 AW 02	4:0	5,8	0,85	1,00	FAW	51 02	5,0

FAW W	187	AW 02	4:0	8,1	0,85	1,00	FAW	51 02	6,9
FF W	005	FE 01	4:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FAW N	189	AW 02	4:0	4,7	0,85	1,00	FAW	51 02	4,0
OG 05 Büro									
FD H	205	Standard-STB	5:0	0,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,1
FDd H	207	Standard-STB	5:0	1,4	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW S	209	AW 02	5:0	19,3	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	16,4
FF S	011	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	012	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FF S	010	FE 01	5:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
FD H	211	Standard-STB	5:0	47,6	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	9,0
FDd H	213	Standard-STB	5:0	1,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	0,3
FAW N	215	AW 02	5:0	14,7	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	12,5
FAW W	216	AW 02	5:0	24,2	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	20,7
FAW N	217	AW 02	5:0	12,1	0,85 ##	1,00	FAW	51 02	10,3
Dachgeschoss DG									
DG 01 Klassenzimmer									
FDd H	218	Dachdecke	1:0	24,9	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	4,7
FD N	219	Dach B	1:0	16,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,8
FD S	220	Dach B	1:0	13,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	3,1
FD W	221	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	222	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD W	223	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	224	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FAW W	225	AW 03	1:0	21,4	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	20,1
FAW N	226	AW 03	1:0	4,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,9
FF S	008	FE 01	1:0	0,5	1,30	1,00	FF	51 02	0,6
FG H	232	Dachdecke	1:0	7,7	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	1,5
FDd H	233	Dachdecke	1:0	62,0	0,24 ##	0,80	FDd	51 06	11,7
FD N	234	Dach B	1:0	17,3	0,24 ##	1,00	FD	51 02	4,1
FD S	235	Dach B	1:0	37,2	0,24 ##	1,00	FD	51 02	8,8
FD S	236	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	237	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	238	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	239	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	240	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	241	Dach	1:0	0,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	242	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD S	243	Dach B	1:0	1,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	244	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD O	245	Dach	1:0	0,5	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,1
FD S	246	Dach B	1:0	1,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,4
FD W	247	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD O	248	Dach	1:0	0,7	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,2
FD S	249	Dach B	1:0	2,6	0,24 ##	1,00	FD	51 02	0,6
FAW S	250	AW 03	1:0	14,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	13,4
FAW N	251	AW 03	1:0	4,1	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	3,8
FAW O	252	AW 03	1:0	21,2	0,94 ##	1,00	FAW	51 02	19,9
DG 03 Verkehrsflächen									
FG H	55	Dachdecke	3:0	1,0	0,24	0,80	FDd	51 06	0,2
FDd H	56	Dachdecke	3:0	41,8	0,24	0,80	FDd	51 06	7,9

FD	N	57	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9	
FD	W	58	Dach	B	3:0	13,5	0,24	1,00	FD	51	02	3,2	
FD	O	59	Dach	B	3:0	14,8	0,24	1,00	FD	51	02	3,5	
FD	N	60	Dach	B	3:0	16,4	0,24	1,00	FD	51	02	3,9	
FD	O	61	Dach	B	3:0	0,7	0,24	1,00	FD	51	02	0,2	
FAW	N	62	AW	03	3:0	3,4	0,94	1,00	FAW	51	02	3,2	
FAW	W	67	AW	03	3:0	2,0	0,94	1,00	FAW	51	02	1,9	
FAW	N	75	AW	03	3:0	3,2	0,94	1,00	FAW	51	02	3,0	
FAW	O	76	AW	03	3:0	1,8	0,94	1,00	FAW	51	02	1,7	
FAW	N	78	AW	03	3:0	10,0	0,94	1,00	FAW	51	02	9,4	
DG 04 Technik/Lager													
FD	W	166	Dach	B	4:0	5,9	0,24	1,00	FD	51	02	1,4	
FAW	N	167	AW	03	4:0	2,5	0,94	1,00	FAW	51	02	2,4	
FAW	W	168	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1	
FD	O	170	Dach	B	4:0	4,0	0,24	1,00	FD	51	02	0,9	
FAW	O	171	AW	03	4:0	2,2	0,94	1,00	FAW	51	02	2,1	
FAW	N	172	AW	03	4:0	1,5	0,94	1,00	FAW	51	02	1,4	
DG 05 Büro													
FDd	H	191	Dachdecke		5:0	9,8	0,24	##	0,80	FDd	51	06	1,8
FD	S	192	Dach	B	5:0	8,3	0,24	##	1,00	FD	51	02	2,0
FD	W	193	Dach		5:0	0,6	0,24	##	1,00	FD	51	02	0,1
FD	O	194	Dach		5:0	0,6	0,24	##	1,00	FD	51	02	0,1
FAW	S	196	AW	03	5:0	2,6	0,94	##	1,00	FAW	51	02	2,4

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.358,7$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.859,0$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 733,00 / 80,00 = 9,16 \text{ m}$
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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 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.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 132,7 \text{ W/K}$ (7,1 %, 0,040 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
<1> 01 Klassenzimmer	813	0	40	853	0	0
<2> 02 Sanitär	59	0	0	59	0	0
<3> 03 Verkehrsflächen	408	0	95	503	0	0
<4> 04 Technik/Lager	257	0	84	341	0	0
<5> 05 Büro	133	0	9	142	0	0
<6> 06 Speiseraum	42	0	51	93	0	0
	1712		280	1992		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A$ = 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.991,7 / 3.358,7 = \mathbf{0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,49	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$		0,57	1,30		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 22,1\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
Außentür	2,00		41 1 %	83 4 %
Außenwand Anbau	0,23		489 15 %	115 6 %
Außenwand EG/OG	0,85		675 20 %	576 31 %
Außenwand KG	0,78		357 11 %	279 15 %

Außenwand DG	0,94	96	3 %	91	5 %
Bodenplatte	0,89	704	21 %	252	14 %
Schrägdach	0,24	147	4 %	28	1 %
Fenster	1,30	240	7 %	312	17 %
Schrägdach	0,24	608	18 %	124	7 %
		3359	100 %	1.859	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3359 / 6033 = 1,67 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.01 \quad f_{\text{wind}} = 20 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <2> 02 Sanitär

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m, ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> 01 Klassenzimm	-	1,45	10,00	2,93	0,01	0,80	-	-
<2> 02 Sanitär	-	1,02	15,00	4,01	0,01	0,10	4,01	13
<3> 03 Verkehrsflä	-	1,54	0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lag	-	2,85	0,15	0,06	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro	-	1,55	4,00	1,13	0,02	0,35	-	-
<6> 06 Speiseraum	-	2,64	7,00	2,86	0,03	0,78	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> 01 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,01	0,10		
<2> 02 Sanitär			0,00	0,00	0,01	0,10	-	-
<3> 03 Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<4> 04 Technik/Lager			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-
<5> 05 Büro			0,00	0,00	0,02	0,10	-	-
<6> 06 Speiseraum			0,00	0,00	0,03	0,10	-	-

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{v,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal}$ nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 / 6 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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 Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
<1> 01 Klassenzimmer	2.742	0	13	750	763	0	15,2
<2> 02 Sanitär	356	0	1	12	13	263	
<3> 03 Verkehrsfläch	1.687	0	9	57	66	0	
<4> 04 Technik/Lager	560	0	5	19	24	0	
<5> 05 Büro	413	0	2	50	52	0	
<6> 06 Speiseraum	276	0	2	73	76	0	
		0	34	961	995	263	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> 01 Klassenzimmer		0	13	93	107		
<2> 02 Sanitär		0	1	12	13		
<3> 03 Verkehrsflächen		0	9	57	66		
<4> 04 Technik/Lager		0	5	19	24		
<5> 05 Büro		0	2	14	16		
<6> 06 Speiseraum		0	2	9	12		
		0	34	205	239		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster

(Ref-No 5.4.1)

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
FF O 010 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 7100	0,2/ 1,1
FF O 014 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 015 FE 01	3	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 017 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 019 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 018 FE 01	3	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 002 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 001 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 003 FE 01	3	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF W 020 FE 01	4	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF O 011 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 012 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF O 013 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF W 016 FE 01	4	0,76	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 0,9
FF S 007 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 005 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 006 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF S 008 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF O 009 FE 01	4	0,76	25/ 138	42/ 42 "	0,2/ 1,1
FF S 004 FE 01	4	0,76	59/ 113	42/ 42 "	0,5/ 0,9
FF N 026 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 027 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF N 025 FE 01	6	0,86	10/ 81	42/ 42 "	0,1/ 0,7
FF W 021 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 024 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 022 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF W 023 FE 01	6	0,86	17/ 117	42/ 42 "	0,1/ 1,0
FF S 008 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 007 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 005 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 006 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF N 021 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 019 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF N 020 FE 01	1	2,45	10/ 81	42/ 42 "	0,2/ 2,0
FF W 014 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 016 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 015 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 017 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 018 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 010 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 011 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 013 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF W 012 FE 01	1	2,45	17/ 117	42/ 42 "	0,4/ 2,9
FF S 002 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8
FF S 004 FE 01	1	2,45	59/ 113	42/ 42 "	1,5/ 2,8

FF S	001	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF S	003	FE	01	1	2,45	59/ 113	42/ 42	"	1,5/ 2,8
FF O	028	FE	01	2	0,86	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 1,2
FF N	025	FE	01	2	0,96	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	026	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	027	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	024	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	022	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF O	023	FE	01	3	2,45	25/ 138	42/ 42	"	0,6/ 3,4
FF S	032	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	029	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	030	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF S	031	FE	01	3	1,32	59/ 113	42/ 42	"	0,8/ 1,5
FF W	009	FE	01	3	2,45	17/ 117	42/ 42	"	0,4/ 2,9
FF N	034	FE	01	5	1,32	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 1,1
FF W	033	FE	01	5	1,32	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,6
FF N	023	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	022	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF N	021	FE	01	1	2,80	10/ 81	42/ 42	"	0,3/ 2,3
FF W	018	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	020	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	016	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	017	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	019	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	008	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	006	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	009	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF W	007	FE	01	1	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	013	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	014	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	015	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	003	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	001	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	002	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	004	FE	01	1	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF O	031	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF O	030	FE	01	2	0,60	25/ 138	42/ 42	"	0,2/ 0,8
FF N	027	FE	01	2	0,99	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,8
FF N	028	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF N	029	FE	01	2	0,60	10/ 81	42/ 42	"	0,1/ 0,5
FF O	026	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	025	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF O	024	FE	01	3	2,80	25/ 138	42/ 42	"	0,7/ 3,9
FF W	005	FE	01	4	2,80	17/ 117	42/ 42	"	0,5/ 3,3
FF S	011	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	012	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	010	FE	01	5	2,80	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
FF S	008	FE	01	1	0,33	59/ 113	42/ 42	"	0,2/ 0,4

167,80

55/ 193

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
FAW O 33 AW 01	O 3	5,0	0,78	0,80	4,50	138	0,3
FAW O 38 AW 01	O 3	14,7	0,78	0,80	4,50	138	1,0
FAW N 39 AW 01	N 3	9,8	0,78	0,80	4,50	81	0,3
FAW N 002 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW N 001 Tür AT	N 3	2,6	2,00	0,80	4,50	81	0,2
FAW O 40 AW 01	O 3	27,5	0,78	0,80	4,50	138	1,8
FAW O 003 Tür AT	O 3	2,6	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW W 43 AW 01	W 3	27,4	0,78	0,50	4,50	117	0,7
FAW N 44 AW 01	N 3	3,7	0,78	0,50	4,50	81	0,0
FAW W 47 AW 01	W 3	16,5	0,78	0,50	4,50	117	0,4
FAW S 48 AW 01	S 3	19,6	0,78	0,50	4,50	113	0,5
FAW S 52 AW 01	S 3	10,8	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW W 138 AW 01	W 4	10,0	0,78	0,50	4,50	117	0,3
FAW S 139 AW 01	S 4	16,6	0,78	0,50	4,50	113	0,4
FAW W 143 AW 01	W 4	31,0	0,78	0,50	4,50	117	0,8
FAW S 144 AW 01	S 4	11,6	0,78	0,50	4,50	113	0,3
FAW O 145 AW 01	O 4	27,1	0,78	0,50	4,50	138	0,9
FAW O 005 Tür AT	O 4	1,8	2,00	0,50	4,50	138	0,2
FAW N 146 AW 01	N 4	20,0	0,78	0,50	4,50	81	0,3
FAW N 151 AW 01	N 4	15,5	0,78	0,50	4,50	81	0,2
FAW W 152 AW 01	W 4	7,1	0,78	0,50	4,50	117	0,2
FAW S 157 AW 01	S 4	25,8	0,78	0,50	4,50	113	0,7
FAW O 158 AW 01	O 4	19,1	0,78	0,50	4,50	138	0,7
FAW S 162 AW 01	S 4	7,2	0,78	0,50	4,50	113	0,2
FAW O 164 AW 01	O 4	4,2	0,78	0,50	4,50	138	0,1
FAW N 165 AW 01	N 4	27,3	0,78	0,50	4,50	81	0,4
FAW S 004 Tür AT	S 6	2,6	2,00	0,50	4,50	113	0,2

FAW S	263 AW 02	S	1	17,1	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW W	266 AW 02	W	1	28,1	0,85	0,50	4,50	117	0,8
FAW S	267 AW 02	S	1	29,0	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	270 AW 02	N	1	25,6	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW W	271 AW 02	W	1	40,0	0,85	0,50	4,50	117	1,2
FAW N	272 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	273 AW 02	W	1	29,7	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW O	274 AW 02	O	1	28,1	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW S	275 AW 02	S	1	27,8	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW N	86 AW 02	N	3	11,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	90 AW 02	N	3	6,9	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	002 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	4,7	2,00	0,50	4,50	81	0,2
FAW O	97 AW 02	O	3	5,4	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	004 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW W	101 AW 02	W	3	8,2	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW S	104 AW 02	S	3	13,4	0,85	0,50	4,50	113	0,4
FAW S	001 Tür AT	S	3	4,7	2,00	0,50	4,50	113	0,3
FAW O	175 AW 02	O	4	10,0	0,85	0,50	4,50	138	0,4
FAW N	178 AW 02	N	4	4,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	181 AW 02	N	4	5,6	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	202 AW 02	N	5	12,3	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	203 AW 02	W	5	21,4	0,85	0,50	4,50	117	0,6
FAW O	278 AW 02	O	1	1,8	0,85	0,50	4,50	138	0,1
FAW N	281 AW 02	N	1	2,6	0,85	0,50	4,50	81	0,0
FAW W	282 AW 02	W	1	29,9	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	285 AW 02	S	1	20,6	0,85	0,50	4,50	113	0,6
FAW O	286 AW 02	O	1	29,0	0,85	0,50	4,50	138	1,1
FAW W	289 AW 02	W	1	29,0	0,85	0,50	4,50	117	0,9
FAW S	290 AW 02	S	1	27,3	0,85	0,50	4,50	113	0,8
FAW S	293 AW 02	S	1	17,7	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW O	294 AW 02	O	1	46,8	0,85	0,50	4,50	138	1,8
FAW N	295 AW 02	N	1	29,2	0,85	0,50	4,50	81	0,4
FAW O	121 AW 02	O	3	7,9	0,85	0,50	4,50	138	0,3
FAW O	001 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	127 AW 02	N	3	11,2	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW N	003 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW N	004 Tür AT	N	3	3,0	2,00	0,50	4,50	81	0,1
FAW O	134 AW 02	O	3	5,6	0,85	0,50	4,50	138	0,2
FAW O	002 Tür AT	O	3	3,0	2,00	0,50	4,50	138	0,3
FAW N	184 AW 02	N	4	5,8	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW W	187 AW 02	W	4	8,1	0,85	0,50	4,50	117	0,2
FAW N	189 AW 02	N	4	4,7	0,85	0,50	4,50	81	0,1
FAW S	209 AW 02	S	5	19,3	0,85	0,50	4,50	113	0,5
FAW N	215 AW 02	N	5	14,7	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FAW W	216 AW 02	W	5	24,2	0,85	0,50	4,50	117	0,7
FAW N	217 AW 02	N	5	12,1	0,85	0,50	4,50	81	0,2
FD N	219 Dach B	N	1	16,2	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD S	220 Dach B	S	1	13,2	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD W	221 Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD O	222 Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0

FD	W	223	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	224	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	N	225	AW 03	W	1	21,4	0,94	0,50	4,50	117	0,7
FAW	N	226	AW 03	N	1	4,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FD	N	234	Dach B	N	1	17,3	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	S	235	Dach B	S	1	37,2	0,24	0,50	4,50	194	0,4
FD	S	236	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	237	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	238	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	239	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	240	Dach	W	1	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	241	Dach	O	1	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	242	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	S	243	Dach B	S	1	1,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	244	Dach	W	1	0,5	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	245	Dach	O	1	0,5	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	246	Dach B	S	1	1,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FD	W	247	Dach	W	1	0,7	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	248	Dach	O	1	0,7	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FD	S	249	Dach B	S	1	2,6	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	S	250	AW 03	S	1	14,2	0,94	0,50	4,50	113	0,4
FAW	N	251	AW 03	N	1	4,1	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	252	AW 03	O	1	21,2	0,94	0,50	4,50	138	0,9
FD	N	57	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	W	58	Dach B	W	3	13,5	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FD	O	59	Dach B	O	3	14,8	0,24	0,50	4,50	194	0,2
FD	N	60	Dach B	N	3	16,4	0,24	0,50	4,50	145	0,1
FD	O	61	Dach B	O	3	0,7	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	N	62	AW 03	N	3	3,4	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	W	67	AW 03	W	3	2,0	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FAW	N	75	AW 03	N	3	3,2	0,94	0,50	4,50	81	0,1
FAW	O	76	AW 03	O	3	1,8	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	78	AW 03	N	3	10,0	0,94	0,50	4,50	81	0,2
FD	W	166	Dach B	W	4	5,9	0,24	0,50	4,50	174	0,1
FAW	N	167	AW 03	N	4	2,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FAW	W	168	AW 03	W	4	2,2	0,94	0,50	4,50	117	0,1
FD	O	170	Dach B	O	4	4,0	0,24	0,50	4,50	194	0,0
FAW	O	171	AW 03	O	4	2,2	0,94	0,50	4,50	138	0,1
FAW	N	172	AW 03	N	4	1,5	0,94	0,50	4,50	81	0,0
FD	S	192	Dach B	S	5	8,3	0,24	0,50	4,50	194	0,1
FD	W	193	Dach	W	5	0,6	0,24	0,50	4,50	188	0,0
FD	O	194	Dach	O	5	0,6	0,24	0,50	4,50	205	0,0
FAW	S	196	AW 03	S	5	2,6	0,94	0,50	4,50	113	0,1

1.353,4

36,7

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

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 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh

über Fenster ...

<1> 01 Klassen	2.813	2.141	805	559	1.036	931	2.264	28.951
<2> 02 Sanitär	106	70	30	17	30	39	86	1.283
<3> 03 Verkehr	861	640	229	155	310	284	715	9.419
<4> 04 Technik	327	246	90	62	119	107	267	3.443
<5> 05 Büro	363	310	113	84	167	128	297	3.529
<6> 06 Speiser	116	71	30	18	27	37	91	1.317
über opake ...								
<1> 01 Klassen	300	147	-	-	28	4	184	3.315
<2> 02 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> 03 Verkehr	148	71	-	-	9	2	95	1.867
<4> 04 Technik	107	53	-	-	10	1	66	1.288
<5> 05 Büro	42	19	-	-	4	1	25	502
<6> 06 Speiser	6	5	-	-	1	0	4	48
	5.188	3.773	1.296	894	1.740	1.533	4.094	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	7.257	7.714	7.737	7.128	6.608			54.963

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	804	80,4	16,1	0,0	96,5
<2> 02 Sanitär	95	-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	550	-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	207	-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro	116	3,5	4,9	0,0	8,4
<6> 06 Speiseraum	113	10,4	0,9	0,0	11,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> 01 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager		-	-	0,0	0,0
<5> 05 Büro		-	-	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 01 Klassenzimmer	0,0	10,4	3,6	0,0	0,0
<2> 02 Sanitär	0,0	2,3	0,4	0,2	0,0
<3> 03 Verkehrsflächen	0,0	2,9	2,5	0,0	0,0
<4> 04 Technik/Lager	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0

<5> 05 Büro	0,0	4,5	0,5	0,0	0,0
<6> 06 Speiseraum	0,0	2,9	0,5	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,r}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
<1> 01 Klassenzimmer	853	763	0	667	146	0,218
<2> 02 Sanitär	59	13	263	48	4	0,084
<3> 03 Verkehrsflächen	503	66	0	213	16	0,076
<4> 04 Technik/Lager	341	25	0	136	5	0,040
<5> 05 Büro	142	52	0	81	19	0,235
<6> 06 Speiseraum	93	76	0	71	16	0,222

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> 01 Klassenzimmer	50	1617	24,86	2,55	0,984	1,000
<2> 02 Sanitär	50	335	14,19	1,89	0,992	1,000
<3> 03 Verkehrsflächen	50	569	48,37	4,02	1,000	1,000
<4> 04 Technik/Lager	50	365	28,33	2,77	1,000	1,000
<5> 05 Büro	50	194	29,93	2,87	0,988	0,999
<6> 06 Speiseraum	50	169	33,27	3,08	0,992	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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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	17,0	17,0	17,3	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,1	17,2	17,0
$T_{i, 2}$	°C	17,0	17,0	17,2	18,0	18,9	19,4	19,8	19,7	18,9	18,1	17,1	17,0
$T_{i, 3}$	°C	14,4	14,6	15,0	15,7	16,5	17,0	17,3	17,3	16,6	15,8	14,9	14,4
$T_{i, 4}$	°C	15,3	15,4	15,7	16,2	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,3
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,1	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,2	17,0
$T_{i, 6}$	°C	17,0	17,0	17,4	18,2	19,0	19,4	19,8	19,8	19,0	18,2	17,3	17,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 2}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0
$T_{i, 3}$	°C	13,0	13,0	13,5	14,8	16,2	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,3	13,0
$T_{i, 4}$	°C	13,0	13,0	13,4	14,7	16,1	16,9	17,6	17,5	16,2	14,8	13,2	13,0
$T_{i, 5}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,0	19,7	19,6	18,3	16,9	16,0	16,0
$T_{i, 6}$	°C	16,0	16,0	16,0	16,9	18,3	19,1	19,7	19,6	18,4	17,0	16,0	16,0

Zone <1> 01 Klassenzimmer

(Ref-No 5.7.1)

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 $\Delta Q_{\text{C,b,WE}}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,\text{Jan}} = 17,0$ °C und $Q_l = 96,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,\text{Jan}} = 16,0$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

η_{source}		0,782	0,913	0,978	0,988	0,984	0,982	0,953	0,756
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,741	0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,736
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.188	712	689	712	712	643	712	8.298
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.472	3.593	6.910	9.256	8.900	7.516	5.975	48.147
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	693	2.710	3.974	3.682	3.065	1.830	16.016
Q_T	kWh	2.704	5.146	7.711	9.932	9.869	8.398	7.624	62.138
Q_V	kWh	1.554	2.959	4.357	5.553	5.518	4.702	4.327	35.155
Q_S^*	kWh	2.377	2.150	795	555	1.054	925	2.374	20.242
Q_I^*	kWh	1.379	1.693	1.808	1.921	1.897	1.697	1.789	16.631

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone <2> 02 Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,673	1,000	0,988	0,992	0,992	0,987	0,962	0,691
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,838
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	93	84	82	84	84	76	84	834
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	4.905
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	169	450	712	685	551	386	3.041
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	66	183	272	264	213	150	1.176
Q_T	kWh	187	356	532	688	684	582	525	4.298
Q_V	kWh	-173	-5	181	369	349	269	142	-205
Q_S^*	kWh	87	70	30	17	30	39	84	765
Q_I^*	kWh	26	46	50	56	54	48	47	398

Zone <3> 03 Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,927	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,736
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,772	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,690
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	330	488	472	488	488	440	488	4.578
t_h	h	323	744	720	744	744	672	744	5.294
$Q_{h,b,RE}$	kWh	277	1.501	2.740	3.508	3.379	2.886	2.364	18.385
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	224	1.151	1.792	1.682	1.357	818	7.023
Q_T	kWh	764	2.193	3.650	4.816	4.782	4.042	3.596	26.984
Q_V	kWh	101	289	480	634	629	532	473	3.552
Q_S^*	kWh	865	709	229	155	319	286	809	6.083
Q_I^*	kWh	54	80	108	131	126	109	99	826

Zone <4> 04 Technik/Lager
(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,962	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,886	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,739
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	214	183	177	183	183	166	183	1.706
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	328	1.018	1.813	2.327	2.261	1.931	1.629	12.415
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	341	893	1.312	1.256	1.033	736	5.772
Q_T	kWh	536	1.539	2.562	3.387	3.363	2.844	2.525	18.961
Q_V	kWh	39	111	184	243	242	204	181	1.362
Q_S^*	kWh	402	296	90	62	129	108	332	2.833
Q_I^*	kWh	8	16	26	34	33	28	23	189

Zone <5> 05 Büro
(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 8,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,827	0,924	0,985	0,992	0,988	0,988	0,965	0,793
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,814	0,974	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992	0,842
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	198	103	100	103	103	93	103	1.112
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	201	424	847	1.126	1.070	914	723	5.843
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	152	474	678	629	534	355	2.901
Q_T	kWh	452	860	1.290	1.657	1.647	1.401	1.275	10.381
Q_V	kWh	117	224	331	422	419	357	328	2.665
Q_S^*	kWh	333	312	112	84	170	128	314	2.992
Q_I^*	kWh	175	207	221	236	232	207	218	2.104

Zone <6> 06 Speiseraum

(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 11,3 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,846	0,961	0,988	0,993	0,992	0,991	0,982	0,834
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,939
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	79	100	96	100	100	90	100	936
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.229
$Q_{h,b,RE}$	kWh	140	425	722	950	939	787	682	5.204
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	129	294	422	414	340	254	1.946
Q_T	kWh	297	566	847	1.087	1.080	919	838	6.817
Q_V	kWh	157	299	441	558	555	473	438	3.546
Q_S^*	kWh	111	75	30	18	28	37	94	1.113
Q_I^*	kWh	198	237	243	256	255	228	245	2.438

Summe Heizwärmebedarf (Ref-No 5.7.7)

	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/ (m ² a)
<1> 01 Klassenzimme	62.138	35.155	20.242	16.631	64.163	79,8
<2> 02 Sanitär	4.298	-205	765	398	4.217	44,3
<3> 03 Verkehrsfläc	26.984	3.552	6.083	826	25.409	46,2
<4> 04 Technik/Lage	18.961	1.362	2.833	189	18.188	87,9
<5> 05 Büro	10.382	2.665	2.992	2.104	8.744	75,2
<6> 06 Speiseraum	6.817	3.546	1.113	2.438	7.150	63,5
	129.580	46.076	34.028	22.586	127.870	67,8

RLT-Systeme (DIN V 18599-3) (Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<2> 02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1427 / 1427 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

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

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

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
<2> 02 Sanitär	1427	276	0,40	0,40	219

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> 02 Sanitär	212	219	212	219	219	197	219	
...	212	219	212	219	219			2.574
	212	219	212	219	219	197	219	

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (16), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich			Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1	<1>	Fassade Süd	Süd	1	300	170,4	56,5	gut	86
2	<1>	Fassade West	West	1	300	203,7	67,5	gut	87
3	<1>	Fassade Nord	Nord	1	300	67,9	22,5	gut	89
4	<2>	Fassade Nord	Nord	2	200	18,7	6,2	gut	89
5	<2>	Fassade Ost	Ost	2	200	8,8	2,9	gut	87
6	<3>	Fassade Süd	Süd	3	100	44,3	10,8	mittel	83
7	<3>	Fassade West	West	3	100	29,4	7,2	mittel	82
8	<3>	Fassade Ost	Ost	3	100	105,2	25,8	mittel	82
9	<4>	Fassade Süd	Süd	4	100	16,5	5,5	gut	86
10	<4>	Fassade West	West	4	100	19,1	6,3	gut	87
11	<4>	Fassade Ost	Ost	4	100	13,2	4,4	gut	87
12	<5>	Fassade Süd	Süd	5	500	36,2	12,0	gut	79
13	<5>	Fassade West	West	5	500	5,7	1,9	gut	77
14	<5>	Fassade Nord	Nord	5	500	5,7	1,9	gut	75
15	<6>	Fassade West	West	6	300	14,9	4,9	gut	87
16	<6>	Fassade Nord	Nord	6	300	11,2	3,7	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	AKTL [m ²]
<1> 01 Klassenzimmer	804	442	362
<2> 02 Sanitär	95	28	68
<3> 03 Verkehrsflächen	550	179	372
<4> 04 Technik/Lager	207	49	158
<5> 05 Büro	116	48	69
<6> 06 Speiseraum	113	26	86

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	86	60	56	50	45	42	40
2 <1> Fassade West	1	87	60	56	49	45	42	39
3 <1> Fassade Nord	1	89	60	55	48	44	40	38
4 <2> Fassade Nord	2	89	60	55	48	44	40	38
5 <2> Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39
6 <3> Fassade Süd	3	83	55	61	56	52	49	47
7 <3> Fassade West	3	82	55	62	56	52	49	48
8 <3> Fassade Ost	3	82	55	62	56	52	49	48
9 <4> Fassade Süd	4	86	60	56	50	45	42	40
10 <4> Fassade West	4	87	60	56	49	45	42	39
11 <4> Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39
12 <5> Fassade Süd	5	79	57	62	57	53	50	48
13 <5> Fassade West	5	77	57	63	57	54	51	49
14 <5> Fassade Nord	5	75	57	64	58	55	52	50
15 <6> Fassade West	6	87	60	56	49	45	42	39
16 <6> Fassade Nord	6	89	60	55	48	44	40	38

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung
(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,6	0,76	51	1068	0	31
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	37
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,6	0,76	50	1068	0	12
4 <2> Fassade Nord	2	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	5
5 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	2
6 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	3
7 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	2
8 <3> Fassade Ost	3	100	9-1-1	1,8	0,24	32	610	50	7
9 <4> Fassade Süd	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
10 <4> Fassade West	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
11 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	1,3	0,07	8	175	14	0
12 <5> Fassade Süd	5	500	9-1-1	6,5	0,71	96	1818	148	26
13 <5> Fassade West	5	500	9-1-1	6,5	0,71	97	1818	148	4
14 <5> Fassade Nord	5	500	9-1-1	6,5	0,71	98	1818	148	4
15 <6> Fassade West	6	300	9-1-1	4,0	0,53	63	1335	109	4
16 <6> Fassade Nord	6	300	9-1-1	4,0	0,53	62	1335	109	3
17 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,76	0	1068	0	117
18 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	31
19 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,24	0	610	50	38
20 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,3	0,07	0	175	14	3
21 A in <5> ohne TL	5	500	9-1-1	6,5	0,71	0	1818	148	75
22 A in <6> ohne TL	6	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1335	109	42

446

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.885 m²
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}
(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 01 Klassen	159	171	174	190	177	153	163	1.961
<2> 02 Sanitär	37	38	38	40	39	35	38	448
<3> 03 Verkehr	46	49	48	51	50	44	48	569
<4> 04 Technik	4	4	4	4	4	4	4	47
<5> 05 Büro	71	75	74	79	76	67	73	869

<6> 06 Speiser	47	49	48	51	50	44	48	571
	363	386	386	414	395	346	373	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	355	363	351	364	368			4.465

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

Kühlenergiebedarf

(Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> 01 Klassenzimmer	116	237	2,034	50,000	24,86	0,447
<2> 02 Sanitär	5	9	1,676	50,000	14,19	0,479
<3> 03 Verkehrsflächen	41	53	1,298	50,000	48,37	0,686
<4> 04 Technik/Lager	26	21	0,800	50,000	28,33	0,811
<5> 05 Büro	14	28	1,970	50,000	29,93	0,469
<6> 06 Speiseraum	12	20	1,681	50,000	33,27	0,540

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez Jul kWh	Jan Aug kWh	Feb Sep kWh	Mär Okt kWh	Apr Nov kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> 01 Klassen	15	22	22	85	373	904	1.501	
...	2.223	1.944	583	159	26			7.857
<2> 02 Sanitär	0	0	0	1	7	45	125	
...	240	175	19	2	0			615
<3> 03 Verkehr	-	-	-	-	5	32	121	
...	284	162	5	-	-			609

<4> 04 Technik	-	-	-	0	3	12	32	
...	68	41	3	0	-			159
<5> 05 Büro	1	2	2	8	37	92	156	
...	248	229	67	18	2			861
<6> 06 Speiser	1	1	1	3	11	39	84	
...	160	128	26	6	2			461

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,\text{max}}$
(Ref-No 5.11.2)

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

Zone	$t_{c, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{c, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{c, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> 01 Klassenzimmer	9	45,2	38,6	nein
<2> 02 Sanitär	13	1,3	-0,1	nein
<3> 03 Verkehrsflächen	13	12,3	9,2	nein
<4> 04 Technik/Lager	13	5,7	3,9	nein
<5> 05 Büro	13	4,5	4,2	nein
<6> 06 Speiseraum	13	2,4	1,5	nein
		71,4	57,3	

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)
(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser
(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
<1> 01 Klassenzimmer	nicht relevant			-
<2> 02 Sanitär	Schule ohne Dus	0,400 Person	165	1.121 a
<3> 03 Verkehrsfläch	nicht relevant			-

<4> 04 Technik/Lager nicht relevant
 <5> 05 Büro nicht relevant
 <6> 06 Speiseraum nicht relevant

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

a)

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	2/	1,00	13.200
2			

Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
 Verteilsystem: dezentral mit Erzeugern
 Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)
 mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation
 Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i		0 m			0 m		3 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							17,0 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w,b}$	kWh	1.085	1.121	1.085	1.121	1.121	1.013	1.121	13.200
$Q_{w,d,St}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54
$Q_{I,w,d}$	kWh	4	5	5	5	5	4	5	54

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

Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Solaranlage nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 24,0 kW (Strom-Mix)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
$Q_{w, f}$	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387

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

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

Q _{w,outg}	kWh	1.089	1.126	1.090	1.126	1.126	1.017	1.126	13.254
Q _{w,f}	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	13.387
W _{w,f}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	1.100	1.137	1.101	1.137	1.137	1.027	1.137	
...		1.100	1.137	1.100	1.136	1.136			13.387
Q _{I,w,<2>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung Q_{h,max}

(Ref-No 5.13.1)

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

Zone	Q _{T,max} kW	Q _{V,max} kW	V _{mech} m³/h	Q _{V,mech} kW	Φ _{h,max} kW
<1> 01 Klassenzimmer	27,3	12,2	0	0,0	39,5
<2> 02 Sanitär	1,9	0,2	1426	6,2	8,3
<3> 03 Verkehrsflächen	16,1	1,1	0	0,0	17,1
<4> 04 Technik/Lager	10,9	0,4	0	0,0	11,3
<5> 05 Büro	4,6	0,8	0	0,0	5,4
<6> 06 Speiseraum	3,0	1,2	0	0,0	4,2

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} * V = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		*	127.870	85,9	94,5
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.870

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone <1> 01 Klassenzimmer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.378
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	6	6	6	6	6	6	6	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	184
$t_{h,rL} <1>$	h/m	101	119	131	146	146	129	134	1.101

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.424	8.736	19.185	26.330	25.161	21.125	15.903	127.870
$Q_{h,ce}$	kWh	929	1.819	2.638	2.944	2.831	2.518	2.272	18.295
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.353	10.555	21.823	29.273	27.991	23.643	18.175	146.165

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

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,

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2011) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 1
Etagenringtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1059,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,00 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 142 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	398,0 m	23,3 m	53,0 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, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,05	0,17	0,35	0,46	0,44	0,41	0,28	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,2	27,5	33,5	36,5	35,9	35,1	31,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,1	25,0	29,0	31,0	30,6	30,1	27,6	
$Q_{h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007
$W_{h,d}$	kWh	15	22	34	44	42	36	31	257
$Q_{I,h,d}$	kWh	26	74	146	198	191	161	126	1.007

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

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

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3
Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.380	10.629	21.969	29.471	28.182	23.804	18.301	147.172

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 1000$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 4,8$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)
 $Q_{l,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (unregelmäßige Wärmeeinträge, Gl.69)
 $W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	26	31	34	33	33	30	
$Q_{h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324
$W_{h,s}$	kWh	3	9	18	25	24	20	15	130
$Q_{l,h,s}$	kWh	10	25	44	55	53	46	38	324

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

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 3,09

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.390	10.654	22.013	29.526	28.235	23.849	18.339	147.495
$Q_{h,f}$	kWh	973	3.158	6.210	7.052	7.027	6.067	5.496	39.353
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	1.824	7.133	5.814	4.400	390	19.561
$Q_{h,f, aux}$	kWh	213	680	1.312	1.471	1.469	1.272	1.164	8.311

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.885 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel nach 1994 (282), $P_n = 94,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,940$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,000$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0065 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 9,00 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 3,16 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,19 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,399 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,133 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit}$ = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 ($d_{h,rB} > 1$)
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n$ = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen}$ = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung
 $W_{h,gen}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192
 $Q_{l,h,gen}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	0	0	1.824	7.133	5.814	4.400	390	19.561
$\beta_{h,1}$		0,00	0,00	0,15	0,52	0,42	0,36	0,03	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	4	11	208	733	609	468	58	2.090

$Q_{h,f}$	kWh	4	11	2.032	7.866	6.423	4.868	448	21.651
$W_{h,gen}$	kWh	11	11	18	40	35	28	13	209
$Q_{I,h,gen}$	kWh	3	7	15	20	19	16	13	92

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

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	977	3.169	8.242	14.918	13.451	10.935	5.943	61.004
W_h	kWh	242	723	1.383	1.579	1.571	1.356	1.223	
	...	542	213	46	11	19			8.907
eco-Strom	kWh	973	3.158	6.210	7.052	7.027	6.067	5.496	
	...	2.348	861	141	-	20			39.353
Erdgas	kWh	-	-	2.030	7.858	6.417	4.868	452	
	...	-	-	-	-	-			21.624
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,6	1,5	2,9	3,8	3,6	3,4	2,4	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,4	1,0	2,0	2,6	2,5	2,3	1,7	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,4	0,7	1,0	0,9	0,9	0,6	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
Stromangebot aus Photovoltaikanlage

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf kWh		2.890	5.622	9.291	10.402	10.349	8.994	8.448	68.685
Stromangebot kWh		1.729	1.009	418	231	360	576	1.297	19.251
anrechenbar kWh		1.729	1.009	418	231	360	576	1.297	16.231

Jahres-Stromproduktion = 19.251 kWh/a, Strombedarf = 68.685 kWh/a, anrechenbar = 16.231 kWh/a

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q _P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	2/	13.387	1,80	1,00	24.096
eco-Strom	Heizwärme		39.353	1,80	1,00	70.835
Erdgas	Heizwärme	*	21.624	1,10	1,11	21.430
Strom-Mix	Beleuchtung	**	4.465	1,80	1,00	8.037
Strom-Mix	Hilfsenergie		11.481	1,80	1,00	20.666
Strom-Mix	Stromgutschrift		-16.231	1,80	1,00	-29.215
Σ [kWh/Jahr]			74.078			115.849

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 115.849 / 1.885 = 61,5$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.885$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 74.078 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = $13386,5 + 39352,6 + 19481,4 + 4464,9 + 11480,8 - 16230,8 = 71935$ kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,1 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,5 kWh/(m²a), eco-Strom 20,9 kWh/(m²a), Erdgas 11,5 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -8,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Strom-Mix	13.387	560	7.497	
eco-Strom	39.353	560	22.038	
Erdgas	19.481	240	4.676	
Strom-Mix	4.465	560	2.500	
Strom-Mix	11.481	560	6.429	
Strom aus PV	-	489	-7.942	
	88.167		35.197	18,7

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = $- 43139,1 / 88167,0 \cdot 16231 = -7.942$ kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
	m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
<1> 01 Klassenzim	804	-	1.961	-	-	30.610	32.572
<2> 02 Sanitär	95	-	448	-	13.389	2.013	15.850
<3> 03 Verkehrsfl	550	-	569	-	-	12.122	12.691
<4> 04 Technik/La	207	-	47	-	-	8.675	8.722
<5> 05 Büro	116	-	869	-	-	4.173	5.043
<6> 06 Speiseraum	113	-	571	-	-	3.409	3.980
Gebäude	1.885	-	4.465	-	13.386	61.003	78.855

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,0	67,8	78,6
Endenergiebedarf	1,4	2,4	0,0	7,1	37,1	47,9
Primärenergiebedarf	2,5	4,3	0,0	12,8	57,4	77,0

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

Primärenergie-Referenzwert

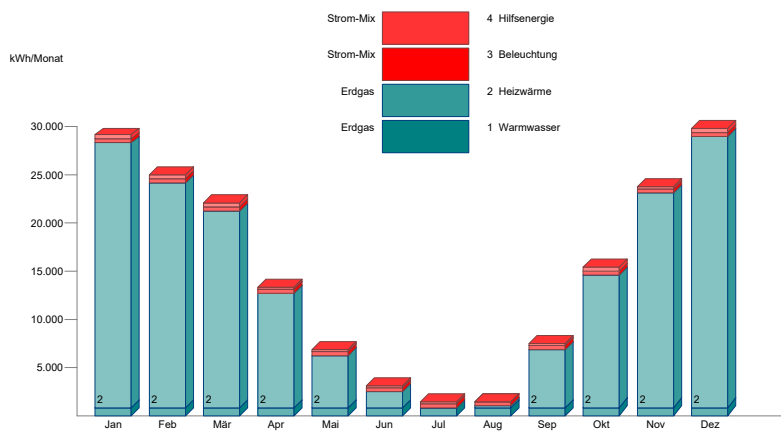
(Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 61,5 kWh/(m²a)

Anlage 8: energetische Bilanzierung Turnhalle Bestand

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



CEC 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 "Turnhalle Bestand"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.1.0)

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
01 Turnhalle	231 Turnhalle (o	200	17,8	15,5	361	2579
02 Sanitär	216 WC und Sanit	200	19,2	17,1	92	323
03 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	200	15,2	13,9	36	178
04 Technik	220 Lager, Techn	200	15,2	13,9	14	46
05 Lehrer	217 Sonstige Auf	200	19,2	17,0	14	46
					516	3.173

Gebäude, $A_{NGF} = 515,9\text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.2.0)

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
Dachflächen						
1 FD Dachfläche	N 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3
2 FD Dachfläche	S 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3

3	FD	Dachfläche	N	1:0	62,8	0,28	##	1,00	FD	02	50	17,8
4	FD	Dachdecke	-	1:0	181,7	0,28	##	0,80	FDd	02	50 06	41,1
5	FD	Dachfläche	W	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
6	FD	Dachfläche	O	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
7	FD	Dachfläche	O	4:0	19,2	0,28		1,00	FD	02	50	5,4
8	FD	Dachfläche	W	5:0	19,2	0,28	##	1,00	FD	02	50	5,4
9	FF	Dachfenster	W	3:0	30,0	2,80		1,00	FF	50	71 02	84,0
Außenwände												
10	FAW	Nord	N	1:0	129,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	192,8
11	FAW	Ost	O	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
12	FAW	Ost	O	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
13	FAW	Ost	O	4:0	8,7	1,49		1,00	FAW	02	50	12,9
14	FAW	Ost	O	5:0	4,8	1,49	##	1,00	FAW	02	50	7,1
15	FAW	Süd	S	1:0	83,4	1,49	##	1,00	FAW	02	50	124,1
17	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
34	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
18	FAW	West	W	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
19	FAW	West	W	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
20	FAW	West	W	4:0	4,8	1,49		1,00	FAW	02	50	7,1
21	FAW	West	W	5:0	8,7	1,49	##	1,00	FAW	02	50	12,9
Fenster												
22	FF	Nord	N	1:0	8,4	1,90		1,00	FF	50	02	16,0
23	FF	Ost	O	2:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
24	FF	Ost	O	4:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
25	FF	Süd	S	1:0	13,2	1,90		1,00	FF	50	02	25,1
26	PRF	Süd	S	3:0	7,5	2,20		1,00	FF	50	75 02	16,5
27	FF	West	W	1:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
28	FF	West	W	1:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
Grundflächen												
29	FG		-	1:0	406,0	0,44	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	79,5
30	FG		-	2:0	114,8	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	23,1
31	FG		-	3:0	39,6	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	8,0
32	FG		-	4:0	18,5	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7
33	FG		-	5:0	18,5	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7

$\Sigma A [m^2] = 1.893,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.342,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 597,00 / 55,50 = 10,76$ 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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 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.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert

bilanziert wird.
71 Glasdach
75 Vorhangfassade

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 129,6 \text{ W/K}$ (9,7 %, 0,068 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
01 Turnhalle	995	79	0	1075	0	0
02 Sanitär	144	23	0	167	0	0
03 Verkehrsfläche	104	8	0	112	0	0
04 Technik	32	4	0	36	0	0
05 Lehrer	78	4	0	82	0	0
	1354	118		1472		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.472,3 / 1.893,2 = \mathbf{0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,67	1,90		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,42	1,90	2,20	2,80

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 67,5\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²		H _T W/K	
Turnhalle Dachoberlicht	2,80		30	2 %	84	6 %
Turnhalle Außenwand	1,49		598	32 %	889	66 %
Turnhalle Boden Sanitärber	0,45		191	10 %	39	3 %
Turnhalle Dach	0,28		291	15 %	82	6 %
Turnhalle Dachdecke	0,28		182	10 %	41	3 %
Turnhalle Dach Sanitärbere	0,28		152	8 %	43	3 %
Turnhalle Fenster	1,90		36	2 %	68	5 %
Turnhalle PRF	2,20		8	0 %	17	1 %
Turnhalle Sportboden	0,44		406	21 %	79	6 %
			1893	100 %	1.343	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 6 \cdot 1893 / 3173 = 3,58 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 () für die Zonen

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m, ZUL}$ h^{-1}	$t_{v, m}$ h/d
01 Turnhalle	-	3,24	3,00	0,42	0,23	0,27	-	-
02 Sanitär	-	5,38	15,00	4,29	0,38	0,10	4,29	13
03 Verkehrsfläche	-	2,60	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
04 Technik	-	6,88	0,15	0,04	0,48	0,11	-	-
05 Lehrer	-	10,70	7,00	2,06	0,75	0,66	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
01 Turnhalle			0,00	0,00	0,23	0,10		
02 Sanitär			0,00	0,00	0,38	0,10		
03 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,18	0,10		

04 Technik	0,00	0,00	0,48	0,10
05 Lehrer	0,00	0,00	0,75	0,12

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
 mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 /
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
01 Turnhalle	2.579	0	199	235	434	0	15,2
02 Sanitär	323	0	41	11	52	256	
03 Verkehrsfläche	178	0	11	6	17	0	
04 Technik	46	0	8	2	9	0	
05 Lehrer	46	0	12	10	22	0	
		0	270	265	535	256	
⇒ WE-Betrieb ...							
01 Turnhalle		0	199	88	286		
02 Sanitär		0	41	11	52		
03 Verkehrsfläche		0	11	6	17		
04 Technik		0	8	2	9		
05 Lehrer		0	12	2	14		
		0	270	108	379		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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 m²	I _{S,Jan/Jul} W/m²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 FF Dachfenster	3	21,00	17/ 117	57/ 57	7100
22 FF Nord	1	5,88	10/ 81	42/ 42	"
23 FF Ost	2	3,78	25/ 138	42/ 42	"
24 FF Ost	4	1,26	25/ 138	42/ 42	"
25 FF Süd	1	9,24	59/ 113	42/ 42	"
26 PRF Süd	3	5,25	59/ 113	42/ 42	"
27 FF West	1	3,78	17/ 117	42/ 42	"

28 FF West	1	1,26	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,5
51,60						16/ 68

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen 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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone		A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 FD Dachfläche	N	1	114,2	0,28	0,50	4,50	145	0,9
2 FD Dachfläche	S	1	114,2	0,28	0,50	4,50	194	1,6
3 FD Dachfläche	N	1	62,8	0,28	0,50	4,50	210	1,0
4 FD Dachdecke	-	1	181,7	0,28	0,50	4,50	210	4,1
5 FD Dachfläche	W	2	56,7	0,28	0,50	4,50	117	0,6
6 FD Dachfläche	O	2	56,7	0,28	0,50	4,50	205	0,9
7 FD Dachfläche	O	4	19,2	0,28	0,50	4,50	205	0,3
8 FD Dachfläche	W	5	19,2	0,28	0,50	4,50	188	0,3
10 FAW Nord	N	1	129,6	1,49	0,50	4,50	81	3,3
11 FAW Ost	O	1	135,0	1,49	0,50	4,50	138	9,0
12 FAW Ost	O	2	28,2	1,49	0,50	4,50	138	1,9
13 FAW Ost	O	4	8,7	1,49	0,50	4,50	138	0,6
14 FAW Ost	O	5	4,8	1,49	0,50	4,50	138	0,3
15 FAW Süd	S	1	83,4	1,49	0,50	4,50	113	4,1
17 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
34 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
18 FAW West	W	1	135,0	1,49	0,50	4,50	117	6,9
19 FAW West	W	2	28,2	1,49	0,50	4,50	117	1,5
20 FAW West	W	4	4,8	1,49	0,50	4,50	117	0,2
21 FAW West	W	5	8,7	1,49	0,50	4,50	117	0,4
1.222,3								39,3

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t$ (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 = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.9 = 4.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
01 Turnhalle	541	429	162	115	217	188	437	5.515
02 Sanitär	96	65	23	14	30	31	81	1.130
03 Verkehrsflä	876	593	226	146	248	263	695	9.343
04 Technik	32	22	8	5	10	10	27	377
05 Lehrer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
01 Turnhalle	451	187	-	-	26	3	270	5.625
02 Sanitär	59	8	-	-	-	-	29	822
03 Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
04 Technik	13	2	-	-	-	-	6	191
05 Lehrer	65	44	-	-	10	1	42	604
	2.131	1.349	419	279	541	497	1.586	23.607

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)
(Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
01 Turnhalle	361	22,7	-	0,0	22,7
02 Sanitär	92	-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche	36	-	-	0,0	0,0
04 Technik	14	-	-	0,0	0,0
05 Lehrer	14	1,3	0,1	0,0	1,4
⇒ WE-Betrieb ...					
01 Turnhalle		-	-	0,0	0,0
02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
04 Technik		-	-	0,0	0,0
05 Lehrer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
01 Turnhalle	0,0	19,7	4,6	0,0	0,0
02 Sanitär	0,0	2,4	1,7	4,1	0,0
03 Verkehrsfläche	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0
04 Technik	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
05 Lehrer	0,0	0,6	0,2	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert
 Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)
 $Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme
 $Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
 $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
 $Q_{l,rv}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
01 Turnhalle	1075	434	0	639	55	0,087
02 Sanitär	167	52	256	132	9	0,071
03 Verkehrsfläche	112	17	0	48	9	0,189
04 Technik	36	9	0	16	1	0,038
05 Lehrer	82	22	0	46	3	0,054
Zone	C_{wirk} Wh/ (m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
01 Turnhalle	50	1509	11,95	1,75	0,987	0,999
02 Sanitär	50	475	9,73	1,61	0,987	1,000
03 Verkehrsfläche	50	129	13,81	1,86	0,963	0,958
04 Technik	50	45	14,98	1,94	0,998	0,998
05 Lehrer	50	104	6,53	1,41	0,984	0,998

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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 °C	31 1,0	28 1,9	31 4,7	30 9,2	31 14,1	30 16,7	31 19,0	31 18,6	30 14,3	31 9,5	30 4,1	31 0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	17,9	17,8
$T_{i,2}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
$T_{i,3}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,5	15,2
$T_{i,4}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,2
$T_{i,5}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,5	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i,2}$	°C	17,1	17,3	17,8	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i,3}$	°C	13,9	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,4}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,7	17,0

Zone 01 Turnhalle (Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8 \text{ °C}$ und $Q_I = 22,7 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,955	0,984	0,989	0,987	0,987	0,973	0,769
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,931	0,990	0,999	0,999	0,999	0,999	0,993	0,799
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	142	297	309	319	319	289	319	2.652
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.080
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.697	4.723	7.877	10.115	9.925	8.449	7.382	56.457
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.120	2.942	5.032	6.438	6.289	5.367	4.618	35.498
Q_T	kWh	3.171	6.624	10.054	12.683	12.610	10.797	9.971	77.773
Q_V	kWh	1.099	2.295	3.484	4.399	4.373	3.743	3.455	26.959
Q_S^*	kWh	876	598	161	114	241	190	694	7.169
Q_I^*	kWh	605	745	797	862	853	759	795	7.239

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone 02 Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,948	0,968	0,985	0,987	0,987	0,985	0,971	0,963
$\eta_{source,WE}$		0,985	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,930
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	82	79	82	82	74	82	733
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.471
$Q_{h,b,RE}$	kWh	303	924	1.540	2.037	1.993	1.685	1.420	10.918
$Q_{h,b,WE}$	kWh	261	562	892	1.120	1.100	939	825	6.505
Q_T	kWh	684	1.214	1.733	2.154	2.142	1.843	1.723	14.331
Q_V	kWh	134	467	815	1.110	1.088	916	771	5.342
Q_S^*	kWh	149	72	23	14	30	31	108	1.781
Q_I^*	kWh	106	126	144	161	159	140	141	1.488

Zone 03 Verkehrsfläche (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,492	0,822	0,954	0,982	0,963	0,947	0,779	0,566
$\eta_{source,WE}$		0,482	0,807	0,948	0,981	0,958	0,938	0,743	0,546
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	23	31	32	32	29	32	305
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.145
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	97	482	688	632	516	300	2.802
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	304	459	413	331	162	1.706
Q_T	kWh	185	532	886	1.142	1.135	968	873	6.484
Q_V	kWh	28	81	135	174	173	147	133	985
Q_S^*	kWh	427	483	215	143	239	248	530	3.268
Q_I^*	kWh	2	12	20	26	24	20	14	127

Zone 04 Technik (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,991	0,990	0,999	0,999	0,998	0,998	0,989	0,878
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	0,989	0,999	0,999	0,998	0,998	0,987	0,871
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	9	12	12	12	11	12	83
t_h	h	633	744	720	744	744	672	744	6.326
$Q_{h,b,RE}$	kWh	20	117	215	278	271	230	192	1.430
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	72	141	187	182	153	122	920
Q_T	kWh	60	171	285	368	366	312	281	2.088
Q_V	kWh	15	44	73	94	93	80	72	533
Q_S^*	kWh	45	24	8	5	10	10	33	430
Q_I^*	kWh	2	4	6	8	8	7	6	46

Zone 05 Lehrer

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 1,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,893	0,952	0,984	0,987	0,984	0,986	0,967	0,927
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,941	0,981	0,999	0,999	0,998	0,999	0,987	0,960
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	12	12	12	12	11	12	108
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	190	389	605	766	749	644	569	4.595
$Q_{h,b,WE}$	kWh	132	265	416	516	503	436	388	3.134
Q_T	kWh	335	595	850	1.056	1.051	904	845	7.026
Q_V	kWh	76	134	192	239	237	204	190	1.585
Q_S^*	kWh	59	42	–	–	10	1	41	549
Q_I^*	kWh	30	34	37	40	40	36	37	400

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.6)

	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/ (m ² a)
01 Turnhalle	77.773	26.959	7.169	7.239	91.955	255,0
02 Sanitär	14.331	5.342	1.781	1.488	17.422	188,6
03 Verkehrsfläche	6.484	985	3.268	127	4.508	126,3
04 Technik	2.088	533	430	46	2.350	172,8
05 Lehrer	7.026	1.585	549	400	7.729	568,3
	107.702	35.405	13.196	9.300	123.964	240,3

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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**Strombedarf der Ventilatoren**

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_V, Jan kWh
02 Sanitär	1386	221	0,00	0,39	85

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
02 Sanitär	82	85	82	85	85	77	85	1.001
	82	85	82	85	85	77	85	1.001

 $V_{\text{mech, m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = $\text{h/Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$ $P_{V, \text{SUP}} / P_{V, \text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)**Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)**

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd	1	300	35,1	13,2	gut	87
2 <1> Fassade West	West	1	300	19,2	7,2	gut	88
3 <1> Fassade Nord	Nord	1	300	22,4	8,4	gut	91
4 <2> Fassade Ost	Ost	2	200	16,3	5,4	gut	87
5 <3> Fassade Süd	Süd	3	100	17,3	7,5	gut	87
6 <3> Fassade West	West	3	100	17,3	30,0	gut	93
7 <4> Fassade Ost	Ost	4	100	5,4	1,8	gut	87

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
01 Turnhalle	361	77	284
02 Sanitär	92	16	76
03 Verkehrsfläche	36	35	1
04 Technik	14	5	8
05 Lehrer	14	–	14

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

(Ref-No 5.10.2)

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL						
					Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	<1>	Fassade Süd	1	87	60	56	50	45	42	40	39
2	<1>	Fassade West	1	88	60	55	49	44	41	38	38
3	<1>	Fassade Nord	1	91	60	54	47	42	39	37	36
4	<2>	Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39	39
5	<3>	Fassade Süd	3	87	60	55	49	44	41	39	39
6	<3>	Fassade West	3	93	60	52	46	41	37	35	35
7	<4>	Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (12)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	25
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,7	0,85	99	2133	1055	13
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	15
4 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	4
5 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,60	72	1526	124	3
6 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
7 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
8 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	282
9 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	35
10 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	0
11 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	0
12 Zone <5> ohne TL	5	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	9

388

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 516 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l, f}

(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
01 Turnhalle	320	333	326	341	336	300	330	3.904
02 Sanitär	38	40	39	41	40	36	39	464

03 Verkehrsflä	4	5	5	6	5	4	4	55
04 Technik	0	0	0	1	0	0	0	5
05 Lehrer	9	9	9	9	9	9	9	111
	372	388	380	398	391	349	384	4.539

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{l,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser

(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$Q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
01 Turnhalle	nicht relevant			-
02 Sanitär	Sportanlage mit	1,800 Person	5	153 a
03 Verkehrsfläche	nicht relevant			-
04 Technik	nicht relevant			-
05 Lehrer	nicht relevant			-

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

Eingesetzte Warmwassersysteme

(Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	1.800
2			

Verteilungsnetze

(Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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 $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,31$ m³/h, $\Delta p = 16,3$ kPa, $P_{hydr} = 1,390$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 15,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i			117 m		3 m		79 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		19,2 °C		19,2 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

$Q_{w,b}$	kWh	148	153	148	153	153	138	153	1.800
$Q_{w,d,V}$	kWh	484	500	484	500	500	452	500	5.889
$Q_{w,d,S}$	kWh	13	13	13	14	14	12	14	156
$Q_{w,d,St}$	kWh	100	108	109	112	112	102	112	1.262
$Q_{w,d}$	kWh	597	622	606	626	626	566	626	7.307
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	46
$Q_{I,w,d}$	kWh	113	121	122	126	126	114	126	1.418

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 Sticleitungen (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

Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 500$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,9$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i $13,0^\circ\text{C}$ (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0^\circ\text{C}$

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 $P_p = 44$ 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 2									
Q _{w, outg}	kWh	745	775	754	779	779	704	779	9.107
Q _{w, s}	kWh	17	18	17	18	18	16	18	193
W _{w, s}	kWh	2	2	2	2	2	1	2	19

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Solaranlage nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger Gebläsekessel NT nach 1994 (270) 24,0 kW (Erdgas)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k, P_n} = 90,4 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0119$ kW
elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux, P_n} = 2069$ 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 2									
$Q_{w, outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$t_{w, P_n, d}$	h/d	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
$Q_{w, g}$	kWh	47	49	47	49	49	44	49	546
$Q_{w, f}$	kWh	809	841	818	846	846	764	846	9.845
$W_{w, gen}$	kWh	66	68	66	69	69	62	69	802

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

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$Q_{w,f}$	kWh	809	841	818	846	846	764	846	9.845
$W_{w,f}$	kWh	71	74	72	74	74	67	74	866
Erdgas	kWh	809	841	818	846	846	764	846	9.845
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,8	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
01 Turnhalle	34,4	6,9	0	0,0	41,3
02 Sanitär	5,3	0,8	1387	6,0	12,2
03 Verkehrsfläche	3,6	0,3	0	0,0	3,9
04 Technik	1,2	0,1	0	0,0	1,3
05 Lehrer	2,6	0,4	0	0,0	3,0

$Q_{T,max}$ = 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)

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	91.955	41,3	45,5

2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr 2/3/4/5/ 32.009 20,4 22,4
3

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ °K}$, $\theta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert
<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.817	7.665	12.909	16.553	16.214	13.816	12.001	91.955
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	915	2.447	4.594	6.050	5.842	4.934	3.979	32.009

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 01 Turnhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.080
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	200
$t_{h,rL} <1>$	h/m	285	337	372	413	412	365	380	3.396

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone 05 Lehrer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <5>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	13	13	13	13	13	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	225
$t_{h,rL} <5>$	h/m	218	258	285	316	315	279	290	2.923

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

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

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

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

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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$,

$\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0 \text{ °K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1 \text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15 \text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{\text{ce}} = 0,2+1,0+0,1547+1,2 = 2,55 \text{ °K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,\text{ce}} = Q_{h,\text{b}} \cdot \Delta\vartheta_{\text{ce}} / (T_{i,\text{h}} - T_{\text{e}})$ (Gl.34) (21,4%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: , $f_{h,\text{ce,aux}} = 0$

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

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{\text{ce}} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90 \text{ °K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,\text{ce}} = Q_{h,\text{b}} \cdot \Delta\vartheta_{\text{ce}} / (T_{i,\text{h}} - T_{\text{e}})$ (Gl.34) (14,1%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,\text{b}}$	kWh	2.817	7.665	12.909	16.553	16.214	13.816	12.001	91.955
$Q_{h,\text{ce}}$	kWh	1.647	2.218	2.381	2.493	2.456	2.211	2.307	19.698
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,\text{b}}$	kWh	915	2.447	4.594	6.050	5.842	4.934	3.979	32.009
$Q_{h,\text{ce}}$	kWh	293	457	579	629	611	543	523	4.499
$\Sigma Q_{h,\text{b+ce}}$	kWh	5.672	12.786	20.464	25.725	25.123	21.504	18.808	148.161

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

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

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

Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,\text{d}}$ der Heizungspumpe

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{\text{Nutz,Heizbereich}} = 361,0$

m², Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauf Temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 99 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 155,3\text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauf Temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 70\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 55\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<5>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 12 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	187,2 m	18,5 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	128,3 m	8,9 m	38,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung								
$\beta_{h,d}$	0,15	0,32	0,51	0,62	0,61	0,58	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,8	24,7	27,7	29,4	29,2	28,7	27,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,6	22,2	23,9	24,8	24,7	24,5	23,5	
$Q_{h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639
$W_{h,d}$ kWh	28	44	64	79	78	67	61	507
$Q_{I,h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639

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

Aufteilung $Q_{l,h,d}$ nach Grundflächenanteilen

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

$\beta_{h,d}$		0,08	0,19	0,35	0,44	0,43	0,40	0,30	
$\theta_{VL,av}$	°C	28,2	34,8	43,0	47,1	46,4	45,2	40,3	
$\theta_{RL,av}$	°C	26,0	30,6	36,3	39,1	38,6	37,8	34,4	
$Q_{h,d}$	kWh	98	170	263	333	325	277	242	1.933
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	19	40	68	89	86	73	61	506

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 1,3 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{I,h,d} = 0,3 \%$

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 = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,RL,i} / 1000$ [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)

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,RL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,RL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	4.479	9.932	15.381	19.169	18.791	16.128	14.391	112.293

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	1.306	3.074	5.436	7.012	6.778	5.754	4.743	38.441

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

Heizwärmepufferspeicher

(Ref-No 5.13.7)

nicht vorgesehen

solare Heizungsunterstützung

(Ref-No 5.13.8)

Heizbereiche (1)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung
Solaranlage nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen
(Ref-No 5.13.9)

nicht vorgesehen

Konventionelle Heizwärmeerzeuger
(Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 1 ($A_{NGF} = 361 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 45,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,\text{Jan}} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,957$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,047$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0087 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 3,03 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,71 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,08 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,281 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,094 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 ($A_{NGF} = 155 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 22,4 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ }^\circ\text{C}$, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,\text{Jan}} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,954$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,044$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0115 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 2,28 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,55 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,18 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,200 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,067 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 (d}_{h,rB} > 1)$
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178}$
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$
 $W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$
 $Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	4.479	9.932	15.381	19.169	18.791	16.128	14.391	112.293
$\beta_{h,1}$		0,35	0,65	0,91	1,02	1,00	0,97	0,83	

$Q_{h,gen,1}$	kWh	159	458	921	1.244	1.195	1.001	778	6.336
$Q_{h,f}$	kWh	4.692	10.507	16.369	20.454	20.044	17.191	15.295	119.303
$W_{h,gen}$	kWh	37	69	101	123	121	104	95	787
$Q_{I,h,gen}$	kWh	6	11	17	21	21	18	16	130

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

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	1.306	3.074	5.436	7.012	6.778	5.754	4.743	38.441
$\beta_{h,1}$		0,27	0,53	0,85	0,99	0,96	0,92	0,73	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	75	229	511	723	688	569	416	3.488
$Q_{h,f}$	kWh	1.381	3.302	5.947	7.735	7.466	6.323	5.159	41.929
$W_{h,gen}$	kWh	21	36	56	69	67	58	50	445

Endenergie Heizwärme

(Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	6.073	13.809	22.317	28.189	27.510	23.514	20.454	161.232
W_h	kWh	85	150	220	272	266	229	206	1.739
Erdgas	kWh	6.069	13.823	22.311	28.189	27.510	23.514	20.480	161.207
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,7	1,9	3,6	4,7	4,6	4,3	3,2	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,4	0,8	1,3	1,7	1,7	1,6	1,2	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,3	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Warmwasser	2/	9.845	1,10	1,11	9.757
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/4/5/	161.207	1,10	1,11	159.755
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.539	1,80	1,00	8.169
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.606	1,80	1,00	6.491
Σ [kWh/Jahr]			179.197			184.172

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 184.172 / 516 = 357,0$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 516$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 179.197 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 8869,6+145231,6+4538,6+3606,3 = 162246 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 7,0 kWh/(m²a), Erdgas 331,6 kWh/(m²a), Strom-Mix 8,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Erdgas	8.870	240	2.129	
Erdgas	145.232	240	34.856	
Strom-Mix	4.539	560	2.542	
Strom-Mix	3.606	560	2.020	
162.247			41.545	80,5

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

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

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
01 Turnhalle	361	-	3.904	-	-	119.303	123.207
02 Sanitär	92	-	464	-	9.845	22.822	33.131
03 Verkehrsfläche	36	-	55	-	-	5.904	5.959
04 Technik	14	-	5	-	-	3.078	3.083
05 Lehrer	14	-	111	-	-	10.126	10.237
Gebäude	516	-	4.539	-	9.845	161.232	175.617

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	3,5	240,3	254,5
Endenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	20,8	315,8	347,3
Primärenergiebedarf	3,5	15,8	0,0	21,9	315,7	357,0

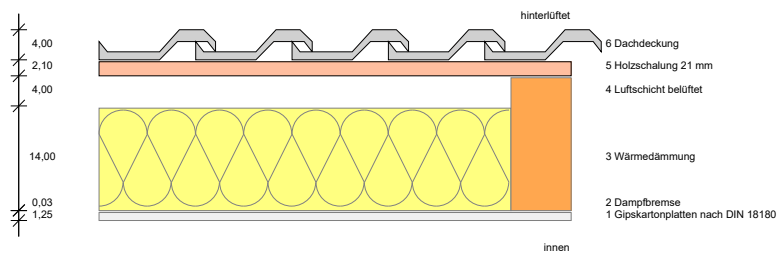
Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

Primärenergie-Referenzwert

(Ref-No 5.15.0)

vorh $q_P = 357,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Bauteilquerschnitt



Turnhalle Dach
U = 0,28 W/(m²K)

Bauteil: Turnhalle Dach (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Dachdecke hinterlüftet" (2)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10$ m²K/W

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,10
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05
02 Dampfbremse	0,03	—	—	—	—
03 Wärmedämmung	14,00	20	2,8	0,035	4,00

04 Luftschicht belüftet	4,00	1	0,0	-	-
05 Holzschalung 21 mm	2,10	600	12,6	0,130	-
06 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{se}					0,10
	d = 25,38	G = 65,4	R _T = 4,25		

$$U_{\text{Gefach}} = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
8,0 cm	80,0 cm	10,0 %	76,0 kg/m²			
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W	
R _{si}					0,10	
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05	
02 Dampfbremse	0,03	-	-	-	-	
03 Sparren 180 mm	18,00	600	108,0	0,130	1,38	
04 Holzschalung 21 mm	2,10	600	12,6	0,130	-	
05 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-	
R _{se}					0,10	
		25,38	170,6	R _T =	1,63	

$$U_{(R)} = 0,61 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (90,00\% \cdot 1/4,250 + 10,00\% \cdot 1/1,635) = 3,66 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,900/0,050 + 0,100/0,050) + 1/(0,900/4,000 + 0,100/1,077) + 0,10 = 3,40 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 3,53 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 4 \%)$$

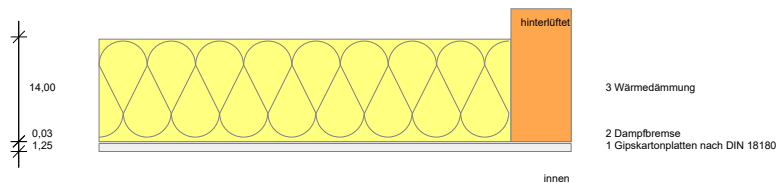
$$U = 1 / R_T = 0,283 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,28 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Turnhalle Dachdecke
 $U = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Turnhalle Dachdecke
 (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Dachdecke hinterlüftet" (2)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,10
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05
02 Dampfbremse	0,03	—	—	—	—
03 Wärmedämmung	14,00	20	2,8	0,035	4,00

R_{se}

d = 15,28 G = 12,8 R_T = 4,25

U_{Gefach} = 0,24 W/(m²K)

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
8,0 cm	80,0 cm	10,0 %	23,3 kg/m²			
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W	
R _{si}					0,10	
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05	
02 Dampfbremse	0,03	–	–	–	–	
03 Sparren 180 mm	18,00	600	108,0	0,130	1,38	
R _{se}					0,10	
	19,28		118,0	R _T =	1,63	

U_(R) = 0,61 W/(m²K)

$R'_T = 1 / (90,00\% \cdot 1/4,250 + 10,00\% \cdot 1/1,635) = 3,66 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R''_T = 0,10 + 1/(0,900/0,050 + 0,100/0,050) + 1/(0,900/4,000 + 0,100/1,077) + 0,10 = 3,40 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 3,53 \text{ m}^2\text{K/W}$ (maximaler Fehler = $R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 4\%$)

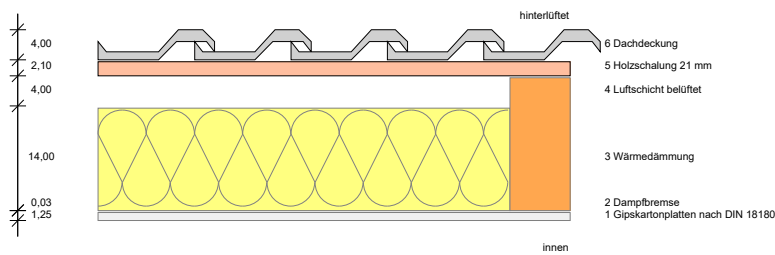
U = 1 / R_T = 0,283 W/(m²K)

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,28 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Turnhalle Dach Sanitärbereich
U = 0,28 W/(m²K)

Bauteil: Turnhalle Dach Sanitärbereich
(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Dachdecke hinterlüftet" (2)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10$ m²K/W

Querschnitt
(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m² K/W
R_{si}					0,10
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05
02 Dampfbremse	0,03	–	–	–	–
03 Wärmedämmung	14,00	20	2,8	0,035	4,00

04 Luftschicht belüftet	4,00	1	0,0	-	-
05 Holzschalung 21 mm	2,10	600	12,6	0,130	-
06 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{se}					0,10
	d = 25,38	G = 65,4	R _T = 4,25		

$$U_{\text{Gefach}} = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
8,0 cm	80,0 cm	10,0 %	76,0 kg/m²			
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W	
R _{si}					0,10	
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05	
02 Dampfbremse	0,03	-	-	-	-	
03 Sparren 180 mm	18,00	600	108,0	0,130	1,38	
04 Holzschalung 21 mm	2,10	600	12,6	0,130	-	
05 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-	
R _{se}					0,10	
		25,38	170,6	R _T =	1,63	

$$U_{(R)} = 0,61 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (90,00\% \cdot 1/4,250 + 10,00\% \cdot 1/1,635) = 3,66 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,900/0,050 + 0,100/0,050) + 1/(0,900/4,000 + 0,100/1,077) + 0,10 = 3,40 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 3,53 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 4 \%)$$

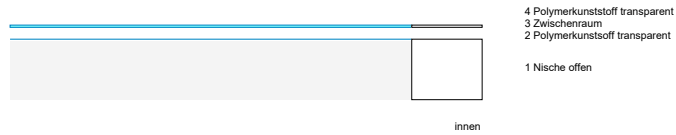
$$U = 1 / R_T = 0,283 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,28 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Turnhalle Dachoberlicht
 $U = 2,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Turnhalle Dachoberlicht (Ref-No 1.0)

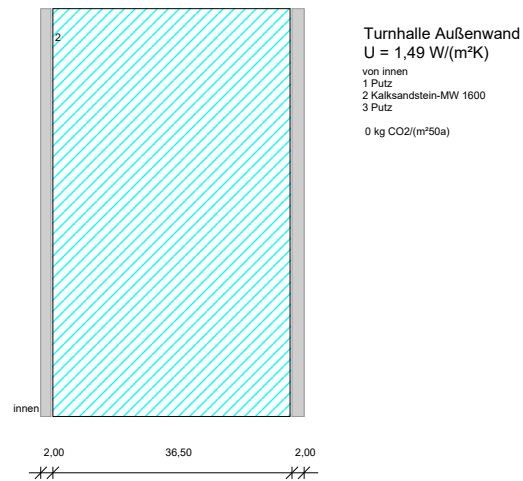
Lichtkuppel DIN 4108-4:2013, Tab.13

Bauteiltyp "Lichtkuppel PMMA, doppelschalig klar/klar" (28)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
 g -Wert = 78 %, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 80 \%$

$$U_W = - \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
 (Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 78\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,80$)

Bauteilquerschnitt

Bauteil: Turnhalle Außenwand
 (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

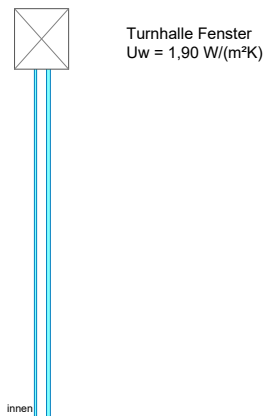
Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,13
01 Putz	2,00	1800	36,0	1,000	0,02
02 Kalksandstein-MW 1600	36,50	1600	584,0	0,790	0,46
03 Putz	2,00	1800	36,0	1,000	0,02
R_{se}					0,04
	d = 40,50	G = 656,0		$R_T =$	0,67

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,49 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Turnhalle Fenster
 (Ref-No 1.0)

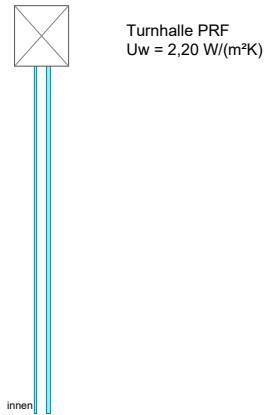
Bauteiltyp "Fenster" (20)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

$U_w = \text{ - } \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = \text{1,90 W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
 (Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 58\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Turnhalle PRF
 (Ref-No 1.0)

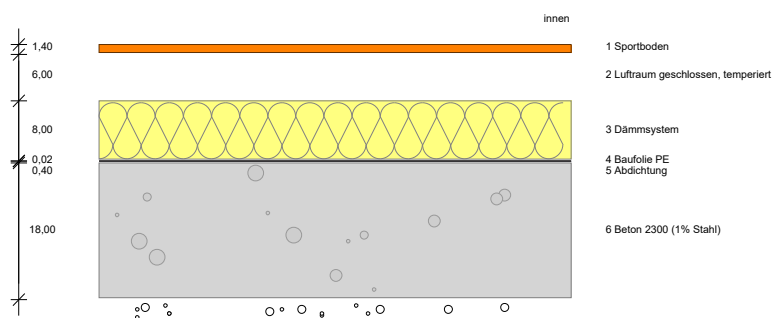
Bauteiltyp "Fenster" (20)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

$U_w = - \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = \mathbf{2,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$ (manuell festgelegt)
 (Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 58\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteilquerschnitt



Turnhalle Sportboden
 $U = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Turnhalle Sportboden (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

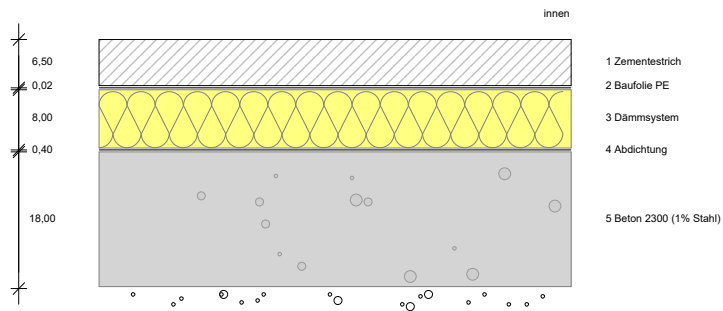
Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 Sportboden	1,40	500	7,0	0,130	0,11
02 Luftraum geschlossen, temperiert	6,00	–	–	20,000	0,00
03 Dämmsystem	8,00	20	1,6	0,040	2,00
04 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	–	–
05 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,02
06 Beton 2300 (1% Stahl)	18,00	2300	414,0	–	–
R_{se}					0,00
d =	33,82	G =	427,2	$R_T =$	2,30

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt



Turnhalle Boden Sanitärbereich
 $U = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Turnhalle Boden Sanitärbereich (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400	0,05
02 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
03 Dämmsystem	8,00	20	1,6	0,040	2,00
04 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,02
05 Beton 2300 (1% Stahl)	18,00	2300	414,0	-	-
R_{se}					0,00
d =	32,92	G =	550,2	$R_T =$	2,23

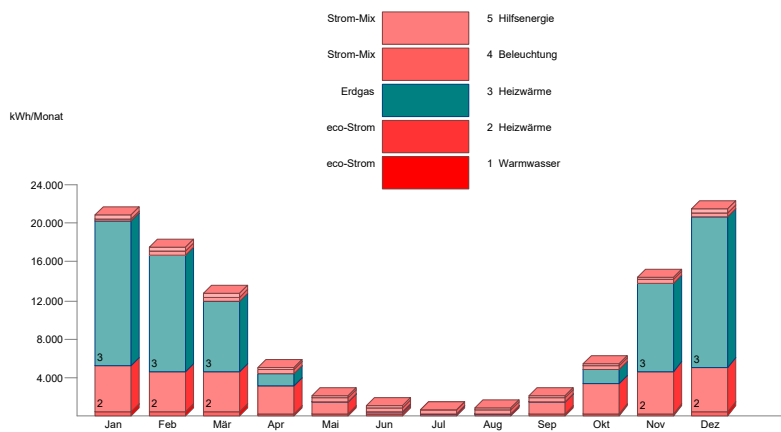
Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Anlage 9: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 1a)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Turnhalle LW-WP"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren
 (Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel
 mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)
 mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i $^\circ\text{C}$	$\vartheta_{i,WE}$ $^\circ\text{C}$	A_{NGF} m^2	V_i m^3
01 Turnhalle	231 Turnhalle (o	200	17,8	15,5	361	2579
02 Sanitär	216 WC und Sanit	200	19,2	17,1	92	323
03 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	200	15,2	13,9	36	178
04 Technik	220 Lager, Techn	200	15,2	13,9	14	46
05 Lehrer	217 Sonstige Auf	200	19,2	17,0	14	46
					516	3.173

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 515,9 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.2.0)

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 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
Dachflächen						
1 FD Dachfläche	N 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3
2 FD Dachfläche	S 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3

3	FD	Dachfläche	N	1:0	62,8	0,28	##	1,00	FD	02	50	17,8
4	FD	Dachdecke	-	1:0	181,7	0,28	##	0,80	FDd	02	50 06	41,1
5	FD	Dachfläche	W	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
6	FD	Dachfläche	O	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
7	FD	Dachfläche	O	4:0	19,2	0,28		1,00	FD	02	50	5,4
8	FD	Dachfläche	W	5:0	19,2	0,28	##	1,00	FD	02	50	5,4
9	FF	Dachfenster	W	3:0	30,0	2,80		1,00	FF	50	71 02	84,0
Außenwände												
10	FAW	Nord	N	1:0	129,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	192,8
11	FAW	Ost	O	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
12	FAW	Ost	O	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
13	FAW	Ost	O	4:0	8,7	1,49		1,00	FAW	02	50	12,9
14	FAW	Ost	O	5:0	4,8	1,49	##	1,00	FAW	02	50	7,1
15	FAW	Süd	S	1:0	83,4	1,49	##	1,00	FAW	02	50	124,1
17	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
34	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
18	FAW	West	W	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
19	FAW	West	W	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
20	FAW	West	W	4:0	4,8	1,49		1,00	FAW	02	50	7,1
21	FAW	West	W	5:0	8,7	1,49	##	1,00	FAW	02	50	12,9
Fenster												
22	FF	Nord	N	1:0	8,4	1,90		1,00	FF	50	02	16,0
23	FF	Ost	O	2:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
24	FF	Ost	O	4:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
25	FF	Süd	S	1:0	13,2	1,90		1,00	FF	50	02	25,1
26	PRF	Süd	S	3:0	7,5	2,20		1,00	FF	50	75 02	16,5
27	FF	West	W	1:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
28	FF	West	W	1:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
Grundflächen												
29	FG		-	1:0	406,0	0,44	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	79,5
30	FG		-	2:0	114,8	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	23,1
31	FG		-	3:0	39,6	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	8,0
32	FG		-	4:0	18,5	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7
33	FG		-	5:0	18,5	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7

$\Sigma A [m^2] = 1.893,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.342,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 597,00 / 55,50 = 10,76$ 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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 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.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert

bilanziert wird.
71 Glasdach
75 Vorhangfassade

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 129,6 \text{ W/K}$ (9,7 %, 0,068 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
01 Turnhalle	995	79	0	1075	0	0
02 Sanitär	144	23	0	167	0	0
03 Verkehrsfläche	104	8	0	112	0	0
04 Technik	32	4	0	36	0	0
05 Lehrer	78	4	0	82	0	0
	1354	118		1472		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.472,3 / 1.893,2 = \mathbf{0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,67	1,90		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,42	1,90	2,20	2,80

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 67,5\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²		H _T W/K	
Turnhalle Dachoberlicht	2,80		30	2 %	84	6 %
Turnhalle Außenwand	1,49		598	32 %	889	66 %
Turnhalle Boden Sanitärber	0,45		191	10 %	39	3 %
Turnhalle Dach	0,28		291	15 %	82	6 %
Turnhalle Dachdecke	0,28		182	10 %	41	3 %
Turnhalle Dach Sanitärbere	0,28		152	8 %	43	3 %
Turnhalle Fenster	1,90		36	2 %	68	5 %
Turnhalle PRF	2,20		8	0 %	17	1 %
Turnhalle Sportboden	0,44		406	21 %	79	6 %
			1893	100 %	1.343	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 6 \cdot 1893 / 3173 = 3,58 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 () für die Zonen

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m, ZUL}$ h^{-1}	$t_{v, m}$ h/d
01 Turnhalle	-	3,24	3,00	0,42	0,23	0,27	-	-
02 Sanitär	-	5,38	15,00	4,29	0,38	0,10	4,29	13
03 Verkehrsfläche	-	2,60	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
04 Technik	-	6,88	0,15	0,04	0,48	0,11	-	-
05 Lehrer	-	10,70	7,00	2,06	0,75	0,66	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
01 Turnhalle			0,00	0,00	0,23	0,10		
02 Sanitär			0,00	0,00	0,38	0,10		
03 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,18	0,10		

04 Technik	0,00	0,00	0,48	0,10
05 Lehrer	0,00	0,00	0,75	0,12

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
 mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 /
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
01 Turnhalle	2.579	0	199	235	434	0	15,2
02 Sanitär	323	0	41	11	52	256	
03 Verkehrsfläche	178	0	11	6	17	0	
04 Technik	46	0	8	2	9	0	
05 Lehrer	46	0	12	10	22	0	
		0	270	265	535	256	
⇒ WE-Betrieb ...							
01 Turnhalle		0	199	88	286		
02 Sanitär		0	41	11	52		
03 Verkehrsfläche		0	11	6	17		
04 Technik		0	8	2	9		
05 Lehrer		0	12	2	14		
		0	270	108	379		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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 m²	I _{S,Jan/Jul} W/m²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 FF Dachfenster	3	21,00	17/ 117	57/ 57	7100
22 FF Nord	1	5,88	10/ 81	42/ 42	"
23 FF Ost	2	3,78	25/ 138	42/ 42	"
24 FF Ost	4	1,26	25/ 138	42/ 42	"
25 FF Süd	1	9,24	59/ 113	42/ 42	"
26 PRF Süd	3	5,25	59/ 113	42/ 42	"
27 FF West	1	3,78	17/ 117	42/ 42	"

28 FF West	1	1,26	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,5
51,60						16/ 68

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone		A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 FD Dachfläche	N	1	114,2	0,28	0,50	4,50	145	0,9
2 FD Dachfläche	S	1	114,2	0,28	0,50	4,50	194	1,6
3 FD Dachfläche	N	1	62,8	0,28	0,50	4,50	210	1,0
4 FD Dachdecke	-	1	181,7	0,28	0,50	4,50	210	4,1
5 FD Dachfläche	W	2	56,7	0,28	0,50	4,50	117	0,6
6 FD Dachfläche	O	2	56,7	0,28	0,50	4,50	205	0,9
7 FD Dachfläche	O	4	19,2	0,28	0,50	4,50	205	0,3
8 FD Dachfläche	W	5	19,2	0,28	0,50	4,50	188	0,3
10 FAW Nord	N	1	129,6	1,49	0,50	4,50	81	3,3
11 FAW Ost	O	1	135,0	1,49	0,50	4,50	138	9,0
12 FAW Ost	O	2	28,2	1,49	0,50	4,50	138	1,9
13 FAW Ost	O	4	8,7	1,49	0,50	4,50	138	0,6
14 FAW Ost	O	5	4,8	1,49	0,50	4,50	138	0,3
15 FAW Süd	S	1	83,4	1,49	0,50	4,50	113	4,1
17 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
34 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
18 FAW West	W	1	135,0	1,49	0,50	4,50	117	6,9
19 FAW West	W	2	28,2	1,49	0,50	4,50	117	1,5
20 FAW West	W	4	4,8	1,49	0,50	4,50	117	0,2
21 FAW West	W	5	8,7	1,49	0,50	4,50	117	0,4
1.222,3								39,3

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t$ (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 = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.9 = 4.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
01 Turnhalle	541	429	162	115	217	188	437	5.515
02 Sanitär	96	65	23	14	30	31	81	1.130
03 Verkehrsflä	876	593	226	146	248	263	695	9.343
04 Technik	32	22	8	5	10	10	27	377
05 Lehrer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
01 Turnhalle	451	187	-	-	26	3	270	5.625
02 Sanitär	59	8	-	-	-	-	29	822
03 Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
04 Technik	13	2	-	-	-	-	6	191
05 Lehrer	65	44	-	-	10	1	42	604
	2.131	1.349	419	279	541	497	1.586	23.607

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
01 Turnhalle	361	22,7	-	0,0	22,7
02 Sanitär	92	-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche	36	-	-	0,0	0,0
04 Technik	14	-	-	0,0	0,0
05 Lehrer	14	1,3	0,1	0,0	1,4
⇒ WE-Betrieb ...					
01 Turnhalle		-	-	0,0	0,0
02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
04 Technik		-	-	0,0	0,0
05 Lehrer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
01 Turnhalle	0,0	19,7	4,5	0,0	0,0
02 Sanitär	0,0	2,4	1,0	4,1	0,0
03 Verkehrsfläche	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0
04 Technik	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
05 Lehrer	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert
 Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)
 $Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme
 $Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
 $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
 $Q_{l,rV}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
01 Turnhalle	1075	434	0	639	55	0,087
02 Sanitär	167	52	256	132	9	0,065
03 Verkehrsfläche	112	17	0	48	9	0,183
04 Technik	36	9	0	16	1	0,031
05 Lehrer	82	22	0	46	2	0,052
Zone	C_{wirk} Wh/ (m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
01 Turnhalle	50	1509	11,95	1,75	0,987	0,999
02 Sanitär	50	475	9,73	1,61	0,989	1,000
03 Verkehrsfläche	50	129	13,81	1,86	0,965	0,960
04 Technik	50	45	14,98	1,94	0,999	0,999
05 Lehrer	50	104	6,53	1,41	0,985	0,998

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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 °C	31 1,0	28 1,9	31 4,7	30 9,2	31 14,1	30 16,7	31 19,0	31 18,6	30 14,3	31 9,5	30 4,1	31 0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i, 1}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	17,9	17,8
$T_{i, 2}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
$T_{i, 3}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,5	15,2
$T_{i, 4}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,2
$T_{i, 5}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,5	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i, 2}$	°C	17,1	17,3	17,8	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i, 3}$	°C	13,9	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i, 4}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,7	17,0

Zone 01 Turnhalle (Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8$ °C und $Q_I = 22,7$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,955	0,984	0,989	0,987	0,987	0,973	0,770
$\eta_{source,WE}$		0,932	0,990	0,999	1,000	0,999	0,999	0,993	0,799
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	142	297	309	319	319	289	319	2.652
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.699	4.725	7.879	10.116	9.926	8.451	7.384	56.474
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.122	2.943	5.033	6.440	6.290	5.368	4.620	35.509
Q_T	kWh	3.171	6.624	10.054	12.683	12.610	10.797	9.971	77.773
Q_V	kWh	1.099	2.295	3.484	4.399	4.373	3.743	3.455	26.959
Q_S^*	kWh	877	598	161	114	241	190	694	7.171
Q_I^*	kWh	600	742	793	859	850	756	791	7.209

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone 02 Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,949	0,969	0,987	0,989	0,989	0,987	0,973	0,964
$\eta_{source,WE}$		0,986	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,930
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	82	79	82	82	74	82	733
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.475
$Q_{h,b,RE}$	kWh	305	929	1.550	2.050	2.006	1.696	1.428	10.985
$Q_{h,b,WE}$	kWh	263	565	898	1.127	1.107	945	831	6.548
Q_T	kWh	684	1.214	1.733	2.154	2.142	1.843	1.723	14.331
Q_V	kWh	134	467	815	1.110	1.088	916	771	5.342
Q_S^*	kWh	149	72	23	14	30	31	108	1.783
Q_I^*	kWh	102	117	128	140	138	123	127	1.375

Zone 03 Verkehrsfläche (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,492	0,824	0,956	0,984	0,965	0,949	0,781	0,568
$\eta_{source,WE}$		0,482	0,808	0,949	0,983	0,960	0,940	0,744	0,546
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	23	31	32	32	29	32	305
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.147
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	99	485	693	636	520	302	2.822
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	306	462	416	333	163	1.717
Q_T	kWh	185	532	886	1.142	1.135	968	873	6.484
Q_V	kWh	28	81	135	174	173	147	133	985
Q_S^*	kWh	427	484	215	143	239	248	531	3.273
Q_I^*	kWh	2	9	14	18	17	14	10	90

Zone 04 Technik (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,992	0,991	0,999	0,999	0,999	0,998	0,990	0,878
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	0,989	0,999	0,999	0,999	0,998	0,988	0,872
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	9	12	12	12	11	12	83
t_h	h	640	744	720	744	744	672	744	6.333
$Q_{h,b,RE}$	kWh	20	118	217	279	273	231	194	1.440
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	72	142	188	183	154	122	927
Q_T	kWh	60	171	285	368	366	312	281	2.088
Q_V	kWh	15	44	73	94	93	80	72	533
Q_S^*	kWh	45	24	8	5	10	10	33	430
Q_I^*	kWh	1	3	4	5	5	4	4	30

Zone 05 Lehrer

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 1,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,893	0,953	0,985	0,988	0,985	0,987	0,968	0,927
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,942	0,982	1,000	1,000	0,998	1,000	0,988	0,960
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	12	12	12	12	11	12	108
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	191	389	606	767	750	646	571	4.604
$Q_{h,b,WE}$	kWh	132	266	417	518	504	437	389	3.141
Q_T	kWh	335	595	850	1.056	1.051	904	845	7.026
Q_V	kWh	76	134	192	239	237	204	190	1.585
Q_S^*	kWh	59	42	–	–	10	1	41	549
Q_I^*	kWh	29	33	35	37	37	33	35	383

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.6)

	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/ (m ² a)
01 Turnhalle	77.773	26.959	7.171	7.209	91.983	255,1
02 Sanitär	14.331	5.342	1.784	1.375	17.533	189,8
03 Verkehrsfläche	6.484	985	3.273	90	4.540	127,2
04 Technik	2.088	533	430	30	2.366	174,0
05 Lehrer	7.026	1.585	549	383	7.745	569,5
	107.702	35.405	13.207	9.086	124.167	240,7

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

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

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

 θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6**Strombedarf der Ventilatoren**

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech,m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_V, Jan kWh
02 Sanitär	1386	221	0,00	0,39	85

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
02 Sanitär	82	85	82	85	85	77	85	1.001
	82	85	82	85	85	77	85	1.001

 $V_{\text{mech,m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = $\text{h/Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$ $P_{V, \text{SUP}} / P_{V, \text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)**Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)**

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd	1	300	35,1	13,2	gut	87
2 <1> Fassade West	West	1	300	19,2	7,2	gut	88
3 <1> Fassade Nord	Nord	1	300	22,4	8,4	gut	91
4 <2> Fassade Ost	Ost	2	200	16,3	5,4	gut	87
5 <3> Fassade Süd	Süd	3	100	17,3	7,5	gut	87
6 <3> Fassade West	West	3	100	17,3	30,0	gut	93
7 <4> Fassade Ost	Ost	4	100	5,4	1,8	gut	87

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
01 Turnhalle	361	77	284
02 Sanitär	92	16	76
03 Verkehrsfläche	36	35	1
04 Technik	14	5	8
05 Lehrer	14	–	14

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

(Ref-No 5.10.2)

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL						
					Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	<1>	Fassade Süd	1	87	60	56	50	45	42	40	39
2	<1>	Fassade West	1	88	60	55	49	44	41	38	38
3	<1>	Fassade Nord	1	91	60	54	47	42	39	37	36
4	<2>	Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39	39
5	<3>	Fassade Süd	3	87	60	55	49	44	41	39	39
6	<3>	Fassade West	3	93	60	52	46	41	37	35	35
7	<4>	Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (12)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	25
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,7	0,85	99	2133	1055	13
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	15
4 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	4
5 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,60	72	1526	124	3
6 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
7 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
8 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	282
9 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	35
10 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	0
11 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	0
12 Zone <5> ohne TL	5	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	9

388

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 516 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l, f}

(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
01 Turnhalle	320	333	326	341	336	300	330	3.904
02 Sanitär	38	40	39	41	40	36	39	464

03 Verkehrsflä	4	5	5	6	5	4	4	55
04 Technik	0	0	0	1	0	0	0	5
05 Lehrer	9	9	9	9	9	9	9	111
	372	388	380	398	391	349	384	4.539

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

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

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

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

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

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

(Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser

(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$Q_{w,b}$ kWh/d	je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
01 Turnhalle	nicht relevant				-
02 Sanitär	Sportanlage mit	1,800	Person	5	153 a
03 Verkehrsfläche	nicht relevant				-
04 Technik	nicht relevant				-
05 Lehrer	nicht relevant				-

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

a)

Eingesetzte Warmwassersysteme

(Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	1.800
2			

Verteilungsnetze

(Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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 $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,31$ m³/h, $\Delta p = 16,3$ kPa, $P_{hydr} = 1,390$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 15,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i			117 m		3 m		79 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		19,2 °C		19,2 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

$Q_{w,b}$	kWh	148	153	148	153	153	138	153	1.800
$Q_{w,d,V}$	kWh	484	500	484	500	500	452	500	5.889
$Q_{w,d,S}$	kWh	13	13	13	14	14	12	14	156
$Q_{w,d,St}$	kWh	100	108	109	112	112	102	112	1.262
$Q_{w,d}$	kWh	597	622	606	626	626	566	626	7.307
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	46
$Q_{I,w,d}$	kWh	113	121	122	126	126	114	126	1.418

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 Sticleitungen (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

Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 500$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,9$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i $13,0^\circ\text{C}$ (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0^\circ\text{C}$

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 $P_p = 44$ 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 2									
Q _{w, outg}	kWh	745	775	754	779	779	704	779	9.107
Q _{w, s}	kWh	17	18	17	18	18	16	18	193

W _{w,s}	kWh	2	2	2	2	2	1	2	19

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2 Wärmepumpe
Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 3,12

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
Q _{w,f}	kWh	176	231	307	370	377	335	315	2.984
W _{w,gen}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$Q_{w,f}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$W_{w,f}$	kWh	71	74	72	74	74	67	74	866
eco-Strom	kWh	176	231	307	370	377	335	315	2.984
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,8	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
01 Turnhalle	34,4	6,9	0	0,0	41,3
02 Sanitär	5,3	0,8	1387	6,0	12,2
03 Verkehrsfläche	3,6	0,3	0	0,0	3,9
04 Technik	1,2	0,1	0	0,0	1,3
05 Lehrer	2,6	0,4	0	0,0	3,0

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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)

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	91.983	41,3	45,5
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		2/3/4/5/	32.184	20,4	22,4

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ °K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert
 <2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.983
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 01 Turnhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	200
$t_{h,rL} <1>$	h/m	285	337	372	413	412	365	380	3.396

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone 05 Lehrer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <5>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	13	13	13	13	13	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	225
$t_{h,rL} <5>$	h/m	218	258	285	316	315	279	290	2.923

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

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

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

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

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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$,
 $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ °K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,1547+1,2 = 2,55^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (21,4\%)$$

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: , $f_{h,ce,aux} = 0$

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

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (14,1\%)$$

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.983
$Q_{h,ce}$	kWh	1.650	2.219	2.382	2.493	2.457	2.212	2.307	19.707
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184
$Q_{h,ce}$	kWh	295	460	583	633	614	546	525	4.523
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	5.685	12.806	20.496	25.767	25.164	21.538	18.836	148.397

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

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

Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 361,0$

m², Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0\text{ °C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 99 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 155,3\text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<5>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 12 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	187,2 m	18,5 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	128,3 m	8,9 m	38,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung								
$\beta_{h,d}$	0,15	0,32	0,51	0,62	0,61	0,58	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,8	24,7	27,7	29,4	29,2	28,7	27,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,6	22,2	23,9	24,8	24,7	24,5	23,5	
$Q_{h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639
$W_{h,d}$ kWh	28	44	64	79	78	67	61	507
$Q_{I,h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639

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

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

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

$\beta_{h,d}$	0,08	0,19	0,35	0,44	0,43	0,40	0,30	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,3	29,2	34,1	36,5	36,1	35,4	32,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,8	26,4	29,6	31,2	30,9	30,4	28,5	
$Q_{h,d}$ kWh	77	122	179	222	218	186	167	1.320
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	12	24	41	53	52	44	37	309

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,9\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,2\%$

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

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

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

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

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

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} = \text{Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)}$
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	5.777	12.977	20.766	26.113	25.502	21.825	19.087	150.356

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

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 500$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 3,5$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

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

Speicher:

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

$$Q_{l,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

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

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	24	26	27	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	24	31	37	41	41	36	36	280
$W_{h,s}$	kWh	7	15	24	30	30	25	22	191

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 4,82
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	5.801	13.008	20.803	26.154	25.542	21.861	19.123	150.636
$Q_{h,f}$	kWh	1.316	3.180	4.263	4.721	4.753	4.173	4.261	31.281
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	1.393	8.688	14.663	14.161	11.594	7.045	58.710
$Q_{h,f, aux}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 1 ($A_{NGF} = 361 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 45,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,957$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,047$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0087 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 2,92 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,68 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,06 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,281 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,094 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 ($A_{NGF} = 155 \text{ m}^2$)
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit}$ = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 ($d_{h,rB} > 1$)
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n$ = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} \cdot d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen}$ = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung
 $W_{h,gen}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192
 $Q_{l,h,gen}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	-	1.393	8.688	14.663	14.161	11.594	7.045	58.710
$\beta_{h,1}$		-	0,09	0,51	0,78	0,76	0,70	0,41	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	-	71	491	919	881	705	370	3.495
$Q_{h,f}$	kWh	-	1.464	9.179	15.582	15.042	12.299	7.415	62.205
$W_{h,gen}$	kWh	7	19	61	97	94	78	52	462
$Q_{l,h,gen}$	kWh	-	8	14	18	18	15	13	92

Aufteilung $Q_{l,h,g}$: nach Grundflächenanteilen

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{h,f}$	kWh	1.316	4.644	13.442	20.304	19.794	16.472	11.676	93.487
W_h	kWh	41	79	149	207	202	170	135	1.159
eco-Strom	kWh	1.316	3.180	4.263	4.721	4.753	4.173	4.261	31.281
Erdgas	kWh	-	1.479	9.198	15.582	15.027	12.287	7.400	62.213
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,5	1,8	3,5	4,6	4,5	4,2	3,1	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	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)

$Q_{I,h}$ = unregelte 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

Unregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern

(Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Warmwasser		2.984	1,80	1,00	5.371
eco-Strom	Heizwärme		31.281	1,80	1,00	56.306
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/4/5/	62.213	1,10	1,11	61.653
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.539	1,80	1,00	8.169
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.027	1,80	1,00	5.448
Σ [kWh/Jahr]			104.044			136.947

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 136.947 / 516 = 265,5$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 516$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 104.044 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 2983,9+31281,3+56048,1+4538,6+3026,6 = 97879 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 5,9 kWh/(m²a), eco-Strom 66,4 kWh/(m²a), Erdgas 120,6 kWh/(m²a), Strom-Mix 8,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
eco-Strom	2.984	560	1.671	
eco-Strom	31.281	560	17.518	
Erdgas	56.048	240	13.452	
Strom-Mix	4.539	560	2.542	
Strom-Mix	3.027	560	1.695	
	97.879		36.877	71,5

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

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
	m²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
01 Turnhalle	361	-	3.904	-	-	69.255	73.159
02 Sanitär	92	-	464	-	2.984	13.200	16.648
03 Verkehrsfläche	36	-	55	-	-	3.422	3.477
04 Technik	14	-	5	-	-	1.786	1.791
05 Lehrer	14	-	111	-	-	5.834	5.944
Gebäude	516	-	4.539	-	2.984	93.496	101.019

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

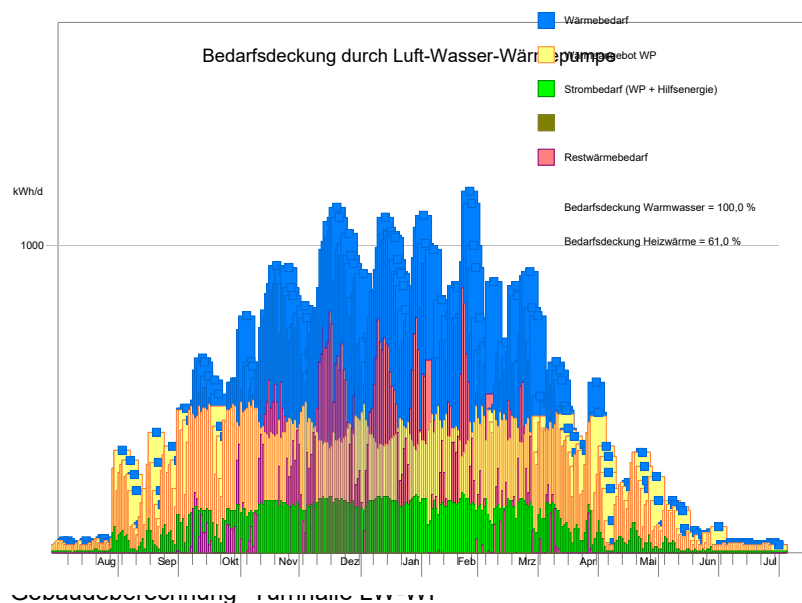
	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	3,5	240,7	254,9
Endenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	7,5	183,5	201,7
Primärenergiebedarf	3,5	15,8	0,0	13,4	232,7	265,5

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

Primärenergie-Referenzwert (Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 265,5 kWh/(m²a)

Simulation zur Bedarfsdeckung



Wärmebedarf

Nutzwärmebedarf für Warmwasser + Heizung, DIN V 18599 in [kWh]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
WW	797	720	797	767	784	756	779	779	762	792	9300
Hzg	25542	21861	19123	11311	5135	1608	83	207	5801	13009	150636
	26339	22581	19920	12078	5919	2364	862	987	6563	13801	159.936

zeitliche Verteilung (WW)

	auf die Wochentage	auf die Tagesstunden
	1 konstant	2 Profil A

Wärmeangebot

Wärmeangebot aus Luft-Wasser-Wärmepumpe

Klimatensatz (Wärmepumpe)

"09.kol", $T_{a,iM} = 8,7 \text{ °C}$

Wärmepumpe Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010, 20,0 kW, Energieträger Strom-Mix

Vorlauftemperatur für Heizung 40 °C für Warmwasser 45 °C

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur und für die Quelltemperaturen korrigiert. COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Wärmequelle = Außenluft, Quelltemperaturen = aus Klimadaten, untere Einsatzgrenze $T_a = -15 \text{ °C}$,

Nachheizung durch separaten Wärmeerzeuger

Nennleistung	Hilfsenergie	P_{aux}	$COP_{A2/W35}$	Leitungsverlust
kW		Watt	-	W/K

20,0

0

3,2

0,0

Bedarfsdeckung

Deckungsanteile durch Luft-Wasser-Wärmepumpe

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Warmwasser										
Bedarf	779	762	792	771	797	797	720	797	767	9.300
Deckung	790	764	790	764	790	790	713	790	764	9.299
%	101	100	100	99	99	99	99	99	100	100
	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme										
Bedarf	207	5798	13009	20803	26154	25542	21861	19123	11311	150.633
Deckung	207	5798	11615	12115	11491	11381	10267	12078	10146	91.923
%	100	100	89	58	44	45	47	63	90	61

Strom- und Hilfsenergiebedarf

Strombedarf der Wärmepumpe $Q_{f,WP}$ und Endenergiebedarf für einen zweiten Wärmeerzeuger $Q_{f,WE2}$

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
$Q_{f,WP}$	186	1493	3410	4570	5092	5129	4508	4576	3208	34.265
$Q_{f,WE2}$	0	0	1393	8688	14663	14161	11594	7045	1165	58.710
ΣQ_f	186	1493	4804	13258	19755	19290	16103	11621	4373	92.975

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

ohne zweiten Wärmeerzeuger JAZ = **2,38** = $(9299 + 91923) / (34265 + 8311)$
mit zweitem Wärmeerzeuger JAZ = 1,58 = $(9300 + 150636) / (34265 + 58710 + 8311)$

Übergabewerte für DIN V 18599

Der zweite Wärmeerzeuger ist eine separater Erzeuger

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Warmwasser JAZ = 3,12										
$Q_{w,out}$	779	762	792	771	797	797	720	797	767	9.300
$Q_{w,f}$	146	176	231	307	370	377	335	315	237	2.984
$Q_{w,f,bu}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
$W_{w,gen}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Heizwärme, JAZ = 4,82										
$Q_{h,out}$	207	5798	13009	20803	26154	25542	21861	19123	11311	150.633
$Q_{h,f}$	40	1316	3180	4263	4721	4753	4173	4261	2970	31.281
$Q_{h,f,bu}$	0	0	1393	8688	14663	14161	11594	7045	1165	58.710
$W_{h,gen}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Der Hilfsenergiebedarf $W_{w,gen}$ und $W_{h,gen}$ wird lastanteilig ermittelt

Simulation im Detail

vom Uhr

mit Q_{Bedarf} = Wärmebedarf für Warmwasser + Heizung, T_{Quell} = Temperatur der Wärmequelle (Mittelwert), COP_{iM} = mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpe (Warmwasser + Heizung), $Q_{f,WP}$ = Strombedarf der Elektro-Wärmepumpe, Q_{aux} = Hilfsenergiebedarf der zusätzlichen Aggregate und Q_{Rest} = Restwärmebedarf

Woche	Q_{Bedarf} kWh	T_{Quell} °C	COP_{iM} -	$Q_{f,WP}$ kWh	Q_{aux} kWh	Q_{Rest} kWh
30 / 01.08.	221	17,7	5,52	40		
31 / 08.08.	202	20,3	5,95	34		
32 / 15.08.	205	18,4	5,71	36		
33 / 22.08.	253	15,4	4,95	51		
34 / 29.08.	1184	12,8	4,35	272		
35 / 05.09.	1466	13,6	4,56	321		
36 / 12.09.	1003	15,9	4,98	201		
37 / 19.09.	1509	13,3	4,29	352		
38 / 26.09.	1876	11,9	4,29	437		
39 / 03.10.	2792	10,4	3,99	696		17
40 / 10.10.	3980	6,0	3,22	997		775
41 / 17.10.	3156	9,1	3,70	791		229
42 / 24.10.	2942	9,9	3,73	718		263
43 / 31.10.	4334	6,0	3,19	1003		1130
44 / 07.11.	3881	7,7	3,54	941		551
45 / 14.11.	5793	1,3	2,42	1148		3014
46 / 21.11.	6004	0,6	2,35	1164		3270
47 / 28.11.	5202	3,5	2,73	1084		2242
48 / 05.12.	4783	5,1	3,01	1033		1670
49 / 12.12.	6797	-1,5	2,15	1209		4197
50 / 19.12.	7083	-2,4	2,07	1229		4541
51 / 26.12.	6106	0,6	2,35	1164		3371
52 / 02.01.	4666	4,8	2,97	1040		1578
1 / 09.01.	6751	-2,3	2,08	1228		4203
2 / 16.01.	6743	-2,2	2,08	1227		4194
3 / 23.01.	5250	2,8	2,62	1107		2349
4 / 30.01.	6796	-2,8	2,03	1239		4283
5 / 06.02.	4372	5,4	3,07	957		1433
6 / 13.02.	5263	2,3	2,58	1117		2386
7 / 20.02.	6531	-2,1	2,10	1224		3962
8 / 27.02.	4486	4,4	2,82	997		1678
9 / 06.03.	3974	5,9	3,16	944		994
10 / 13.03.	4315	4,6	2,94	1047		1243
11 / 20.03.	4979	2,1	2,58	1096		2158
12 / 27.03.	4624	2,9	2,62	1048		1880
13 / 03.04.	3226	6,4	3,15	879		455
14 / 10.04.	3394	5,6	3,04	952		499
15 / 17.04.	2212	10,9	4,13	535		
16 / 24.04.	2407	10,0	3,68	616		142
17 / 01.05.	1719	10,4	3,90	441		
18 / 08.05.	550	17,9	5,22	105		
19 / 15.05.	1460	12,1	4,36	335		
20 / 22.05.	1613	11,1	3,91	412		
21 / 29.05.	916	14,0	4,75	193		
22 / 05.06.	950	10,3	3,91	243		
23 / 12.06.	497	16,0	5,05	98		
24 / 19.06.	282	19,7	6,03	47		
25 / 26.06.	363	17,4	5,52	66		
26 / 03.07.	187	19,6	6,01	31		
27 / 10.07.	222	13,1	4,49	50		

28 / 17.07.	182	20,2	6,26	29
29 / 24.07.	203	16,3	5,15	39

159.904

34.261

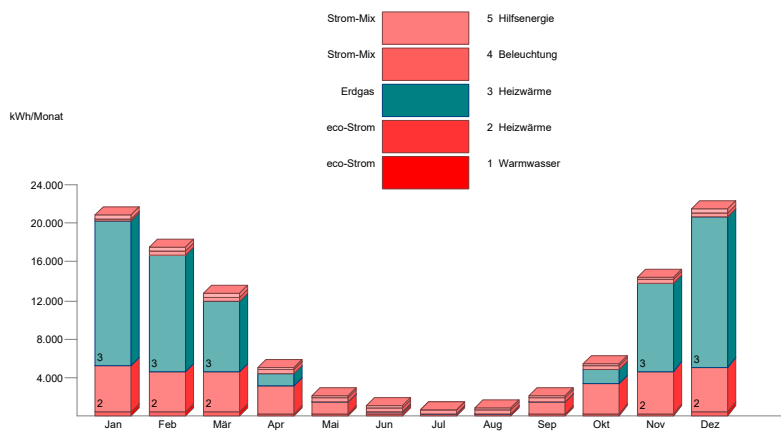
-

58.708

Anlage 10: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 1b)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Turnhalle LW-WP+PV"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i $^\circ\text{C}$	$\vartheta_{i,WE}$ $^\circ\text{C}$	A_{NGF} m^2	V_i m^3
01 Turnhalle	231 Turnhalle (o	200	17,8	15,5	361	2579
02 Sanitär	216 WC und Sanit	200	19,2	17,1	92	323
03 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	200	15,2	13,9	36	178
04 Technik	220 Lager, Techn	200	15,2	13,9	14	46
05 Lehrer	217 Sonstige Auf	200	19,2	17,0	14	46
					516	3.173

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 515,9 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.2.0)

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 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
Dachflächen						
1 FD Dachfläche	N 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3
2 FD Dachfläche	S 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3

3	FD	Dachfläche	N	1:0	62,8	0,28	##	1,00	FD	02	50	17,8
4	FD	Dachdecke	-	1:0	181,7	0,28	##	0,80	FDd	02	50 06	41,1
5	FD	Dachfläche	W	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
6	FD	Dachfläche	O	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
7	FD	Dachfläche	O	4:0	19,2	0,28		1,00	FD	02	50	5,4
8	FD	Dachfläche	W	5:0	19,2	0,28	##	1,00	FD	02	50	5,4
9	FF	Dachfenster	W	3:0	30,0	2,80		1,00	FF	50	71 02	84,0
Außenwände												
10	FAW	Nord	N	1:0	129,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	192,8
11	FAW	Ost	O	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
12	FAW	Ost	O	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
13	FAW	Ost	O	4:0	8,7	1,49		1,00	FAW	02	50	12,9
14	FAW	Ost	O	5:0	4,8	1,49	##	1,00	FAW	02	50	7,1
15	FAW	Süd	S	1:0	83,4	1,49	##	1,00	FAW	02	50	124,1
17	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
34	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
18	FAW	West	W	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
19	FAW	West	W	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
20	FAW	West	W	4:0	4,8	1,49		1,00	FAW	02	50	7,1
21	FAW	West	W	5:0	8,7	1,49	##	1,00	FAW	02	50	12,9
Fenster												
22	FF	Nord	N	1:0	8,4	1,90		1,00	FF	50	02	16,0
23	FF	Ost	O	2:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
24	FF	Ost	O	4:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
25	FF	Süd	S	1:0	13,2	1,90		1,00	FF	50	02	25,1
26	PRF	Süd	S	3:0	7,5	2,20		1,00	FF	50	75 02	16,5
27	FF	West	W	1:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
28	FF	West	W	1:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
Grundflächen												
29	FG		-	1:0	406,0	0,44	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	79,5
30	FG		-	2:0	114,8	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	23,1
31	FG		-	3:0	39,6	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	8,0
32	FG		-	4:0	18,5	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7
33	FG		-	5:0	18,5	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7

$\Sigma A [m^2] = 1.893,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.342,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 597,00 / 55,50 = 10,76$ 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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 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.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert

bilanziert wird.
71 Glasdach
75 Vorhangfassade

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 129,6 \text{ W/K}$ (9,7 %, 0,068 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
01 Turnhalle	995	79	0	1075	0	0
02 Sanitär	144	23	0	167	0	0
03 Verkehrsfläche	104	8	0	112	0	0
04 Technik	32	4	0	36	0	0
05 Lehrer	78	4	0	82	0	0
	1354	118		1472		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.472,3 / 1.893,2 = \mathbf{0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3
in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$ (§ 50 mit Rundungsregel)
1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,67	1,90		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,42	1,90	2,20	2,80

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 67,5\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²		H _T W/K	
Turnhalle Dachoberlicht	2,80		30	2 %	84	6 %
Turnhalle Außenwand	1,49		598	32 %	889	66 %
Turnhalle Boden Sanitärber	0,45		191	10 %	39	3 %
Turnhalle Dach	0,28		291	15 %	82	6 %
Turnhalle Dachdecke	0,28		182	10 %	41	3 %
Turnhalle Dach Sanitärbere	0,28		152	8 %	43	3 %
Turnhalle Fenster	1,90		36	2 %	68	5 %
Turnhalle PRF	2,20		8	0 %	17	1 %
Turnhalle Sportboden	0,44		406	21 %	79	6 %
			1893	100 %	1.343	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 6 \cdot 1893 / 3173 = 3,58 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 () für die Zonen

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m, ZUL}$ h^{-1}	$t_{v,m}$ h/d
01 Turnhalle	-	3,24	3,00	0,42	0,23	0,27	-	-
02 Sanitär	-	5,38	15,00	4,29	0,38	0,10	4,29	13
03 Verkehrsfläche	-	2,60	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
04 Technik	-	6,88	0,15	0,04	0,48	0,11	-	-
05 Lehrer	-	10,70	7,00	2,06	0,75	0,66	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
01 Turnhalle			0,00	0,00	0,23	0,10		
02 Sanitär			0,00	0,00	0,38	0,10		
03 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,18	0,10		

04 Technik	0,00	0,00	0,48	0,10
05 Lehrer	0,00	0,00	0,75	0,12

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
 mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 /
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
01 Turnhalle	2.579	0	199	235	434	0	15,2
02 Sanitär	323	0	41	11	52	256	
03 Verkehrsfläche	178	0	11	6	17	0	
04 Technik	46	0	8	2	9	0	
05 Lehrer	46	0	12	10	22	0	
		0	270	265	535	256	
⇒ WE-Betrieb ...							
01 Turnhalle		0	199	88	286		
02 Sanitär		0	41	11	52		
03 Verkehrsfläche		0	11	6	17		
04 Technik		0	8	2	9		
05 Lehrer		0	12	2	14		
		0	270	108	379		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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 m²	I _{S,Jan/Jul} W/m²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 FF Dachfenster	3	21,00	17/ 117	57/ 57	7100
22 FF Nord	1	5,88	10/ 81	42/ 42	"
23 FF Ost	2	3,78	25/ 138	42/ 42	"
24 FF Ost	4	1,26	25/ 138	42/ 42	"
25 FF Süd	1	9,24	59/ 113	42/ 42	"
26 PRF Süd	3	5,25	59/ 113	42/ 42	"
27 FF West	1	3,78	17/ 117	42/ 42	"

28 FF West	1	1,26	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,5
51,60						16/ 68

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen 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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 FD Dachfläche	N 1	114,2	0,28	0,50	4,50	145	0,9
2 FD Dachfläche	S 1	114,2	0,28	0,50	4,50	194	1,6
3 FD Dachfläche	N 1	62,8	0,28	0,50	4,50	210	1,0
4 FD Dachdecke	- 1	181,7	0,28	0,50	4,50	210	4,1
5 FD Dachfläche	W 2	56,7	0,28	0,50	4,50	117	0,6
6 FD Dachfläche	O 2	56,7	0,28	0,50	4,50	205	0,9
7 FD Dachfläche	O 4	19,2	0,28	0,50	4,50	205	0,3
8 FD Dachfläche	W 5	19,2	0,28	0,50	4,50	188	0,3
10 FAW Nord	N 1	129,6	1,49	0,50	4,50	81	3,3
11 FAW Ost	O 1	135,0	1,49	0,50	4,50	138	9,0
12 FAW Ost	O 2	28,2	1,49	0,50	4,50	138	1,9
13 FAW Ost	O 4	8,7	1,49	0,50	4,50	138	0,6
14 FAW Ost	O 5	4,8	1,49	0,50	4,50	138	0,3
15 FAW Süd	S 1	83,4	1,49	0,50	4,50	113	4,1
17 FAW Süd	S 5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
34 FAW Süd	S 5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
18 FAW West	W 1	135,0	1,49	0,50	4,50	117	6,9
19 FAW West	W 2	28,2	1,49	0,50	4,50	117	1,5
20 FAW West	W 4	4,8	1,49	0,50	4,50	117	0,2
21 FAW West	W 5	8,7	1,49	0,50	4,50	117	0,4
1.222,3							39,3

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t$ (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 = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.9 = 4.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
01 Turnhalle	541	429	162	115	217	188	437	5.515
02 Sanitär	96	65	23	14	30	31	81	1.130
03 Verkehrsflä	876	593	226	146	248	263	695	9.343
04 Technik	32	22	8	5	10	10	27	377
05 Lehrer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
01 Turnhalle	451	187	-	-	26	3	270	5.625
02 Sanitär	59	8	-	-	-	-	29	822
03 Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
04 Technik	13	2	-	-	-	-	6	191
05 Lehrer	65	44	-	-	10	1	42	604
	2.131	1.349	419	279	541	497	1.586	23.607

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)
(Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
01 Turnhalle	361	22,7	-	0,0	22,7
02 Sanitär	92	-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche	36	-	-	0,0	0,0
04 Technik	14	-	-	0,0	0,0
05 Lehrer	14	1,3	0,1	0,0	1,4
⇒ WE-Betrieb ...					
01 Turnhalle		-	-	0,0	0,0
02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
04 Technik		-	-	0,0	0,0
05 Lehrer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
01 Turnhalle	0,0	19,7	4,5	0,0	0,0
02 Sanitär	0,0	2,4	1,0	4,1	0,0
03 Verkehrsfläche	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0
04 Technik	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
05 Lehrer	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert
 Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)
 $Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme
 $Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
 $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
 $Q_{l,rV}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
01 Turnhalle	1075	434	0	639	55	0,087
02 Sanitär	167	52	256	132	9	0,065
03 Verkehrsfläche	112	17	0	48	9	0,183
04 Technik	36	9	0	16	1	0,031
05 Lehrer	82	22	0	46	2	0,052
Zone	C_{wirk} Wh/ (m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
01 Turnhalle	50	1509	11,95	1,75	0,987	0,999
02 Sanitär	50	475	9,73	1,61	0,989	1,000
03 Verkehrsfläche	50	129	13,81	1,86	0,965	0,960
04 Technik	50	45	14,98	1,94	0,999	0,999
05 Lehrer	50	104	6,53	1,41	0,985	0,998

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	17,9	17,8
$T_{i,2}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
$T_{i,3}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,5	15,2
$T_{i,4}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,2
$T_{i,5}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,5	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i,2}$	°C	17,1	17,3	17,8	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i,3}$	°C	13,9	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,4}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,7	17,0

Zone 01 Turnhalle (Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8 \text{ °C}$ und $Q_I = 22,7 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,955	0,984	0,989	0,987	0,987	0,973	0,770
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,932	0,990	0,999	1,000	0,999	0,999	0,993	0,799
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	142	297	309	319	319	289	319	2.652
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.699	4.725	7.879	10.116	9.926	8.451	7.384	56.474
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.122	2.943	5.033	6.440	6.290	5.368	4.620	35.509
Q_T	kWh	3.171	6.624	10.054	12.683	12.610	10.797	9.971	77.773
Q_V	kWh	1.099	2.295	3.484	4.399	4.373	3.743	3.455	26.959
Q_S^*	kWh	877	598	161	114	241	190	694	7.171
Q_I^*	kWh	600	742	793	859	850	756	791	7.209

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone 02 Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,949	0,969	0,987	0,989	0,989	0,987	0,973	0,964
$\eta_{source,WE}$		0,986	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,930
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	82	79	82	82	74	82	733
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.475
$Q_{h,b,RE}$	kWh	305	929	1.550	2.050	2.006	1.696	1.428	10.985
$Q_{h,b,WE}$	kWh	263	565	898	1.127	1.107	945	831	6.548
Q_T	kWh	684	1.214	1.733	2.154	2.142	1.843	1.723	14.331
Q_V	kWh	134	467	815	1.110	1.088	916	771	5.342
Q_S^*	kWh	149	72	23	14	30	31	108	1.783
Q_I^*	kWh	102	117	128	140	138	123	127	1.375

Zone 03 Verkehrsfläche (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,492	0,824	0,956	0,984	0,965	0,949	0,781	0,568
$\eta_{source,WE}$		0,482	0,808	0,949	0,983	0,960	0,940	0,744	0,546
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	23	31	32	32	29	32	305
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.147
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	99	485	693	636	520	302	2.822
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	306	462	416	333	163	1.717
Q_T	kWh	185	532	886	1.142	1.135	968	873	6.484
Q_V	kWh	28	81	135	174	173	147	133	985
Q_S^*	kWh	427	484	215	143	239	248	531	3.273
Q_I^*	kWh	2	9	14	18	17	14	10	90

Zone 04 Technik (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,992	0,991	0,999	0,999	0,999	0,998	0,990	0,878
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	0,989	0,999	0,999	0,999	0,998	0,988	0,872
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	9	12	12	12	11	12	83
t_h	h	640	744	720	744	744	672	744	6.333
$Q_{h,b,RE}$	kWh	20	118	217	279	273	231	194	1.440
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	72	142	188	183	154	122	927
Q_T	kWh	60	171	285	368	366	312	281	2.088
Q_V	kWh	15	44	73	94	93	80	72	533
Q_S^*	kWh	45	24	8	5	10	10	33	430
Q_I^*	kWh	1	3	4	5	5	4	4	30

Zone 05 Lehrer

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 1,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,893	0,953	0,985	0,988	0,985	0,987	0,968	0,927
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,942	0,982	1,000	1,000	0,998	1,000	0,988	0,960
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	12	12	12	12	11	12	108
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	191	389	606	767	750	646	571	4.604
$Q_{h,b,WE}$	kWh	132	266	417	518	504	437	389	3.141
Q_T	kWh	335	595	850	1.056	1.051	904	845	7.026
Q_V	kWh	76	134	192	239	237	204	190	1.585
Q_S^*	kWh	59	42	–	–	10	1	41	549
Q_I^*	kWh	29	33	35	37	37	33	35	383

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.6)

	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/ (m ² a)
01 Turnhalle	77.773	26.959	7.171	7.209	91.983	255,1
02 Sanitär	14.331	5.342	1.784	1.375	17.533	189,8
03 Verkehrsfläche	6.484	985	3.273	90	4.540	127,2
04 Technik	2.088	533	430	30	2.366	174,0
05 Lehrer	7.026	1.585	549	383	7.745	569,5
	107.702	35.405	13.207	9.086	124.167	240,7

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60

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**Strombedarf der Ventilatoren**

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_V, Jan kWh
02 Sanitär	1386	221	0,00	0,39	85

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
02 Sanitär	82	85	82	85	85	77	85	1.001
	82	85	82	85	85	77	85	1.001

 $V_{\text{mech, m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb $P_{V, \text{SUP}} / P_{V, \text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)**Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)**

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd 1	300	35,1	13,2	gut	87
2 <1> Fassade West	West 1	300	19,2	7,2	gut	88
3 <1> Fassade Nord	Nord 1	300	22,4	8,4	gut	91
4 <2> Fassade Ost	Ost 2	200	16,3	5,4	gut	87
5 <3> Fassade Süd	Süd 3	100	17,3	7,5	gut	87
6 <3> Fassade West	West 3	100	17,3	30,0	gut	93
7 <4> Fassade Ost	Ost 4	100	5,4	1,8	gut	87

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
01 Turnhalle	361	77	284
02 Sanitär	92	16	76
03 Verkehrsfläche	36	35	1
04 Technik	14	5	8
05 Lehrer	14	–	14

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

(Ref-No 5.10.2)

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL						
					Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	<1>	Fassade Süd	1	87	60	56	50	45	42	40	39
2	<1>	Fassade West	1	88	60	55	49	44	41	38	38
3	<1>	Fassade Nord	1	91	60	54	47	42	39	37	36
4	<2>	Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39	39
5	<3>	Fassade Süd	3	87	60	55	49	44	41	39	39
6	<3>	Fassade West	3	93	60	52	46	41	37	35	35
7	<4>	Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (12)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	25
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,7	0,85	99	2133	1055	13
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	15
4 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	4
5 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,60	72	1526	124	3
6 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
7 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
8 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	282
9 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	35
10 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	0
11 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	0
12 Zone <5> ohne TL	5	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	9

388

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 516 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l, f}

(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
01 Turnhalle	320	333	326	341	336	300	330	3.904
02 Sanitär	38	40	39	41	40	36	39	464

03 Verkehrsflä	4	5	5	6	5	4	4	55
04 Technik	0	0	0	1	0	0	0	5
05 Lehrer	9	9	9	9	9	9	9	111
	372	388	380	398	391	349	384	4.539

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$Q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
01 Turnhalle	nicht relevant			-
02 Sanitär	Sportanlage mit	1,800 Person	5	153 a
03 Verkehrsfläche	nicht relevant			-
04 Technik	nicht relevant			-
05 Lehrer	nicht relevant			-

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

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	1.800
2			

Verteilungsnetze

(Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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 $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,31$ m³/h, $\Delta p = 16,3$ kPa, $P_{hydr} = 1,390$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 15,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i			117 m		3 m		79 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		19,2 °C		19,2 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

$Q_{w,b}$	kWh	148	153	148	153	153	138	153	1.800
$Q_{w,d,V}$	kWh	484	500	484	500	500	452	500	5.889
$Q_{w,d,S}$	kWh	13	13	13	14	14	12	14	156
$Q_{w,d,St}$	kWh	100	108	109	112	112	102	112	1.262
$Q_{w,d}$	kWh	597	622	606	626	626	566	626	7.307
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	46
$Q_{I,w,d}$	kWh	113	121	122	126	126	114	126	1.418

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

Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 500$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,9$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i $13,0^\circ\text{C}$ (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0^\circ\text{C}$

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 $P_p = 44$ 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 2									
Q _{w, outg}	kWh	745	775	754	779	779	704	779	9.107
Q _{w, s}	kWh	17	18	17	18	18	16	18	193

W _{w,s}	kWh	2	2	2	2	2	1	2	19

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2 Wärmepumpe
Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 3,12

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
Q _{w,f}	kWh	176	231	307	370	377	335	315	2.984
W _{w,gen}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$Q_{w,f}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$W_{w,f}$	kWh	71	74	72	74	74	67	74	866
eco-Strom	kWh	176	231	307	370	377	335	315	2.984
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,8	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
01 Turnhalle	34,4	6,9	0	0,0	41,3
02 Sanitär	5,3	0,8	1387	6,0	12,2
03 Verkehrsfläche	3,6	0,3	0	0,0	3,9
04 Technik	1,2	0,1	0	0,0	1,3
05 Lehrer	2,6	0,4	0	0,0	3,0

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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)

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	91.983	41,3	45,5
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		2/3/4/5/	32.184	20,4	22,4

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert
 <2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.983
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 01 Turnhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	200
$t_{h,rL} <1>$	h/m	285	337	372	413	412	365	380	3.396

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone 05 Lehrer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <5>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	13	13	13	13	13	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	225
$t_{h,rL} <5>$	h/m	218	258	285	316	315	279	290	2.923

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

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

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

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

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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$,
 $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,1547+1,2 = 2,55^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (21,4%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: , $f_{h,ce,aux} = 0$

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

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,1%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.983
$Q_{h,ce}$	kWh	1.650	2.219	2.382	2.493	2.457	2.212	2.307	19.707
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184
$Q_{h,ce}$	kWh	295	460	583	633	614	546	525	4.523
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	5.685	12.806	20.496	25.767	25.164	21.538	18.836	148.397

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

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

Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 361,0$

m², Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0\text{ °C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 99 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 155,3\text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<5>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 12 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	187,2 m	18,5 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	128,3 m	8,9 m	38,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung								
$\beta_{h,d}$	0,15	0,32	0,51	0,62	0,61	0,58	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,8	24,7	27,7	29,4	29,2	28,7	27,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,6	22,2	23,9	24,8	24,7	24,5	23,5	
$Q_{h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639
$W_{h,d}$ kWh	28	44	64	79	78	67	61	507
$Q_{I,h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,4\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,4\%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

$\beta_{h,d}$	0,08	0,19	0,35	0,44	0,43	0,40	0,30	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,3	29,2	34,1	36,5	36,1	35,4	32,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,8	26,4	29,6	31,2	30,9	30,4	28,5	
$Q_{h,d}$ kWh	77	122	179	222	218	186	167	1.320
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	12	24	41	53	52	44	37	309

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,9\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,2\%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

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

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

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

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} = \text{Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)}$
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	5.777	12.977	20.766	26.113	25.502	21.825	19.087	150.356

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

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 500$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 3,5$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

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

Speicher:

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

$$Q_{l,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

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

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	24	26	27	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	24	31	37	41	41	36	36	280
$W_{h,s}$	kWh	7	15	24	30	30	25	22	191

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 4,82
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	5.801	13.008	20.803	26.154	25.542	21.861	19.123	150.636
$Q_{h,f}$	kWh	1.316	3.180	4.263	4.721	4.753	4.173	4.261	31.281
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	1.393	8.688	14.663	14.161	11.594	7.045	58.710
$Q_{h,f, aux}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 1 ($A_{NGF} = 361 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 45,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,957$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,047$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0087 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 2,92 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,68 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,06 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,281 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,094 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 ($A_{NGF} = 155 \text{ m}^2$)
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} \cdot d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178}$
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$
 $W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$
 $Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	-	1.393	8.688	14.663	14.161	11.594	7.045	58.710
$\beta_{h,1}$		-	0,09	0,51	0,78	0,76	0,70	0,41	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	-	71	491	919	881	705	370	3.495
$Q_{h,f}$	kWh	-	1.464	9.179	15.582	15.042	12.299	7.415	62.205
$W_{h,gen}$	kWh	7	19	61	97	94	78	52	462
$Q_{I,h,gen}$	kWh	-	8	14	18	18	15	13	92

Aufteilung $Q_{l,h,g}$: nach Grundflächenanteilen

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

Q _{h,f}	kWh	1.316	4.644	13.442	20.304	19.794	16.472	11.676	93.487
W _h	kWh	41	79	149	207	202	170	135	1.159
eco-Strom	kWh	1.316	3.180	4.263	4.721	4.753	4.173	4.261	31.281
Erdgas	kWh	–	1.479	9.198	15.582	15.027	12.287	7.400	62.213
Q _{I,h,<1>}	kWh/d	0,5	1,8	3,5	4,6	4,5	4,2	3,1	
Q _{I,h,<2>}	kWh/d	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	
Q _{I,h,<3>}	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
Q _{I,h,<4>}	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
Q _{I,h,<5>}	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	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} = unregelte 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

Unregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	2.059	4.036	5.252	5.855	5.881	5.172	5.254	41.831
Stromangebot	kWh	5.057	3.543	1.321	837	1.610	1.772	3.897	53.307
anrechenbar	kWh	2.059	3.543	1.321	837	1.610	1.772	3.897	23.361

Jahres-Stromproduktion = 53.307 kWh/a, Strombedarf = 41.831 kWh/a, anrechenbar = 23.361 kWh/a

Energiebedarf nach Energieträgern

(Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Warmwasser		2.984	1,80	1,00	5.371
eco-Strom	Heizwärme		31.281	1,80	1,00	56.306
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/4/5/	62.213	1,10	1,11	61.653
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.539	1,80	1,00	8.169
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.027	1,80	1,00	5.448
Strom-Mix	Stromgutschrift		-23.361	1,80	1,00	-42.050
Σ [kWh/Jahr]			80.683			94.897

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 94.897 / 516 = 183,9$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 516$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 80.683 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 2983,9+31281,3+56048,1+4538,6+3026,6-23361,0 = 74518 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 5,9 kWh/(m²a), eco-Strom 66,4 kWh/(m²a), Erdgas 120,6 kWh/(m²a),

Strom-Mix 8,8 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -45,3 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
eco-Strom	2.984	560	1.671	
eco-Strom	31.281	560	17.518	
Erdgas	56.048	240	13.452	
Strom-Mix	4.539	560	2.542	
Strom-Mix	3.027	560	1.695	
Strom aus PV	-	377	-8.801	
97.879			28.075	54,4

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = - 36876,5 / 97879,0 * 23361 = -8.801 kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

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
01 Turnhalle	361	-	3.904	-	-	69.255	73.159
02 Sanitär	92	-	464	-	2.984	13.200	16.648
03 Verkehrsfläche	36	-	55	-	-	3.422	3.477
04 Technik	14	-	5	-	-	1.786	1.791
05 Lehrer	14	-	111	-	-	5.834	5.944
Gebäude	516	-	4.539	-	2.984	93.496	101.019

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	3,5	240,7	254,9

Endenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	7,5	183,5	201,7
Primärenergiebedarf	3,5	15,8	0,0	13,4	232,7	265,5

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

.....

Primärenergie-Referenzwert

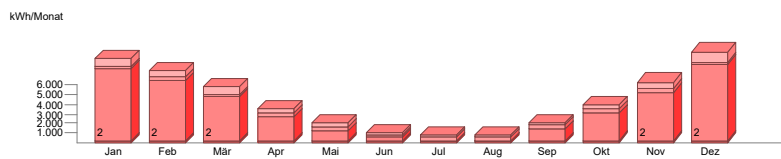
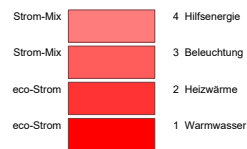
(Ref-No 5.15.0)

vorh $q_P = 183,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Anlage 11: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 2a)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Turnhalle Geothermie mono"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren
 (Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel
 mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)
 mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i $^{\circ}\text{C}$	$\vartheta_{i,WE}$ $^{\circ}\text{C}$	A_{NGF} m^2	V_i m^3
01 Turnhalle	231 Turnhalle (o	200	17,8	15,5	361	2579
02 Sanitär	216 WC und Sanit	200	19,2	17,1	92	323
03 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	200	15,2	13,9	36	178
04 Technik	220 Lager, Techn	200	15,2	13,9	14	46
05 Lehrer	217 Sonstige Auf	200	19,2	17,0	14	46
					516	3.173

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 515,9 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.2.0)

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 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
Dachflächen						
1 FD Dachfläche	N 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3
2 FD Dachfläche	S 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3

3	FD	Dachfläche	N	1:0	62,8	0,28	##	1,00	FD	02	50	17,8
4	FD	Dachdecke	-	1:0	181,7	0,28	##	0,80	FDd	02	50 06	41,1
5	FD	Dachfläche	W	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
6	FD	Dachfläche	O	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
7	FD	Dachfläche	O	4:0	19,2	0,28		1,00	FD	02	50	5,4
8	FD	Dachfläche	W	5:0	19,2	0,28	##	1,00	FD	02	50	5,4
9	FF	Dachfenster	W	3:0	30,0	2,80		1,00	FF	50	71 02	84,0
Außenwände												
10	FAW	Nord	N	1:0	129,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	192,8
11	FAW	Ost	O	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
12	FAW	Ost	O	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
13	FAW	Ost	O	4:0	8,7	1,49		1,00	FAW	02	50	12,9
14	FAW	Ost	O	5:0	4,8	1,49	##	1,00	FAW	02	50	7,1
15	FAW	Süd	S	1:0	83,4	1,49	##	1,00	FAW	02	50	124,1
17	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
34	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
18	FAW	West	W	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
19	FAW	West	W	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
20	FAW	West	W	4:0	4,8	1,49		1,00	FAW	02	50	7,1
21	FAW	West	W	5:0	8,7	1,49	##	1,00	FAW	02	50	12,9
Fenster												
22	FF	Nord	N	1:0	8,4	1,90		1,00	FF	50	02	16,0
23	FF	Ost	O	2:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
24	FF	Ost	O	4:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
25	FF	Süd	S	1:0	13,2	1,90		1,00	FF	50	02	25,1
26	PRF	Süd	S	3:0	7,5	2,20		1,00	FF	50	75 02	16,5
27	FF	West	W	1:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
28	FF	West	W	1:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
Grundflächen												
29	FG		-	1:0	406,0	0,44	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	79,5
30	FG		-	2:0	114,8	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	23,1
31	FG		-	3:0	39,6	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	8,0
32	FG		-	4:0	18,5	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7
33	FG		-	5:0	18,5	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7

$\Sigma A [m^2] = 1.893,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.342,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 597,00 / 55,50 = 10,76$ 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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 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.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert

bilanziert wird.
71 Glasdach
75 Vorhangfassade

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 129,6 \text{ W/K}$ (9,7 %, 0,068 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
01 Turnhalle	995	79	0	1075	0	0
02 Sanitär	144	23	0	167	0	0
03 Verkehrsfläche	104	8	0	112	0	0
04 Technik	32	4	0	36	0	0
05 Lehrer	78	4	0	82	0	0
	1354	118		1472		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.472,3 / 1.893,2 = \mathbf{0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,67	1,90		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,42	1,90	2,20	2,80

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 67,5\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²		H _T W/K	
Turnhalle Dachoberlicht	2,80		30	2 %	84	6 %
Turnhalle Außenwand	1,49		598	32 %	889	66 %
Turnhalle Boden Sanitärber	0,45		191	10 %	39	3 %
Turnhalle Dach	0,28		291	15 %	82	6 %
Turnhalle Dachdecke	0,28		182	10 %	41	3 %
Turnhalle Dach Sanitärbere	0,28		152	8 %	43	3 %
Turnhalle Fenster	1,90		36	2 %	68	5 %
Turnhalle PRF	2,20		8	0 %	17	1 %
Turnhalle Sportboden	0,44		406	21 %	79	6 %
			1893	100 %	1.343	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 6 \cdot 1893 / 3173 = 3,58 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 () für die Zonen

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m, ZUL}$ h^{-1}	$t_{v,m}$ h/d
01 Turnhalle	-	3,24	3,00	0,42	0,23	0,27	-	-
02 Sanitär	-	5,38	15,00	4,29	0,38	0,10	4,29	13
03 Verkehrsfläche	-	2,60	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
04 Technik	-	6,88	0,15	0,04	0,48	0,11	-	-
05 Lehrer	-	10,70	7,00	2,06	0,75	0,66	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
01 Turnhalle			0,00	0,00	0,23	0,10		
02 Sanitär			0,00	0,00	0,38	0,10		
03 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,18	0,10		

04 Technik	0,00	0,00	0,48	0,10
05 Lehrer	0,00	0,00	0,75	0,12

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
 mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 /
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
01 Turnhalle	2.579	0	199	235	434	0	15,2
02 Sanitär	323	0	41	11	52	256	
03 Verkehrsfläche	178	0	11	6	17	0	
04 Technik	46	0	8	2	9	0	
05 Lehrer	46	0	12	10	22	0	
		0	270	265	535	256	
⇒ WE-Betrieb ...							
01 Turnhalle		0	199	88	286		
02 Sanitär		0	41	11	52		
03 Verkehrsfläche		0	11	6	17		
04 Technik		0	8	2	9		
05 Lehrer		0	12	2	14		
		0	270	108	379		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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 m²	I _{S,Jan/Jul} W/m²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 FF Dachfenster	3	21,00	17/ 117	57/ 57	7100
22 FF Nord	1	5,88	10/ 81	42/ 42	"
23 FF Ost	2	3,78	25/ 138	42/ 42	"
24 FF Ost	4	1,26	25/ 138	42/ 42	"
25 FF Süd	1	9,24	59/ 113	42/ 42	"
26 PRF Süd	3	5,25	59/ 113	42/ 42	"
27 FF West	1	3,78	17/ 117	42/ 42	"

28 FF West	1	1,26	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,5
51,60						16/ 68

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen 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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone		A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 FD Dachfläche	N	1	114,2	0,28	0,50	4,50	145	0,9
2 FD Dachfläche	S	1	114,2	0,28	0,50	4,50	194	1,6
3 FD Dachfläche	N	1	62,8	0,28	0,50	4,50	210	1,0
4 FD Dachdecke	-	1	181,7	0,28	0,50	4,50	210	4,1
5 FD Dachfläche	W	2	56,7	0,28	0,50	4,50	117	0,6
6 FD Dachfläche	O	2	56,7	0,28	0,50	4,50	205	0,9
7 FD Dachfläche	O	4	19,2	0,28	0,50	4,50	205	0,3
8 FD Dachfläche	W	5	19,2	0,28	0,50	4,50	188	0,3
10 FAW Nord	N	1	129,6	1,49	0,50	4,50	81	3,3
11 FAW Ost	O	1	135,0	1,49	0,50	4,50	138	9,0
12 FAW Ost	O	2	28,2	1,49	0,50	4,50	138	1,9
13 FAW Ost	O	4	8,7	1,49	0,50	4,50	138	0,6
14 FAW Ost	O	5	4,8	1,49	0,50	4,50	138	0,3
15 FAW Süd	S	1	83,4	1,49	0,50	4,50	113	4,1
17 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
34 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
18 FAW West	W	1	135,0	1,49	0,50	4,50	117	6,9
19 FAW West	W	2	28,2	1,49	0,50	4,50	117	1,5
20 FAW West	W	4	4,8	1,49	0,50	4,50	117	0,2
21 FAW West	W	5	8,7	1,49	0,50	4,50	117	0,4
1.222,3								39,3

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t$ (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 = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.9 = 4.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
01 Turnhalle	541	429	162	115	217	188	437	5.515
02 Sanitär	96	65	23	14	30	31	81	1.130
03 Verkehrsflä	876	593	226	146	248	263	695	9.343
04 Technik	32	22	8	5	10	10	27	377
05 Lehrer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
01 Turnhalle	451	187	-	-	26	3	270	5.625
02 Sanitär	59	8	-	-	-	-	29	822
03 Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
04 Technik	13	2	-	-	-	-	6	191
05 Lehrer	65	44	-	-	10	1	42	604
	2.131	1.349	419	279	541	497	1.586	23.607

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
01 Turnhalle	361	22,7	-	0,0	22,7
02 Sanitär	92	-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche	36	-	-	0,0	0,0
04 Technik	14	-	-	0,0	0,0
05 Lehrer	14	1,3	0,1	0,0	1,4
⇒ WE-Betrieb ...					
01 Turnhalle		-	-	0,0	0,0
02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
04 Technik		-	-	0,0	0,0
05 Lehrer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
01 Turnhalle	0,0	19,7	3,9	0,0	0,0
02 Sanitär	0,0	2,4	1,0	4,1	0,0
03 Verkehrsfläche	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0
04 Technik	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
05 Lehrer	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert
 Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)
 $Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme
 $Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
 $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
 $Q_{l,rV}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
01 Turnhalle	1075	434	0	639	55	0,086
02 Sanitär	167	52	256	132	9	0,065
03 Verkehrsfläche	112	17	0	48	9	0,183
04 Technik	36	9	0	16	1	0,031
05 Lehrer	82	22	0	46	2	0,052
Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
01 Turnhalle	50	1509	11,95	1,75	0,988	0,999
02 Sanitär	50	475	9,73	1,61	0,989	1,000
03 Verkehrsfläche	50	129	13,81	1,86	0,965	0,960
04 Technik	50	45	14,98	1,94	0,999	0,999
05 Lehrer	50	104	6,53	1,41	0,985	0,998

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	17,9	17,8
$T_{i,2}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
$T_{i,3}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,5	15,2
$T_{i,4}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,2
$T_{i,5}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,5	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i,2}$	°C	17,1	17,3	17,8	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i,3}$	°C	13,9	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,4}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,7	17,0

Zone 01 Turnhalle (Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8 \text{ °C}$ und $Q_I = 22,7 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,956	0,985	0,989	0,988	0,987	0,974	0,770
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,932	0,990	0,999	1,000	0,999	0,999	0,993	0,800
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	142	297	309	319	319	289	319	2.652
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.699	4.729	7.887	10.127	9.937	8.460	7.392	56.528
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.122	2.946	5.038	6.447	6.297	5.374	4.624	35.544
Q_T	kWh	3.171	6.624	10.054	12.683	12.610	10.797	9.971	77.773
Q_V	kWh	1.099	2.295	3.484	4.399	4.373	3.743	3.455	26.959
Q_S^*	kWh	877	598	161	114	241	190	694	7.172
Q_I^*	kWh	600	735	780	842	832	742	779	7.118

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone 02 Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,949	0,969	0,987	0,989	0,989	0,987	0,973	0,964
$\eta_{source,WE}$		0,986	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,930
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	82	79	82	82	74	82	733
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.475
$Q_{h,b,RE}$	kWh	305	929	1.550	2.050	2.006	1.696	1.428	10.985
$Q_{h,b,WE}$	kWh	263	565	898	1.127	1.107	945	831	6.548
Q_T	kWh	684	1.214	1.733	2.154	2.142	1.843	1.723	14.331
Q_V	kWh	134	467	815	1.110	1.088	916	771	5.342
Q_S^*	kWh	149	72	23	14	30	31	108	1.783
Q_I^*	kWh	102	117	128	140	138	123	127	1.375

Zone 03 Verkehrsfläche (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,492	0,824	0,956	0,984	0,965	0,949	0,781	0,568
$\eta_{source,WE}$		0,482	0,808	0,949	0,983	0,960	0,940	0,744	0,546
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	23	31	32	32	29	32	305
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.147
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	99	485	693	636	520	302	2.822
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	306	462	416	333	163	1.717
Q_T	kWh	185	532	886	1.142	1.135	968	873	6.484
Q_V	kWh	28	81	135	174	173	147	133	985
Q_S^*	kWh	427	484	215	143	239	248	531	3.273
Q_I^*	kWh	2	9	14	18	17	14	10	90

Zone 04 Technik (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,992	0,991	0,999	0,999	0,999	0,998	0,990	0,878
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	0,989	0,999	0,999	0,999	0,998	0,988	0,872
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	9	12	12	12	11	12	83
t_h	h	640	744	720	744	744	672	744	6.333
$Q_{h,b,RE}$	kWh	20	118	217	279	273	231	194	1.440
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	72	142	188	183	154	122	927
Q_T	kWh	60	171	285	368	366	312	281	2.088
Q_V	kWh	15	44	73	94	93	80	72	533
Q_S^*	kWh	45	24	8	5	10	10	33	430
Q_I^*	kWh	1	3	4	5	5	4	4	30

Zone 05 Lehrer

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 1,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,893	0,953	0,985	0,988	0,985	0,987	0,968	0,927
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,942	0,982	1,000	1,000	0,998	1,000	0,988	0,960
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	12	12	12	12	11	12	108
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	191	389	606	767	750	646	571	4.604
$Q_{h,b,WE}$	kWh	132	266	417	518	504	437	389	3.141
Q_T	kWh	335	595	850	1.056	1.051	904	845	7.026
Q_V	kWh	76	134	192	239	237	204	190	1.585
Q_S^*	kWh	59	42	–	–	10	1	41	549
Q_I^*	kWh	29	33	35	37	37	33	35	383

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.6)

	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/ (m ² a)
01 Turnhalle	77.773	26.959	7.173	7.118	92.072	255,3
02 Sanitär	14.331	5.342	1.784	1.375	17.533	189,8
03 Verkehrsfläche	6.484	985	3.273	90	4.540	127,2
04 Technik	2.088	533	430	30	2.366	174,0
05 Lehrer	7.026	1.585	549	383	7.745	569,5
	107.702	35.405	13.208	8.996	124.256	240,9

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386\text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

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

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

 θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6**Strombedarf der Ventilatoren**

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{mech, m}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, SUP}$ kW	$P_{V, ETA}$ kW	W_V, Jan kWh
02 Sanitär	1386	221	0,00	0,39	85

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
02 Sanitär	82	85	82	85	85	77	85	1.001
	82	85	82	85	85	77	85	1.001

 $V_{mech, m}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = $\text{h}/\text{Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$ $P_{V, SUP} / P_{V, ETA}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)**Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)**

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd	1	300	35,1	13,2	gut	87
2 <1> Fassade West	West	1	300	19,2	7,2	gut	88
3 <1> Fassade Nord	Nord	1	300	22,4	8,4	gut	91
4 <2> Fassade Ost	Ost	2	200	16,3	5,4	gut	87
5 <3> Fassade Süd	Süd	3	100	17,3	7,5	gut	87
6 <3> Fassade West	West	3	100	17,3	30,0	gut	93
7 <4> Fassade Ost	Ost	4	100	5,4	1,8	gut	87

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
01 Turnhalle	361	77	284
02 Sanitär	92	16	76
03 Verkehrsfläche	36	35	1
04 Technik	14	5	8
05 Lehrer	14	–	14

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

(Ref-No 5.10.2)

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL						
						Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
						%	%	%	%	%	%
1	<1>	Fassade Süd	1	87	60	56	50	45	42	40	39
2	<1>	Fassade West	1	88	60	55	49	44	41	38	38
3	<1>	Fassade Nord	1	91	60	54	47	42	39	37	36
4	<2>	Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39	39
5	<3>	Fassade Süd	3	87	60	55	49	44	41	39	39
6	<3>	Fassade West	3	93	60	52	46	41	37	35	35
7	<4>	Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (12)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	25
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,7	0,85	99	2133	1055	13
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	15
4 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	4
5 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,60	72	1526	124	3
6 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
7 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
8 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	282
9 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	35
10 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	0
11 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	0
12 Zone <5> ohne TL	5	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	9

388

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 516 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}

(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
01 Turnhalle	320	333	326	341	336	300	330	3.904
02 Sanitär	38	40	39	41	40	36	39	464

03 Verkehrsflä	4	5	5	6	5	4	4	55
04 Technik	0	0	0	1	0	0	0	5
05 Lehrer	9	9	9	9	9	9	9	111
	372	388	380	398	391	349	384	4.539

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$Q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
01 Turnhalle	nicht relevant			-
02 Sanitär	Sportanlage mit	1,800 Person	5	153 a
03 Verkehrsfläche	nicht relevant			-
04 Technik	nicht relevant			-
05 Lehrer	nicht relevant			-

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

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	1.800
2			

Verteilungsnetze

(Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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 $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,31$ m³/h, $\Delta p = 16,3$ kPa, $P_{hydr} = 1,390$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 15,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i			117 m		3 m		79 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		19,2 °C		19,2 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

$Q_{w,b}$	kWh	148	153	148	153	153	138	153	1.800
$Q_{w,d,V}$	kWh	484	500	484	500	500	452	500	5.889
$Q_{w,d,S}$	kWh	13	13	13	14	14	12	14	156
$Q_{w,d,St}$	kWh	100	108	109	112	112	102	112	1.262
$Q_{w,d}$	kWh	597	622	606	626	626	566	626	7.307
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	46
$Q_{I,w,d}$	kWh	113	121	122	126	126	114	126	1.418

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

Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 500$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,9$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i $13,0^\circ\text{C}$ (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0^\circ\text{C}$

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 $P_p = 44$ 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 2									
Q _{w, outg}	kWh	745	775	754	779	779	704	779	9.107
Q _{w, s}	kWh	17	18	17	18	18	16	18	193

W _{w,s}	kWh	2	2	2	2	2	1	2	19

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2 Wärmepumpe
Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe, JAZ = 3,57

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
Q _{w,f}	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
W _{w,gen}	kWh	17	18	18	19	18	17	18	212

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$Q_{w,f}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$W_{w,f}$	kWh	88	92	90	93	93	84	92	1.078
eco-Strom	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,8	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
01 Turnhalle	34,4	6,9	0	0,0	41,3
02 Sanitär	5,3	0,8	1387	6,0	12,2
03 Verkehrsfläche	3,6	0,3	0	0,0	3,9
04 Technik	1,2	0,1	0	0,0	1,3
05 Lehrer	2,6	0,4	0	0,0	3,0

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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)

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	92.072	41,3	45,5
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		2/3/4/5/	32.184	20,4	22,4

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ °K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert
 <2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.821	7.675	12.925	16.574	16.234	13.833	12.016	92.072
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 01 Turnhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	200
$t_{h,rL} <1>$	h/m	285	337	372	413	412	365	380	3.396

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone 05 Lehrer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <5>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	13	13	13	13	13	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	225
$t_{h,rL} <5>$	h/m	218	258	285	316	315	279	290	2.923

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

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

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

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

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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$,
 $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ °K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,1547+1,2 = 2,55^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (21,4\%)$$

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: , $f_{h,ce,aux} = 0$

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

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (14,1\%)$$

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	2.821	7.675	12.925	16.574	16.234	13.833	12.016	92.072
$Q_{h,ce}$	kWh	1.650	2.221	2.384	2.496	2.459	2.214	2.310	19.724
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184
$Q_{h,ce}$	kWh	295	460	583	633	614	546	525	4.523
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	5.685	12.815	20.512	25.788	25.183	21.554	18.850	148.502

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

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

Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 361,0$

m², Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0\text{ °C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 99 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 155,3\text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1

Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<5>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 12 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	187,2 m	18,5 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	128,3 m	8,9 m	38,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung								
$\beta_{h,d}$	0,15	0,32	0,51	0,62	0,61	0,58	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,8	24,7	27,7	29,4	29,2	28,7	27,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,6	22,2	23,9	24,8	24,7	24,5	23,5	
$Q_{h,d}$ kWh	15	49	91	124	121	101	84	640
$W_{h,d}$ kWh	28	45	64	79	78	67	61	507
$Q_{I,h,d}$ kWh	15	49	91	124	121	101	84	640

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

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

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

$\beta_{h,d}$	0,08	0,19	0,35	0,44	0,43	0,40	0,30	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,3	29,2	34,1	36,5	36,1	35,4	32,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,8	26,4	29,6	31,2	30,9	30,4	28,5	
$Q_{h,d}$ kWh	77	122	179	222	218	186	167	1.320
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	12	24	41	53	52	44	37	309

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,9\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,2\%$

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

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

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

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

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

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} = \text{Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)}$
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	5.777	12.987	20.782	26.133	25.522	21.842	19.101	150.463

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

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 500$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 3,5$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

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

Speicher:

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

$$Q_{l,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

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

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	24	26	27	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	24	31	37	41	41	36	36	280
$W_{h,s}$	kWh	7	15	24	30	30	25	22	191

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe, JAZ = 3,52

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	5.801	13.018	20.819	26.174	25.563	21.878	19.137	150.743
$Q_{h,f}$	kWh	1.268	2.939	4.844	5.806	5.710	4.865	4.453	33.968
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	180	2.036	1.707	1.449	69	5.441
$Q_{h,f, sum}$	kWh	1.268	2.939	5.024	7.842	7.417	6.315	4.523	39.409
$Q_{h,f, aux}$	kWh	130	295	476	563	556	475	439	3.348

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
 Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Konventionelle Heizwärmeerzeuger
 (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 1 ($A_{NGF} = 361 \text{ m}^2$)
 Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 ($A_{NGF} = 155 \text{ m}^2$)
 Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Endenergie Heizwärme
 (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	1.268	2.939	5.024	7.842	7.417	6.315	4.523	39.409
W_h	kWh	164	355	564	673	664	567	523	4.046
eco-Strom	kWh	1.268	2.939	5.024	7.842	7.417	6.315	4.523	39.409
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,5	1,6	3,0	4,0	3,9	3,6	2,7	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	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

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern

(Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Warmwasser		2.392	1,80	1,00	4.306
eco-Strom	Heizwärme		39.409	1,80	1,00	70.937
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.539	1,80	1,00	8.169
Strom-Mix	Hilfsenergie		6.125	1,80	1,00	11.025
Σ [kWh/Jahr]			52.465			94.437

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 94.437 / 516 = 183,1$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 516$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 52.465 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 11,9 kWh/(m²a), eco-Strom 81,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 8,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
eco-Strom	2.392	560	1.340	
eco-Strom	39.409	560	22.069	
Strom-Mix	4.539	560	2.542	
Strom-Mix	6.125	560	3.430	
52.465			29.380	56,9

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone	m ²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
01 Turnhalle	361	-	3.904	-	-	29.202	33.106
02 Sanitär	92	-	464	-	2.392	5.561	8.416
03 Verkehrsfläche	36	-	55	-	-	1.438	1.494
04 Technik	14	-	5	-	-	749	754
05 Lehrer	14	-	111	-	-	2.455	2.566
Gebäude	516	-	4.539	-	2.392	39.405	46.336

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

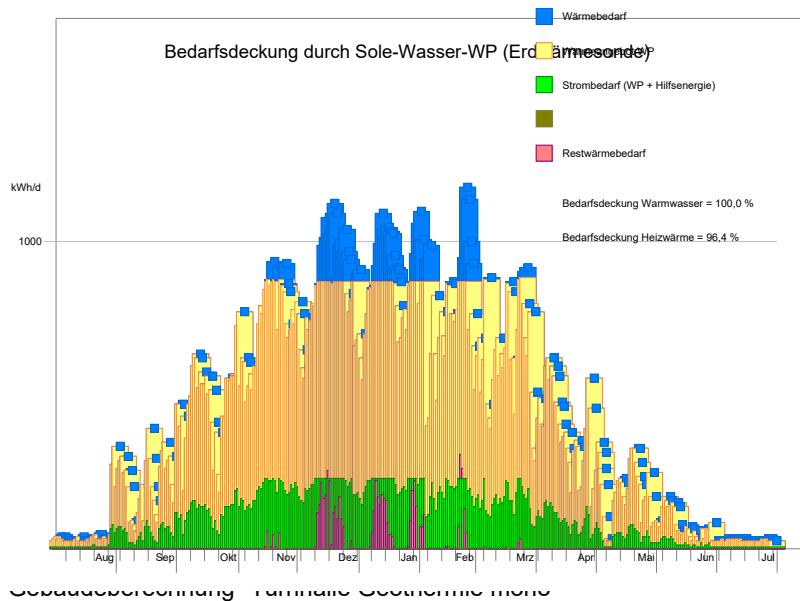
	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	3,5	240,9	255,1
Endenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	6,7	84,2	101,7
Primärenergiebedarf	3,5	15,8	0,0	12,1	151,6	183,1

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

Primärenergie-Referenzwert (Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 183,1 kWh/(m²a)

Simulation zur Bedarfsdeckung



Wärmebedarf

Nutzwärmebedarf für Warmwasser + Heizung, DIN V 18599 in [kWh]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
WW	797	720	797	767	784	756	779	779	762	792	9300
Hzg	25563	21878	19137	11318	5137	1608	83	207	5801	13018	150743
	26359	22598	19934	12085	5921	2364	862	986	6563	13810	160.043

zeitliche Verteilung (WW)

	auf die Wochentage	auf die Tagesstunden
	1 konstant	2 Profil A

Wärmeangebot

Wärmeangebot aus Sole-Wasser-WP (Erdwärmesonde)

Klimatensatz (Wärmepumpe)

"09.kol", $T_{a,iM} = 8,7\text{ °C}$

Wärmepumpe Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010, 35,0 kW, Energieträger Strom-Mix

Vorlauftemperatur für Heizung 40 °C für Warmwasser 45 °C

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur und für die Quelltemperaturen korrigiert. COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Wärmequelle = Erdwärmesonde, Quelltemperaturen = 1,7° 1,8° 2,2° 2,9° 3,6° 4° 4,4° 4,3° 3,6° 2,9° 2,1° 1,6°, Nachheizung durch Heizstab zur Wärmepumpe

Nennleistung	Hilfsenergie	P_{aux}	$COP_{B0/W35}$	Leitungsverlust
kW		Watt	-	W/K

35,0

843

4,3

2,0

Bedarfsdeckung

Deckungsanteile durch Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonde

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Warmwasser										
Bedarf	779	762	792	771	797	797	720	797	767	9.300
Deckung	790	764	790	764	790	790	713	790	764	9.299
%	101	100	100	99	99	99	99	99	100	100
	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme										
Bedarf	207	5801	13009	20803	26154	25542	21861	19123	11311	150.638
Deckung	207	5801	13009	20623	24118	23835	20412	19054	11311	145.197
%	100	100	100	99	92	93	93	100	100	96

Strom- und Hilfsenergiebedarf

Strombedarf der Wärmepumpe $Q_{f,WP}$ und Endenergiebedarf für einen zweiten Wärmeerzeuger $Q_{f,WE2}$

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
$Q_{f,WP}$	234	1458	3142	5048	6022	5925	5059	4663	2752	36.360
$Q_{f,WE2}$	0	0	0	180	2036	1707	1449	69	0	5.441
ΣQ_f	234	1458	3142	5228	8058	7632	6508	4733	2752	41.801

Hilfsenergiebedarf für den Primärkreis der Wärmepumpe HE_{WP}

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
HE_{WP}	22	147	313	494	582	574	491	457	274	3.559

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

ohne zweiten Wärmeerzeuger JAZ = 3,87 = $(9299 + 145197) / (36360 + 3560)$
mit zweitem Wärmeerzeuger JAZ = 3,53 = $(9300 + 150743) / (36360 + 5441 + 3560)$

Übergabewerte für DIN V 18599

Der zweite Wärmeerzeuger ist ein Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Warmwasser JAZ = 3,57										
$Q_{w,out}$	779	762	792	771	797	797	720	797	767	9.300
$Q_{w,f}$	190	190	203	204	216	215	194	210	197	2.392
$Q_{w,f,bu}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

W _{w,gen}	18	17	18	18	19	18	17	18	17	212
Heizwärme, JAZ = 3,53										
Q _{h,out}	207	5801	13009	20803	26154	25542	21861	19123	11311	150.638
Q _{h,f}	44	1268	2939	4844	5806	5710	4865	4453	2555	33.968
Q _{h,f,bu}	0	0	0	180	2036	1707	1449	69	0	5.441
W _{h,gen}	5	130	295	476	563	556	475	439	257	3.348

Der Hilfsenergiebedarf W_{w,gen} und W_{h,gen} wird lastanteilig ermittelt

Simulation im Detail

vom Uhr

mit Q_{Bedarf} = Wärmebedarf für Warmwasser + Heizung, T_{Quell} = Temperatur der Wärmequelle (Mittelwert), COP_{IM} = mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpe (Warmwasser + Heizung), Q_{f,WP} = Strombedarf der Elektro-Wärmepumpe, Q_{aux} = Hilfsenergiebedarf der zusätzlichen Aggregate und Q_{Rest} = Restwärmebedarf

Woche	Q _{Bedarf} kWh	T _{Quell} °C	COP _{IM} -	Q _{f,WP} kWh	Q _{aux} kWh	Q _{Rest} kWh
30 / 01.08.	221	4,3	4,23	52	5	
31 / 08.08.	202	4,3	4,17	48	4	
32 / 15.08.	205	4,3	4,19	49	5	
33 / 22.08.	253	4,3	4,28	59	6	
34 / 29.08.	1185	3,9	4,50	264	27	
35 / 05.09.	1466	3,6	4,50	326	33	
36 / 12.09.	1003	3,6	4,47	225	22	
37 / 19.09.	1510	3,6	4,50	335	34	
38 / 26.09.	1877	3,4	4,49	418	42	
39 / 03.10.	2792	2,9	4,39	636	63	
40 / 10.10.	3980	2,9	4,40	904	90	
41 / 17.10.	3156	2,9	4,39	718	72	
42 / 24.10.	2942	2,9	4,39	670	67	
43 / 31.10.	4334	2,2	4,26	1018	100	
44 / 07.11.	3881	2,1	4,23	917	90	
45 / 14.11.	5793	2,1	4,24	1350	132	67
46 / 21.11.	6004	2,1	4,24	1389	136	113
47 / 28.11.	5202	1,8	4,18	1245	121	
48 / 05.12.	4783	1,6	4,13	1158	112	
49 / 12.12.	6797	1,6	4,14	1446	140	819
50 / 19.12.	7083	1,6	4,14	1466	142	1022
51 / 26.12.	6106	1,6	4,14	1419	137	234
52 / 02.01.	4666	1,7	4,15	1124	109	
1 / 09.01.	6751	1,7	4,16	1452	141	714
2 / 16.01.	6743	1,7	4,16	1460	141	670
3 / 23.01.	5250	1,7	4,15	1262	122	4
4 / 30.01.	6796	1,8	4,17	1442	140	785
5 / 06.02.	4372	1,8	4,17	1022	99	113
6 / 13.02.	5263	1,8	4,17	1258	122	10
7 / 20.02.	6531	1,8	4,18	1379	134	771
8 / 27.02.	4486	2,1	4,22	1049	103	52
9 / 06.03.	3974	2,2	4,25	932	91	9
10 / 13.03.	4315	2,2	4,25	1014	99	
11 / 20.03.	4979	2,2	4,26	1163	114	27
12 / 27.03.	4624	2,4	4,28	1071	106	34
13 / 03.04.	3226	2,9	4,39	734	73	
14 / 10.04.	3394	2,9	4,40	772	77	
15 / 17.04.	2212	2,9	4,38	505	50	
16 / 24.04.	2407	2,9	4,39	549	55	
17 / 01.05.	1719	3,6	4,51	381	38	
18 / 08.05.	550	3,6	4,39	125	12	
19 / 15.05.	1461	3,6	4,50	324	33	
20 / 22.05.	1613	3,6	4,51	357	36	

21 / 29.05.	916	3,8	4,49	204	20
22 / 05.06.	950	4,0	4,54	210	21
23 / 12.06.	497	4,0	4,45	112	11
24 / 19.06.	282	4,0	4,29	66	6
25 / 26.06.	363	4,1	4,37	83	8
26 / 03.07.	187	4,4	4,24	44	4
27 / 10.07.	222	4,4	4,34	51	5
28 / 17.07.	182	4,4	4,26	43	4
29 / 24.07.	203	4,4	4,30	47	4

159.910

36.349

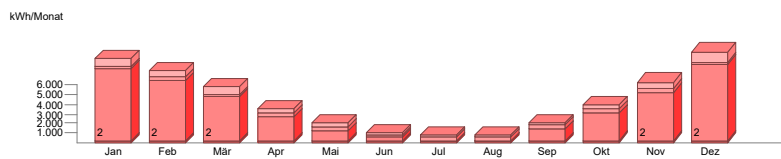
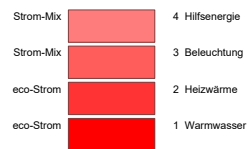
3.559

5.440

Anlage 12: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 2b)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Turnhalle Geothermie mono+PV"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.1.0)

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
01 Turnhalle	231 Turnhalle (o	200	17,8	15,5	361	2579
02 Sanitär	216 WC und Sanit	200	19,2	17,1	92	323
03 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	200	15,2	13,9	36	178
04 Technik	220 Lager, Techn	200	15,2	13,9	14	46
05 Lehrer	217 Sonstige Auf	200	19,2	17,0	14	46
					516	3.173

Gebäude, $A_{NGF} = 515,9 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.2.0)

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
Dachflächen						
1 FD Dachfläche	N 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3
2 FD Dachfläche	S 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3

3	FD	Dachfläche	N	1:0	62,8	0,28	##	1,00	FD	02	50	17,8
4	FD	Dachdecke	-	1:0	181,7	0,28	##	0,80	FDd	02	50 06	41,1
5	FD	Dachfläche	W	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
6	FD	Dachfläche	O	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
7	FD	Dachfläche	O	4:0	19,2	0,28		1,00	FD	02	50	5,4
8	FD	Dachfläche	W	5:0	19,2	0,28	##	1,00	FD	02	50	5,4
9	FF	Dachfenster	W	3:0	30,0	2,80		1,00	FF	50	71 02	84,0
Außenwände												
10	FAW	Nord	N	1:0	129,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	192,8
11	FAW	Ost	O	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
12	FAW	Ost	O	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
13	FAW	Ost	O	4:0	8,7	1,49		1,00	FAW	02	50	12,9
14	FAW	Ost	O	5:0	4,8	1,49	##	1,00	FAW	02	50	7,1
15	FAW	Süd	S	1:0	83,4	1,49	##	1,00	FAW	02	50	124,1
17	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
34	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
18	FAW	West	W	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
19	FAW	West	W	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
20	FAW	West	W	4:0	4,8	1,49		1,00	FAW	02	50	7,1
21	FAW	West	W	5:0	8,7	1,49	##	1,00	FAW	02	50	12,9
Fenster												
22	FF	Nord	N	1:0	8,4	1,90		1,00	FF	50	02	16,0
23	FF	Ost	O	2:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
24	FF	Ost	O	4:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
25	FF	Süd	S	1:0	13,2	1,90		1,00	FF	50	02	25,1
26	PRF	Süd	S	3:0	7,5	2,20		1,00	FF	50	75 02	16,5
27	FF	West	W	1:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
28	FF	West	W	1:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
Grundflächen												
29	FG		-	1:0	406,0	0,44	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	79,5
30	FG		-	2:0	114,8	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	23,1
31	FG		-	3:0	39,6	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	8,0
32	FG		-	4:0	18,5	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7
33	FG		-	5:0	18,5	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7

$\Sigma A [m^2] = 1.893,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.342,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 597,00 / 55,50 = 10,76$ 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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 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.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert

bilanziert wird.
71 Glasdach
75 Vorhangfassade

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 129,6 \text{ W/K}$ (9,7 %, 0,068 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
01 Turnhalle	995	79	0	1075	0	0
02 Sanitär	144	23	0	167	0	0
03 Verkehrsfläche	104	8	0	112	0	0
04 Technik	32	4	0	36	0	0
05 Lehrer	78	4	0	82	0	0
	1354	118		1472		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.472,3 / 1.893,2 = \mathbf{0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,67	1,90		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,42	1,90	2,20	2,80

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 67,5\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²		H _T W/K	
Turnhalle Dachoberlicht	2,80		30	2 %	84	6 %
Turnhalle Außenwand	1,49		598	32 %	889	66 %
Turnhalle Boden Sanitärber	0,45		191	10 %	39	3 %
Turnhalle Dach	0,28		291	15 %	82	6 %
Turnhalle Dachdecke	0,28		182	10 %	41	3 %
Turnhalle Dach Sanitärbere	0,28		152	8 %	43	3 %
Turnhalle Fenster	1,90		36	2 %	68	5 %
Turnhalle PRF	2,20		8	0 %	17	1 %
Turnhalle Sportboden	0,44		406	21 %	79	6 %
			1893	100 %	1.343	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 6 * 1893 / 3173 = 3,58 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 () für die Zonen

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m, ZUL}$ h^{-1}	$t_{v, m}$ h/d
01 Turnhalle	-	3,24	3,00	0,42	0,23	0,27	-	-
02 Sanitär	-	5,38	15,00	4,29	0,38	0,10	4,29	13
03 Verkehrsfläche	-	2,60	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
04 Technik	-	6,88	0,15	0,04	0,48	0,11	-	-
05 Lehrer	-	10,70	7,00	2,06	0,75	0,66	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
01 Turnhalle			0,00	0,00	0,23	0,10		
02 Sanitär			0,00	0,00	0,38	0,10		
03 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,18	0,10		

04 Technik	0,00	0,00	0,48	0,10
05 Lehrer	0,00	0,00	0,75	0,12

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
 mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 /
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
01 Turnhalle	2.579	0	199	235	434	0	
02 Sanitär	323	0	41	11	52	256	15,2
03 Verkehrsfläche	178	0	11	6	17	0	
04 Technik	46	0	8	2	9	0	
05 Lehrer	46	0	12	10	22	0	

0 270 265 535 256

⇒ WE-Betrieb ...

01 Turnhalle	0	199	88	286		
02 Sanitär	0	41	11	52		
03 Verkehrsfläche	0	11	6	17		
04 Technik	0	8	2	9		
05 Lehrer	0	12	2	14		

0 270 108 379

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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 m²	I _{S,Jan/Jul} W/m²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 FF Dachfenster	3	21,00	17/ 117	57/ 57 7100	4,9/ 33,5
22 FF Nord	1	5,88	10/ 81	42/ 42 "	0,6/ 4,8
23 FF Ost	2	3,78	25/ 138	42/ 42 "	1,0/ 5,3
24 FF Ost	4	1,26	25/ 138	42/ 42 "	0,3/ 1,8
25 FF Süd	1	9,24	59/ 113	42/ 42 "	5,5/ 10,6
26 PRF Süd	3	5,25	59/ 113	42/ 42 "	3,1/ 6,0
27 FF West	1	3,78	17/ 117	42/ 42 "	0,7/ 4,5

28 FF West	1	1,26	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,5
51,60						16/ 68

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen 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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone		A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 FD Dachfläche	N	1	114,2	0,28	0,50	4,50	145	0,9
2 FD Dachfläche	S	1	114,2	0,28	0,50	4,50	194	1,6
3 FD Dachfläche	N	1	62,8	0,28	0,50	4,50	210	1,0
4 FD Dachfläche	-	1	181,7	0,28	0,50	4,50	210	4,1
5 FD Dachfläche	W	2	56,7	0,28	0,50	4,50	117	0,6
6 FD Dachfläche	O	2	56,7	0,28	0,50	4,50	205	0,9
7 FD Dachfläche	O	4	19,2	0,28	0,50	4,50	205	0,3
8 FD Dachfläche	W	5	19,2	0,28	0,50	4,50	188	0,3
10 FAW Nord	N	1	129,6	1,49	0,50	4,50	81	3,3
11 FAW Ost	O	1	135,0	1,49	0,50	4,50	138	9,0
12 FAW Ost	O	2	28,2	1,49	0,50	4,50	138	1,9
13 FAW Ost	O	4	8,7	1,49	0,50	4,50	138	0,6
14 FAW Ost	O	5	4,8	1,49	0,50	4,50	138	0,3
15 FAW Süd	S	1	83,4	1,49	0,50	4,50	113	4,1
17 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
34 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
18 FAW West	W	1	135,0	1,49	0,50	4,50	117	6,9
19 FAW West	W	2	28,2	1,49	0,50	4,50	117	1,5
20 FAW West	W	4	4,8	1,49	0,50	4,50	117	0,2
21 FAW West	W	5	8,7	1,49	0,50	4,50	117	0,4
1.222,3								39,3

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t$ (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 = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.9 = 4.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
01 Turnhalle	541	429	162	115	217	188	437	5.515
02 Sanitär	96	65	23	14	30	31	81	1.130
03 Verkehrsflä	876	593	226	146	248	263	695	9.343
04 Technik	32	22	8	5	10	10	27	377
05 Lehrer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
01 Turnhalle	451	187	-	-	26	3	270	5.625
02 Sanitär	59	8	-	-	-	-	29	822
03 Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
04 Technik	13	2	-	-	-	-	6	191
05 Lehrer	65	44	-	-	10	1	42	604
	2.131	1.349	419	279	541	497	1.586	23.607

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)
(Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
01 Turnhalle	361	22,7	-	0,0	22,7
02 Sanitär	92	-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche	36	-	-	0,0	0,0
04 Technik	14	-	-	0,0	0,0
05 Lehrer	14	1,3	0,1	0,0	1,4
⇒ WE-Betrieb ...					
01 Turnhalle		-	-	0,0	0,0
02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
04 Technik		-	-	0,0	0,0
05 Lehrer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
01 Turnhalle	0,0	19,7	3,9	0,0	0,0
02 Sanitär	0,0	2,4	1,0	4,1	0,0
03 Verkehrsfläche	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0
04 Technik	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
05 Lehrer	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert
 Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)
 $Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme
 $Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
 $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
 $Q_{l,rV}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
01 Turnhalle	1075	434	0	639	55	0,086
02 Sanitär	167	52	256	132	9	0,065
03 Verkehrsfläche	112	17	0	48	9	0,183
04 Technik	36	9	0	16	1	0,031
05 Lehrer	82	22	0	46	2	0,052
Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
01 Turnhalle	50	1509	11,95	1,75	0,988	0,999
02 Sanitär	50	475	9,73	1,61	0,989	1,000
03 Verkehrsfläche	50	129	13,81	1,86	0,965	0,960
04 Technik	50	45	14,98	1,94	0,999	0,999
05 Lehrer	50	104	6,53	1,41	0,985	0,998

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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 °C	31 1,0	28 1,9	31 4,7	30 9,2	31 14,1	30 16,7	31 19,0	31 18,6	30 14,3	31 9,5	30 4,1	31 0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	17,9	17,8
$T_{i,2}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
$T_{i,3}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,5	15,2
$T_{i,4}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,2
$T_{i,5}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,5	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i,2}$	°C	17,1	17,3	17,8	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i,3}$	°C	13,9	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,4}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,7	17,0

Zone 01 Turnhalle (Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8$ °C und $Q_I = 22,7$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,956	0,985	0,989	0,988	0,987	0,974	0,770
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,932	0,990	0,999	1,000	0,999	0,999	0,993	0,800
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	142	297	309	319	319	289	319	2.652
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.699	4.729	7.887	10.127	9.937	8.460	7.392	56.528
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.122	2.946	5.038	6.447	6.297	5.374	4.624	35.544
Q_T	kWh	3.171	6.624	10.054	12.683	12.610	10.797	9.971	77.773
Q_V	kWh	1.099	2.295	3.484	4.399	4.373	3.743	3.455	26.959
Q_S^*	kWh	877	598	161	114	241	190	694	7.172
Q_I^*	kWh	600	735	780	842	832	742	779	7.118

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone 02 Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,949	0,969	0,987	0,989	0,989	0,987	0,973	0,964
$\eta_{source,WE}$		0,986	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,930
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	82	79	82	82	74	82	733
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.475
$Q_{h,b,RE}$	kWh	305	929	1.550	2.050	2.006	1.696	1.428	10.985
$Q_{h,b,WE}$	kWh	263	565	898	1.127	1.107	945	831	6.548
Q_T	kWh	684	1.214	1.733	2.154	2.142	1.843	1.723	14.331
Q_V	kWh	134	467	815	1.110	1.088	916	771	5.342
Q_S^*	kWh	149	72	23	14	30	31	108	1.783
Q_I^*	kWh	102	117	128	140	138	123	127	1.375

Zone 03 Verkehrsfläche (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,492	0,824	0,956	0,984	0,965	0,949	0,781	0,568
$\eta_{source,WE}$		0,482	0,808	0,949	0,983	0,960	0,940	0,744	0,546
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	23	31	32	32	29	32	305
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.147
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	99	485	693	636	520	302	2.822
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	306	462	416	333	163	1.717
Q_T	kWh	185	532	886	1.142	1.135	968	873	6.484
Q_V	kWh	28	81	135	174	173	147	133	985
Q_S^*	kWh	427	484	215	143	239	248	531	3.273
Q_I^*	kWh	2	9	14	18	17	14	10	90

Zone 04 Technik (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,992	0,991	0,999	0,999	0,999	0,998	0,990	0,878
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	0,989	0,999	0,999	0,999	0,998	0,988	0,872
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	9	12	12	12	11	12	83
t_h	h	640	744	720	744	744	672	744	6.333
$Q_{h,b,RE}$	kWh	20	118	217	279	273	231	194	1.440
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	72	142	188	183	154	122	927
Q_T	kWh	60	171	285	368	366	312	281	2.088
Q_V	kWh	15	44	73	94	93	80	72	533
Q_S^*	kWh	45	24	8	5	10	10	33	430
Q_I^*	kWh	1	3	4	5	5	4	4	30

Zone 05 Lehrer

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 1,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,893	0,953	0,985	0,988	0,985	0,987	0,968	0,927
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,942	0,982	1,000	1,000	0,998	1,000	0,988	0,960
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	12	12	12	12	11	12	108
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	191	389	606	767	750	646	571	4.604
$Q_{h,b,WE}$	kWh	132	266	417	518	504	437	389	3.141
Q_T	kWh	335	595	850	1.056	1.051	904	845	7.026
Q_V	kWh	76	134	192	239	237	204	190	1.585
Q_S^*	kWh	59	42	-	-	10	1	41	549
Q_I^*	kWh	29	33	35	37	37	33	35	383

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.6)

	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/ (m ² a)
01 Turnhalle	77.773	26.959	7.173	7.118	92.072	255,3
02 Sanitär	14.331	5.342	1.784	1.375	17.533	189,8
03 Verkehrsfläche	6.484	985	3.273	90	4.540	127,2
04 Technik	2.088	533	430	30	2.366	174,0
05 Lehrer	7.026	1.585	549	383	7.745	569,5
	107.702	35.405	13.208	8.996	124.256	240,9

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

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

Strombedarf der Ventilatoren

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_V, Jan kWh
02 Sanitär	1386	221	0,00	0,39	85

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
02 Sanitär	82	85	82	85	85	77	85	1.001
	82	85	82	85	85	77	85	1.001

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd 1	300	35,1	13,2	gut	87
2 <1> Fassade West	West 1	300	19,2	7,2	gut	88
3 <1> Fassade Nord	Nord 1	300	22,4	8,4	gut	91
4 <2> Fassade Ost	Ost 2	200	16,3	5,4	gut	87
5 <3> Fassade Süd	Süd 3	100	17,3	7,5	gut	87
6 <3> Fassade West	West 3	100	17,3	30,0	gut	93
7 <4> Fassade Ost	Ost 4	100	5,4	1,8	gut	87

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
01 Turnhalle	361	77	284
02 Sanitär	92	16	76
03 Verkehrsfläche	36	35	1
04 Technik	14	5	8
05 Lehrer	14	–	14

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

(Ref-No 5.10.2)

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL						
					Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	<1>	Fassade Süd	1	87	60	56	50	45	42	40	39
2	<1>	Fassade West	1	88	60	55	49	44	41	38	38
3	<1>	Fassade Nord	1	91	60	54	47	42	39	37	36
4	<2>	Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39	39
5	<3>	Fassade Süd	3	87	60	55	49	44	41	39	39
6	<3>	Fassade West	3	93	60	52	46	41	37	35	35
7	<4>	Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (12)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	25
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,7	0,85	99	2133	1055	13
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	15
4 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	4
5 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,60	72	1526	124	3
6 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
7 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
8 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	282
9 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	35
10 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	0
11 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	0
12 Zone <5> ohne TL	5	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	9

388

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 516 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l, f}

(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
01 Turnhalle	320	333	326	341	336	300	330	3.904
02 Sanitär	38	40	39	41	40	36	39	464

03 Verkehrsflä	4	5	5	6	5	4	4	55
04 Technik	0	0	0	1	0	0	0	5
05 Lehrer	9	9	9	9	9	9	9	111
	372	388	380	398	391	349	384	4.539

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$Q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
01 Turnhalle	nicht relevant			-
02 Sanitär	Sportanlage mit	1,800 Person	5	153 a
03 Verkehrsfläche	nicht relevant			-
04 Technik	nicht relevant			-
05 Lehrer	nicht relevant			-

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

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	1.800
2			

Verteilungsnetze

(Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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 $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,31$ m³/h, $\Delta p = 16,3$ kPa, $P_{hydr} = 1,390$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 15,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i			117 m		3 m		79 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		19,2 °C		19,2 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

$Q_{w,b}$	kWh	148	153	148	153	153	138	153	1.800
$Q_{w,d,V}$	kWh	484	500	484	500	500	452	500	5.889
$Q_{w,d,S}$	kWh	13	13	13	14	14	12	14	156
$Q_{w,d,St}$	kWh	100	108	109	112	112	102	112	1.262
$Q_{w,d}$	kWh	597	622	606	626	626	566	626	7.307
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	46
$Q_{I,w,d}$	kWh	113	121	122	126	126	114	126	1.418

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 Sticleitungen (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

Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 500$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,9$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i $13,0^\circ\text{C}$ (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0^\circ\text{C}$

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 $P_p = 44$ 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 2									
Q _{w, outg}	kWh	745	775	754	779	779	704	779	9.107
Q _{w, s}	kWh	17	18	17	18	18	16	18	193

W _{w,s}	kWh	2	2	2	2	2	1	2	19

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2 Wärmepumpe
Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe, JAZ = 3,57

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
Q _{w,f}	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
W _{w,gen}	kWh	17	18	18	19	18	17	18	212

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$Q_{w,f}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$W_{w,f}$	kWh	88	92	90	93	93	84	92	1.078
eco-Strom	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,8	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
01 Turnhalle	34,4	6,9	0	0,0	41,3
02 Sanitär	5,3	0,8	1387	6,0	12,2
03 Verkehrsfläche	3,6	0,3	0	0,0	3,9
04 Technik	1,2	0,1	0	0,0	1,3
05 Lehrer	2,6	0,4	0	0,0	3,0

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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)

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	92.072	41,3	45,5
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		2/3/4/5/	32.184	20,4	22,4

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\theta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert
 <2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.821	7.675	12.925	16.574	16.234	13.833	12.016	92.072
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 01 Turnhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	200
$t_{h,rL} <1>$	h/m	285	337	372	413	412	365	380	3.396

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone 05 Lehrer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <5>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	13	13	13	13	13	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	225
$t_{h,rL} <5>$	h/m	218	258	285	316	315	279	290	2.923

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

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

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

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

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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$,
 $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\theta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,1547+1,2 = 2,55^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (21,4\%)$$

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: , $f_{h,ce,aux} = 0$

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

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (14,1\%)$$

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	2.821	7.675	12.925	16.574	16.234	13.833	12.016	92.072
$Q_{h,ce}$	kWh	1.650	2.221	2.384	2.496	2.459	2.214	2.310	19.724
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184
$Q_{h,ce}$	kWh	295	460	583	633	614	546	525	4.523
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	5.685	12.815	20.512	25.788	25.183	21.554	18.850	148.502

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

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

Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 361,0$

m², Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0\text{ °C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 99 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 155,3\text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<5>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 12 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	187,2 m	18,5 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	128,3 m	8,9 m	38,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung								
$\beta_{h,d}$	0,15	0,32	0,51	0,62	0,61	0,58	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,8	24,7	27,7	29,4	29,2	28,7	27,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,6	22,2	23,9	24,8	24,7	24,5	23,5	
$Q_{h,d}$ kWh	15	49	91	124	121	101	84	640
$W_{h,d}$ kWh	28	45	64	79	78	67	61	507
$Q_{I,h,d}$ kWh	15	49	91	124	121	101	84	640

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

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

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

$\beta_{h,d}$	0,08	0,19	0,35	0,44	0,43	0,40	0,30	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,3	29,2	34,1	36,5	36,1	35,4	32,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,8	26,4	29,6	31,2	30,9	30,4	28,5	
$Q_{h,d}$ kWh	77	122	179	222	218	186	167	1.320
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	12	24	41	53	52	44	37	309

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,9\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,2\%$

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

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

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

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

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

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} = \text{Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)}$
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	5.777	12.987	20.782	26.133	25.522	21.842	19.101	150.463

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

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 500$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 3,5$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

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

Speicher:

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

$$Q_{l,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

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

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	24	26	27	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	24	31	37	41	41	36	36	280
$W_{h,s}$	kWh	7	15	24	30	30	25	22	191

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit Elektro-Heizstab zur Wärmepumpe, JAZ = 3,53

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	5.801	13.018	20.819	26.174	25.563	21.878	19.137	150.743
$Q_{h,f}$	kWh	1.268	2.939	4.844	5.806	5.710	4.865	4.453	33.968
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	180	2.036	1.707	1.449	69	5.441
$Q_{h,f, sum}$	kWh	1.268	2.939	5.024	7.842	7.417	6.315	4.523	39.409
$Q_{h,f, aux}$	kWh	130	295	476	563	556	475	439	3.348

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
 Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Konventionelle Heizwärmeerzeuger
 (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 1 ($A_{NGF} = 361 \text{ m}^2$)
 Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 ($A_{NGF} = 155 \text{ m}^2$)
 Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Endenergie Heizwärme
 (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	1.268	2.939	5.024	7.842	7.417	6.315	4.523	39.409
W_h	kWh	164	355	564	673	664	567	523	4.046
eco-Strom	kWh	1.268	2.939	5.024	7.842	7.417	6.315	4.523	39.409
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,5	1,6	3,0	4,0	3,9	3,6	2,7	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	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)

$Q_{I,h}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1)
 (Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	2.164	4.062	6.343	9.307	8.864	7.585	5.816	52.465
Stromangebot	kWh	3.432	2.405	896	568	1.093	1.202	2.645	36.182
anrechenbar	kWh	2.164	2.405	896	568	1.093	1.202	2.645	19.299

Jahres-Stromproduktion = 36.182 kWh/a, Strombedarf = 52.465 kWh/a, anrechenbar = 19.299 kWh/a

Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Warmwasser		2.392	1,80	1,00	4.306
eco-Strom	Heizwärme		39.409	1,80	1,00	70.937
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.539	1,80	1,00	8.169
Strom-Mix	Hilfsenergie		6.125	1,80	1,00	11.025
Strom-Mix	Stromgutschrift		-19.299	1,80	1,00	-34.738
Σ [kWh/Jahr]			33.166			59.699

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 59.699 / 516 = 115,7$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 516$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 33.166 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 11,9 kWh/(m²a), eco-Strom 81,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 8,8 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -37,4 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
eco-Strom	2.392	560	1.340	
eco-Strom	39.409	560	22.069	
Strom-Mix	4.539	560	2.542	
Strom-Mix	6.125	560	3.430	
Strom aus PV	-	560	-10.807	
	52.465		18.573	36,0

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = - 29380,3 / 52465,0 * 19299 = -10.807 kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
	m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
01 Turnhalle	361	-	3.904	-	-	29.202	33.106
02 Sanitär	92	-	464	-	2.392	5.561	8.416
03 Verkehrsfläche	36	-	55	-	-	1.438	1.494
04 Technik	14	-	5	-	-	749	754
05 Lehrer	14	-	111	-	-	2.455	2.566
Gebäude	516	-	4.539	-	2.392	39.405	46.336

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	3,5	240,9	255,1
Endenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	6,7	84,2	101,7
Primärenergiebedarf	3,5	15,8	0,0	12,1	151,6	183,1

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

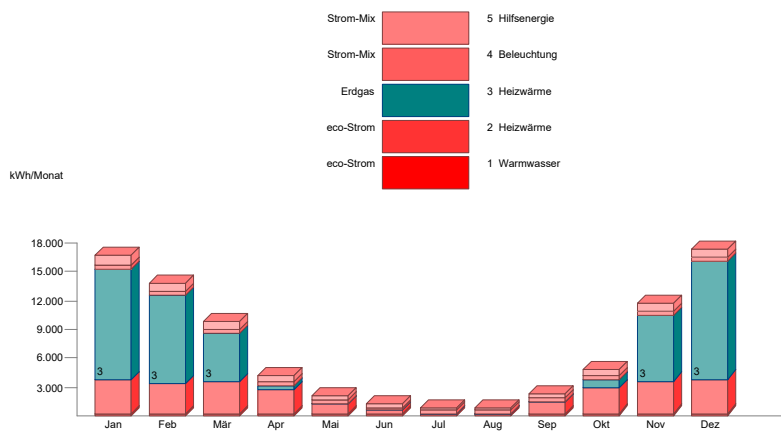
Primärenergie-Referenzwert (Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 115,7 kWh/(m²a)

Anlage 13: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 3a)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Turnhalle Geothermie"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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
01 Turnhalle	231 Turnhalle (o	200	17,8	15,5	361	2579
02 Sanitär	216 WC und Sanit	200	19,2	17,1	92	323
03 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	200	15,2	13,9	36	178
04 Technik	220 Lager, Techn	200	15,2	13,9	14	46
05 Lehrer	217 Sonstige Auf	200	19,2	17,0	14	46
					516	3.173

Gebäude, $A_{NGF} = 515,9 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.2.0)

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
Dachflächen						
1 FD Dachfläche	N 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3
2 FD Dachfläche	S 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3

3	FD	Dachfläche	N	1:0	62,8	0,28	##	1,00	FD	02	50	17,8
4	FD	Dachdecke	-	1:0	181,7	0,28	##	0,80	FDd	02	50 06	41,1
5	FD	Dachfläche	W	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
6	FD	Dachfläche	O	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
7	FD	Dachfläche	O	4:0	19,2	0,28		1,00	FD	02	50	5,4
8	FD	Dachfläche	W	5:0	19,2	0,28	##	1,00	FD	02	50	5,4
9	FF	Dachfenster	W	3:0	30,0	2,80		1,00	FF	50	71 02	84,0
Außenwände												
10	FAW	Nord	N	1:0	129,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	192,8
11	FAW	Ost	O	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
12	FAW	Ost	O	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
13	FAW	Ost	O	4:0	8,7	1,49		1,00	FAW	02	50	12,9
14	FAW	Ost	O	5:0	4,8	1,49	##	1,00	FAW	02	50	7,1
15	FAW	Süd	S	1:0	83,4	1,49	##	1,00	FAW	02	50	124,1
17	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
34	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
18	FAW	West	W	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
19	FAW	West	W	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
20	FAW	West	W	4:0	4,8	1,49		1,00	FAW	02	50	7,1
21	FAW	West	W	5:0	8,7	1,49	##	1,00	FAW	02	50	12,9
Fenster												
22	FF	Nord	N	1:0	8,4	1,90		1,00	FF	50	02	16,0
23	FF	Ost	O	2:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
24	FF	Ost	O	4:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
25	FF	Süd	S	1:0	13,2	1,90		1,00	FF	50	02	25,1
26	PRF	Süd	S	3:0	7,5	2,20		1,00	FF	50	75 02	16,5
27	FF	West	W	1:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
28	FF	West	W	1:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
Grundflächen												
29	FG		-	1:0	406,0	0,44	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	79,5
30	FG		-	2:0	114,8	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	23,1
31	FG		-	3:0	39,6	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	8,0
32	FG		-	4:0	18,5	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7
33	FG		-	5:0	18,5	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7

$\Sigma A [m^2] = 1.893,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.342,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 597,00 / 55,50 = 10,76$ 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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 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.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert

bilanziert wird.
71 Glasdach
75 Vorhangfassade

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 129,6 \text{ W/K}$ (9,7 %, 0,068 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
01 Turnhalle	995	79	0	1075	0	0
02 Sanitär	144	23	0	167	0	0
03 Verkehrsfläche	104	8	0	112	0	0
04 Technik	32	4	0	36	0	0
05 Lehrer	78	4	0	82	0	0
	1354	118		1472		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.472,3 / 1.893,2 = \mathbf{0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3
in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$ (§ 50 mit Rundungsregel)
1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,67	1,90		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,42	1,90	2,20	2,80

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 67,5\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²		H _T W/K	
Turnhalle Dachoberlicht	2,80		30	2 %	84	6 %
Turnhalle Außenwand	1,49		598	32 %	889	66 %
Turnhalle Boden Sanitärber	0,45		191	10 %	39	3 %
Turnhalle Dach	0,28		291	15 %	82	6 %
Turnhalle Dachdecke	0,28		182	10 %	41	3 %
Turnhalle Dach Sanitärbere	0,28		152	8 %	43	3 %
Turnhalle Fenster	1,90		36	2 %	68	5 %
Turnhalle PRF	2,20		8	0 %	17	1 %
Turnhalle Sportboden	0,44		406	21 %	79	6 %
			1893	100 %	1.343	100 %

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

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 6 \cdot 1893 / 3173 = 3,58 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 () für die Zonen

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m, ZUL}$ h^{-1}	$t_{v, m}$ h/d
01 Turnhalle	-	3,24	3,00	0,42	0,23	0,27	-	-
02 Sanitär	-	5,38	15,00	4,29	0,38	0,10	4,29	13
03 Verkehrsfläche	-	2,60	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
04 Technik	-	6,88	0,15	0,04	0,48	0,11	-	-
05 Lehrer	-	10,70	7,00	2,06	0,75	0,66	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
01 Turnhalle			0,00	0,00	0,23	0,10		
02 Sanitär			0,00	0,00	0,38	0,10		
03 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,18	0,10		

04 Technik	0,00	0,00	0,48	0,10
05 Lehrer	0,00	0,00	0,75	0,12

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
 mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 /
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
01 Turnhalle	2.579	0	199	235	434	0	15,2
02 Sanitär	323	0	41	11	52	256	
03 Verkehrsfläche	178	0	11	6	17	0	
04 Technik	46	0	8	2	9	0	
05 Lehrer	46	0	12	10	22	0	
		0	270	265	535	256	
⇒ WE-Betrieb ...							
01 Turnhalle		0	199	88	286		
02 Sanitär		0	41	11	52		
03 Verkehrsfläche		0	11	6	17		
04 Technik		0	8	2	9		
05 Lehrer		0	12	2	14		
		0	270	108	379		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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 m²	I _{S,Jan/Jul} W/m²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 FF Dachfenster	3	21,00	17/ 117	57/ 57	7100
22 FF Nord	1	5,88	10/ 81	42/ 42	"
23 FF Ost	2	3,78	25/ 138	42/ 42	"
24 FF Ost	4	1,26	25/ 138	42/ 42	"
25 FF Süd	1	9,24	59/ 113	42/ 42	"
26 PRF Süd	3	5,25	59/ 113	42/ 42	"
27 FF West	1	3,78	17/ 117	42/ 42	"

28 FF West	1	1,26	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,5
51,60						16/ 68

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 FD Dachfläche	N 1	114,2	0,28	0,50	4,50	145	0,9
2 FD Dachfläche	S 1	114,2	0,28	0,50	4,50	194	1,6
3 FD Dachfläche	N 1	62,8	0,28	0,50	4,50	210	1,0
4 FD Dachfläche	- 1	181,7	0,28	0,50	4,50	210	4,1
5 FD Dachfläche	W 2	56,7	0,28	0,50	4,50	117	0,6
6 FD Dachfläche	O 2	56,7	0,28	0,50	4,50	205	0,9
7 FD Dachfläche	O 4	19,2	0,28	0,50	4,50	205	0,3
8 FD Dachfläche	W 5	19,2	0,28	0,50	4,50	188	0,3
10 FAW Nord	N 1	129,6	1,49	0,50	4,50	81	3,3
11 FAW Ost	O 1	135,0	1,49	0,50	4,50	138	9,0
12 FAW Ost	O 2	28,2	1,49	0,50	4,50	138	1,9
13 FAW Ost	O 4	8,7	1,49	0,50	4,50	138	0,6
14 FAW Ost	O 5	4,8	1,49	0,50	4,50	138	0,3
15 FAW Süd	S 1	83,4	1,49	0,50	4,50	113	4,1
17 FAW Süd	S 5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
34 FAW Süd	S 5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
18 FAW West	W 1	135,0	1,49	0,50	4,50	117	6,9
19 FAW West	W 2	28,2	1,49	0,50	4,50	117	1,5
20 FAW West	W 4	4,8	1,49	0,50	4,50	117	0,2
21 FAW West	W 5	8,7	1,49	0,50	4,50	117	0,4
1.222,3							39,3

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t$ (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 = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.9 = 4.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
01 Turnhalle	541	429	162	115	217	188	437	5.515
02 Sanitär	96	65	23	14	30	31	81	1.130
03 Verkehrsflä	876	593	226	146	248	263	695	9.343
04 Technik	32	22	8	5	10	10	27	377
05 Lehrer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
01 Turnhalle	451	187	-	-	26	3	270	5.625
02 Sanitär	59	8	-	-	-	-	29	822
03 Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
04 Technik	13	2	-	-	-	-	6	191
05 Lehrer	65	44	-	-	10	1	42	604
	2.131	1.349	419	279	541	497	1.586	23.607

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)
(Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
01 Turnhalle	361	22,7	-	0,0	22,7
02 Sanitär	92	-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche	36	-	-	0,0	0,0
04 Technik	14	-	-	0,0	0,0
05 Lehrer	14	1,3	0,1	0,0	1,4
⇒ WE-Betrieb ...					
01 Turnhalle		-	-	0,0	0,0
02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
04 Technik		-	-	0,0	0,0
05 Lehrer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
01 Turnhalle	0,0	19,7	4,5	0,0	0,0
02 Sanitär	0,0	2,4	1,0	4,1	0,0
03 Verkehrsfläche	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0
04 Technik	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
05 Lehrer	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert
 Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)
 $Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme
 $Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
 $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
 $Q_{l,rv}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
01 Turnhalle	1075	434	0	639	55	0,087
02 Sanitär	167	52	256	132	9	0,065
03 Verkehrsfläche	112	17	0	48	9	0,183
04 Technik	36	9	0	16	1	0,031
05 Lehrer	82	22	0	46	2	0,052
Zone	C_{wirk} Wh/ (m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
01 Turnhalle	50	1509	11,95	1,75	0,987	0,999
02 Sanitär	50	475	9,73	1,61	0,989	1,000
03 Verkehrsfläche	50	129	13,81	1,86	0,965	0,960
04 Technik	50	45	14,98	1,94	0,999	0,999
05 Lehrer	50	104	6,53	1,41	0,985	0,998

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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 °C	31 1,0	28 1,9	31 4,7	30 9,2	31 14,1	30 16,7	31 19,0	31 18,6	30 14,3	31 9,5	30 4,1	31 0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i, 1}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	17,9	17,8
$T_{i, 2}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
$T_{i, 3}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,5	15,2
$T_{i, 4}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,2
$T_{i, 5}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,5	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i, 2}$	°C	17,1	17,3	17,8	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i, 3}$	°C	13,9	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i, 4}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,7	17,0

Zone 01 Turnhalle (Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8$ °C und $Q_I = 22,7$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,955	0,984	0,989	0,987	0,987	0,973	0,770
$\eta_{source,WE}$		0,932	0,990	0,999	1,000	0,999	0,999	0,993	0,799
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	142	297	309	319	319	289	319	2.652
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.699	4.725	7.879	10.116	9.926	8.451	7.384	56.475
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.122	2.943	5.033	6.440	6.290	5.368	4.620	35.509
Q_T	kWh	3.171	6.624	10.054	12.683	12.610	10.797	9.971	77.773
Q_V	kWh	1.099	2.295	3.484	4.399	4.373	3.743	3.455	26.959
Q_S^*	kWh	877	598	161	114	241	190	694	7.172
Q_I^*	kWh	600	742	793	859	850	756	791	7.207

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone 02 Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,949	0,969	0,987	0,989	0,989	0,987	0,973	0,964
$\eta_{source,WE}$		0,986	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,930
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	82	79	82	82	74	82	733
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.475
$Q_{h,b,RE}$	kWh	305	929	1.550	2.050	2.006	1.696	1.428	10.985
$Q_{h,b,WE}$	kWh	263	565	898	1.127	1.107	945	831	6.548
Q_T	kWh	684	1.214	1.733	2.154	2.142	1.843	1.723	14.331
Q_V	kWh	134	467	815	1.110	1.088	916	771	5.342
Q_S^*	kWh	149	72	23	14	30	31	108	1.783
Q_I^*	kWh	102	117	128	140	138	123	127	1.375

Zone 03 Verkehrsfläche (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,492	0,824	0,956	0,984	0,965	0,949	0,781	0,568
$\eta_{source,WE}$		0,482	0,808	0,949	0,983	0,960	0,940	0,744	0,546
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	23	31	32	32	29	32	305
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.147
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	99	485	693	636	520	302	2.822
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	306	462	416	333	163	1.717
Q_T	kWh	185	532	886	1.142	1.135	968	873	6.484
Q_V	kWh	28	81	135	174	173	147	133	985
Q_S^*	kWh	427	484	215	143	239	248	531	3.273
Q_I^*	kWh	2	9	14	18	17	14	10	90

Zone 04 Technik (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,992	0,991	0,999	0,999	0,999	0,998	0,990	0,878
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	0,989	0,999	0,999	0,999	0,998	0,988	0,872
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	9	12	12	12	11	12	83
t_h	h	640	744	720	744	744	672	744	6.333
$Q_{h,b,RE}$	kWh	20	118	217	279	273	231	194	1.440
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	72	142	188	183	154	122	927
Q_T	kWh	60	171	285	368	366	312	281	2.088
Q_V	kWh	15	44	73	94	93	80	72	533
Q_S^*	kWh	45	24	8	5	10	10	33	430
Q_I^*	kWh	1	3	4	5	5	4	4	30

Zone 05 Lehrer

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 1,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,893	0,953	0,985	0,988	0,985	0,987	0,968	0,927
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,942	0,982	1,000	1,000	0,998	1,000	0,988	0,960
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	12	12	12	12	11	12	108
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	191	389	606	767	750	646	571	4.604
$Q_{h,b,WE}$	kWh	132	266	417	518	504	437	389	3.141
Q_T	kWh	335	595	850	1.056	1.051	904	845	7.026
Q_V	kWh	76	134	192	239	237	204	190	1.585
Q_S^*	kWh	59	42	–	–	10	1	41	549
Q_I^*	kWh	29	33	35	37	37	33	35	383

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.6)

	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/ (m ² a)
01 Turnhalle	77.773	26.959	7.172	7.207	91.985	255,1
02 Sanitär	14.331	5.342	1.784	1.375	17.533	189,8
03 Verkehrsfläche	6.484	985	3.273	90	4.540	127,2
04 Technik	2.088	533	430	30	2.366	174,0
05 Lehrer	7.026	1.585	549	383	7.745	569,5
	107.702	35.405	13.207	9.084	124.168	240,7

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60

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

Strombedarf der Ventilatoren (Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_v \cdot d_v$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_v, Jan kWh
02 Sanitär	1386	221	0,00	0,39	85

monatliche Werte W_v [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
02 Sanitär	82	85	82	85	85	77	85	1.001
	82	85	82	85	85	77	85	1.001

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

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3) (Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung (Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd 1	300	35,1	13,2	gut	87
2 <1> Fassade West	West 1	300	19,2	7,2	gut	88
3 <1> Fassade Nord	Nord 1	300	22,4	8,4	gut	91
4 <2> Fassade Ost	Ost 2	200	16,3	5,4	gut	87
5 <3> Fassade Süd	Süd 3	100	17,3	7,5	gut	87
6 <3> Fassade West	West 3	100	17,3	30,0	gut	93
7 <4> Fassade Ost	Ost 4	100	5,4	1,8	gut	87

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
01 Turnhalle	361	77	284
02 Sanitär	92	16	76
03 Verkehrsfläche	36	35	1
04 Technik	14	5	8
05 Lehrer	14	–	14

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

(Ref-No 5.10.2)

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL						
					Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	<1>	Fassade Süd	1	87	60	56	50	45	42	40	39
2	<1>	Fassade West	1	88	60	55	49	44	41	38	38
3	<1>	Fassade Nord	1	91	60	54	47	42	39	37	36
4	<2>	Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39	39
5	<3>	Fassade Süd	3	87	60	55	49	44	41	39	39
6	<3>	Fassade West	3	93	60	52	46	41	37	35	35
7	<4>	Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (12)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	25
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,7	0,85	99	2133	1055	13
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	15
4 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	4
5 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,60	72	1526	124	3
6 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
7 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
8 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	282
9 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	35
10 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	0
11 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	0
12 Zone <5> ohne TL	5	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	9

388

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 516 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}

(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
01 Turnhalle	320	333	326	341	336	300	330	3.904
02 Sanitär	38	40	39	41	40	36	39	464

03 Verkehrsflä	4	5	5	6	5	4	4	55
04 Technik	0	0	0	1	0	0	0	5
05 Lehrer	9	9	9	9	9	9	9	111
	372	388	380	398	391	349	384	4.539

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$Q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
01 Turnhalle	nicht relevant			-
02 Sanitär	Sportanlage mit	1,800 Person	5	153 a
03 Verkehrsfläche	nicht relevant			-
04 Technik	nicht relevant			-
05 Lehrer	nicht relevant			-

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

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	1.800
2			

Verteilungsnetze

(Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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 $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,31$ m³/h, $\Delta p = 16,3$ kPa, $P_{hydr} = 1,390$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 15,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i			117 m		3 m		79 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		19,2 °C		19,2 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

$Q_{w,b}$	kWh	148	153	148	153	153	138	153	1.800
$Q_{w,d,V}$	kWh	484	500	484	500	500	452	500	5.889
$Q_{w,d,S}$	kWh	13	13	13	14	14	12	14	156
$Q_{w,d,St}$	kWh	100	108	109	112	112	102	112	1.262
$Q_{w,d}$	kWh	597	622	606	626	626	566	626	7.307
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	46
$Q_{I,w,d}$	kWh	113	121	122	126	126	114	126	1.418

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 Sticleitungen (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

Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 500$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,9$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i $13,0^\circ\text{C}$ (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0^\circ\text{C}$

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 $P_p = 44$ 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 2									
Q _{w, outg}	kWh	745	775	754	779	779	704	779	9.107
Q _{w, s}	kWh	17	18	17	18	18	16	18	193

W _{w,s}	kWh	2	2	2	2	2	1	2	19

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2 Wärmepumpe
Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 3,37

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
Q _{w,f}	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
W _{w,gen}	kWh	30	31	31	32	32	29	32	369

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$Q_{w,f}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$W_{w,f}$	kWh	101	105	103	106	106	96	106	1.235
eco-Strom	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,8	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
01 Turnhalle	34,4	6,9	0	0,0	41,3
02 Sanitär	5,3	0,8	1387	6,0	12,2
03 Verkehrsfläche	3,6	0,3	0	0,0	3,9
04 Technik	1,2	0,1	0	0,0	1,3
05 Lehrer	2,6	0,4	0	0,0	3,0

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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)

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

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	91.985	41,3	45,5
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		2/3/4/5/	32.184	20,4	22,4

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\theta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert
 <2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.985
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184

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

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 01 Turnhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	200
$t_{h,rL} <1>$	h/m	285	337	372	413	412	365	380	3.396

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone 05 Lehrer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <5>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	13	13	13	13	13	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	225
$t_{h,rL} <5>$	h/m	218	258	285	316	315	279	290	2.923

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

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

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

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

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

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$,
 $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\theta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,1547+1,2 = 2,55^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (21,4\%)$$

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: , $f_{h,ce,aux} = 0$

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

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (14,1\%)$$

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.985
$Q_{h,ce}$	kWh	1.650	2.219	2.382	2.493	2.457	2.212	2.307	19.708
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184
$Q_{h,ce}$	kWh	295	460	583	633	614	546	525	4.523
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	5.685	12.806	20.496	25.767	25.164	21.538	18.836	148.399

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

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

Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 361,0$

m², Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0\text{ °C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 99 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 155,3\text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<5>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 12 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	187,2 m	18,5 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	128,3 m	8,9 m	38,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung								
$\beta_{h,d}$	0,15	0,32	0,51	0,62	0,61	0,58	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,8	24,7	27,7	29,4	29,2	28,7	27,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,6	22,2	23,9	24,8	24,7	24,5	23,5	
$Q_{h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639
$W_{h,d}$ kWh	28	44	64	79	78	67	61	507
$Q_{I,h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,4\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,4\%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

$\beta_{h,d}$	0,08	0,19	0,35	0,44	0,43	0,40	0,30	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,3	29,2	34,1	36,5	36,1	35,4	32,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,8	26,4	29,6	31,2	30,9	30,4	28,5	
$Q_{h,d}$ kWh	77	122	179	222	218	186	167	1.320
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	12	24	41	53	52	44	37	309

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,9\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,2\%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

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

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

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

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} = \text{Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)}$
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	5.777	12.977	20.766	26.113	25.502	21.825	19.087	150.358

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

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

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

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 500$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 3,5$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

Speicher:

$$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S} = \text{Speicherverluste (Gl.68)}$$

$$Q_{l,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

$$W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000 = \text{Hilfsenergiebedarf (Gl.71)}$$

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	24	26	27	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	24	31	37	41	41	36	36	280
$W_{h,s}$	kWh	7	15	24	30	30	25	22	191

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 5,18
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol}$ = Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich
Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"
COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit
 $Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf der WP, $Q_{h,f, bu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung
 $Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	5.801	13.008	20.803	26.154	25.542	21.861	19.123	150.638
$Q_{h,f}$	kWh	1.268	2.777	3.341	3.505	3.496	3.103	3.333	24.809
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	715	6.579	11.596	10.950	8.845	4.861	43.973
$Q_{h,f, aux}$	kWh	227	489	575	595	595	530	576	4.294

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 1 ($A_{NGF} = 361 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 45,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,957$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,047$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0087 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 2,92 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,68 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,06 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,281 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,094 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 ($A_{NGF} = 155 \text{ m}^2$)
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit}$ = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 ($d_{h,rB} > 1$)
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n$ = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} \cdot d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen}$ = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung
 $W_{h,gen}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192
 $Q_{l,h,gen}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	-	715	6.579	11.596	10.950	8.845	4.861	43.973
$\beta_{h,1}$		-	0,05	0,39	0,62	0,58	0,53	0,28	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	-	42	347	702	654	513	231	2.529
$Q_{h,f}$	kWh	-	757	6.926	12.298	11.604	9.358	5.093	46.496
$W_{h,gen}$	kWh	7	15	49	79	75	62	39	380
$Q_{I,h,gen}$	kWh	-	8	14	18	18	15	13	95

Aufteilung $Q_{l,h,g}$: nach Grundflächenanteilen

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{h,f}$	kWh	1.268	3.535	10.267	15.802	15.100	12.461	8.426	71.304
W_h	kWh	268	564	712	784	778	684	698	5.372
eco-Strom	kWh	1.268	2.777	3.341	3.505	3.496	3.103	3.333	24.809
Erdgas	kWh	-	771	6.905	12.285	11.593	9.339	5.103	46.459
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,5	1,8	3,5	4,6	4,5	4,2	3,1	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	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

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern

(Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Warmwasser		2.392	1,80	1,00	4.306
eco-Strom	Heizwärme		24.809	1,80	1,00	44.655
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/4/5/	46.459	1,10	1,11	46.041
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.539	1,80	1,00	8.169
Strom-Mix	Hilfsenergie		7.608	1,80	1,00	13.695
Σ [kWh/Jahr]			85.806			116.866

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 116.866 / 516 = 226,5$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 516$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 85.806 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = $2392,0 + 24808,5 + 41855,0 + 4538,6 + 7608,1 = 81202$ kWh/a

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 14,7 kWh/(m²a), eco-Strom 52,7 kWh/(m²a), Erdgas 90,1 kWh/(m²a), Strom-Mix 8,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
eco-Strom	2.392	560	1.340	
eco-Strom	24.809	560	13.893	
Erdgas	41.855	240	10.045	
Strom-Mix	4.539	560	2.542	
Strom-Mix	7.608	560	4.261	
	81.203		32.080	62,2

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen
Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

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
01 Turnhalle	361	-	3.904	-	-	52.822	56.726
02 Sanitär	92	-	464	-	2.392	10.068	12.924
03 Verkehrsfläche	36	-	55	-	-	2.610	2.665
04 Technik	14	-	5	-	-	1.362	1.367
05 Lehrer	14	-	111	-	-	4.449	4.560
Gebäude	516	-	4.539	-	2.392	71.311	78.242

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie
Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

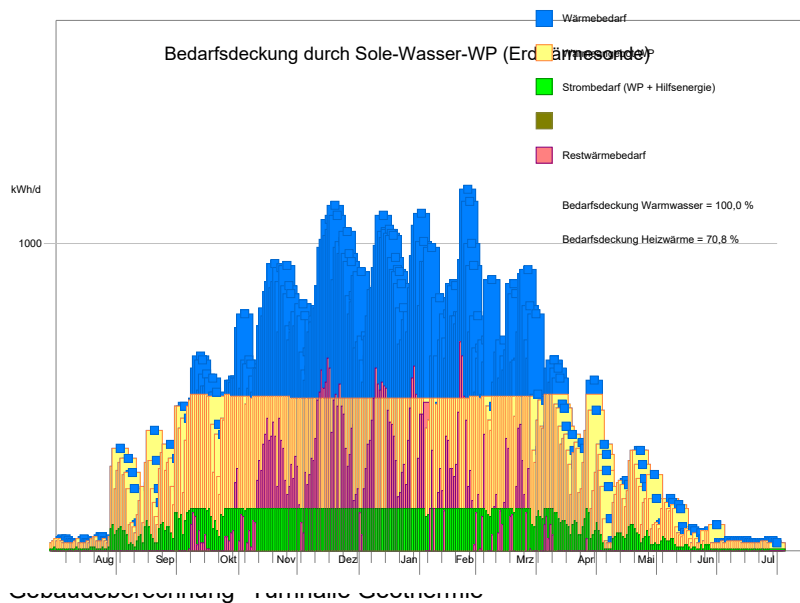
	RLT kWh/m² a	Beleucht. kWh/m² a	Klima kWh/m² a	Warmwasser kWh/m² a	Heizung kWh/m² a	Summe kWh/m² a
Nutzenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	3,5	240,7	254,9
Endenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	7,0	148,6	166,3
Primärenergiebedarf	3,5	15,8	0,0	12,7	194,5	226,5

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

Primärenergie-Referenzwert (Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 226,5 kWh/(m²a)

Simulation zur Bedarfsdeckung



Wärmebedarf

Nutzwärmebedarf für Warmwasser + Heizung, DIN V 18599 in [kWh]

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
WW	797	720	797	767	784	756	779	779	762	792	9300
Hzg	25542	21861	19123	11311	5137	1608	83	207	5801	13009	150638
	26339	22581	19920	12078	5921	2364	862	986	6563	13801	159.938

zeitliche Verteilung (WW)

auf die Wochentage

auf die Tagesstunden

1 konstant

2 Profil A

Wärmeangebot

Wärmeangebot aus Sole-Wasser-WP (Erdwärmesonde)

Klimatensatz (Wärmepumpe)

"09.kol", $T_{a,iM} = 8,7\text{ °C}$

Wärmepumpe Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010, 20,0 kW, Energieträger Strom-Mix

Vorlauftemperatur für Heizung 40 °C für Warmwasser 45 °C

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur und für die Quelltemperaturen korrigiert. COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Wärmequelle = Erdwärmesonde, Quelltemperaturen = 1,7° 1,8° 2,2° 2,9° 3,6° 4° 4,4° 4,3° 3,6° 2,9° 2,1° 1,6°, Nachheizung durch separaten Wärmeerzeuger

Nennleistung
kW

Hilfsenergie P_{aux}
Watt

$COP_{B0/W35}$
-

Leitungsverlust
W/K

20,0

843

4,3

2,0

Bedarfsdeckung

Deckungsanteile durch Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonde

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Warmwasser										
Bedarf	779	762	792	771	797	797	720	797	767	9.300
Deckung	790	764	790	764	790	790	713	790	764	9.299
%	101	100	100	99	99	99	99	99	100	100
	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Heizwärme										
Bedarf	207	5801	13009	20803	26154	25542	21861	19123	11311	150.636
Deckung	207	5801	12293	14224	14558	14592	13017	14261	10883	106.663
%	100	100	95	68	56	57	60	75	96	71

Strom- und Hilfsenergiebedarf

Strombedarf der Wärmepumpe $Q_{f,WP}$ und Endenergiebedarf für einen zweiten Wärmeerzeuger $Q_{f,WE2}$

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
$Q_{f,WP}$	234	1458	2980	3545	3721	3711	3296	3543	2655	27.201
$Q_{f,WE2}$	0	0	715	6579	11596	10950	8845	4861	427	43.973
ΣQ_f	234	1458	3696	10124	15317	14661	12141	8405	3083	71.174

Hilfsenergiebedarf für den Primärkreis der Wärmepumpe HE_{WP}

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
HE_{WP}	39	257	520	606	627	627	559	607	463	4.663

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

ohne zweiten Wärmeerzeuger JAZ = 3,64 = $(9299 + 106663) / (27201 + 4663)$
mit zweitem Wärmeerzeuger JAZ = 2,11 = $(9300 + 150638) / (27201 + 43973 + 4663)$

Übergabewerte für DIN V 18599

Der zweite Wärmeerzeuger ist eine separater Erzeuger

	Aug kWh	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Jahr kWh
Warmwasser JAZ = 3,37										
$Q_{w,out}$	779	762	792	771	797	797	720	797	767	9.300
$Q_{w,f}$	190	190	203	204	216	215	194	210	197	2.392
$Q_{w,f,bu}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

W _{w,gen}	31	30	31	31	32	32	29	32	31	369
Heizwärme, JAZ = 5,18										
Q _{h,out}	207	5801	13009	20803	26154	25542	21861	19123	11311	150.636
Q _{h,f}	44	1268	2777	3341	3505	3495	3103	3333	2459	24.809
Q _{h,f,bu}	0	0	715	6579	11596	10950	8845	4861	427	43.973
W _{h,gen}	8	227	489	575	595	595	530	576	432	4.294

Der Hilfsenergiebedarf W_{w,gen} und W_{h,gen} wird lastanteilig ermittelt

Simulation im Detail

vom Uhr

mit Q_{Bedarf} = Wärmebedarf für Warmwasser + Heizung, T_{Quell} = Temperatur der Wärmequelle (Mittelwert), COP_{IM} = mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpe (Warmwasser + Heizung), Q_{f,WP} = Strombedarf der Elektro-Wärmepumpe, Q_{aux} = Hilfsenergiebedarf der zusätzlichen Aggregate und Q_{Rest} = Restwärmebedarf

Woche	Q _{Bedarf} kWh	T _{Quell} °C	COP _{IM} -	Q _{f,WP} kWh	Q _{aux} kWh	Q _{Rest} kWh
30 / 01.08.	221	4,3	4,23	52	9	
31 / 08.08.	202	4,3	4,18	48	8	
32 / 15.08.	205	4,3	4,19	49	8	
33 / 22.08.	253	4,3	4,28	59	10	
34 / 29.08.	1185	3,9	4,50	264	46	
35 / 05.09.	1466	3,6	4,50	326	57	
36 / 12.09.	1003	3,6	4,47	225	39	
37 / 19.09.	1510	3,6	4,50	335	59	
38 / 26.09.	1877	3,4	4,49	418	74	
39 / 03.10.	2792	2,9	4,39	636	111	2
40 / 10.10.	3980	2,9	4,40	806	141	433
41 / 17.10.	3156	2,9	4,39	697	122	93
42 / 24.10.	2942	2,9	4,39	641	112	128
43 / 31.10.	4334	2,2	4,25	826	142	822
44 / 07.11.	3881	2,1	4,23	822	140	406
45 / 14.11.	5793	2,1	4,23	829	142	2288
46 / 21.11.	6004	2,1	4,23	829	142	2500
47 / 28.11.	5202	1,8	4,17	835	142	1720
48 / 05.12.	4783	1,6	4,12	840	142	1318
49 / 12.12.	6797	1,6	4,12	840	142	3332
50 / 19.12.	7083	1,6	4,12	840	142	3618
51 / 26.12.	6106	1,6	4,13	840	142	2639
52 / 02.01.	4666	1,7	4,14	838	142	1193
1 / 09.01.	6751	1,7	4,14	838	142	3278
2 / 16.01.	6743	1,7	4,14	838	142	3270
3 / 23.01.	5250	1,7	4,14	838	142	1778
4 / 30.01.	6796	1,8	4,16	837	142	3316
5 / 06.02.	4372	1,8	4,16	790	134	1084
6 / 13.02.	5263	1,8	4,16	836	142	1783
7 / 20.02.	6531	1,8	4,16	836	142	3052
8 / 27.02.	4486	2,1	4,22	780	133	1197
9 / 06.03.	3974	2,2	4,25	774	133	684
10 / 13.03.	4315	2,2	4,25	827	142	803
11 / 20.03.	4979	2,2	4,25	812	139	1531
12 / 27.03.	4624	2,4	4,28	779	134	1287
13 / 03.04.	3226	2,9	4,39	689	120	198
14 / 10.04.	3394	2,9	4,39	731	128	181
15 / 17.04.	2212	2,9	4,38	505	88	
16 / 24.04.	2407	2,9	4,39	539	94	43
17 / 01.05.	1719	3,6	4,51	381	67	
18 / 08.05.	550	3,6	4,39	125	22	
19 / 15.05.	1460	3,6	4,50	324	57	
20 / 22.05.	1613	3,6	4,51	357	63	

21 / 29.05.	916	3,8	4,49	204	36
22 / 05.06.	950	4,0	4,54	210	37
23 / 12.06.	497	4,0	4,45	112	19
24 / 19.06.	282	4,0	4,29	66	11
25 / 26.06.	363	4,1	4,37	83	14
26 / 03.07.	187	4,4	4,24	44	7
27 / 10.07.	222	4,4	4,34	51	9
28 / 17.07.	182	4,4	4,26	43	7
29 / 24.07.	203	4,4	4,30	47	8

159.907

27.192

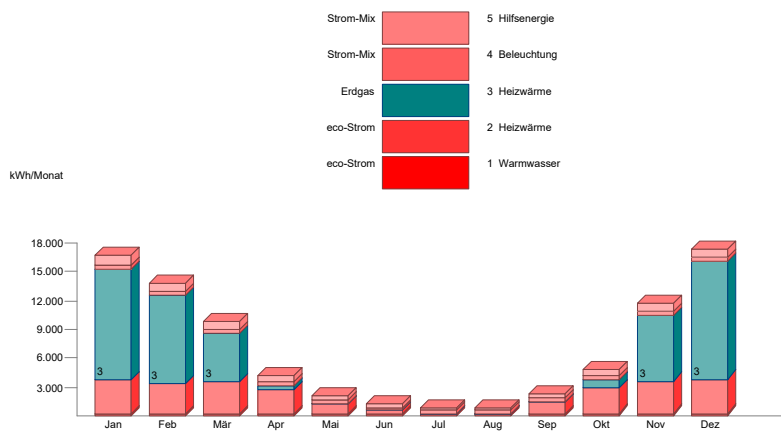
4.661

43.975

Anlage 14: energetische Bilanzierung Turnhalle Variante 3b)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Endenergiebedarf nach Energieträgern



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 "Turnhalle Geothermie+PV"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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
01 Turnhalle	231 Turnhalle (o	200	17,8	15,5	361	2579
02 Sanitär	216 WC und Sanit	200	19,2	17,1	92	323
03 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	200	15,2	13,9	36	178
04 Technik	220 Lager, Techn	200	15,2	13,9	14	46
05 Lehrer	217 Sonstige Auf	200	19,2	17,0	14	46
					516	3.173

Gebäude, $A_{NGF} = 515,9 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr $\Rightarrow$ Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabstaltung

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.2.0)

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
Dachflächen						
1 FD Dachfläche	N 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3
2 FD Dachfläche	S 1:0	114,2	0,28 ##	1,00 F _D	02 50	32,3

3	FD	Dachfläche	N	1:0	62,8	0,28	##	1,00	FD	02	50	17,8
4	FD	Dachdecke	-	1:0	181,7	0,28	##	0,80	FDd	02	50 06	41,1
5	FD	Dachfläche	W	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
6	FD	Dachfläche	O	2:0	56,7	0,28	##	1,00	FD	02	50	16,0
7	FD	Dachfläche	O	4:0	19,2	0,28		1,00	FD	02	50	5,4
8	FD	Dachfläche	W	5:0	19,2	0,28	##	1,00	FD	02	50	5,4
9	FF	Dachfenster	W	3:0	30,0	2,80		1,00	FF	50	71 02	84,0
Außenwände												
10	FAW	Nord	N	1:0	129,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	192,8
11	FAW	Ost	O	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
12	FAW	Ost	O	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
13	FAW	Ost	O	4:0	8,7	1,49		1,00	FAW	02	50	12,9
14	FAW	Ost	O	5:0	4,8	1,49	##	1,00	FAW	02	50	7,1
15	FAW	Süd	S	1:0	83,4	1,49	##	1,00	FAW	02	50	124,1
17	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
34	FAW	Süd	S	5:0	15,6	1,49	##	1,00	FAW	02	50	23,2
18	FAW	West	W	1:0	135,0	1,49	##	1,00	FAW	02	50	200,9
19	FAW	West	W	2:0	28,2	1,49	##	1,00	FAW	02	50	42,0
20	FAW	West	W	4:0	4,8	1,49		1,00	FAW	02	50	7,1
21	FAW	West	W	5:0	8,7	1,49	##	1,00	FAW	02	50	12,9
Fenster												
22	FF	Nord	N	1:0	8,4	1,90		1,00	FF	50	02	16,0
23	FF	Ost	O	2:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
24	FF	Ost	O	4:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
25	FF	Süd	S	1:0	13,2	1,90		1,00	FF	50	02	25,1
26	PRF	Süd	S	3:0	7,5	2,20		1,00	FF	50	75 02	16,5
27	FF	West	W	1:0	5,4	1,90		1,00	FF	50	02	10,3
28	FF	West	W	1:0	1,8	1,90		1,00	FF	50	02	3,4
Grundflächen												
29	FG		-	1:0	406,0	0,44	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	79,5
30	FG		-	2:0	114,8	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	23,1
31	FG		-	3:0	39,6	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	8,0
32	FG		-	4:0	18,5	0,45		0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7
33	FG		-	5:0	18,5	0,45	##	0,45	Ffb	53	19 25 14	3,7

$\Sigma A [m^2] = 1.893,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.342,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 597,00 / 55,50 = 10,76$ 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).
- 06 Dachgeschossdecke zum nicht ausgebauten Dachraum.
- 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.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert

bilanziert wird.
71 Glasdach
75 Vorhangfassade

Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 129,6 \text{ W/K}$ (9,7 %, 0,068 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten (Ref-No 5.2.2)

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
01 Turnhalle	995	79	0	1075	0	0
02 Sanitär	144	23	0	167	0	0
03 Verkehrsfläche	104	8	0	112	0	0
04 Technik	32	4	0	36	0	0
05 Lehrer	78	4	0	82	0	0
	1354	118		1472		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.472,3 / 1.893,2 = \mathbf{0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,67	1,90		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,42	1,90	2,20	2,80

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 67,5\%$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

(Ref-No 5.0.1)

Bauteil	U-Wert W/ (m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²		H _T W/K	
Turnhalle Dachoberlicht	2,80		30	2 %	84	6 %
Turnhalle Außenwand	1,49		598	32 %	889	66 %
Turnhalle Boden Sanitärber	0,45		191	10 %	39	3 %
Turnhalle Dach	0,28		291	15 %	82	6 %
Turnhalle Dachdecke	0,28		182	10 %	41	3 %
Turnhalle Dach Sanitärbere	0,28		152	8 %	43	3 %
Turnhalle Fenster	1,90		36	2 %	68	5 %
Turnhalle PRF	2,20		8	0 %	17	1 %
Turnhalle Sportboden	0,44		406	21 %	79	6 %
			1893	100 %	1.343	100 %

Interne Berechnung mit reellen Zahlen, Zwischenergebnisse sind auf ganze Zahlen gerundet.

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 6 * 1893 / 3173 = 3,58 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

$e_{\text{wind}} = 0,07 \quad f_{\text{wind}} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 () für die Zonen

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m, ZUL}$ h^{-1}	$t_{v, m}$ h/d
01 Turnhalle	-	3,24	3,00	0,42	0,23	0,27	-	-
02 Sanitär	-	5,38	15,00	4,29	0,38	0,10	4,29	13
03 Verkehrsfläche	-	2,60	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
04 Technik	-	6,88	0,15	0,04	0,48	0,11	-	-
05 Lehrer	-	10,70	7,00	2,06	0,75	0,66	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
01 Turnhalle			0,00	0,00	0,23	0,10		
02 Sanitär			0,00	0,00	0,38	0,10		
03 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,18	0,10		

04 Technik	0,00	0,00	0,48	0,10
05 Lehrer	0,00	0,00	0,75	0,12

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
 mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
 Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 5 /
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
01 Turnhalle	2.579	0	199	235	434	0	15,2
02 Sanitär	323	0	41	11	52	256	
03 Verkehrsfläche	178	0	11	6	17	0	
04 Technik	46	0	8	2	9	0	
05 Lehrer	46	0	12	10	22	0	
		0	270	265	535	256	
⇒ WE-Betrieb ...							
01 Turnhalle		0	199	88	286		
02 Sanitär		0	41	11	52		
03 Verkehrsfläche		0	11	6	17		
04 Technik		0	8	2	9		
05 Lehrer		0	12	2	14		
		0	270	108	379		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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 m²	I _{S,Jan/Jul} W/m²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 FF Dachfenster	3	21,00	17/ 117	57/ 57	7100
22 FF Nord	1	5,88	10/ 81	42/ 42	"
23 FF Ost	2	3,78	25/ 138	42/ 42	"
24 FF Ost	4	1,26	25/ 138	42/ 42	"
25 FF Süd	1	9,24	59/ 113	42/ 42	"
26 PRF Süd	3	5,25	59/ 113	42/ 42	"
27 FF West	1	3,78	17/ 117	42/ 42	"

28 FF West	1	1,26	17/ 117	42/ 42	"	0,2/ 1,5
51,60						16/ 68

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = $A \cdot F_F \cdot g_{eff} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{eff} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von g_{tot} , 13363-Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G1 = 5$, $G2 = 10$ und $G3 = 30$

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

g_{tot} = g-Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{tot} = g_{\perp}$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{eff} = F_W \cdot F_V \cdot (a \cdot g_{tot} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

a_{Wi} / a_{So} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone		A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 FD Dachfläche	N	1	114,2	0,28	0,50	4,50	145	0,9
2 FD Dachfläche	S	1	114,2	0,28	0,50	4,50	194	1,6
3 FD Dachfläche	N	1	62,8	0,28	0,50	4,50	210	1,0
4 FD Dachdecke	-	1	181,7	0,28	0,50	4,50	210	4,1
5 FD Dachfläche	W	2	56,7	0,28	0,50	4,50	117	0,6
6 FD Dachfläche	O	2	56,7	0,28	0,50	4,50	205	0,9
7 FD Dachfläche	O	4	19,2	0,28	0,50	4,50	205	0,3
8 FD Dachfläche	W	5	19,2	0,28	0,50	4,50	188	0,3
10 FAW Nord	N	1	129,6	1,49	0,50	4,50	81	3,3
11 FAW Ost	O	1	135,0	1,49	0,50	4,50	138	9,0
12 FAW Ost	O	2	28,2	1,49	0,50	4,50	138	1,9
13 FAW Ost	O	4	8,7	1,49	0,50	4,50	138	0,6
14 FAW Ost	O	5	4,8	1,49	0,50	4,50	138	0,3
15 FAW Süd	S	1	83,4	1,49	0,50	4,50	113	4,1
17 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
34 FAW Süd	S	5	15,6	1,49	0,50	4,50	113	0,8
18 FAW West	W	1	135,0	1,49	0,50	4,50	117	6,9
19 FAW West	W	2	28,2	1,49	0,50	4,50	117	1,5
20 FAW West	W	4	4,8	1,49	0,50	4,50	117	0,2
21 FAW West	W	5	8,7	1,49	0,50	4,50	117	0,4
1.222,3								39,3

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t$ (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 = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.9 = 4.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$\Delta\vartheta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
01 Turnhalle	541	429	162	115	217	188	437	5.515
02 Sanitär	96	65	23	14	30	31	81	1.130
03 Verkehrsflä	876	593	226	146	248	263	695	9.343
04 Technik	32	22	8	5	10	10	27	377
05 Lehrer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
01 Turnhalle	451	187	-	-	26	3	270	5.625
02 Sanitär	59	8	-	-	-	-	29	822
03 Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
04 Technik	13	2	-	-	-	-	6	191
05 Lehrer	65	44	-	-	10	1	42	604
	2.131	1.349	419	279	541	497	1.586	23.607

Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)
(Ref-No 5.5.0)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
01 Turnhalle	361	22,7	-	0,0	22,7
02 Sanitär	92	-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche	36	-	-	0,0	0,0
04 Technik	14	-	-	0,0	0,0
05 Lehrer	14	1,3	0,1	0,0	1,4
⇒ WE-Betrieb ...					
01 Turnhalle		-	-	0,0	0,0
02 Sanitär		-	-	0,0	0,0
03 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
04 Technik		-	-	0,0	0,0
05 Lehrer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
01 Turnhalle	0,0	19,7	4,5	0,0	0,0
02 Sanitär	0,0	2,4	1,0	4,1	0,0
03 Verkehrsfläche	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0
04 Technik	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
05 Lehrer	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert
 Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)
 $Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme
 $Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
 $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
 $Q_{l,rv}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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
01 Turnhalle	1075	434	0	639	55	0,087
02 Sanitär	167	52	256	132	9	0,065
03 Verkehrsfläche	112	17	0	48	9	0,183
04 Technik	36	9	0	16	1	0,031
05 Lehrer	82	22	0	46	2	0,052
Zone	C_{wirk} Wh/ (m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
01 Turnhalle	50	1509	11,95	1,75	0,987	0,999
02 Sanitär	50	475	9,73	1,61	0,989	1,000
03 Verkehrsfläche	50	129	13,81	1,86	0,965	0,960
04 Technik	50	45	14,98	1,94	0,999	0,999
05 Lehrer	50	104	6,53	1,41	0,985	0,998

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

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 °C	31 1,0	28 1,9	31 4,7	30 9,2	31 14,1	30 16,7	31 19,0	31 18,6	30 14,3	31 9,5	30 4,1	31 0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	17,9	17,8
$T_{i,2}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
$T_{i,3}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,5	15,2
$T_{i,4}$	°C	15,2	15,3	15,6	16,1	16,7	17,0	17,2	17,2	16,7	16,2	15,6	15,2
$T_{i,5}$	°C	19,2	19,2	19,2	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,2	19,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,5	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i,2}$	°C	17,1	17,3	17,8	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i,3}$	°C	13,9	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,4}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
$T_{i,5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,7	17,0

Zone 01 Turnhalle (Ref-No 5.7.1)

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 (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8$ °C und $Q_I = 22,7$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,845	0,955	0,984	0,989	0,987	0,987	0,973	0,770
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,932	0,990	0,999	1,000	0,999	0,999	0,993	0,799
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	142	297	309	319	319	289	319	2.652
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.699	4.725	7.879	10.116	9.926	8.451	7.384	56.475
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.122	2.943	5.033	6.440	6.290	5.368	4.620	35.509
Q_T	kWh	3.171	6.624	10.054	12.683	12.610	10.797	9.971	77.773
Q_V	kWh	1.099	2.295	3.484	4.399	4.373	3.743	3.455	26.959
Q_S^*	kWh	877	598	161	114	241	190	694	7.172
Q_I^*	kWh	600	742	793	859	850	756	791	7.207

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (trutz < 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

Zone 02 Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,949	0,969	0,987	0,989	0,989	0,987	0,973	0,964
$\eta_{source,WE}$		0,986	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,930
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	82	79	82	82	74	82	733
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.475
$Q_{h,b,RE}$	kWh	305	929	1.550	2.050	2.006	1.696	1.428	10.985
$Q_{h,b,WE}$	kWh	263	565	898	1.127	1.107	945	831	6.548
Q_T	kWh	684	1.214	1.733	2.154	2.142	1.843	1.723	14.331
Q_V	kWh	134	467	815	1.110	1.088	916	771	5.342
Q_S^*	kWh	149	72	23	14	30	31	108	1.783
Q_I^*	kWh	102	117	128	140	138	123	127	1.375

Zone 03 Verkehrsfläche

(Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,492	0,824	0,956	0,984	0,965	0,949	0,781	0,568
$\eta_{source,WE}$		0,482	0,808	0,949	0,983	0,960	0,940	0,744	0,546
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	23	31	32	32	29	32	305
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.147
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	99	485	693	636	520	302	2.822
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	306	462	416	333	163	1.717
Q_T	kWh	185	532	886	1.142	1.135	968	873	6.484
Q_V	kWh	28	81	135	174	173	147	133	985
Q_S^*	kWh	427	484	215	143	239	248	531	3.273
Q_I^*	kWh	2	9	14	18	17	14	10	90

Zone 04 Technik

(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,992	0,991	0,999	0,999	0,999	0,998	0,990	0,878
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	0,989	0,999	0,999	0,999	0,998	0,988	0,872
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	9	12	12	12	11	12	83
t_h	h	640	744	720	744	744	672	744	6.333
$Q_{h,b,RE}$	kWh	20	118	217	279	273	231	194	1.440
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	72	142	188	183	154	122	927
Q_T	kWh	60	171	285	368	366	312	281	2.088
Q_V	kWh	15	44	73	94	93	80	72	533
Q_S^*	kWh	45	24	8	5	10	10	33	430
Q_I^*	kWh	1	3	4	5	5	4	4	30

Zone 05 Lehrer

(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 1,4 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,893	0,953	0,985	0,988	0,985	0,987	0,968	0,927
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,942	0,982	1,000	1,000	0,998	1,000	0,988	0,960
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	12	12	12	12	11	12	108
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	191	389	606	767	750	646	571	4.604
$Q_{h,b,WE}$	kWh	132	266	417	518	504	437	389	3.141
Q_T	kWh	335	595	850	1.056	1.051	904	845	7.026
Q_V	kWh	76	134	192	239	237	204	190	1.585
Q_S^*	kWh	59	42	-	-	10	1	41	549
Q_I^*	kWh	29	33	35	37	37	33	35	383

Summe Heizwärmebedarf

(Ref-No 5.7.6)

	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/ (m ² a)
01 Turnhalle	77.773	26.959	7.172	7.207	91.985	255,1
02 Sanitär	14.331	5.342	1.784	1.375	17.533	189,8
03 Verkehrsfläche	6.484	985	3.273	90	4.540	127,2
04 Technik	2.088	533	430	30	2.366	174,0
05 Lehrer	7.026	1.585	549	383	7.745	569,5
	107.702	35.405	13.207	9.084	124.168	240,7

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
02 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1386 / 1386 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60

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

Strombedarf der Ventilatoren (Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_V, Jan kWh
02 Sanitär	1386	221	0,00	0,39	85

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
02 Sanitär	82	85	82	85	85	77	85	1.001
	82	85	82	85	85	77	85	1.001

$V_{\text{mech, m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen
 $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb
 $P_{V, \text{SUP}} / P_{V, \text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren
 W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3) (Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung (Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd 1	300	35,1	13,2	gut	87
2 <1> Fassade West	West 1	300	19,2	7,2	gut	88
3 <1> Fassade Nord	Nord 1	300	22,4	8,4	gut	91
4 <2> Fassade Ost	Ost 2	200	16,3	5,4	gut	87
5 <3> Fassade Süd	Süd 3	100	17,3	7,5	gut	87
6 <3> Fassade West	West 3	100	17,3	30,0	gut	93
7 <4> Fassade Ost	Ost 4	100	5,4	1,8	gut	87

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
01 Turnhalle	361	77	284
02 Sanitär	92	16	76
03 Verkehrsfläche	36	35	1
04 Technik	14	5	8
05 Lehrer	14	–	14

 A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatzmit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = $2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, h_{St} = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen, h_{Ne} = Höhe der Nutzebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs A_{RB} = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)Tageslichtquotient $DR_b = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_v; 0]$ (Gl.30),bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot A_{RB} / A_{TL} \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19 C_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $C_{TL,Vers,SA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + C_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31) C_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung**Teilbetriebsfaktoren Tageslicht**

(Ref-No 5.10.2)

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL						
					Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	<1>	Fassade Süd	1	87	60	56	50	45	42	40	39
2	<1>	Fassade West	1	88	60	55	49	44	41	38	38
3	<1>	Fassade Nord	1	91	60	54	47	42	39	37	36
4	<2>	Fassade Ost	2	87	60	56	49	45	42	39	39
5	<3>	Fassade Süd	3	87	60	55	49	44	41	39	39
6	<3>	Fassade West	3	93	60	52	46	41	37	35	35
7	<4>	Fassade Ost	4	87	60	56	49	45	42	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL, kon = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

FTL = $\max[1 - v_{\text{Monat}} \cdot \text{CTL} \cdot \text{CTL, kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (12)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Fassade Süd	1	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	25
2 <1> Fassade West	1	300	9-1-1	3,7	0,85	99	2133	1055	13
3 <1> Fassade Nord	1	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	15
4 <2> Fassade Ost	2	200	9-1-1	3,6	0,55	66	1399	114	4
5 <3> Fassade Süd	3	100	9-1-1	1,8	0,60	72	1526	124	3
6 <3> Fassade West	3	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
7 <4> Fassade Ost	4	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
8 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	282
9 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	35
10 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	0
11 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	0
12 Zone <5> ohne TL	5	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	9

388

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 516 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l, f}

(Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
01 Turnhalle	320	333	326	341	336	300	330	3.904
02 Sanitär	38	40	39	41	40	36	39	464

03 Verkehrsflä	4	5	5	6	5	4	4	55
04 Technik	0	0	0	1	0	0	0	5
05 Lehrer	9	9	9	9	9	9	9	111
	372	388	380	398	391	349	384	4.539

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$Q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
01 Turnhalle	nicht relevant			-
02 Sanitär	Sportanlage mit	1,800 Person	5	153 a
03 Verkehrsfläche	nicht relevant			-
04 Technik	nicht relevant			-
05 Lehrer	nicht relevant			-

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{mth} \cdot d_{nutz} / 365 \cdot \text{Menge}$ [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)
 a)

Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	1.800
2			

Verteilungsnetze

(Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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 $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,31$ m³/h, $\Delta p = 16,3$ kPa, $P_{hydr} = 1,390$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 15,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l_i			117 m		3 m		79 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		19,2 °C		19,2 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

$Q_{w,b}$	kWh	148	153	148	153	153	138	153	1.800
$Q_{w,d,V}$	kWh	484	500	484	500	500	452	500	5.889
$Q_{w,d,S}$	kWh	13	13	13	14	14	12	14	156
$Q_{w,d,St}$	kWh	100	108	109	112	112	102	112	1.262
$Q_{w,d}$	kWh	597	622	606	626	626	566	626	7.307
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	46
$Q_{I,w,d}$	kWh	113	121	122	126	126	114	126	1.418

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 Sticleitungen (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

Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 500$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,9$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i $13,0^\circ\text{C}$ (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0^\circ\text{C}$

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 $P_p = 44$ 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 2									
Q _{w, outg}	kWh	745	775	754	779	779	704	779	9.107
Q _{w, s}	kWh	17	18	17	18	18	16	18	193

W _{w,s}	kWh	2	2	2	2	2	1	2	19

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung
(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300

Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2 Wärmepumpe
Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"
Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 3,37

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2									
Q _{w,outg}	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
Q _{w,f}	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
W _{w,gen}	kWh	30	31	31	32	32	29	32	369

Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

Endenergie Warmwasserbereitung
(Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{w,outg}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$Q_{w,f}$	kWh	762	792	771	797	797	720	797	9.300
$W_{w,f}$	kWh	101	105	103	106	106	96	106	1.235
eco-Strom	kWh	190	203	204	216	215	194	210	2.392
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,8	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung

$W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

(Ref-No 5.13.1)

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} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
01 Turnhalle	34,4	6,9	0	0,0	41,3
02 Sanitär	5,3	0,8	1387	6,0	12,2
03 Verkehrsfläche	3,6	0,3	0	0,0	3,9
04 Technik	1,2	0,1	0	0,0	1,3
05 Lehrer	2,6	0,4	0	0,0	3,0

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

$Q_{V,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max}$ = Heizleistung (T2 Gl.B.1)

Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	91.985	41,3	45,5
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		2/3/4/5/	32.184	20,4	22,4

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert
 <2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 $^\circ\text{C}$, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.985
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ nach T2, maximale Heizleistung $\Phi_{h,\text{max}}$ (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung $Q_{N,h}$ nach T5, 5.4

Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 01 Turnhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.081
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	200
$t_{h,rL} <1>$	h/m	285	337	372	413	412	365	380	3.396

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55 $^\circ\text{C}$ 2-Rohr", Leitzone 05 Lehrer

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <5>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.178
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	13	13	13	13	13	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	225
$t_{h,rL} <5>$	h/m	218	258	285	316	315	279	290	2.923

$t_h = t_{h,\text{Nutz}} + t_{h,\text{WE}}$ = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

$t_{h,rL,\text{day}} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,\text{op},\text{day}})$ (T5 Gl.24) mit

$t_{h,\text{op},\text{day}}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor

$d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

$t_{h,rL} = t_{h,rL,\text{day}} \cdot d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$,
 $\Delta\vartheta_{\text{emb}} = 1,0\text{ }^\circ\text{K}$, $\vartheta_{\text{str}} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{\text{str}} = 0,15\text{ }^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,1547+1,2 = 2,55^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (21,4\%)$$

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: , $f_{h,ce,aux} = 0$

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) } (14,1\%)$$

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe nicht relevant / bereits enthalten (0,0 Watt)

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	2.821	7.668	12.912	16.556	16.217	13.819	12.004	91.985
$Q_{h,ce}$	kWh	1.650	2.219	2.382	2.493	2.457	2.212	2.307	19.708
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	919	2.460	4.620	6.085	5.875	4.961	3.999	32.184
$Q_{h,ce}$	kWh	295	460	583	633	614	546	525	4.523
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	5.685	12.806	20.496	25.767	25.164	21.538	18.836	148.399

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ (nach T2), Regel- und WE-Betrieb

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (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

Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 361,0$

m², Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0\text{ °C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 99 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{hydr. Abgleich} = 1,00$, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

(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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 155,3\text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 50\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 40\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<5>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 12 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{hydr. Abgleich} = 1,00$, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	187,2 m	18,5 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	128,3 m	8,9 m	38,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung $Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Fußbodenheizung								
$\beta_{h,d}$	0,15	0,32	0,51	0,62	0,61	0,58	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,8	24,7	27,7	29,4	29,2	28,7	27,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,6	22,2	23,9	24,8	24,7	24,5	23,5	
$Q_{h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639
$W_{h,d}$ kWh	28	44	64	79	78	67	61	507
$Q_{I,h,d}$ kWh	15	49	91	123	121	101	84	639

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,4\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,4\%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

$\beta_{h,d}$	0,08	0,19	0,35	0,44	0,43	0,40	0,30	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,3	29,2	34,1	36,5	36,1	35,4	32,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,8	26,4	29,6	31,2	30,9	30,4	28,5	
$Q_{h,d}$ kWh	77	122	179	222	218	186	167	1.320
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	12	24	41	53	52	44	37	309

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,9\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,2\%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,RL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} = \text{Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)}$
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	5.777	12.977	20.766	26.113	25.502	21.825	19.087	150.358

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

$$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} \text{ in [kWh]}$$

Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 500$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 3,5$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72$ W

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

Speicher:

$$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S} = \text{Speicherverluste (Gl.68)}$$

$$Q_{l,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

$$W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000 = \text{Hilfsenergiebedarf (Gl.71)}$$

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	24	26	27	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	24	31	37	41	41	36	36	280
$W_{h,s}$	kWh	7	15	24	30	30	25	22	191

solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe, Strom- und Hilfsenergiebedarf siehe "Simulation zur Bedarfsdeckung"

Nachheizung mit separatem Wärmeerzeuger, JAZ = 5,18
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol}$ = Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich
Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"
COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit
 $Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf der WP, $Q_{h,f, bu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung
 $Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	5.801	13.008	20.803	26.154	25.542	21.861	19.123	150.638
$Q_{h,f}$	kWh	1.268	2.777	3.341	3.505	3.496	3.103	3.333	24.809
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	715	6.579	11.596	10.950	8.845	4.861	43.973
$Q_{h,f, aux}$	kWh	227	489	575	595	595	530	576	4.294

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 1 ($A_{NGF} = 361 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 45,5 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 20 \text{ °C}$, innerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,957$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,047$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0087 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 2,92 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,68 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,06 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,281 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,094 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 ($A_{NGF} = 155 \text{ m}^2$)
Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Hallenheizung Fußbodenheizung

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit}$ = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 ($d_{h,rB} > 1$)
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n$ = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154
 $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} \cdot d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen}$ = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung
 $W_{h,gen}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192
 $Q_{l,h,gen}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	-	715	6.579	11.596	10.950	8.845	4.861	43.973
$\beta_{h,1}$		-	0,05	0,39	0,62	0,58	0,53	0,28	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	-	42	347	702	654	513	231	2.529
$Q_{h,f}$	kWh	-	757	6.926	12.298	11.604	9.358	5.093	46.496
$W_{h,gen}$	kWh	7	15	49	79	75	62	39	380
$Q_{I,h,gen}$	kWh	-	8	14	18	18	15	13	95

Aufteilung $Q_{l,h,g}$: nach Grundflächenanteilen

Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{h,f}$	kWh	1.268	3.535	10.267	15.802	15.100	12.461	8.426	71.304
W_h	kWh	268	564	712	784	778	684	698	5.372
eco-Strom	kWh	1.268	2.777	3.341	3.505	3.496	3.103	3.333	24.809
Erdgas	kWh	-	771	6.905	12.285	11.593	9.339	5.103	46.459
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,5	1,8	3,5	4,6	4,5	4,2	3,1	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	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)

$Q_{I,h}$ = unregelte 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

Unregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	2.281	4.122	4.821	5.094	5.071	4.502	4.816	39.347
Stromangebot	kWh	3.432	2.405	896	568	1.093	1.202	2.645	36.182
anrechenbar	kWh	2.281	2.405	896	568	1.093	1.202	2.645	19.732

Jahres-Stromproduktion = 36.182 kWh/a, Strombedarf = 39.347 kWh/a, anrechenbar = 19.732 kWh/a

Energiebedarf nach Energieträgern

(Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Warmwasser		2.392	1,80	1,00	4.306
eco-Strom	Heizwärme		24.809	1,80	1,00	44.655
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/4/5/	46.459	1,10	1,11	46.041
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.539	1,80	1,00	8.169
Strom-Mix	Hilfsenergie		7.608	1,80	1,00	13.695
Strom-Mix	Stromgutschrift		-19.732	1,80	1,00	-35.517
Σ [kWh/Jahr]			66.074			81.349

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{HS/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 81.349 / 516 = 157,7$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 516$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 66.074 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = $2392,0 + 24808,5 + 41855,0 + 4538,6 + 7608,1 - 19731,9 = 61470$ kWh/a

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 14,7 kWh/(m²a), eco-Strom 52,7 kWh/(m²a), Erdgas 90,1 kWh/(m²a),

Strom-Mix 8,8 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -38,2 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
eco-Strom	2.392	560	1.340	
eco-Strom	24.809	560	13.893	
Erdgas	41.855	240	10.045	
Strom-Mix	4.539	560	2.542	
Strom-Mix	7.608	560	4.261	
Strom aus PV	-	395	-7.795	
81.203			24.284	47,1

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = $- 32079,6 / 81203,0 \cdot 19732 = -7.795$ kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

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
01 Turnhalle	361	-	3.904	-	-	52.822	56.726
02 Sanitär	92	-	464	-	2.392	10.068	12.924
03 Verkehrsfläche	36	-	55	-	-	2.610	2.665
04 Technik	14	-	5	-	-	1.362	1.367
05 Lehrer	14	-	111	-	-	4.449	4.560
Gebäude	516	-	4.539	-	2.392	71.311	78.242

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	3,5	240,7	254,9

Endenergiebedarf	1,9	8,8	0,0	7,0	148,6	166,3
Primärenergiebedarf	3,5	15,8	0,0	12,7	194,5	226,5

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

.....

Primärenergie-Referenzwert

(Ref-No 5.15.0)

vorh q_P = 157,7 kWh/(m²a)