

ENERGIEBERATUNGSBERICHT NICHTWOHNGEBÄUDE

NACH DEM GEBÄUDEENERGIEGESETZ 2020



Beratungsobjekt: St. Ludgerus Sporthalle in der Gemeinde Hörstel
Ibbenbürener Str. 17
48477 Hörstel

Beratungsempfänger: Stadt Hörstel
Herr David Ostholthoff
Kalixtusstr. 6
48477 Hörstel

Datum: 29.09.2025

Vorbemerkung

Der vorliegende Beratungsbericht dient der Nachweisführung der bauordnungsrechtlich verbindlichen wärmetechnischen Anforderungen zur Sanierung des zuvor genannten Bauvorhabens. Hierzu werden die Bauteile sowie das Gebäude entsprechend der bereitgestellten architektonischen Unterlagen und der Bestandsaufnahme erfasst. Fehlende Informationen wurden nachfolgend abgestimmt oder wurden sinnvoll gewählt.

Bei der für die Beratung verwendeten Software handelt es sich um Dämmwerk des Berliner Unternehmens Kern Ingenieurkonzepte in der aktuellen Version von 2025.

Die nachfolgenden Berechnungen wurde auf Grundlage des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2024 erstellt.

Das Gebäudeenergiegesetz ist ein Teil des deutschen Wirtschaftsverwaltungsrechtes. Der Verordnungsgeber schreibt darin auf der rechtlichen Grundlage der Ermächtigung durch das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) Bauherren bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergiebedarf ihres Gebäudes oder Bauprojektes vor. Das GEG gilt für Wohngebäude, Bürogebäude und gewisse Betriebsgebäude. Das Gebäudeenergiegesetz stellt ein wichtiges Instrument der deutschen Energie- und Klimaschutzpolitik dar. Das GEG soll „dazu beitragen, dass die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahr 2050, erreicht werden.

Ziel einer Schritt-für-Schritt-Sanierung ist eine möglichst weitgehende Senkung des Primärenergiebedarfs für das Gebäude (Bestmöglich-Prinzip). Das „Bestmöglich-Prinzip“ ist dabei als Orientierungshilfe im Sinne der nationalen klimapolitischen Ziele zur Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes im Jahr 2050 zu verstehen. Die Nutzungsdauer vieler Gebäudekomponenten beträgt 40 Jahre und mehr. Bei diesen bleibt in Hinblick auf die klimapolitischen Ziele nur noch eine Gelegenheit, einen Gebäudestandard mit niedrigem Energiebedarf zu schaffen. „Bestmöglich“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass alle in Betracht kommenden Faktoren zur Senkung des Primärenergiebedarfs nach Möglichkeit berücksichtigt werden.

Bei Planungsdetails bzw. Bauteilaufbauten sind nur wärmetechnisch relevante Bestandteile detailliert, Bauteile außerhalb der thermischen Gebäudehülle (z.B. Dachziegel) oder Abdichtungsbahnen sind nicht explizit dargestellt, sofern sie keinen Einfluss auf den Nachweis haben.

Dieser Bericht ersetzt keine detaillierte Ausführungsplanung. Die in diesem Bericht angegebenen Dämmstärken sind Mindestmaße. Feuchteschutztechnische Maßnahmen sind im Detail zu planen und können nicht pauschal aus diesem Bericht umgesetzt werden.

Hinweise

Die Berechnungen erfolgen gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG), mit standardisierten Nutzungsrandbedingungen welche ggf. von der realen Nutzung abweichen können. Des Weiteren definiert das GEG ein unabhängig des Standortes zu verwendendes Referenzklima. Damit weichen die zu Grunde gelegten Klimarandbedingungen ebenfalls von den realen klimatischen Bedingungen am Gebäudestandort ab. Infolge dieser Einschränkungen variiert der dargestellte Endenergiebedarf zwangsläufig vom messbaren Energieverbrauch im Zuge der Nutzung.

Die geführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beruhen auf Annahmen zu den Investitionskosten sowie der zukünftigen Marktentwicklung seitens Kapitalzinses, Inflation und Energiepreissteigerung. Grundlage bilden hier prognostizierte Preisentwicklungen und literarische Empfehlungen. Bei Investitionen sollten Sie immer mehrere Angebote für die geplanten Maßnahmen einholen und vergleichen. Sollten die realen maßnahmenbezogenen Herstellungskosten deutlich von den angenommenen Investitionskosten abweichen ist eine Neubewertung der Wirtschaftlichkeit zu empfehlen.

Die Durchführung der einzelnen Maßnahmen ist in der Verantwortung des Bauherrn. Änderungen bzw. Abweichungen sind innerhalb der rechnerischen Nachweise bis zur Baufertigstellung nachzuführen.

Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Unterzeichner vorbehalten. Der Beratungsbericht ist nur für den Auftraggeber und nur für den angegebenen Zweck bestimmt. Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit der schriftlichen Genehmigung des Verfassers gestattet.

Vorbemerkung	2
Hinweise	3
1 Zusammenfassung	6
1.1 Vorwort Sanierungsmaßnahme	6
1.2 Zusammenfassung zum Bestand	6
1.2.1 Bestandsdaten	6
1.2.2 Objektdaten	6
1.2.3 Angaben zur Haustechnik und zum Verbrauch	7
1.2.4 Ausgangssituation - Energiebedarf	7
1.2.5 Übersicht der Gebäudehülle und Zonierung	7
1.3 Zusammenfassung zur geplanten Sanierung	9
1.3.1 Geplante Sanierung	9
1.3.2 Betrachtete Sanierungsmaßnahmen	9
1.3.3 Angaben zu den Bauteilen	10
1.3.4 Angaben zu der Anlagentechnik	12
1.3.5 Komplettsanierung:	13
1.3.6 Übersicht Energie- und Kosteneinsparung	13
1.3.7 Anforderungen Energetische Sanierung – NRW	13
1.3.8 Gegenüberstellung Bestand und Sanierung	15
1.4 Empfehlung	17
2 Informationen zum Beratungshintergrund	18
2.1 Kontext der Energieberatung	18
2.2 Relevante Normen und Vorschriften	19
2.3 Energiebilanz eines Gebäudes mit ihren Energieströmen	19
2.4 Bilanzierungsverfahren der GEG	21
2.5 Ziele der Energieberatung	22
2.6 Energiekosten	23
2.7 Kostenschätzung	25
3 Gebäudeanalyse	26
3.1 Objektbeschreibung	26
3.1.1 Objektfotos	26
3.1.2 Allgemeine Daten	26
3.1.3 Übersicht der thermischen Hülle	27
3.1.4 Zonierung und Festlegung der Nutzungsprofile	28
3.1.5 Projekteinstellungen	30
3.2 Bauteile des Gebäudes	30
3.2.1 Bauteile im Bestand	31
3.2.2 Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle	34
3.3 Beschreibung der haustechnischen Anlagen im Bestand	35
3.3.1 Wärme- und Kälteversorgung	35
3.3.2 Trinkwarmwasserbereitung	36
3.3.3 Raumluftechnische Anlagen	36

3.3.4	Beleuchtung	36
3.3.5	Regenerative Stromerzeugung	37
3.3.6	Sommerlicher Wärmeschutz	37
3.4	<i>Aussagen und Hinweise zum Planstand</i>	37
3.4.1	Allgemein	37
3.4.2	Klimadaten	37
3.4.3	Dichtheitsprüfung	38
3.4.4	Wärmebrücken	38
3.4.5	Hydraulischen Abgleich	39
3.4.6	Rohrleitungsdämmung	39
3.4.7	Lüftungskonzept	39
3.4.8	Luftdichtheitskonzept	40
3.5	<i>Energiebilanz des Gebäudes im Bestand</i>	41
3.5.1	Berechnete Energiebilanz	41
	Grenzwerte für ein Effizienzhaus	41
3.5.2	Energiebedarf und Energiekosten	42
3.5.3	Schadstoffemissionen	42
3.5.4	Tatsächlicher Energieverbrauch	43
4	Sanierungsmaßnahmen	44
4.1	<i>Allgemeines zum energetischen Sanierungskonzept</i>	44
4.2	<i>Maßnahmenbeschreibung</i>	45
4.2.1	Übersicht	46
4.2.2	Maßnahme 1	47
4.2.3	Maßnahme 2	50
4.2.4	Maßnahme 3	50
4.2.5	Maßnahme 4	51
4.2.6	Maßnahme 5	52
4.3	<i>Energiebilanz</i>	53
4.3.1	Einzelmaßnahmen	53
4.3.2	Komplettsanierung	55
4.4	<i>Wirtschaftlichkeit</i>	59
4.4.1	Kostenschätzung	60
4.4.2	Förderung	61
4.4.3	Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen	64
4.4.4	Wirtschaftlichkeit der Maßnahmenpakete	65
4.4.5	Wirtschaftlichkeit der Komplettsanierung	66
5	Anlagen	70
5.1	<i>Bauteilberechnungen im Bestand</i>	70
5.2	<i>Bauteilberechnungen Sanierung (Energieberatung)</i>	110
5.3	<i>Gebäudeberechnungen Bestand</i>	151
5.4	<i>Gebäudeberechnungen Sanierung (red.PV)</i>	180
6.4	<i>Nutzungsprofile</i>	209
6.5	<i>Auszug DIN Norm 4108- Beiblatt 2</i>	213
6.6	<i>Glossar</i>	220
6.7	<i>FLIB Checkliste Luftdichtheitskonzept Massivbau</i>	226

1 Zusammenfassung

1.1 Vorwort Sanierungsmaßnahme

Die vorliegende Energieberatung zielt auf die Sanierung der St. Ludgerus Sporthalle in Hörstel ab. Die Sporthalle wurde Mitte der 1960er Jahre errichtet und wurde immer mal wieder in Teilbereichen saniert. Einige dieser Sanierungen liegen jedoch weit zurück, sodass die bereits sanierten Bauteile inzwischen veraltet sind und erneut saniert werden müssen.

Die Energieeffizienz eines Gebäudes hängt aber nicht nur von einer energieeffizienten Gebäudehülle ab, sondern auch von der Effizienz der technischen Anlagen. Dazu zählen die Heizungs-, Lüftungs- und Elektroanlagen, einschließlich der Beleuchtung.

Die Stadt Hörstel beabsichtigt nun eine ganzheitliche und nachhaltige Sanierung der Sporthalle.

1.2 Zusammenfassung zum Bestand

1.2.1 Bestandsdaten

Planunterlagen	Diverse Planungsunterlagen mit unterschiedlichen Planständen <ul style="list-style-type: none">- Planstand vom April 1967 bis 1968 (Neubau Großturnhalle)- Planunterlagen von 2007 (Dachsanierung)- Planunterlagen von 2016 (Erneuerung Hallenboden)
Bestandsaufnahme	Ortstermin am 04.07.2023

1.2.2 Objektdaten

Objektadresse	Ibbenbürener Str. 17 48477 Hörstel
Baujahr Gebäude	1968
Bauweise	freistehend geschlossene Bauweise
Geschossigkeit	1- geschossig, unterkellert
Unterlagen zum Objekt	Bauzeichnungen: Grundrisse und Ansichten, Verbrauchsdaten
Bereits durchgeführte Sanierungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none">- 2007 Dachsanierung- 2016 neuer Hallenboden
Nutzung	<ul style="list-style-type: none">- Sporthalle
Nutzfläche:	1.453 m ²
Nettogrundfläche:	1.851 m ²
Thermische Hüllfläche:	4.250 m ²
Nettovolumen:	9.486 m ³

1.2.3 Angaben zur Haustechnik und zum Verbrauch

Art der Heizung	Gas-Heizkessel Viessmann – Vitoplex 100 (225 KW – Erdgas) Baujahr 2003
Art der Verteilung	Zentrale Heizungsanlage mit Heizkörpern in den Umkleiden etc. und Deckenheizungen in der Sporthalle
Art der Warmwasserbereitung	Zentral über die Heizung
Art der Lüftung	Fensterlüftung (mit automatischer Öffnung) Abluft in den Duschen und Umkleiden mit Nachluftöffnungen aus den Nebenräumen
Kühlung	nicht vorhanden
Jahresverbrauch Strom (2022)	22.667 kWh/Jahr
Verbrauch Erdgas (2022)	119.920 kWh/Jahr (11.992 cbm/Jahr)
Verbrauch Warmwasser (2022)	870 kWh/Jahr (87 cbm/Jahr)
Photovoltaik-Anlage (2022)	10.066 kWh/Jahr (10 kWp)

1.2.4 Ausgangssituation - Energiebedarf

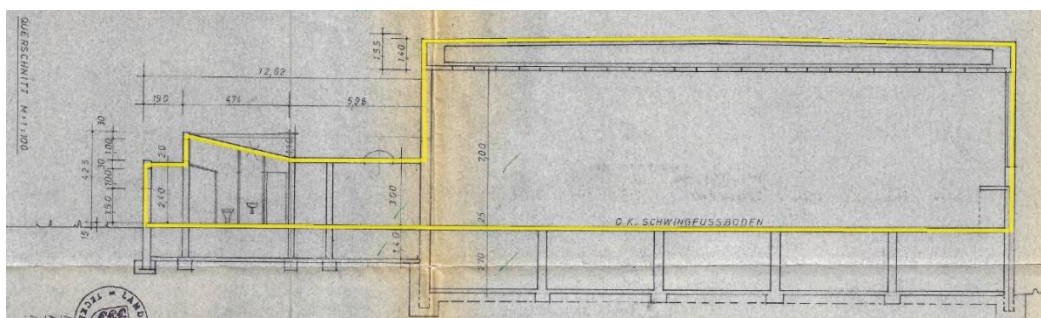
Gemäß der Berechnung nach DIN 18599 und den technischen Baubestimmungen sowie den energetischen Anforderungen gemäß GEG ergeben sich für das Gebäude die folgenden Energiebedarfswerte:

Variante	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	
			2021	2022
Bestand	681.657 [kWh/a]	634.743 (Gas) 46.914 (Strom)	59.610	75.404
	368,2 kWh/(m²a)			

Energieträger	Energiepreis [€/kWh]	
	2021	2022
Erdgas	0,071	0,093
Strom	0,310	0,349

1.2.5 Übersicht der Gebäudehülle und Zonierung

Thermische Gebäudehülle:



Die Zonierung des Objektes erfolgt gemäß den Vorgaben der DIN V 18599 abhängig der Nutzung und Art der Konditionierung. Eine Zone stellt hierbei eine Berechnungseinheit mit einheitlichen Nutzungsrandbedingungen und gleicher Art der Konditionierung dar und kann sich demnach über mehrere Räume erstrecken. Die Räume müssen hier in keinem räumlichen Zusammenhang zueinanderstehen.

Nachfolgende Zonen mit genannten Nutzungsprofilen wurden identifiziert:

<u>Zonenname:</u>	<u>Profil:</u>
▪ Sporthalle	Nr. 231 (Turnhalle)
▪ Sanitär	Nr. 216 (WC und Sanitärräume in NWG)
▪ Umkleide	Nr. 217 (sonstige Aufenthaltsräume)
▪ Verkehrsfläche	Nr. 219 (Verkehrsflächen)
▪ Lager / Geräteraum	Nr. 220 (Lager/Technik/Archiv)
▪ Foyer / Eingang	Nr. 205 (Schalterhalle)

Die Zuordnung der Räume kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden. In den Anlagen dieses Berichts ist zusätzlich eine Übersicht der Zonen mit den zugehörigen Anforderungen dargestellt. Die Zuordnung der Zonen erfolgte nach DIN V 18599-10.

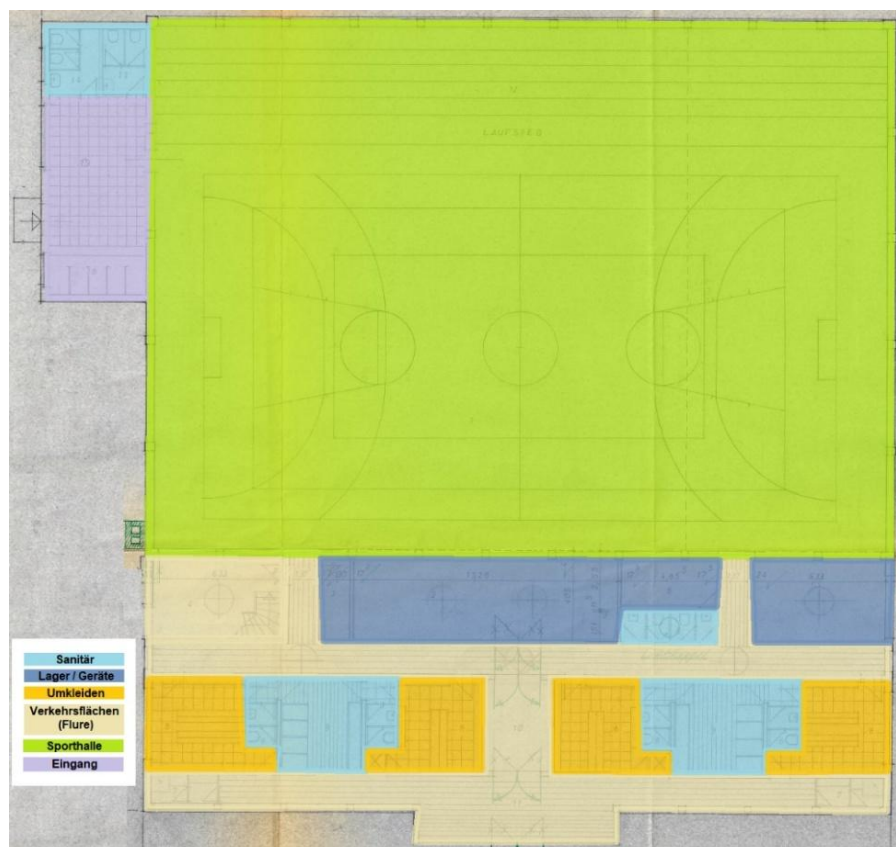


Abbildung 1: Zonierung des Gebäudes

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	ANGF m ²	V_i m ³
<1> Sporthalle	231 Turnhalle (o	300	20,3	15,6	1383	8122
<2> Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,1	75	221
<3> Umkleide	217 Sonstige Auf	250	20,0	17,2	67	202
<4> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,6	18,6	189	542
<5> Lager / Geräteraum	220 Lager, Techn	250	20,5	18,5	95	286
<6> Foyer / Eingang	205 Schalterhall	250	20,2	17,7	41	114
					1.851	9.486

1.3 Zusammenfassung zur geplanten Sanierung

Die Zusammenfassung erfolgt nur für die geplanten Sanierungsmaßnahmen. Im übrigen Bericht können weitere Maßnahmen betrachtet werden, die nicht zur Ausführung kommen.

1.3.1 Geplante Sanierung

Für die Umsetzung der Sanierung ist nur die Sanierung in Teilbereichen vorgesehen. In den vergangenen Jahren sind bereits einige Sanierungsmaßnahmen umgesetzt worden. In diesen Bereichen erfüllen die Bauteile bereits die Mindestanforderungen an die aktuelle Gesetzgebung (GEG 2020) und somit auch die die Mindestanforderungen an die Förderung. In diesen Bereichen werden nur bei Bedarf die Bauteile saniert.

Für die Sanierung wurde ein umfassendes Sanierungskonzept ausgearbeitet. Dieser Bericht stellt nur eine Überarbeitung des vorherigen Berichts dar und betrachtet im konkreten die geplanten Sanierungsmaßnahmen. Bei der Sanierung sollen die im Folgenden genannten Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden. In den Anschlussbereichen der einzelnen Bauteile können ebenfalls Nebenarbeiten erforderliche werden, wie z.B. die Anpassung des Dachanschlusses an die neue Fassadendämmung.

Bei der Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen kann es erforderlich werden, dass weitere Maßnahmen umgesetzt werden müssen oder geplante Maßnahmen aufgrund der tatsächlichen Gegebenheiten im Bestand angepasst werden müssen. Die Planung des Sanierungskonzepts stellt lediglich eine Umsetzungsabsicht dar.

1.3.2 Betrachtet Sanierungsmaßnahmen

Im Rahmen der energetischen Sanierung des Hauses werden nachfolgende Maßnahmen betrachtet:

Dämmen der Fassade:	<ul style="list-style-type: none">- Dämmen der Außenwand der Sporthalle- Dämmen der Außenwand der Umkleiden und des Eingangs
---------------------	---

Austausch Fenster:	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der Fenster in der Sporthalle - Austausch der Fenster in den Umkleiden - Austausch der Außentüren
Dämmen Kellerdecke:	<ul style="list-style-type: none"> - Kellerdecke unterseitig dämmen - Dämmen des Kellerabgangs
Sanierungen am Dach:	<ul style="list-style-type: none"> - Dachüberstände an die neue Fassade anpassen - Dämmung der Dachfläche 1 (Eingang) erhöhen
Austausch Anlagentechnik:	<p>Austausch der Heizungs- und Lüftungsanlage, sowie Beleuchtung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erdwärmepumpe (Sole – Wasser) - Lüftungsanlage mit WRG - Austausch der Beleuchtung - Neue PV-Anlage mit 55 kWp

1.3.3 Angaben zu den Bauteilen

Bauteil	Bestand		Sanierung	
	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]
Umkleiden etc. (Temperatur > 19°C)				
Bodenplatte (EG)	Bodenplatte mit Bitumenbahn, Glasfasermatten und Estrich	1,04	-	-
Bodenplatte (KG)	Bodenplatte Estrich, ohne Dämmung	3,36	-	-
Kellerdecke (Kriechkeller)	Stahlbetondecke mit Estrich und 5 cm Dämmung	0,52	8 cm unterseitige Dämmung (WLG 035)	0,24
Außenwand (Umkleide - Putz)	Kalksandsteinmauerwerk mit einem Puz	2,86	Nachträgliche Fassadendämmung z.B. mit 16 cm Dämmung (WLG 035) als WDVS	0,20
Außenwand (Umkleide - Verblender)	Kalksandsteinmauerwerk mit einer nachträglich eingebrachten Kerndämmung und einem Verblender	0,46	Nachträgliche Fassadendämmung z.B. mit 12 cm Dämmung (WLG 032) als Vorhangfassade oder mit 10 cm Dämmung (WLG 035) WDVS	
Außenwand (Anbau)	Kalksandsteinmauerwerk mit einer nachträglich eingebrachten Kerndämmung und einem Verblender	0,46		
Außenwand – Keller	Außenwand aus einem Kalksandsteinmauerwerk im erdberührten Bereich	1,54	-	-
Trennwand Keller	Innenwände aus Kalksandstein	1,88	12 cm Dämmung (WLG 032)	0,23

Bauteil	Bestand		Sanierung	
	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]
Flachdach (Dachfläche 1)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit 10cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,32	Erneuerung der Abdichtung mit 4 cm Dämmung (WLG 035)	0,23
Flachdach (Dachfläche 2)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 14,5 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,23	-	-
Flachdach (Dachfläche 3)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 16 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,21	-	-
Flachdach (Dachfläche 5)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 15 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,22	-	-
Fenster	Baujahre 2010, 2-fach Verglasung, pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient von $U \approx 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	1,30	Winddichte Fenster mit Drei-Scheiben-Wärmeschutzglas und einem U-Wert $\leq 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$	0,95
Außentüren	Baujahr unbekannt; pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient von $U \approx 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	2,90	Winddichte, gedämmte Außentür mit einem U-Wert $< 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	1,30
Sporthalle (Temperatur > 19°C)				
Kellerdecke (Keller)	Stahlbetondecke mit einem Sportboden	0,31	4 cm unterseitige Dämmung (WLG 035)	0,23
Außenwand (Halle)	aus einer Stahlbetonkonstruktion mit einem zweischaligen Mauerwerk in den Zwischenräumen	1,57	Nachträgliche Fassadendämmung z.B. mit 16 cm Dämmung (WLG 035) als WDVS	0,20
Außenwand (Halle – Klinker)	aus einer Stahlbetonkonstruktion mit einem zweischaligen Mauerwerk aus Kalksandstein und einem Verblender in den Zwischenräumen	1,95		
Flachdach (Dachfläche 4)	Flachdach aus einer Gasbetondecke mit im Mittel 14 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,20	-	-
Fenster / Glasflächen	Baujahr nicht bekannt / vor 1995, pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient	5,46	Winddichte, bruchsichere Fenster mit Wärmeschutzglas und einem U-Wert $\leq 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$	1,0

1.3.4 Angaben zu der Anlagentechnik

	Bestand	Sanierung
Art der Heizung	Gas-Heizkessel Viessmann – Vitoplex 100 (225 kW – Erdgas) Baujahr 2003	2 Sole-Wärmepumpe mit insgesamt 170 kW
Art der Verteilung	Zentrale Heizungsanlage mit Heizkörpern in den Umkleiden etc. und Deckenheizungen in der Sporthalle	Zentrale Heizungsanlage mit Heizkörpern in den Umkleiden etc. und Deckenheizungen in der Sporthalle (Bestandsheizflächen)
Art der Warmwasserbereitung	Zentral über die Heizung	Zentral über die Heizungsanlage Grundlast über die Wärmepumpe (40/50°C) Frischwasserstation
Art der Lüftung	Fensterlüftung (mit automatischer Öffnung) Abluft in den Duschen und Umkleiden mit Nachluftöffnungen aus den Nebenräumen	Halle: Lüftungsanlage mit 75% WRG mit Wärmetauscher (Wärmepumpe) Zulufttemperatur max. 28°C Volumenstrom: max. 25.000 m³/h (max. 800 Personen) Lüftungsgitter in der Hallenwand/ -Boden Sanitär: Abluftanlage
Kühlung	nicht vorhanden	nicht vorhanden
PV-Anlage	10 kWp zur Einspeisung ins Netz	PV Anlage mit 55 kWp
Beleuchtung:	Röhrenleuchten	LED-Beleuchtung
Gebäude-automatik:	manuell	Regelungstechnik über das städtische Gebäudesystem (online aufgerufen und überwacht)

Anlagen für erneuerbare Energien

Anlagen für erneuerbaren Energieanlagen für Stromproduktion, wie Photovoltaik-Anlagen oder Kleinwindkraftanlagen, werden nicht gefördert, können jedoch bis zu 10 Prozent zur Erfüllung der Voraussetzung der Primärenergieeinsparung beitragen. Eine Förderung von stationären elektrischen Batteriespeichern ist nur in Verbindung mit einer neu zu errichtenden, nicht über die Richtlinie geförderte, Photovoltaikanlage. Eine Förderung von stationären elektrischen Batteriespeichern ist nur in Verbindung mit einer neu zu errichtenden, nicht über die Richtlinie geförderte, Photovoltaikanlage möglich. Die Größe des Speichers soll dem Verbrauch und beziehungsweise oder der neuen Photovoltaikanlage angepasst sein.

PV-Anlage:

	Geplante Anlage	Förderung (10 %)
rechnerischer Strombedarf:	112.695 kWh/a	
Spitzenleistung:	55 kWp	13,8 kWp
Jahres-Stromproduktion:	44.981 kWh/a	11.270 kWh/a
Prozentualer Anteil:	39,91 %	10 %

1.3.5 Komplettsanierung:

Maßnahme	Primär- energie- bedarf [kWh/a]	Energiebedarf [kWh/a]		Energie- kosten [€/a]	Energiekosten- einsparung		CO ₂ - Bilanz [kg/(m ² a)]
		Erdgas	Strom		€/a	%	
Bestand	681.657	634.743	46.914	59.610	-	-	82,7
Sanierung (tatsächlich)	136.172	-	136.172	42.213	17.397		22,9
Sanierung (red. PV)	182.603	-	182.603	56.607	3.003		30,7

Für die Energieträger werden in der Berechnung die folgenden Werte angesetzt:

Energieträger	Energiepreis [€/kWh]
Erdgas	0,071
Strom	0,310

1.3.6 Übersicht Energie- und Kosteneinsparung

Die Sanierungskosten werden in einer separaten Kostenaufstellung detailliert zusammengestellt. Im Energieberatungsbericht erfolgt keine Kostenaufstellung der Sanierungskosten.

1.3.7 Anforderungen Energetische Sanierung – NRW

Für das Förderprogramm „Energieeffiziente öffentliche Gebäude“ der Landesregierung Nordrhein-Westfalen müssen bei der Sanierung bestimmte Anforderungen erfüllt werden, im Folgenden werden die wesentlichen Anforderungen aufgeführt:

*Mit der Umsetzung des Vorhabens muss sichergestellt werden, dass der zukünftig vorgesehene energetische Standard des Gebäudes über die gesetzlichen Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes hinausgeht sowie den vorhandenen **Primärenergiebedarf nach Umsetzung des Vorhabens um mindestens 50 Prozent gegenüber dem Ist-Zustand reduziert**. Jede einzelne Maßnahme muss dabei zu einer Verringerung des Primärenergiebedarfs beitragen.*

Variante	Primärenergiebedarf			Bauteile gemäß GEG (Förderung)
	[kWh/a]	% (Referenzgebäude)	QP [kWh/(m²a)]	
Bestand	681.657	244 %	368,2	Nein
Referenzgebäude (Bestand)	-	100 %	150,7	-
Mindestanforderung Förderung	340.828	50 %	184,1	Ja
Sanierung (tatsächlich)	136.172	20 %	73,5	Ja
Sanierung (red. PV)	182.603	27%	98,6	Ja

Bauteile, die im Zuge der Umsetzung des Energiekonzepts keiner Modernisierung unterliegen sollen, müssen einen energetischen Standard aufweisen, der mindestens der jeweiligen Referenzausführung des Bauteils des Referenzgebäudes gemäß Anlage 1 zum Gebäudeenergiegesetz entspricht.

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]			
	Bestand	Sanierung	GEG	KFW / BAFA
Umkleiden etc. (Temperatur > 19°C)				
Kellerdecke (Kriechkeller)	0,52	0,24	0,30	0,25
Außenwand (Umkleide - Putz)	2,86	0,20	0,24	0,20
Außenwand (Umkleide - Verblender)	0,46	0,20	0,24	0,20
Außenwand (Anbau)	0,46	0,20	0,24	0,20
Trennwand Keller	1,88	0,23	0,30	0,25
Flachdach (Dachfläche 1)	0,32	0,23	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 2)	0,23	-	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 3)	0,21	-	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 5)	0,22	-	0,24	0,14
Fenster	1,30	0,95	1,30	0,95
Außentüren	2,90	1,30	1,80	1,30
Sporthalle (Temperatur > 19°C)				
Kellerdecke (Keller)	0,31	0,24	-	0,25
Außenwand (Halle)	1,57	0,20	0,24	0,20
Außenwand (Halle – Klinker)	1,95	0,20	0,24	0,20
Flachdach (Dachfläche 4)	0,20	-	0,24	0,14
Fenster / Glasflächen	5,46	1,00	1,30	0,95

1.3.8 Gegenüberstellung Bestand und Sanierung

Auszüge aus den Gebäudeberechnungen. Die vollständigen Berechnungsunterlagen befinden sich im Anhang.

Bestand:

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} * 1.25 * 1.4$ (140%-Regel und §50 mit Rundungsregel)

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

		opake Bauteile [W/ (m ² K)]	Fenster [W/ (m ² K)]	Vorhangf. [W/ (m ² K)]	Oberl. [W/ (m ² K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,56	2,66	2,66	4,34
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,84	4,90	5,32	5,46
<hr/>					
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,51	4,31		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 4,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 2,66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) +62,0\%$

Nachweise

Endenergieeinsparung	-395.072 kWh/a
Primärenergieeinsparung	-402.765 kWh/a
CO ₂ -Einsparung	-86.812 kg/a

	Primärenergiebedarf Q _p ' kWh/ (m ² a)	----- mittlere U-Werte -----			
		Opake W/ (m ² K)	Fenster W/ (m ² K)	Vorh _f . W/ (m ² K)	Oberl. W/ (m ² K)
Referenzberechnung	100 %	150,7			
erreicht $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	244 %	368,2	0,51	4,31	
<hr/>					
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	241,1			
Effizienzgebäude 70	70 %	105,5	0,26	1,40	1,40
Effizienzgebäude 55	55 %	82,9	0,22	1,20	1,20
Effizienzgebäude 40	40 %	60,3	0,18	1,00	1,00

Sanierung (red.PV):

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

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

		opake Bauteile [W/ (m ² K)]	Fenster [W/ (m ² K)]	Vorhangf. [W/ (m ² K)]	Oberl. [W/ (m ² K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
<hr/>					
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,20	0,97		

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 1,90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) -48,8\%$

Nachweise

Endenergieeinsparung 206.386 kWh/a
 Primärenergieeinsparung 135.612 kWh/a
 CO2-Einsparung 22.154 kg/a

	Primärenergiebedarf	----- mittlere U-Werte -----					
		Qp' ' kWh/(m²a)	Opake W/(m²K)	Fenster W/(m²K)	Vorhf. W/(m²K)	Oberl. W/(m²K)	
Referenzberechnung	100 %	171,8					
erreicht Ti >= 19°C	57 %	98,6	0,20	0,97			
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	274,9					OK OK
Effizienzgebäude 70	70 %	120,3	0,26	1,40	1,40	2,40	
Effizienzgebäude 55	55 %	94,5	0,22	1,20	1,20	2,00	
Effizienzgebäude 40	40 %	68,7	0,18	1,00	1,00	1,60	

1.4 Empfehlung

Das angestrebte Ziel der Sanierung besteht darin, den Jahresprimärenergiebedarf QP und den spezifischen Transmissionswärmeverlust H'T so weit zu verringern, dass sie mindestens den aktuellen Anforderungen der GEG 2020 für Altbau entsprechen. Damit sind die Anforderungen jedoch immer noch 40% schlechter als die Neubau-Anforderungen. Die einzelnen Bauteile sollen zunächst mindestens die Anforderungen gem. GEG an die Erneuerung und den Austausch von Bauteilen einhalten.

Nicht zuletzt entstehen durch Sanierungsmaßnahmen ein verbessertes Wohlfühlklima für die Nutzer. Die zusätzliche Heizkosteneinsparung macht neben der Wertverbesserung das Gebäude eine Sanierung unbedingt empfehlenswert.

Die Sanierung des Gebäudes kann Schritt-für-Schritt erfolgen oder auch als Komplettsanierung in einem Schritt. Jede durchgeführte energetische Sanierungsmaßnahme senkt den Primärenergiebedarf des Gebäudes. Das langfristige Ziel sollte jedoch die Umsetzung der Komplettsanierung sein, denn hiermit wird der Energiebedarf des Gebäudes mehr als halbiert und die Wärmeerzeugung des Gebäudes erfolgt mit Erneuerbaren Energien.

Aufsteller: Matthias Gerdorn; Dipl.- Ing. (Fh)
i.A. Katrin Lamla; M.Eng

Bad Essen, 29.09.2025

2 Informationen zum Beratungshintergrund

2.1 Kontext der Energieberatung

Führte die erste Ölkrise von 1973 zum ersten Energieeinsparungsgesetz (EnEG) 1976 und in der Folge zur ersten Wärmeschutzverordnung 1977, wird die heutige Politik ergänzend zur Versorgungsunabhängigkeit und Energiepreissteigerung zusätzlich von den Klimafaktoren und seinen Ursachen getrieben.

Dabei werden allgemeinhin den Kohlenstoffdioxidemissionen ein Anteil von ca. 50 % an der globalen Erwärmung zugesprochen.

Gemäß Umweltbundesamt hat Deutschland im Jahr 2010 fast 40 % des gesamten Endenergieverbrauchs für Raumwärme, Trinkwarmwassererzeugung, Klimakälte und Beleuchtung aufgewendet.

Damit stellt der Gebäudesektor, selbst ohne den Verbraucherstrom, noch deutlich vor dem Sektor Verkehr (ca. 29 %) den größten Energieverbraucher dar. Dabei wiederum gelten innerhalb des Gebäudesektors lediglich etwa 10 % der verbrauchten Energiemengen als erneuerbar. Durch die Aufwendung von Mineralöl, Gas und Kohle verursacht der Gebäudesektor riesige Mengen von Schadstoffemissionen wie Kohlendioxid und Stickoxiden.

Mit fortschreitenden technischen Möglichkeiten unterliegen daher die energetischen Anforderungen an Gebäude stetigen Verschärfungen. Derzeit gilt die Gebäudeenergiegesetz (GEG).

Gemäß GEG ist der Nachweis primär für zwei Hauptforderungen zu führen:

1. der Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes und
2. die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (U^- -Werte) der wärmeübertragenden Umfassungsfläche dürfen die Anforderungswerte der GEG nicht überschreiten.

Nach GEG sind außerdem sekundär folgende Forderungen zu erfüllen:

- Gewährleistung des sommerlichen Wärmeschutzes
- Gewährleistung des Mindestwärme- und Tauwasserschutzes der Außenbauteile
- Wärmebrückenverminderung der Außenbauteile
- Luftdichtigkeit des Gebäudes.

Der Bauherr strebt des Weiteren eine Inanspruchnahme von Förderprogrammen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zum energieeffizienten Bauen an.

2.2 Relevante Normen und Vorschriften

DIN EN ISO 6946 - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren, November 1996

DIN EN ISO 10077, Teil 1 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, November 2000

DIN EN ISO 10456 - Baustoffe und Bauprodukte - Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte, Mai 2010

DIN EN ISO 13370 - Wärmeübertragung über das Erdreich, Oktober 1998

DIN V 18599, Teil 1-11 - Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Dezember 2011

DIN 68800, Teil 2 - Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Holzbau, Februar 2012

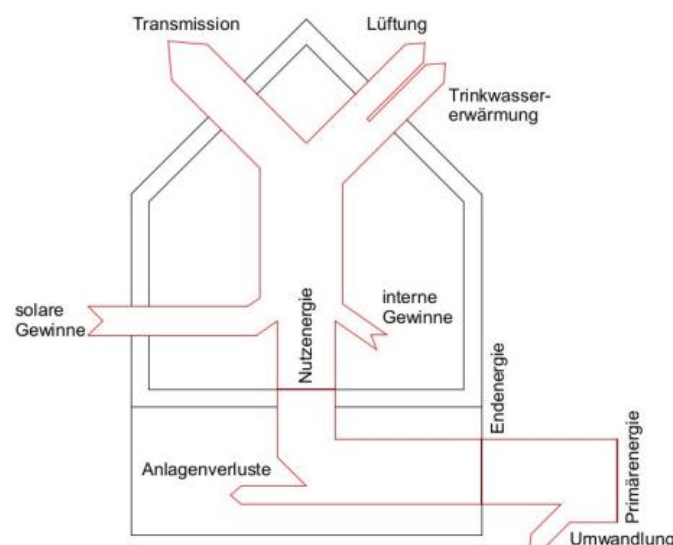
Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden – GEG vom Ausfertigungsdatum: 08.08.2020

Merkblatt zum KfW-Energieeffizienzprogramm – Energieeffizient Bauen und Sanieren – Energiekosten im Gewerbegebäude senken, KfW-Bankengruppe, 17. April 2018

Anlage „Technische Mindestanforderungen“ zum KfW-Energieeffizienzprogramm – Energieeffizient Bauen und Sanieren – Energiekosten im Gewerbegebäude senken, KfW-Bankengruppe

Infoblatt – Energieeffizient Bauen und Sanieren – Nichtwohngebäude, Liste der Technischen FAQ – Nichtwohngebäude, KfW-Bankengruppe

2.3 Energiebilanz eines Gebäudes mit ihren Energieströmen



Nutzenergie

Nutzenergie Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne und des Trinkwasserbedarfs.

Transmission

Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der Wärme abgebenden Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile und wird durch den U-Wert angegeben.

Lüftung

Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Die Undichtigkeit kann bei Altbauten insbesondere bei sehr undichten Fenstern, Außentüren und in unsachgemäß ausgebauten Dachräumen zu erheblichen Wärmeverlusten sowie zu bauphysikalischen Schäden führen.

Trinkwassererwärmung

Der Trinkwasserwärmebedarf wird aufgrund der Nutzung (Anzahl der Personen, Temperatur u.ä.) ermittelt.

Anlagenverluste

Die Anlagenverluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung (Abgasverlust), ggf. Speicherung (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung (Leitungsverlust durch ungedämmte bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeerzeugung.

Solare Wärmegewinne

Das durch die Fenster eines Gebäudes, insbesondere die mit Südausrichtung, einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.

Interne Wärmegewinne

Im Innern der Gebäude entsteht durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. Wärme, die ebenfalls bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs in der Energiebilanz angesetzt werden kann.

Endenergie

Die Endenergie umfasst die vorgenannte Nutzenergie und die Anlagenverluste (einschließlich Hilfsenergie). Der Endenergieverbrauch entspricht der eingekauften Energie des Gebäudenutzers.

Umwandlung

Hiermit sind der Energietransport sowie die Energieumwandlung vorgelagerter Prozessketten gemeint (Förderung, Transport, Lagerung der Energieträger). Am höchsten sind diese Umwandlungsverluste beim Strom.

Primärenergie

Die Primärenergie ist die Gesamtheit des Energiestroms einschließlich außerhalb des Gebäudes benötigter Energie (Endenergie und Umwandlung).

2.4 Bilanzierungsverfahren der GEG

Im Rahmen der Berechnungen des Energiebedarfs von Nichtwohngebäuden werden die theoretisch erforderlichen Energiemengen für

- Heizung
- Klimatisierung
- Lüftung
- Brauchwarmwasserbereitung
- Beleuchtung

für jede Gebäudezone ermittelt und zu einem Gesamtbedarf bilanziert. Gebäudezonen sind dabei Gebäudeteile und Räume mit vergleichbaren flächenspezifischen Energieverbräuchen auf Grundlage identischer Nutzung und äquivalenter anlagentechnische Ausstattung und Konditionierung. Das Berechnungsverfahren hierzu ist in DIN V 18599 definiert.

Das Berechnungsverfahren sieht dabei vor, dass zunächst der Nutzwärmebedarf und Nutzkältebedarf des betrachteten Gebäudeteils unter Berücksichtigung standardisierter Nutzungsrandbedingungen sowie eines Referenzklimas ermittelt wird. Durch Kombination mit den entsprechenden Energieverlusten durch Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe der Wärme und Kälte wird schließlich der sogenannte Endenergiebedarf bestimmt.

Das Produkt aus dem jeweiligen Primärenergiefaktor des relevanten Energieträgers sowie des dazugehörigen Endenergiebedarfs ergibt den Primärenergiebedarf. Dieser stellt die Anforderungsgröße der Gebäudeenergiegesetz dar und berücksichtigt die im Rahmen der Gewinnung und Transport der Energieträger aufgewendeten Energien außerhalb des Gebäudes.

Der zulässige Primärenergiebedarf eines Gebäudes bestimmt sich dabei anhand des Primärenergiebedarfs eines sogenannten Referenzgebäudes. Das Referenzgebäude verfügt dabei über identische Geometrie, Ausrichtung und Nutzung des geplanten Gebäudes und besitzt vorkonfektionierte Anlagentechnik und eine festgelegte energetische Qualität der Gebäudehülle. Die Ausstattung des Referenzgebäudes ist zu diesem Zweck innerhalb der Gebäudeenergiegesetz klar definiert.

Auch die Anforderungen der Förderprogramme der KfW-Bankengruppe orientieren sich zumeist an dem genannten Referenzgebäude gemäß Gebäudeenergiegesetz. Für ein KfW-Effizienzgebäude 55, entsprechend KfW-Programm 276 „KfW-Energieeffizienzprogramm – Energieeffizient Bauen und Sanieren“, darf der Jahres-Primärenergiebedarf 55 % des Referenzgebäudes nach Gebäudeenergiegesetz betragen.

2.5 Ziele der Energieberatung

Das angestrebte Ziel der Sanierung besteht darin, den Jahresprimärenergiebedarf QP und den spezifischen Transmissionswärmeverlust H'T so weit zu verringern, dass sie mindestens den aktuellen Anforderungen der GEG 2020 für Altbau entsprechen. Damit sind die Anforderungen jedoch immer noch 40% schlechter als die Neubau-Anforderungen. Die einzelnen Bauteile sollen zunächst mindestens die Anforderungen gem. GEG an die Erneuerung und den Austausch von Bauteilen einhalten. Ein weiteres Ziel ist die Reduzierung der CO₂-Emissionen.

Nicht zuletzt entstehen durch Sanierungsmaßnahmen ein verbessertes Wohlfühlklima für die Bewohner. Die zusätzliche Heizkosteneinsparung macht neben der Wertverbesserung das Gebäude eine Sanierung unbedingt empfehlenswert.

Die vorliegende Untersuchung hat primär die Überprüfung der Planung auf Grundlage, der für den Wärme- und Feuchteschutz, relevanten technischen Baubestimmungen sowie der öffentlich - rechtlichen Anforderungen an den Energiebedarf des Gebäudes zum Ziel.

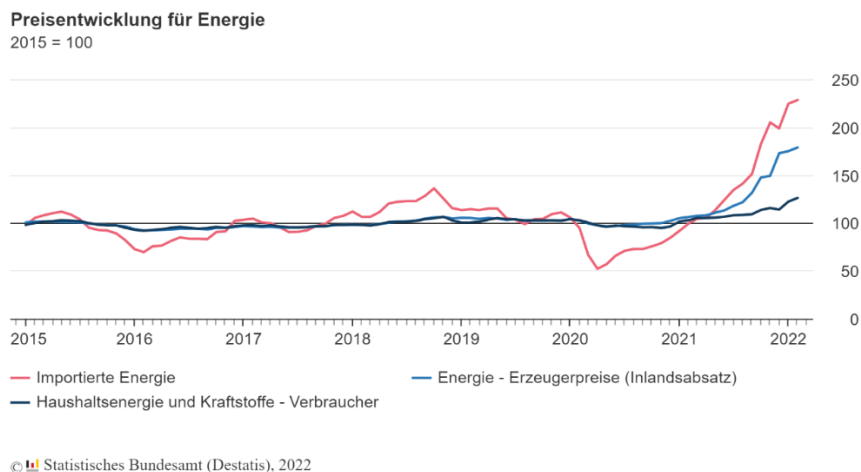
Die ergänzend beauftragte Energieberatung bewegt sich dabei außerhalb öffentlich-rechtlicher Anforderungen, baut jedoch hierauf auf, und dient dem Bauherrn bei der Wahl der energierelevanten Maßnahmen auf Grundlage wirtschaftlicher und ökologischer Gesichtspunkte. Sie stellt dabei eine energetische Optimierung des Gebäudes dar, Hilft die verursachten Luftschadstoffe weiter zu minimieren, die Betriebskosten zu reduzieren und Fördermittel optimal in Anspruch zu nehmen.

2.6 Energiekosten

Die im nachfolgenden aufgeführten Energiekosten basieren alle auf den im nachfolgenden genannten Energiepreisen.

Energiepreisentwicklung

Die Unsicherheiten auf den Energiemärkten und die angespannte Versorgungslage mit Erdgas vor dem Angriff Russlands auf die Ukraine haben zu hohen Energiepreissteigerungen beigetragen. Die Energiepreise stiegen im Februar 2022 im Vergleich zum Februar 2021 auf allen Wirtschaftsstufen stark an. Wie das Statistische Bundesamt (Destatis) mitteilt, war importierte Energie 129,5 % teurer als im Vorjahresmonat, im Inland erzeugte Energie kostete 68,0 % mehr und Verbraucherinnen und Verbraucher mussten für Haushaltsenergie und Kraftstoffe 22,5 % mehr zahlen als im Februar 2021.



[https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_N016_61.html#:~:text=Wie%20das%20Statistische%20Bundesamt%20\(Destatis,zahlen%20als%20im%20Februar%202021.](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_N016_61.html#:~:text=Wie%20das%20Statistische%20Bundesamt%20(Destatis,zahlen%20als%20im%20Februar%202021.)

Energiekosten

Die Energiekosten wurden in der Berechnungssoftware noch mit den Standardwerten von 2021 berechnet, daher basieren alle Energiekosten und damit zusammenhängenden Werte in den Auszügen aus dem Berechnungsprogramm auf den folgenden Energiepreisen [€/kWh]:

Heizöl	0,101
Erdgas	0,071
Strom	0,310
Holz	0,055

Durch die enorme Preissteigerung weichen die Standardwerte mittlerweile erheblich von den aktuellen Kosten ab. Die in dem Bericht angegebenen Energiekosten und damit zusammenhängenden Werte wurden mit den nachfolgenden Werten ermittelt:

Aktuellen Energiepreisentwicklung am Markt:

Gaspreisentwicklung 10 Jahre.

Jahr	Gaspreis pro kWh
2019	6,17 Cent
2020	5,97 Cent
2021	7,06 Cent
2022	12,21 Cent



Heizölpreise 2018 – 2021



2020: 31,81 Cent
2021: 32,16 Cent
2022: 36,19 Cent

Bei allen im nachfolgenden angegebenen Energiekosten handelt es sich um Schätzwerte, da sowohl der Energieverbrauch als auch die Energiekosten von den aktuellen Berechnungswerten abweichen können.

Preissteigerung Jahresanfang 2022:

Energieträger	Energiepreis 2021 [€/kWh]	Energiepreis 2022 [€/kWh]	Preissteigerung [%]
Strom	0,310	0,712	129,68
Erdgas	0,071	0,164	130,99
Heizöl	0,101	0,232	129,70
Holz (Pellets)	0,055	0,128	132,73
Fernwärme	0,100	0,113	13

Preissteigerung aktuell:

Energieträger	Energiepreis 2021 [€/kWh]	Energiepreis 2023 [€/kWh]	Preissteigerung [%]
Strom	0,310	0,349	12,58
Erdgas	0,071	0,093	30,99
Heizöl	0,101	0,120	18,81
Holz (Pellets)	0,055	0,072	30,91
Fernwärme	0,100	0,100	-

2.7 Kostenschätzung

Bei den angegebenen Investitionskosten handelt es sich um Kostenschätzungen, die auf einem Kostenüberschlag zum Zeitpunkt der Erstellung des Sanierungsfahrplans beruhen. Die tatsächlichen Ausführungskosten können von den geschätzten Kosten abweichen. **Aufgrund der aktuellen Situation am Markt (z.B. Materialverfügbarkeit) und der damit verbundenen Preissteigerung bei den Baumaterialien kann es zu Abweichungen bei der Kostenschätzung zu den aktuellen Preisen am Markt kommen.**

Zur Bestimmung der tatsächlichen Kosten sind konkrete Angebote bei Fachfirmen einzuholen. Bei künftigen Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden.

Sowieso-Kosten:

Zu den Sowieso-Kosten zählen im iSFP die Kosten, die **ohnehin für notwendige Instandsetzungen** anfallen, sowie Kosten für sonstige Modernisierungsmaßnahmen (z.B. Komfortverbesserung). Sowieso-Kosten fallen also nur an, wenn die Instandsetzung eines Bauteils erforderlich ist und dieses entsprechend den aktuellen gesetzlichen Anforderungen saniert wird.

Investitionskosten:

Die Investitionskosten beziehen sich auf die Kosten für die Umsetzung der Maßnahme entsprechen des beschriebenen Aufbaus. Daher setzen sich die Investitionskosten aus den **Sowieso-Kosten und den Kosten für den Mehraufwand** zur Erfüllung der erhöhten Anforderungen (BAFA-Förderung von Einzelmaßnahmen).

Förderungen:

Die Förderungen werden anhand der aktuellen Förderbedingungen bestimmt. Je nach dem wann der Antrag auf Förderung und den zu dem Zeitpunkt geltenden Förderungen, kann die Förderung vom angegebenen Wert abweichen.

3 Gebäudeanalyse

3.1 Objektbeschreibung

Bei dem zu sanierenden Gebäude handelt es sich um eine eingeschossige Sporthalle. Die Sporthalle ist teilunterkellert, die Anlagentechnik befindet sich im Keller. Die Sporthalle wurde 1968 errichtet und bereits teilweise saniert.

3.1.1 Objektfotos



Ansicht Nord



Ansicht Osten



Ansicht Nordwest

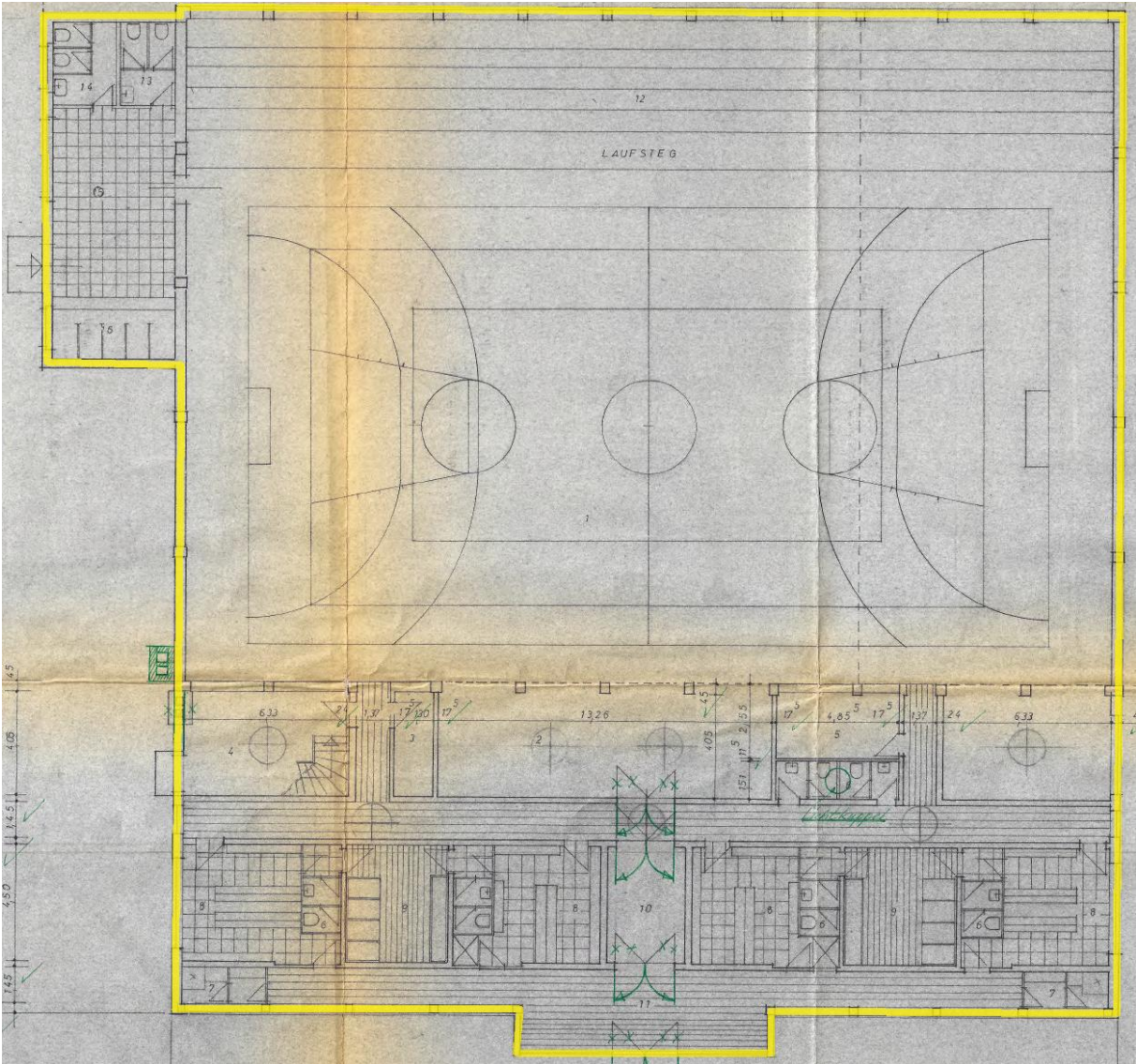
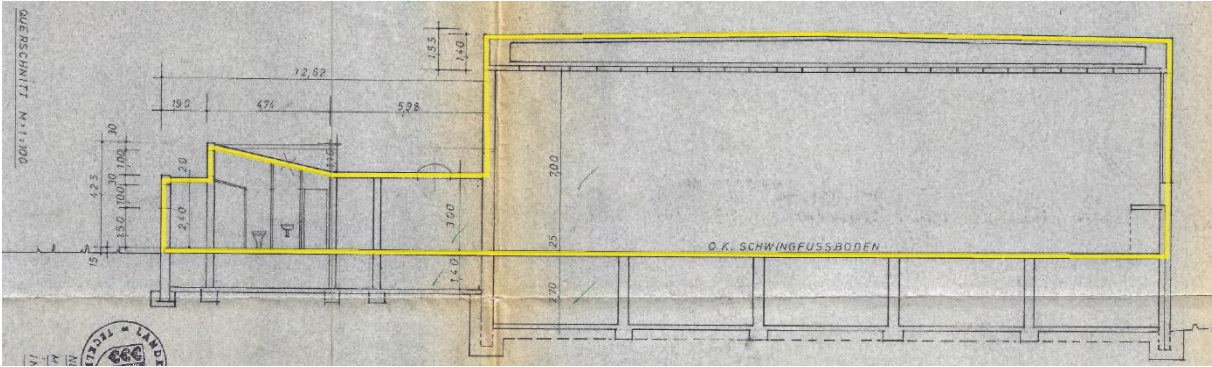


Ansicht Süden

3.1.2 Allgemeine Daten

Adresse:	Ibbenbürener Str. 17 48477 Hörstel
Gemarkung:	Hörstel
Flur:	7
Flurstück:	225
Baujahr:	1968
Nutzung	Großturnhalle
Nutzfläche:	1.453 m ²
Nettogrundfläche:	1.851 m ²
Thermische Hüllfläche:	4.250 m ²
Nettovolumen:	9.486 m ³

3.1.3 Übersicht der thermischen Hülle



3.1.4 Zonierung und Festlegung der Nutzungsprofile

Die Zonierung des Objektes erfolgt gemäß den Vorgaben der DIN V 18599 abhängig der Nutzung und Art der Konditionierung. Eine Zone stellt hierbei eine Berechnungseinheit mit einheitlichen Nutzungsrandbedingungen und gleicher Art der Konditionierung dar und kann sich demnach über mehrere Räume erstrecken. Die Räume müssen hier in keinem räumlichen Zusammenhang zueinanderstehen.

Nachfolgende Zonen mit genannten Nutzungsprofilen wurden identifiziert:

<u>Zonenname:</u>	<u>Profil:</u>
▪ Sporthalle	Nr. 231 (Turnhalle)
▪ Sanitär	Nr. 216 (WC und Sanitärräume in NWG)
▪ Umkleide	Nr. 217 (sonstige Aufenthaltsräume)
▪ Verkehrsfläche	Nr. 219 (Verkehrsflächen)
▪ Lager / Geräteraum	Nr. 220 (Lager/Technik/Archiv)
▪ Foyer / Eingang	Nr. 205 (Schalterhalle)

Die Zuordnung der Räume kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden. In den Anlagen dieses Berichts ist zusätzlich eine Übersicht der Zonen mit den zugehörigen Anforderungen dargestellt (siehe 5.3).

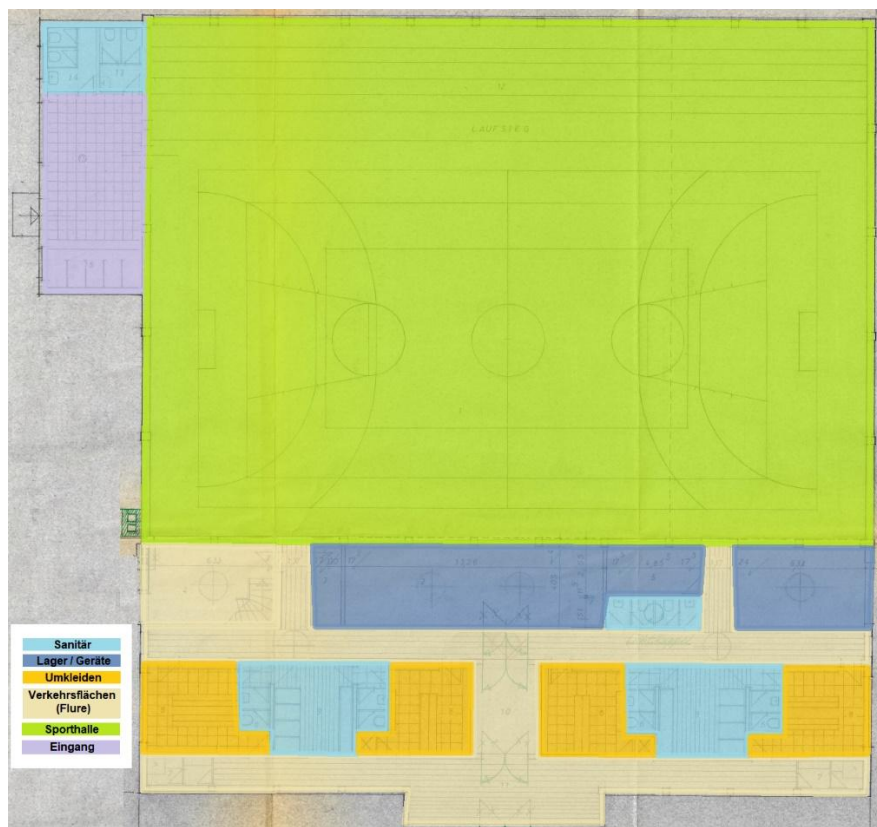


Abbildung 2: Zonierung des Gebäudes

Zone	Profil	Nutzungsvorgaben			Bauteile der Gebäudehülle
		Temperatur	Nutzungszeit		
			Tag	Jahr	
Sporthalle	Nr. 231 (Turnhalle)	>19 °C	15	300	- Kellerdecke (Keller) - Flachdach (Dachfläche 4)
Sanitär	Nr. 216 (WC und Sanitärräume in NWG)		11	250	- Kellerdecke (Kriechkeller) - Flachdach (Dachfläche 2) - Flachdach (Dachfläche 3)
					- Bodenplatte - Außenwand (Anbau) - Flachdach (Dachfläche 5)
Umkleide	Nr. 217 (sonstige Aufenthaltsräume)		11	250	- Kellerdecke (Kriechkeller) - Außenwand (Umkleide-Putz) - Außenwand (Umkleide - Verblender) - Flachdach (Dachfläche 2)
Verkehrsfläche	Nr. 219 (Verkehrsflächen)		11	250	- Kellerdecke (Kriechkeller) - Außenwand (Umkleide-Putz) - Außenwand (Umkleide - Verblender) - Trennwand Keller - Flachdach (Dachfläche 1) - Flachdach (Dachfläche 2) - Flachdach (Dachfläche 3)
Lager / Geräteraum	Nr. 220 (Lager/Technik/ Archiv)		11	250	- Kellerdecke (Kriechkeller) - Außenwand (Umkleide - Verblender) - Flachdach (Dachfläche 3)
Foyer / Eingang	Nr. 205 (Schalterhalle)		11	250	- Bodenplatte - Außenwand (Anbau) - Flachdach (Dachfläche 5)

3.1.5 Projekteinstellungen

Komponente	Einstellung	
Nachweisverfahren	Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2023, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten	
Berechnungsmodus	berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018	
Klimadaten	für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen	
Gebäudetyp	NWG (Nichtwohngebäude), Nettogrundfläche NGF 1.851 m ²	
Wärmebrücken	ohne Nachweis mit 0.100 W/m ² K	
Dichtheitsnachweis	ohne Dichtheitsprüfung, Altbau und alle sonstigen Gebäude Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), n ₅₀ = 4,00 h ⁻¹	
Innenraumtemperatur	5 Zonen mit > 19°C 1 Zonen mit < 19°C	
Lüftung	Bestand:	Abluft in den Duschen und Umkleiden mit Nachluftöffnungen aus den Nebenräumen
	Sanierung:	Zentrale Lüftungsanlage mit WRG Abluft in den Duschen und Umkleiden mit Nachluftöffnungen aus den Nebenräumen
Kühlung	Bestand:	keine
	Sanierung:	keine
PV-Anlage	10 kWp (nur Netzeinspeisung)	
Referenzgebäude	Das Referenzgebäude wurde durch den IBP 18599-Rechenkern des Fraunhofer Institut automatisch nach der GEG Anlage 2 konfiguriert und berechnet und ist nicht durch den Anwender veränderbar.	

3.2 Bauteile des Gebäudes

Der Aufbau der einzelnen Bestandsbauteile entspricht den bei der Begehung festgestellten Aufbauten und den Angaben des Auftraggebers. Bei unbekanntem Bauteilaufbauten wurden diese entsprechend der regionaltypischen Bauweise und der Bekanntmachung „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand“ vom 7. April 2015 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit angenommen. Auf das Öffnen von Bauteilen wurde im Rahmen der Energieberatung verzichtet. Die Bauteilaufbauten können daher von dem tatsächlichen Aufbau abweichen. Im Rahmen der Sanierung können sich durch Bauteilöffnungen daher andere Aufbauten ergeben. Im Vorfeld an jede Sanierungsmaßnahme sind weitere Untersuchungen bezüglich der Umsetzbarkeit durchzuführen. Die Planung und Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen sollte nur in Begleitung von Fachunternehmen erfolgen.

3.2.1 Bauteile im Bestand

Bauteil	Maßnahme	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m ² ·K)]
Umkleiden etc. (Temperatur > 19°C)		
Bodenplatte (EG)	Bodenplatte mit Bitumenbahn, Glasfaserplatten und Estrich	1,04
Bodenplatte (KG)	Bodenplatte Estrich, ohne Dämmung	3,36
Kellerdecke (Kriechkeller)	Stahlbetondecke mit Estrich und 5 cm Dämmung	0,52
Außenwand (Umkleide - Putz)	Kalksandsteinmauerwerk mit einem Putz	2,86
Außenwand (Umkleide - Verblender)	Kalksandsteinmauerwerk mit einer nachträglich eingebrachten Kerndämmung und einem Verblender	0,46
Außenwand (Anbau)	Kalksandsteinmauerwerk mit einer nachträglich eingebrachten Kerndämmung und einem Verblender	0,46
Außenwand – Keller	Außenwand aus einem Kalksandsteinmauerwerk im erdberührten Bereich	1,54
Trennwand Keller	Innenwände aus Kalksandstein	1,88
Flachdach (Dachfläche 1)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit 10cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,32
Flachdach (Dachfläche 1)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 14,5 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,23
Flachdach (Dachfläche 2)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 15,5 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,23
Flachdach (Dachfläche 3)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 16 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,21
Flachdach (Dachfläche 5)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 15 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,22

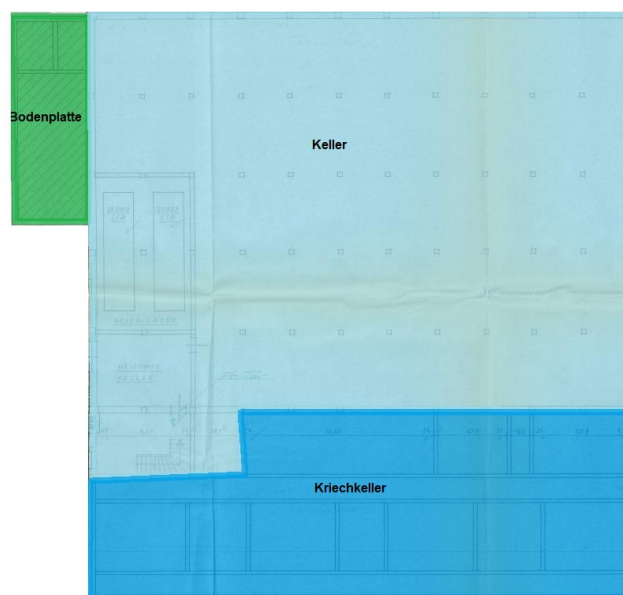
Fenster	Baujahre 2010, 2-fach Verglasung, pauschaler Wärmedurchgangs- koeffizient von $U \approx 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	1,30
Außentüren	Baujahr unbekannt; pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient von $U \approx 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	2,90
Sporthalle (Temperatur > 19°C)		
Kellerdecke (Keller)	Stahlbetondecke mit einem Sportboden	0,31
Außenwand (Halle)	aus einer Stahlbetonkonstruktion mit einem zweischaligen Mauerwerk in den Zwischenräumen	1,57
Außenwand (Halle – Klinker)	aus einer Stahlbetonkonstruktion mit einem zweischaligen Mauerwerk aus Kalksandstein und einem Verblender in den Zwischenräumen	1,95
Flachdach (Dachfläche 4)	Flachdach aus einer Gasbetondecke mit im Mittel 14 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,20
Fenster / Glasflächen	Baujahr nicht bekannt / vor 1995, pauschaler Wärmedurchgangs- koeffizient	5,46

Die detaillierte Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten sowie die zu berücksichtigten Schichtenfolgen können den Anlagen zu dieser Untersuchung entnommen werden.

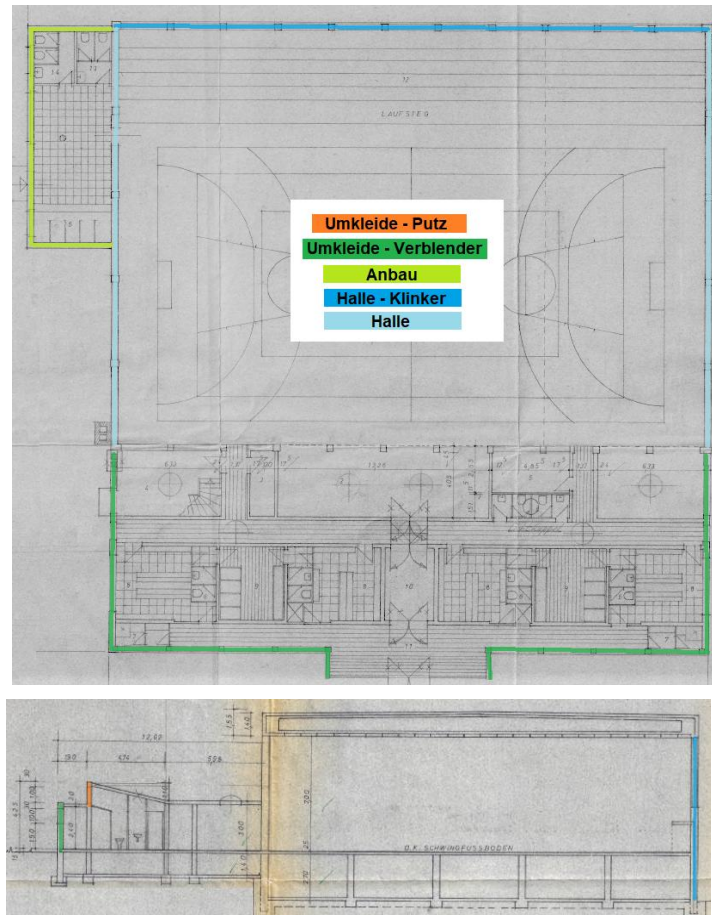
Zuordnung der einzelnen Bauteile

Bodenplatte /

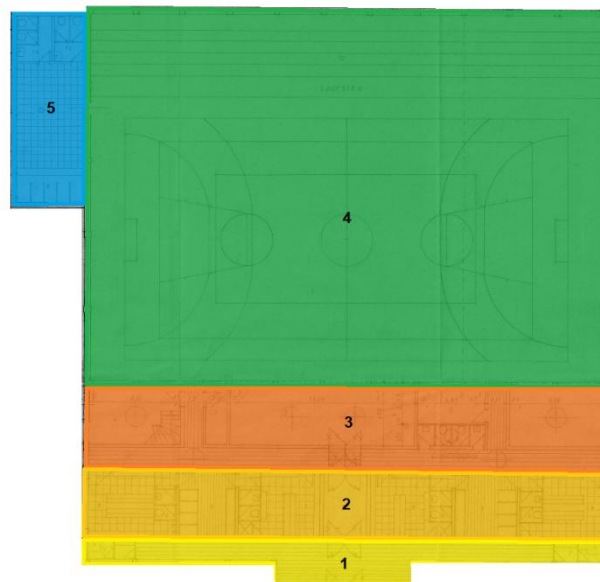
Keller:



Außenwände:



Dachflächen:



3.2.2 Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle

Bauteil	Bestand		Mindestanforderung	
	Aufbau	U-Wert [W/(m ² K)]	GEG [W/(m ² K)]	KFW / BAFA [W/(m ² K)]
Umkleiden etc. (Temperatur > 19°C)				
Bodenplatte (EG)	Bodenplatte mit Bitumenbahn, Glasfasermatten und Estrich	1,04	0,30	0,25
Bodenplatte (KG)	Bodenplatte Estrich, ohne Dämmung	3,36	0,30	0,25
Kellerdecke (Kriechkeller)	Stahlbetondecke mit Estrich und 5 cm Dämmung	0,52	0,30	0,25
Außenwand (Umkleide - Putz)	Kalksandsteinmauerwerk mit einem Puz	2,86	0,24	0,20
Außenwand (Umkleide - Verblender)	Kalksandsteinmauerwerk mit einer nachträglich eingebrachten Kerndämmung und einem Verblender	0,46	0,24	0,20
Außenwand (Anbau)	Kalksandsteinmauerwerk mit einer nachträglich eingebrachten Kerndämmung und einem Verblender	0,46	0,24	0,20
Außenwand – Keller	Außenwand aus einem Kalksandsteinmauerwerk im erdberührten Bereich	1,54	0,30	0,25
Trennwand Keller	Innenwände aus Kalksandstein	1,88	0,30	0,25
Flachdach (Dachfläche 1)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit 10cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,32	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 1)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 14,5 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,23	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 2)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 15,5 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,23	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 3)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 16 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,21	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 5)	Flachdach aus einer Stahlbetondecke mit im Mittel 15 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,22	0,24	0,14
Fenster	Baujahre 2010, 2-fach Verglasung, pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient von $U \approx 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	1,30	1,30	0,95
Außentüren	Baujahr unbekannt; pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient von $U \approx 2,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	2,90	1,80	1,30

Sporthalle (Temperatur > 19°C)				
Kellerdecke (Keller)	Stahlbetondecke mit einem Sportboden	0,31	-	0,25
Außenwand (Halle)	aus einer Stahlbetonkonstruktion mit einem zweischaligen Mauerwerk in den Zwischenräumen	1,57	0,24	0,20
Außenwand (Halle – Klinker)	aus einer Stahlbetonkonstruktion mit einem zweischaligen Mauerwerk aus Kalksandstein und einem Verblender in den Zwischenräumen	1,95	0,24	0,20
Flachdach (Dachfläche 4)	Flachdach aus einer Gasbetondecke mit im Mittel 14 cm Wärmedämmung und einer Abdichtung	0,20	0,24	0,14
Fenster / Glasflächen	Baujahr nicht bekannt / vor 1995, pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient	5,46	1,30	0,95

3.3 Beschreibung der haustechnischen Anlagen im Bestand

3.3.1 Wärme- und Kälteversorgung

Die Wärmeerzeugung wird aktuell mit Hilfe von einem Gaskessel sichergestellt.

Hersteller:	Viessmann
Typ- Bezeichnung:	Vitoplex 100
Baujahr:	2003
Kessel-Nennleistung	225 kW
Energieträger:	Erdgas



Die Aufstellung der Heizung erfolgte außerhalb der thermischen Hülle im Keller (Temperatur <19°C). Die Wärmeverteilung wird über ein Zwei-Rohr-Netz sichergestellt. Die Übergabe erfolgt in der Halle mit Deckenheizkörpern (Baujahr 2013) und in den übrigen Bereichen mit konventionellen Wandheizkörpern.



3.3.2 Trinkwarmwasserbereitung

Die Warmwasserversorgung erfolgt zentral über die Heizungsanlage. Ein Speicher ist nicht vorhanden. Zapfstellen für die Warmwasserversorgung befinden sich lediglich in den Duschen.

3.3.3 Raumluftechnische Anlagen

Im Bestandsgebäude ist keine raumluftechnische Anlage (RLT) vorhanden. Der erforderliche Mindestluftwechsel wird aktuell durch die vorhandenen Undichtigkeiten in der Gebäudehülle und einer Fensterlüftung sichergestellt. Im Bereich der Halle gibt es eine automatische Fensteröffnung. Lediglich in den Duschen und Umkleiden befindet sich eine Abluftanlage. Die Nachluftströmung erfolgt über die Nachbarräume (Flure).

3.3.4 Beleuchtung

Die Beleuchtung der Räume erfolgt zunächst über das Tageslicht. Nur in den Zeiten in denen nicht ausreichend Tageslicht vorhanden ist oder in Gebäudebereichen ohne Tageslicht (ohne Fenster) ist die Beleuchtung während der Nutzungszeiten eingeschaltet. In tageslichtversorgten Bereichen ist die Beleuchtung eingeschaltet, wenn es notwendig ist.

Der Strombedarf für künstliche Beleuchtung ist abhängig von der erforderlichen Beleuchtungsstärke (Bürobereiche z.B. 500 lux Arbeitsbeleuchtung), der gewählten Lampenart und natürlich von den Einschaltzeiten.

Die Beleuchtung im gesamten Gebäude wird manuell nach Bedarf gesteuert. In den einzelnen Räumen sind unterschiedliche Deckenleuchten angebracht. Die Beleuchtung der Räume erfolgt mit einem direkten Licht. Auf das Öffnen von Abdeckungen / Demontage von Lampen wurde in Rahmen der Bestandsaufnahme verzichtet. Bei der Berücksichtigung der Beleuchtung wurde die Standardwerte berücksichtigt.

Halle:



Im Hallenbereich sind 55 Beleuchtungskörper mit je 4 Röhren (insgesamt 220 Röhren) installiert. Durch die starke Frequentierung der Halle (Benutzungszeit von 7.30 - 22.30 Uhr) täglich brennen im Durchschnitt alle Lampen.

Abbildung 3: vorgefundenen Leuchten (exemplarisch)

3.3.5 Regenerative Stromerzeugung

Auf der Dachfläche befindet sich auch eine Photovoltaik-Anlage (10 kWp) zur Einspeisung ins Netz. Der von der Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom wird nicht zur Deckung des Eigenbedarfes des Gebäudes genutzt.

3.3.6 Sommerlicher Wärmeschutz

Im Bestand befindet sich in keinem Fenster ein außen- oder innenliegender Sonnenschutz. Die Fenster in der Sporthalle sind getrübt.

Der Verfasser empfiehlt im Rahmen der Sanierung zur Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes die der Sonne zugewandten Fassadenseiten (Alle – außer Nordseite) mit einem außenliegenden Sonnenschutz in Form von Raffstores, Jalousien, etc. auszustatten. Hierdurch wird verhindert, dass sich die Räume im Sommer zu stark aufheizen. Hinweis: Ein innenliegender Sonnenschutz kann diese Aufgabe alleine nicht erfüllen.

3.4 Aussagen und Hinweise zum Planstand

3.4.1 Allgemein

Die Berechnung wurde anhand der bereitgestellten Unterlagen und den Feststellungen bei der Begehung des Objektes erstellt. Fehlende Angaben wurden sinnvoll ergänzt.

Da beim Ortstermin auf das Öffnen von Bauteilen verzichtet wurde, können die Bauteilaufbauten vom tatsächlichen Aufbau abweichen. Im Rahmen der Sanierung können sich durch Bauteilöffnungen daher andere Aufbauten ergeben. Im Vorfeld an jede Sanierungsmaßnahme sind weitere Untersuchungen bezüglich der Umsetzbarkeit durchzuführen. Die Planung und Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen sollte nur in Begleitung von Fachunternehmen erfolgen.

3.4.2 Klimadaten

Im Rahmen einer öffentlich-rechtlichen Nachweisführung zum energiesparenden Wärmeschutz wird innerhalb Deutschlands unabhängig vom Standort des Gebäudes mit einheitlichen Klimarandbedingungen gerechnet. Die Gebäudeenergiegesetz (GEG) definiert hierzu entsprechend DIN V 18599 Teil 10 das zu verwendende Referenzklima auf die Region Potsdam. Die in DIN V 18599 hinterlegten meteorologischen Daten der Außenlufttemperatur, Bestrahlungsstärke und Windgeschwindigkeit beruhen dabei auf den mittleren Testreferenzjahren des Deutschen Wetterdienstes aus dem Jahr 2010. Die Referenzstation Potsdam definiert hierin die Klimaregion TRY04.

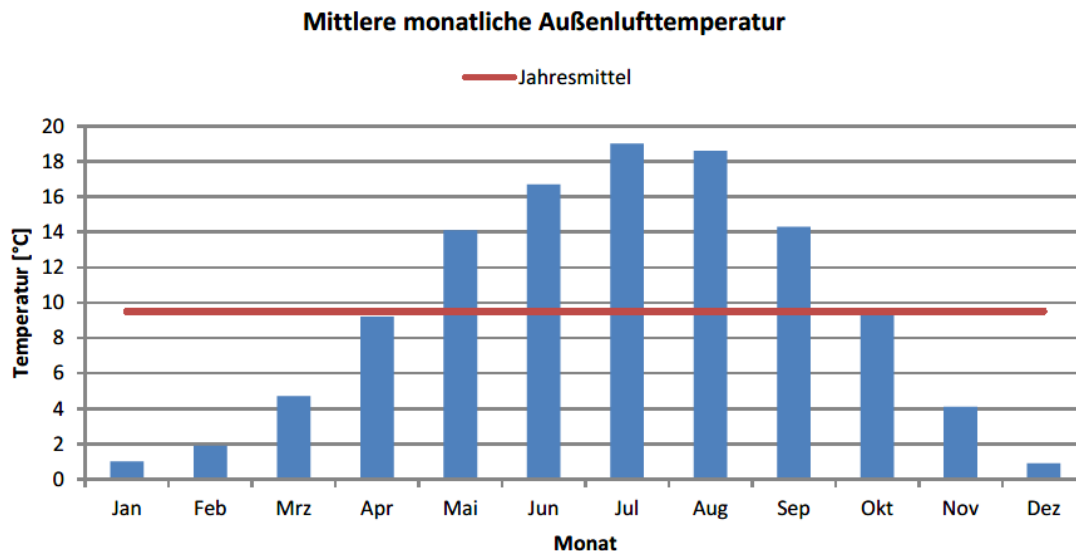


Abbildung 4: Monatsmitteltemperatur des mittleren Testreferenzjahres TRY04

3.4.3 Dichtheitsprüfung

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen einschließlich der Fugen müssen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet sein. In der DIN 4108, Teil 7 sind Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele für die Luftdichtheit von Gebäuden aufgeführt.

Es ist ein Nachweis der Dichtheit des gesamten Gebäudes durchzuführen, dabei darf der nach DIN EN 13829:2001-02 bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa gemessene Luftvolumenstrom bezogen auf das beheizte oder gekühlte Luftvolumen bei Gebäuden

- ohne raumluftechnische Anlagen 3,0 1/h
- mit raumluftechnischen Anlagen 1,5 1/h

nicht überschreiten. Für die Dichtheitsprüfung ist das Verfahren B der DIN EN 13829 zu verwenden.

3.4.4 Wärmebrücken

Das Beiblatt 2 zur DIN 4108 enthält Planungsempfehlungen und Konstruktionsprinzipien zu Bauteilanschlüssen deren Anwendung die Schimmelpilz- und Tauwasserfreiheit der Konstruktion sicherstellen sowie den energetischen Einfluss von Wärmebrücken begrenzen sollen.

Bei der Sanierung ist wärmetechnisch eine Berücksichtigung des Beiblatt 2 vorgesehen, daher sind für alle anzutreffenden Anschlussdetails die Planungsbeispiele des Beiblattes maßgeblich anzuwenden. Ist eine Anwendung für einzelne Detailpunkte nicht möglich, sind im weiteren Planungsverlauf alternative Maßnahmen zu bestimmen und gegebenenfalls die Durchführung einer detaillierten Bestimmung des Wärmebrückenzuschlags auf Grundlage numerischer Verfahren erforderlich.

3.4.5 Hydraulischen Abgleich

Ein hydraulischer Abgleich an Systemen mit hydraulisch betriebenen Wärme- und Kälteversorgungsanlagen ist stets erforderlich.

3.4.6 Rohrleitungsdämmung

Zur Begrenzung von Wärmeverlusten sind sämtliche Rohrleitungen zum Zweck der Wärme- und Kälteverteilung, Leitungen von Trinkwarmwasser sowie Kaltwasserleitungen und Armaturen entsprechend Anlage 5 Gebäudeenergiegesetz (GEG) zu dämmen. Die erforderliche Mindestdicke der Dämmschicht (WLS035) ist dabei vom Innendurchmesser der Leitung/Armatur abhängig.

Art der Leitung/Armatur	Mindestdicke d min der Dämmschicht (WLS035)
Innendurchmesser $d_i \leq 22$ mm	20 mm
Innendurchmesser $22 < d_i \leq 35$ mm	30 mm
Innendurchmesser $35 < d_i \leq 100$ mm	d_i
Innendurchmesser $d_i > 100$ mm	100 mm
Leitungen und Armaturen in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzteilern	$50 \% \times d$ min
Wärmeverteilungsleitungen die nach dem 31.01.2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	$50 \% \times d$ min
Wärmeverteilungsleitungen die nach dem 31.01.2002 im Fußbodenaufbau zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	6 mm
Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

3.4.7 Lüftungskonzept

Im Rahmen der Sanierung wird eine mechanische Lüftungsanlage eingebaut zum Abtransport der Luftfeuchte und Schadstoffe durch ausdünstende Möbel, etc. von daher muss kein gesondertes Lüftungskonzept erstellt werden.

Lüftungskonzept: Die energiesparende Bauweise von Wohngebäuden nach der geltenden Gebäudeenergiegesetz GEG 2014 / 2016 und der DIN 4108-2 bedingt einerseits eine luftdichte Gebäudehülle, fordert aber zugleich auch die Sicherstellung eines Mindestluftwechsels. Mit dem üblichen Lüftungsverhalten der Nutzer allein kann der hygienisch erforderliche Mindestluftwechsel meist nicht mehr sichergestellt werden. Feuchteschäden, Schadstoffanreicherungen aus Baumaterialien und Mobiliar sowie

Schimmelbefall können die Folge sein. Bisher fehlten verbindliche Regelungen, wie der Mindestluftwechsel sicherzustellen ist.

Der Verfasser empfiehlt daher eine kontrollierte Lüftungsanlage um dauerhaft einen Luftaustausch und damit die Abfuhr der feuchten / verbrauchten Luft sicherstellen zu können – NUTZERUNABHÄNGIG.

3.4.8 Luftdichtheitskonzept

Die luftdichte Ebene umfasst alle Innenräume und wird an den Außenwänden durch den Innenputz hergestellt. Der Putz wird vor Einbau des Estrichs bis auf die Rohsohle geführt.

Besonderes Augenmerk ist auf die Kabelaustritte an den Wänden und im Bereich der Dachflächen zu legen, diese sind sorgfältig mit Manschetten abzudichten (Führung der Kabel aus Wand auf Decke).

Die inneren Fensteranschlüsse werden mit geeigneten Anschlussfolien auf die Innenschale des Außenmauerwerks geführt und anschließend mit dem Innenputz überputzt und somit luftdicht angeschlossen.

Sämtliche Verteilleitungen für Heizung, Brauchwasser und Lüftung werden ausschließlich im Bereich der Estrichdämmung, unterhalb der Decke oder in einer Vorwandmontage verlegt.

Wichtig: Alle bauteilübergreifenden Dichtbänder müssen mit Material-Reserve (Schlaufen) befestigt werden, da mit Schwind- und Setzungen zu rechnen ist. Dies trifft insbesondere beim Stoß von Wänden untereinander oder von Wänden mit Dachelementen zu.

Siehe Anlage: Leitfaden Luftdichtheitskonzept Hinweise und Empfehlungen zur Planung, Ausschreibung, Koordinierung, Umsetzung und Überprüfung der Luftdichtheitsschicht in Wohngebäuden – mit Checkliste für Mauerwerksbau.

3.5 Energiebilanz des Gebäudes im Bestand

3.5.1 Berechnete Energiebilanz

Die energetische Berechnung des Bestandsgebäudes ergab auf Grundlage der bauordnungsrechtlichen Anforderungen, dass das Gebäude keine der gesetzlichen Anforderungswerte erfüllt. Nachfolgend werden die wesentlichen energetischen Eckdaten zum Bestandsgebäude zusammengefasst. Die vollständige Berechnung befindet sich im Anhang.

Nachweis der thermischen Hülle

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25 \cdot 1.4$ (140%-Regel und §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}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,56	2,66	2,66	4,34
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,84	4,90	5,32	5,46
<hr/>					
Zonen	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,51	4,31		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 4,31 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,66 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 62,0\%$

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden **nicht eingehalten**

Grenzwerte für ein Effizienzhaus

Bundesförderprogramme für die Sanierung von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

Bundesförderung für effiziente NWG-Sanierung, Effizienzgebäude BEG NWG 2023, Effizienzgebäude NT-ready mit 55°C Vorlauftemperatur

Referenzberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

Bestandsberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

Endenergieeinsparung	-395.072 kWh/a
Primärenergieeinsparung	-402.765 kWh/a
CO ₂ -Einsparung	-86.812 kg/a

		Primärenergiebedarf $Q_{p'}$ kWh/ (m² a)	----- mittlere U-Werte ----- Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.
		W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)
Referenzberechnung	100 %	150,7				
erreicht $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	244 %	368,3	0,51	4,31		
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	241,1				
Effizienzgebäude 70	70 %	105,5	0,26	1,40	1,40	2,40
Effizienzgebäude 55	55 %	82,9	0,22	1,20	1,20	2,00
Effizienzgebäude 40	40 %	60,3	0,18	1,00	1,00	1,60

Ein Effizienzgebäude-Förderniveau nach BEG NWG wird **nicht erreicht**.

3.5.2 Energiebedarf und Energiekosten

Variante	Primärenergiebedarf [kWh/a]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	
			2021	2022
Bestand	681.657	634.743 (Gas) 46.914 (Strom)	59.610	75.404

Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Warmwasser	2/	25.247	1,10	1,11	25.020
Erdgas	Heizwärme	*	615.333	1,10	1,11	609.790
Strom-Mix	Beleuchtung	**	22.446	1,80	1,00	40.402
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.620	1,80	1,00	6.517
Σ [kWh/Jahr]			666.647			681.729

* = 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 $q_P = 681.729 / 1.851 = 368,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.851$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 666.647 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 22745,3+554354,4+22445,5+3620,4 = 603166 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 2,0 kWh/(m²a), Erdgas 346,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 12,1 kWh/(m²a),

Stromgutschrift [Strom-Mix] 0,0 kWh/(m²a)

Aufteilung des Energiebedarfs bei der Anlagentechnik

	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	0,8	12,1	0,0	12,2	227,2	252,2
Endenergiebedarf	0,8	12,1	0,0	13,7	333,4	360,1
Primärenergiebedarf	1,4	21,8	0,0	13,7	331,3	368,2

3.5.3 Schadstoffemissionen

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m ² a)
Erdgas	22.745	240	5.459	
Erdgas	554.354	240	133.045	
Strom-Mix	22.446	560	12.570	
Strom-Mix	3.620	560	2.027	
	603.165		153.101	82,7

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

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

3.5.4 Tatsächlicher Energieverbrauch

Während der Energiebedarf rechnerisch unter Verwendung standardisierter Randbedingungen ermittelt wird, wird der Energieverbrauch aus realen Ablesedaten bestimmt.

Der wesentliche Unterschied zwischen Energiebedarf und Energieverbrauch liegt, darin, dass der Bedarf eine rechnerische Größe darstellt, die auf der Basis standardisierter Randbedingungen ermittelt wurde, während der Verbrauch die Energiemenge widerspiegelt, die an Messstellen erfasst oder aus Unterlagen zur Kostenverteilung entnommen werden kann. Während der Energiebedarf also auf der Basis standardisierter Randbedingungen ermittelt wird und damit unabhängig ist von einer ganzen Reihe technischer Details, wird der tatsächliche Energieverbrauch von einer Reihe verschiedener Faktoren beeinflusst, wie zum Beispiel von der handwerklichen Ausführung des realen Gebäudes, vom örtlichen Klima und dem Verhalten seiner Nutzer. Dementsprechend weicht der tatsächliche Energieverbrauch in der Regel von dem berechneten Energiebedarf ab. Je nach Einfluss der orts- und objektspezifischen Faktoren und dem Nutzerverhalten kann der tatsächliche Energieverbrauch daher sowohl höher als auch niedriger ausfallen.

Verbrauchswerte	2022	2021	2020
Erdgas:	120.790 kWh/Jahr	161.360 kWh/Jahr	142.110 kWh/Jahr
Strom:	22.667 kWh/Jahr	11.822 kWh/Jahr	12.332 kWh/Jahr
Energiebedarfswerte			
Erdgas:	528.460 kWh/Jahr		
Strom:	25.718 kWh/Jahr		

Die erhebliche Differenz ergibt sich aus den zuvor aufgeführten orts- und objektspezifischen Faktoren und dem Nutzerverhalten. Zusätzlich haben Stillstandzeiten (Betriebsurlaub) und Temperaturabweichungen / ungleichmäßige / bedarfsorientierte Beheizung des Gebäudes einen Einfluss auf den Energieverbrauch.

4 Sanierungsmaßnahmen

4.1 Allgemeines zum energetischen Sanierungskonzept

Energieeinsparung bis 85%

Der Energiebedarf für die Gebäudeheizung und Warmwasserversorgung kann mit moderner Technik - je nach Ausgangszustand - um 60 bis 85% gesenkt werden. Die (im vorliegenden Fall) wirtschaftlichsten Maßnahmen (große Einsparung bei wenig Aufwand) werden vorrangig untersucht.

1. Untersucht wird die nachträgliche Wärmedämmung der wesentlichen Teile der thermischen Gebäudehülle sowie die nachträgliche Abdichtung der Gebäudehülle zur Reduzierung des unkontrollierten Luftwechsels.
2. Untersucht wird der Austausch des Heizwärmeerzeugers (Modernisierung der Brenntechnik), die Sanierung der Wärmeverteilsysteme, Speicher- und Leitungsdämmung, die Reduzierung der Vor- und Rücklauftemperaturen sowie die Modernisierung der Raumtemperaturregelung.
3. Untersucht werden die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung aus der Abluft (durch mechanische Zu- und Abluftanlagen), die Nutzung von Solarenergie, die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen, die Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen (Wärmegewinnung aus der Außenluft, dem Erdreich oder dem Grundwasser).
4. Die untersuchten Einzelmaßnahmen werden zu Maßnahmenpaketen kombiniert und wirtschaftlich sowie umweltbezogen optimiert.

Insbesondere die Nutzung von Solarenergie und erneuerbaren Energieträgern kann die CO₂-Bilanz des Gebäudes verbessern. In diesen Fällen wird die benötigte Energie CO₂-neutral oder mit geringen CO₂-Emissionen erzeugt.

Ziel der Sanierung ist es, den Jahresprimärenergiebedarf Q_p und die U-Werte der einzelnen Bauteile soweit zu verringern, dass sie mindestens den aktuellen Anforderungen des GEG 2020 (Gebäudeenergiegesetz) entsprechen. Darüber hinaus ist es ein Ziel, die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Durch die Sanierungsmaßnahmen kommt es auch zu einer Verbesserung des Wohlfühlklimas für die Bewohner bzw. Nutzer, einer Heizkosteneinsparung und einer Wertverbesserung des Gebäudes.

Hinweis Kosten-Nutzenverhältnis

Das Kosten-Nutzenverhältnis ist das einfache Verhältnis von Investition zu Energiekosteneinsparung im ersten Jahr. Das ist eine erste Näherung für die Amortisationszeit, 27:1 würde bedeuten, dass sich die Maßnahme nach etwa 27 Jahren amortisiert haben wird.

Bei einer genaueren Ermittlung der Amortisationszeit berücksichtigt man zusätzlich die prognostizierten Kostenentwicklungen in der Amortisationszeit, wie die Energiepreisentwicklung, die Kosten für eingesetztes Kapital oder den Nutzen aus den durchgeführten Maßnahmen, bestmöglich.

Hinweis Energiesparender Anteil und Erhaltungsaufwand

Die Kosten einer Maßnahme setzen sich aus einem Anteil für Sanierungsmaßnahmen, die ohnehin hätten erfolgen müssen und einem energiesparenden Anteil zusammen.

Energetisches Sanierungskonzept

Das vorgeschlagene Sanierungskonzept zeigt auf, wie mit zeitlich zusammenhängenden Maßnahmen ein energetisches Niveau erreicht werden kann, das einem KfW-Effizienzhaus entspricht und somit förderfähig ist.

4.2 Maßnahmenbeschreibung

Auf den folgenden Seiten wird die energetische Sanierung des Hauses in mehreren Schritten beschrieben, um am Ende ein KfW-Effizienzhaus zu erhalten. Die einzelnen Maßnahmen werden bauphysikalisch und wirtschaftlich mit Hinweis auf die Ausführung und eventuelle Zusatzkosten dargestellt.

Dabei werden die wichtigen Bauteilkonstruktionen der thermischen Gebäudehülle im Bestand und nach einer möglichen Sanierung zum KfW-Effizienzhaus (nachträglichen Wärmedämmung) gegenübergestellt. Das einfache Kosten-Nutzen-Verhältnis (= Verhältnis der einmaligen Investitionskosten zu den jährlich erwarteten Energiekosteneinsparungen) ist eine gute Orientierungsgröße für die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahme.

Die erforderlichen Investitionskosten wurden anhand ortsüblicher Marktpreise geschätzt, der Energiepreis je kWh Wärme entspricht den Standardansätzen von 2021 für die Energiekosten. Die erzielte Energieeinsparung resultiert aus einer Vergleichsrechnung mit vorhandener und sanierter Bauteilkonstruktion auf Basis der Energiebedarfsberechnung für den Bestand.

Die Investitionskosten (Kosten je Quadratmeter) differieren wesentlich. Sie sind von den Materialpreisen und den zusätzlich erforderlichen Arbeiten abhängig. Eine Fassadensanierung mit mehrschichtiger, witterungsbeständiger Thermohaut, neuem Anstrich und Rüstarbeiten ist deutlich aufwändiger, als z.B. die nachträgliche Wärmedämmung des Dachbodens. In einfachen Fällen (Dachboden, Kellerdecke) können auch Eigenleistungen die Kosten reduzieren.

Hinweis: Bei den angegebenen Baukosten handelt es sich um grobe Schätzwerte. Für genauere Angaben zu den entstehenden Kosten wird eine sorgfältige fachliche Planung empfohlen.

4.2.1 Übersicht

Im Rahmen der energetischen Sanierung des Hauses wird zur Erlangung eine KfW-Effizienzgebäudes die nachfolgenden Maßnahmen ergriffen:

- Maßnahmenpaket 1: Dämmen der Fassade der Sporthalle
- Dämmen der Fassade
 - Austausch der Fenster
- Dämmen der Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle
- Dämmen der Fassade
 - Austausch der Außentüren
- Maßnahmenpaket 2: Austausch der Heizung
- Erdwärmepumpe (Sole – Wasser)
- Maßnahmenpaket 3: Dämmen zum Keller & geregelte Lüftung
- Unterseitiges Dämmen der Kellerdecke
 - Dämmen des Kellerabgangs
 - Einbau einer Lüftungsanlage
- Maßnahmenpaket 4: Fenster Umkleide & Optimierung der Anlagentechnik
- Austausch der Fenster bei den Umkleiden
 - Umstellung der Beleuchtung
- Maßnahmenpaket 5: Dachsanierung & Optimierung der Anlagentechnik
- Erhöhung Dämmstärke im Dach
 - PV-Anlage zur Deckung des Eigenbedarfs

Die Maßnahmen werden in den folgenden Abschnitten detailliert dargestellt und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet. Die Bewertung erfolgt hier statisch ohne Berücksichtigung der Marktentwicklung hinsichtlich Energiepreissteigerung, Kapitalzinsveränderungen und Inflation. Das Maßnahmenpaket wurde ergänzend in seiner Gesamtheit wirtschaftlich bewertet.

Im Folgenden wird jeweils eine mögliche Variante für die Sanierungsbauteile aufgeführt. Hierbei handelt es sich lediglich um Vorschläge, eine andere Ausführung der Bauteilaufbauten ist ebenfalls möglich. Zum Erfüllen der Anforderungswerte für die Förderung ist es nur erforderlich, dass die U-Werte eingehalten werden.

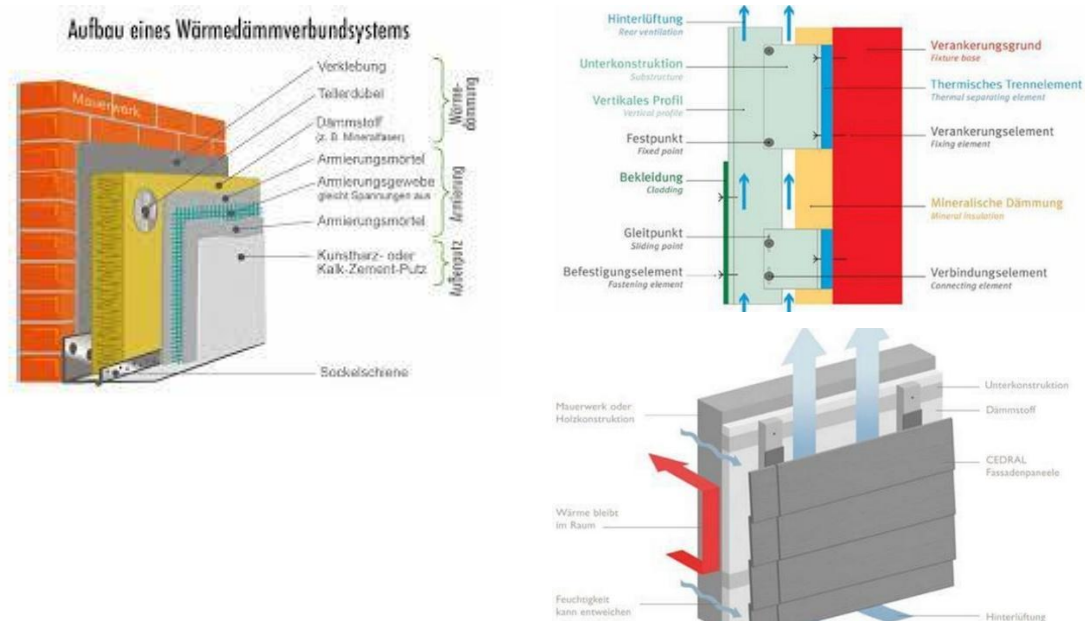
Die detaillierte Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten sowie die zu berücksichtigen Schichtenfolgen können den Anlagen zu dieser Untersuchung entnommen werden.

4.2.2 Maßnahme 1

Dämmen der Fassade der Sporthalle (Außenwand und Fenster)

Zunächst wird das Augenmerk der Sanierung auf die Sporthalle gelegt, da hier das größte Sanierungspotential besteht. Als Nutzungstemperatur für Sporthallen wird 17 °C empfohlen (DIN 18032-1). Im ersten Maßnahmenpaket wird die Fassade der Sporthalle gedämmt und die Fenster der Halle ausgetauscht werden.

Für die Dämmung der Außenwände stehen verschiedene Varianten zur Auswahl. Im Bericht wird eine mögliche Variante betrachtet. Im Rahmen der Sanierung kann auch ein anderes Fassaden-System gewählt werden. Bei Einhaltung des U-Wertes kann auch mit einem anderen System dasselbe energetische Ergebnis erreicht werden. Die Fassade kann beispielsweise mit einem WDVS oder auch mit einer Vorhangfassade gedämmt werden. Optisch sind alle Freiheiten bei der Wahl eines Fassaden-Systems gegeben.



Die Grafik zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade mit einer Metallunterkonstruktion. Der Luftspalt ist durch die zweiteilige UK sehr groß.

Bei der Ausführung der Fassadendämmung ist auf eine wärmebrückenarme Ausführung zu achten, so sollten z.B. die Dämmung bis unterhalb der Kellerdecke geführt werden und die Laibungen im Bereich von Fenstern und Türen sollten ebenfalls gedämmt werden. Die Wärmebrücken sollten entsprechend DIN 4108 Beiblatt 2 ausgeführt werden.

Die alten Fenster in der Sporthalle sollten ebenfalls gegen neue bruchsichere Fenster ausgetauscht werden. Die neuen Fenster sollten die aktuellen wärmetechnischen Anforderungen einhalten. Auch bei den Fenstern ist auf eine wärmebrückenarme Ausführung zu achten. In Verbindung mit dem Austausch der Fenster sollte ebenfalls der sommerliche Wärmeschutz (Jalousien / Raffstore etc.), falls erforderlich, eingebaut werden. Alternativ kann auch eine entsprechende Verglasung gewählt werden.

Bauteil	Bestand	Sanierung		Mindestanforderung	
	U-Wert [W/(m ² K)]	Aufbau	U-Wert [W/(m ² K)]	GEG [W/(m ² K)]	KFW / BAFA [W/(m ² K)]
Außenwand (Halle)	1,57	Nachträgliche Fasadendämmung z.B. mit 16 cm Dämmung (WLG 035) als WDVS	0,20	0,24	0,20
Außenwand (Halle – Klinker)	1,95				
Fenster / Glasflächen	5,46	Winddichte, bruchsichere Fenster mit Wärmeschutzglas und einem U-Wert ≤ 1,00 W/(m ² k)	1,0	1,30	0,95

Bauteile der Sporthalle (Temperatur > 19°C)

Durch die nachträgliche Dämmung bzw. den Einbau besserer Glaselemente wird die thermische Gebäudehülle der Sporthalle verbessert. Zudem werden durch die Fasadendämmung die vorhandenen Wärmebrücken (z.B. Taupunkte in den Außenecken der Fenster) minimiert bzw. beseitigt.

Durch die zuvor genannten Sanierungsmaßnahmen werden der Energiebedarf des Gebäudes und die Energiekosten gesenkt. Die genauen Berechnungswerte können der Energiebilanz entnommen werden.

Dämmen der Fassade von den Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle (Außenwand und Außentüren)

Als weitere Maßnahme dieses Maßnahmenpakets wird das Augenmerk auf die Sanierung der Fassade der Umkleide gelegt. Als weitere Sanierungsmaßnahme wird die Fassade im Bereich der Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle gedämmt. Die Nutzungstemperatur der Umkleiden ist höher als in der Sporthalle. Für Umkleiden wird eine Nutzungstemperatur von 22°C bis 24°C empfohlen (DIN 18032-1).

Der Hohlraum zwischen den beiden Mauerwerksschalen wurde bereits nachträglich mit einer Einblasdämmung gedämmt. Durch eine Außendämmung wird der Wärmedurchgangswert der Außenwände weiter verringert.

Auch bei diesen Außenwänden stehen verschiedene Varianten für die Fassadendämmung zur Auswahl. Im Bericht wird wieder eine mögliche Variante betrachtet. Im Rahmen der Sanierung kann auch ein anderes Fassaden-System gewählt werden. Bei Einhaltung des U-Wertes kann auch mit einem anderen System dasselbe energetische Ergebnis erreicht werden.

Im Rahmen der Sanierungsmaßnahme sollten ebenfalls die Außentüren gegen wärmegedämmte Außentüren ausgetauscht werden.

Da die Fenster bereits vor einigen Jahren ausgetauscht wurden, ist der Austausch der Fenster in diesem Maßnahmenpaket nicht vorgesehen. Im Rahmen der Fassadensanierung und der Dämmung der Fensterlaibungen kann im Rahmen eines Gesamtkonzeptes aber erforderlich sein.

Bei der Ausführung der Sanierungsmaßnahmen ist auf eine wärmebrückenarme Ausführung zu achten, so sollten z.B. die Dämmung bis unterhalb der Kellerdecke geführt werden und die Laibungen im Bereich von Fenstern und sollten ebenfalls gedämmt werden. Die Wärmebrücken sollten entsprechend DIN 4108 Beiblatt 2 ausgeführt werden.

Bauteil	Bestand		Sanierung	Mindestanforderung	
	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]	U-Wert [W/(m²K)]	GEG [W/(m²K)]	KFW / BAFA [W/(m²K)]
Außenwand (Umkleide - Putz)	Nachträgliche Fassadendämmung z.B. mit 16 cm Dämmung (WLG 035) als WDVS	2,86	0,20	0,24	0,20
Außenwand (Umkleide - Verblender)	Nachträgliche Fassadendämmung z.B. mit 12 cm Dämmung (WLG 032) als Vorhangfassade oder	0,46			
Außenwand (Anbau)	mit 10 cm Dämmung (WLG 035) WDVS	0,46			
Außentür	Winddichte, gedämmte Außentür mit einem U-Wert <1,30 W/(m²K)	2,90	1,30	1,80	1,30

Bauteile der Umkleide (Temperatur > 19°C)

Durch die nachträgliche Dämmung bzw. den Einbau besserer Glaselemente wird die thermische Gebäudehülle der Sporthalle verbessert. Zudem werden durch die Fassadendämmung die vorhandenen Wärmebrücken (z.B. Taupunkte in den Außenecken der Fenster) minimiert bzw. beseitigt. Durch die zuvor genannten Sanierungsmaßnahmen werden der Energiebedarf des Gebäudes und die Energiekosten gesenkt. Die genauen Berechnungswerte können der Energiebilanz entnommen werden.

4.2.3 Maßnahme 2

Austausch der Heizungsanlage (Erdwärmepumpe)

Neben der Dämmung der thermischen Hülle sollte ebenfalls zur Reduzierung der Heizkosten die alte Gasheizung gegen ein effizienteres neues Gerät ausgetauscht werden bzw. durch eine Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien ausgetauscht werden.

Anlagentechnik	Bestand	Sanierung
Heizung	Die Wärmeerzeugung wird aktuell mit Hilfe von einem Gaskessel sichergestellt.	Austausch des alten Geräts gegen eine neue effiziente Anlage auf Basis erneuerbarer Energien z.B. Erdwärmepumpe

Durch die zuvor genannten Sanierungsmaßnahmen werden der Energiebedarf des Gebäudes und die Energiekosten gesenkt. Die genauen Berechnungswerte können der Energiebilanz entnommen werden.

4.2.4 Maßnahme 3

Dämmen zum Keller hin und Erweiterung der Anlagentechnik (Lüftung)

Als dritte Sanierungsmaßnahme werden Flächen zum Keller hin gedämmt. Die Kellerdecken werden unterseitig gedämmt. Durch eine unterseitige Dämmung der Decken ist keine neuer Fußbodenaufbau zum Einbringen einer Dämmung erforderlich. Neben der Kellerdecke werden auch die Wände vom Treppenhaus auf der kalten Seite zum unbeheizten Keller hin gedämmt. Durch die Dämmung der Flächen zum unbeheizten Keller werden die Wärmeverluste reduziert.

Bauteil	Bestand	Sanierung		Mindestanforderung	
	U-Wert [W/(m²K)]	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]	GEG [W/(m²K)]	KFW / BAFA [W/(m²K)]
Kellerdecke ¹ (Kriechkeller)	0,52	8 cm unterseitige Dämmung (WLG 035)	0,24	0,30	0,25
Trennwand ¹ Keller	1,88	12 cm Dämmung (WLG 032)	0,23	0,30	0,25
Kellerdecke ² (Sporthalle)	0,31	4 cm unterseitige Dämmung (WLG 035)	0,23	0,30	0,25

¹Bauteile der Umkleide (Temperatur > 19°C)

²Bauteile der Sporthalle (Temperatur > 19°C)

Neben der Dämmung sollte zur Reduzierung der Wärmeverluste auch eine geregelte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut werden. Eine gut geplante Wohnraumlüftung ist wichtig und kann zur Reduzierung von Wärmeverlusten beitragen, denn falsches Lüften kann nicht nur zu unnötig erhöhtem Energieverbrauch, sondern auch zu Schäden am Gebäude führen.

Eine Fensterlüftung ist auf verschiedene Weise möglich. Dabei gilt: Je kälter die Außentemperatur, desto kürzer sollte gelüftet werden, denn wenn die Fenster zu lange geöffnet werden, sind vor allem im Winter die Wärmeverluste zu hoch.

Mit einer Lüftungsanlage kann die Wohnraumlüftung besser gesteuert werden. Dabei empfiehlt sich vor allem der Einsatz einer Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Dies bedeutet, dass die Lüftungsanlage der verbrauchten Raumluft mithilfe eines Wärmetauschers Wärmeenergie entziehen kann, die sie dem Innenraum wieder zuführt. So lässt sich mit der Lüftungsanlage zusätzlich Energie sparen.

Anlagentechnik	Bestand	Sanierung
Lüftung	Abluft in den Duschen und Umkleiden mit Nachluftöffnungen aus den Nebenräumen	Zentrale Lüftungsanlage mit WRG Abluft in den Duschen und Umkleiden mit Nachluftöffnungen aus den Nebenräumen

Durch die zuvor genannten Sanierungsmaßnahmen werden der Energiebedarf des Gebäudes und die Energiekosten gesenkt. Die genauen Berechnungswerte können der Energiebilanz entnommen werden.

4.2.5 Maßnahme 4

Fenster Umkleide & Optimierung der Anlagentechnik (Beleuchtung)

Als weitere Sanierungsmaßnahme wird der Austausch der Fenster im Bereich der Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle berücksichtigt.

Der Austausch der Fenster führt zu einer weiteren Reduzierung der Wärmeverluste über die Fensterflächen.

Bauteil	Bestand	Sanierung		Mindestanforderung	
	U-Wert [W/(m²K)]	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]	GEG [W/(m²K)]	KFW / BAFA [W/(m²K)]
Fenster	1,30	Winddichte Fenster mit Drei-Scheiben-Wärmeschutzglas und einem U-Wert $\leq 0,95$ W/(m²k)	0,90	1,30	0,95

Bauteile der Umkleide (Temperatur > 19°C)

Zusätzlich zur vollständigen Dämmung der thermischen Hülle sollte der Energieverbrauch des Gebäudes durch die Optimierung der Anlagentechnik weiter reduziert werden.

Anlagentechnik	Bestand	Sanierung
Beleuchtung	Beleuchtung erfolgt mit Leuchtstoffröhren.	Umstellung der Beleuchtung auf LED nach neuestem Energiestandard.

Durch die zuvor genannten Sanierungsmaßnahmen werden der Energiebedarf des Gebäudes und die Energiekosten gesenkt. Die genauen Berechnungswerte können der Energiebilanz entnommen werden.

4.2.6 Maßnahme 5

Dachsanierung und Optimierung der Anlagentechnik (PV-Anlage)

Als letzte Maßnahme wird die Erhöhung der Dämmung im Bereich der Dachflächen berücksichtigt. Mit einer Erhöhung der Dämmung im Bereich der Dachflächen werden die Wärmeverluste über die Dachflächen weiter reduziert.

Bauteil	Bestand	Sanierung		Mindestanforderung	
	U-Wert [W/(m²K)]	Aufbau	U-Wert [W/(m²K)]	GEG [W/(m²K)]	KFW / BAFA [W/(m²K)]
Flachdach (Dachfläche 1)	0,32	im Mittel weiter 10 cm Dämmung (WLG 035)	0,14	0,24	0,14
Flachdach (Dachfläche 2)	0,23	im Mittel weiter 9 cm Dämmung (WLG 035)			
Flachdach (Dachfläche 3)	0,21	im Mittel weiter 8 cm Dämmung (WLG 035)			
Flachdach (Dachfläche 4)	0,20	im Mittel weiter 8 cm Dämmung (WLG 035)			
Flachdach (Dachfläche 5)	0,22	im Mittel weiter 9 cm Dämmung (WLG 035)			

Lediglich das Flachdach der Dachfläche 1 erfüllt aktuell noch nicht die gesetzlichen Mindestanforderungen und muss zur Erfüllung der Anforderungen des Förderprogrammes gedämmt werden!

Zusätzlich zur vollständigen Dämmung der thermischen Hülle sollte der Energieverbrauch des Gebäudes durch die Optimierung der Anlagentechnik weiter reduziert werden.

Anlagentechnik	Bestand	Sanierung
PV-Anlage	Einspeisung des gewonnenen Stroms ins Netz	Nutzung des Stroms der PV-Anlage zur Deckung des Eigenbedarfs

Modulneigung:	30 °
Modulorientierung:	Süd
Modulfläche:	50 m ²
Spitzenleistung (Peak):	10 kWp
PV-Jahresertrag*:	8.178 kWh/a
Strombedarf gesamt (Maßnahmenpaket 5)	81.911 kWh/a

*Berechnungswert für den Standort Potsdam.

Durch die zuvor genannten Sanierungsmaßnahmen werden der Energiebedarf des Gebäudes und die Energiekosten gesenkt. Die genauen Berechnungswerte können der Energiebilanz entnommen werden. Die Umsetzung aller Maßnahmen führt zu einer Vollsanierung des Gebäudes.

4.3 Energiebilanz

Das angestrebte Ziel der Sanierung besteht darin, den Jahresprimärenergiebedarf QP und den spezifischen Transmissionswärmeverlust H'T so weit zu verringern, dass sie mindestens den aktuellen Anforderungen der GEG 2020 für Altbau entsprechen. Damit sind die Anforderungen jedoch immer noch 40% schlechter als die Neubau-Anforderungen.

4.3.1 Einzelmaßnahmen

Die einzelnen Bauteile sollen zunächst mindestens die Anforderungen gem. GEG an die Erneuerung und den Austausch von Bauteilen einhalten. In Einzelfällen kann von dieser Anforderung abgewichen werden.

Es folgt eine Zusammenfassung der Energiewerte der einzelnen Maßnahmen bei einer Umsetzung als Einzelmaßnahme. (Die Energiewerte nehmen immer Bezug auf die Energiewerte des Bestandsgebäudes).

Variante	Primärenergiebedarf [kWh/a]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	
			2021	2022
Bestand	681.657	634.743 (Gas) 46.914 (Strom)	59.610	75.404

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]				Fläche [m²]	Einsparung		
	Bestand	Sanierung	GEG	KFW / BAFA		Endenergie [%]	Kosten [€/a]	%
Umkleiden etc. (Temperatur > 19°C)								
Kellerdecke (Kriechkeller)	0,52	0,24	0,30	0,25	349	1,6	589	1,3
Außenwand (Umkleide - Putz)	2,86	0,20	0,24	0,20	14	0,6	218	0,5
Außenwand (Umkleide - Verblender)	0,46	0,20	0,24	0,20	117	0,6	226	0,5
Außenwand (Anbau)	0,46	0,20	0,24	0,20	72	0,4	138	0,3
Trennwand Keller	1,88	0,23	0,30	0,25	35	0,6	215	0,5
Flachdach (Dachfläche 1)	0,32	0,14	0,24	0,14	85	0,2	55	0,1
Flachdach (Dachfläche 2)	0,23	0,14	0,24	0,14	175	0,3	96	0,2
Flachdach (Dachfläche 3)	0,21	0,14	0,24	0,14	221	0,3	106	0,2
Flachdach (Dachfläche 5)	0,22	0,14	0,24	0,14	71	0,1	42	0,1
Fenster	1,30	0,95	1,30	0,95	94	0,8	280	0,6
Außentüren	2,90	1,30	1,80	1,30	28	0,8	330	0,8
Sporthalle (Temperatur > 19°C)								
Kellerdecke (Keller)	0,31	0,24	-	0,25	1031	1,2	433	1,0
Außenwand (Halle)	1,57	0,20	0,24	0,20	470	13	4.649	10,2
Außenwand (Halle – Klinker)	1,95	0,20	0,24	0,20	176	6,9	2.462	5,4
Flachdach (Dachfläche 4)	0,20	0,14	0,24	0,14	929	1,2	447	1,0
Fenster / Glasflächen	5,46	1,0	1,30	0,95	248	22,5	8.072	17,7

Anlagentechnik		Endenergie [%]	Energiekosteneinsparung	
	Sanierung		€/a	%
Heizung	Installation einer Wärmepumpe	+ 12,9	7.697	16,9
Heizung + Lüftung	Installation einer Wärmepumpe	+ 30	11.083	24,4
	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG			
Heizung + Lüftung + Beleuchtung	Installation einer Wärmepumpe	-18,4	14.182	31,2
	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG			
	Umstellung der Beleuchtung auf LED			
Heizung + Lüftung + Beleuchtung + Umstellung PV	Installation einer Wärmepumpe	-50,2	16.718	36,8
	Einbau einer Lüftungsanlage mit WRG			
	Umstellung der Beleuchtung auf LED			
	Nutzung des Stroms der PV-Anlage zur Deckung des Eigenbedarfs			

Die folgenden Zahlen stammen aus dem ersten Energieberatungsbericht und wurden nicht an die aktuelle Planung angepasst.

Anmerkung: Die negativen Werte bei der Sanierung der Anlagentechnik ergeben sich durch die geänderten Energiekosten infolge des Wechsels des Energieträgers. Für die Energieträger werden in der Berechnung die folgenden Werte angesetzt:

Energieträger	Energiepreis [€/kWh]
Erdgas	0,071
Fernwärme	0,100

4.3.2 Komplettsanierung

[Die folgenden Zahlen stammen aus dem ersten Energieberatungsbericht.]

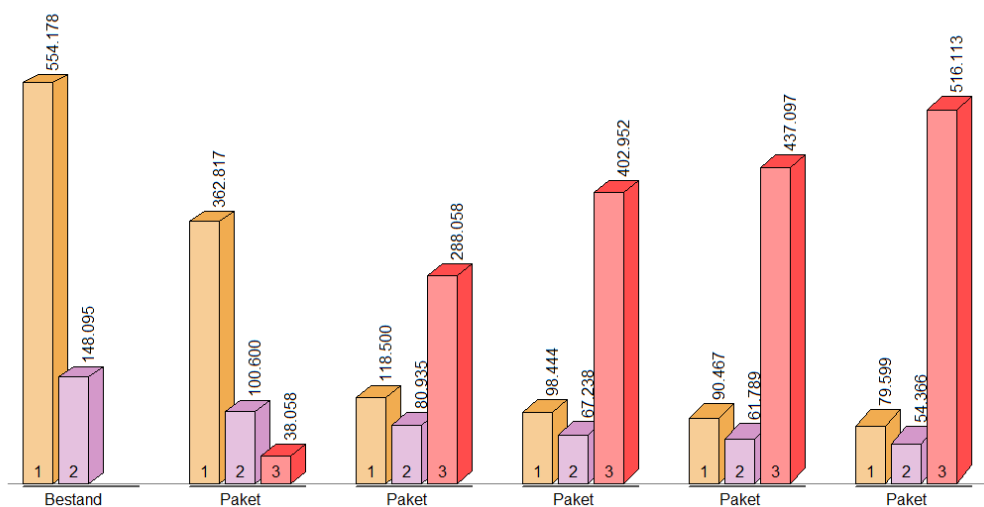
Die energetische Sanierung des Gebäudes erfolgt als Komplettsanierung zum KfW-Effizienzhaus. Der Bericht zeigt auf, wie mit zeitlich zusammenhängenden Maßnahmen ein energetisches Niveau erreicht werden kann, das einem KfW-Effizienzhaus entspricht. Die Komplettsanierung des Gebäudes wird in mehreren Schritten dargestellt.

	Maßnahme	Effizienzhaus
Schritt	1 Maßnahmenpaket 1	70
	2 Maßnahmenpaket 2	70
	3 Maßnahmenpaket 3	55
	4 Maßnahmenpaket 4	55
	5 Maßnahmenpaket 5	40

Maßnahmenpaket 1:	<p>Dämmen der Fassade der Sporthalle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dämmen der Fassade - Austausch der Fenster <p>Dämmen der Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dämmen der Fassade - Austausch der Außentüren
Maßnahmenpaket 2:	<p>Austausch der Heizung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erdwärmepumpe (Sole – Wasser)
Maßnahmenpaket 3:	<p>Dämmen zum Keller & geregelte Lüftung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterseitiges Dämmen der Kellerdecke - Dämmen des Kellerabgangs <p>Einbau einer Lüftungsanlage</p>
Maßnahmenpaket 4:	<p>Fenster Umkleide & Optimierung der Anlagentechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Austausch der Fenster bei den Umkleiden <p>Umstellung der Beleuchtung</p>
Maßnahmenpaket 5:	<p>Dachsanierung & Optimierung der Anlagentechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung Dämmstärke im Dach <p>PV-Anlage zur Deckung des Eigenbedarfs</p>

Maßnahmenpakete zur Energieberatung

1 Endenergiebedarf [kWh/a]
2 CO₂-Emissionen [kg/a]
3 Investitionssumme [EUR]



Maßnahme	Primär- energie- bedarf [kWh/a]	Energiebedarf [kWh/a]			Energie- kosten [€/a]	Energiekosten- einsparung		CO ₂ - Bilanz
		Erdgas	Strom	Eco- Strom		€/a	%	
Bestand	681.657	634.743	46.914	-	59.610	-	-	153.118
1	379.931	337.623	25.195	-	31.781	27.829		100.600
2	213.300	-	27.351	91.149	28.532	31.078		80.935
3	177.200	-	31.746	66.699	24.515	35.095		67.238
4	162.840	-	19.325	71.142	21.642	37.968		61.789
5	143.278	-	11.053	68.547	21.042	38.568		54.366

Die folgenden Zahlen stammen aus dem ersten Energieberatungsbericht und wurden nicht an die aktuelle Planung angepasst. Lediglich die Werte von Bestand wurden aktualisiert.

Nutzen der Maßnahmenpakete

Maßnahmenpaket	Bestand	1 Paket	2 Paket	3 Paket	4 Paket	5 Paket
Energiebedarf [kWh/a]						
Hilfsenergie Strom	3.272	2.745	4.912	9.321	9.468	9.374
Erdgas	528.460	337.623	-	-	-	-
Strom-Mix	25.718	25.195	27.351	31.746	19.325	11.053
eco-Strom	-	-	91.149	66.699	71.142	68.547
Endenergiebedarf	554.178	362.817	118.500	98.444	90.467	79.599
Primärenergiebedarf	569.991	379.931	213.300	177.200	162.840	143.278
Energiekosten [€/a]	45.493	31.781	28.532	24.515	21.642	21.042
Investitionen [€]	-	38.058	288.058	402.952	437.097	516.113
Kosten / Nutzen [a]		2,8	17,0	19,2	18,3	21,1
CO ₂ -Emissionen [kg/a]	148.095	100.600	80.935	67.238	61.789	54.366
HT' [W/(m ² K)]	0,93	0,42	0,42	0,38	0,37	0,35

Ranking der Maßnahmenpakete

Maßnahmenpaket	1 Paket	2 Paket	3 Paket	4 Paket	5 Paket
Energieeinsparung Endenergie	35 %	79 %	82 %	84 %	86 %
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen	32 %	45 %	55 %	58 %	63 %
geringe Investitionskosten	93 %	44 %	22 %	15 %	0 %
maximale Wertsteigerung	7 %	56 %	78 %	85 %	100 %
Maximum = 300 %	167 %	224 %	237 %	242 %	249 %

Energieeinsparung und Reduzierung der CO₂-Emissionen relativ zum Bestandsgebäude, Investitionskosten und Wertsteigerung relativ zur maximalen Investitionssumme.

Maßnahme	Sporthalle						Effizienzhaus
	T ≥ 19 °C						
	Primärenergiebedarf [kWh/a]		Mittlerer U-Wert [W/(m²K)]				
	%	Qp	Opake	Fenster	Vorhangf	Oberl.	
Referenzgebäude	100	150,7	-	-	-	-	-
Bestand	244	368,3	0,51	4,31	-	-	-
1	68	205,2	0,23	1,08	-	-	70
2	38	115,2	0,23	1,08	-	-	70
3	32	95,8	0,20	1,08	-	-	55
4	29	88,1	0,20	0,97	-	-	55
5	26	77,6	0,17	0,97	-	-	40

Die folgenden Zahlen stammen aus dem ersten Energieberatungsbericht und wurden nicht an die aktuelle Planung angepasst. Lediglich die Werte von Bestand wurden aktualisiert.

Im Nachfolgend werden die wesentlichen energetischen Eckdaten zur Komplettanierung des Gebäudes zusammengefasst. Die vollständige Berechnung befindet sich im Anhang. Die energetische Berechnung der Komplettanierung ergab auf Grundlage der bauordnungsrechtlichen Anforderungen, dass das Gebäude nach der Sanierung die gesetzlichen Anforderungswerte für ein KfW-Effizienzhaus 40 erfüllt.

Nachweis der thermischen Hülle

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3
in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25 \cdot 1,4$ (140%-Regel und §50 mit Rundungsregel)

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,56	2,66	2,66	4,34
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,84	4,90	5,32	5,46

Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$ 0,17 0,97

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,97 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,66 \text{ W/(m}^2\text{K)} -63,4\%$

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte" (140%-Regel)
Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs
(Ref-No 5.15.2)

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50
zul $q_{P,REF} = 1.4 * 302,1 = 422,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (140%-Regel), aus der Referenzberechnung
vorh $q_P = 143.602 / 1851,5 = 77,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 77,6 \leq 422,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Ein Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ist nicht erforderlich (Modernisierung)

Grenzwerte für ein Effizienzhaus

Bundesförderprogramme für die Sanierung von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:
Bundesförderung für effiziente NWG-Sanierung, Effizienzgebäude BEG NWG 2023, Effizienzgebäude
NT-ready mit 55°C Vorlauftemperatur

Referenzberechnung = "2023-09-25-Bestand-Referenz2020"
Bestandsberechnung = "2023-09-25-Bestand"

		474.090 kWh/a					
Endenergieeinsparung		474.090 kWh/a					
Primärenergieeinsparung		426.080 kWh/a					
CO2-Einsparung		83.918 kg/a					
	Primärenergiebedarf	-----	mittlere U-Werte	-----			
	$Q_{p'}$	Opake	Fenster	Vorhlf.	Oberl.		
	kWh/(m ² a)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	
Referenzberechnung	100 %	302,1					
erreicht $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	26 %	77,6	0,17	0,97			
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	483,3					OK
Effizienzgebäude 100	100 %	302,1	0,34	1,80	1,80	3,00	OK
Effizienzgebäude 70	70 %	211,5	0,26	1,40	1,40	2,40	OK
Effizienzgebäude 55	55 %	166,1	0,22	1,20	1,20	2,00	OK
Effizienzgebäude 40	40 %	120,8	0,18	1,00	1,00	1,60	OK

EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)

vorhandene Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäude durch die Prozesse: Umweltenergie [WW-WP]
[Hzg-WP] + PV-Strom [PV-Strom]
Für die EE-Klasse ist ab 2023 der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verpflichtend.

$EE_{genutzt} = 156.379 \text{ kWh/Jahr}$
 $EE_{Soll} = 0,65 * 217417 = 141.321 \text{ kWh/Jahr}$ (65% des Wärme- und Kältebedarfs)
 $EE_{genutzt} \geq EE_{Soll}$ (65%), die Anforderung für das EE-Paket **wird erfüllt**

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 40 EE** wird erreicht.

4.4 Wirtschaftlichkeit

[Die folgenden Zahlen stammen aus dem ersten Energieberatungsbericht.]

4.4.1 Kostenschätzung

Die erforderlichen Investitionskosten wurden anhand ortsüblicher Marktpreise für eine Standard-Ausführung geschätzt. Die tatsächlichen Kosten können von der Schätzung abweichen und sind anhand von Angeboten zu ermitteln.

Maßnahme	Gesamtkosten	Kosten	Sowiesokosten	Förderung	
1	Dämmen der Fassade der Sporthalle				
	Dämmen der Fassade	110.000 €	60.000 €	50.000 €	9.000 € (15%)
	Austausch der Fenster		50.000 €	40.000 €	7.500 € (15%)
	Dämmen der Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle				
	Dämmen der Fassade	70.000 €	50.000 €	40.000 €	7.500 € (15%)
	Austausch der Außentüren		20.000 €	15.000 €	3.000 € (15%)
2	Austausch der Heizung				
	Wärmepumpe	30.000 €	30.000 €	20.000 €	9.000 € (30%)
3	Dämmen zum Keller & geregelte Lüftung				
	Kellerdecke	95.000 €	30.000 €	20.000 €	4.500 € (15%)
	Kellerabgang		5.000 €	3.000 €	750 € (15%)
	Lüftung		60.000 €	0 €	9.000 € (15%)
Fenster Umkleide & Optimierung der Anlagentechnik					
Austausch der Fenster (Umkleide)	60.000 €	40.000 €	30.000 €	6.000 € (15%)	
Umstellung Beleuchtung		10.000 €	0 €	1.500 € (15%)	
5	Dachsanierung & Optimierung der Anlagentechnik				
	Dachsanierung (Dachfläche 1)	155.000 €	25.000 €	0 €	22.500 € (15%)
	Dachsanierung (Dachfläche 2,3)		30.000 €	0 €	
	Dachsanierung (Dachfläche 4)		70.000 €	0 €	
	Dachsanierung (Dachfläche 5)		25.000 €	0 €	
	Umstellung PV		5.000 €	0 €	Nicht förderfähig!
Gesamt:	490.000 €	490.000 €	230.000 €	80.250 €	

Die geschätzten Sanierungskosten betreffen lediglich die Sanierung der thermischen Hülle. Durch die Wahl einer anderen Ausführung oder durch zusätzlich anfallende Arbeiten, wie zum Beispiel Umbauarbeiten oder Sanierungen im Innenbereich, können zusätzliche Kosten entstehen. Diese zusätzlichen Kosten werden in dieser Kostenschätzung nicht berücksichtigt.

Hinweis: Nicht alle Kosten einer Sanierung sind energiebedingt. Aus ökonomischer Sicht sind Maßnahmen zur Energieeinsparung dann besonders günstig durchzuführen, wenn aus Gründen der Instandhaltung sowieso größere Maßnahmen erforderlich werden. Wenn z.B. bei einer Außenwand der Putz saniert werden muss, lohnt es sich, über eine Dämmung nachzudenken. Daraus ergibt sich eine Aufteilung der entstehenden Sanierungskosten („Vollkosten“) in ohnehin entstehende Kosten der Instandhaltung und energiebedingte Mehrkosten. Maßgeblich für die Energieberatung sind die energiebedingten Mehrkosten. Diese können prozentual gewichtet werden.

Bei den angegebenen Sanierungskosten werden noch keine Zuschüsse in Rahmen einer Förderung berücksichtigt. Die Zuschüsse werden separat aufgeführt.

4.4.2 Förderung

Bei der Sanierung können verschiedenen Fördergelder in Anspruch genommen werden. Im Folgenden werden einige der möglichen Förderungen in Verbindung mit den voraussichtlichen Kosten aufgeführt.

Förderung von Einzelmaßnahmen bei der BAFA:

Thermische Hülle + Anlagentechnik (außer Anlagen zur Wärmeerzeugung)

Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 Euro brutto. Der Fördersatz beträgt 15 % der förderfähigen Ausgaben. Die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen sind gedeckelt auf jährlich 1.000 Euro pro Quadratmeter Nettogrundfläche, insgesamt auf jährlich maximal 5 Millionen Euro.

Anlagen zur Wärmeerzeugung

Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 Euro brutto. Der Fördersatz beträgt mindestens 10 % der förderfähigen Ausgaben. Die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen sind gedeckelt auf jährlich 1.000 Euro pro Quadratmeter Nettogrundfläche, insgesamt auf jährlich maximal 5 Millionen Euro.

Die aufgeführten Anlagen zur Wärmeerzeugung werden mit folgendem Fördersatz gefördert:

- Solarkollektoranlagen mit 25 %
- Biomasseheizungen mit 10 %

- Wärmepumpen mit 25 % (für Wärmepumpen wird zusätzlich ein Bonus von 5 % gewährt, wenn als Wärmequelle Wasser, Erdreich oder Abwasser erschlossen wird) Es wird ein Bonus von 5 %-Punkten für Wärmepumpen gewährt, wenn ein natürliches Kältemittel eingesetzt wird (nicht kumulierbar mit Bonus für Wärmequellen)
- Stationäre Brennstoffzellenheizungen mit 25 %
- Errichtung, Erweiterung und Umbau von Gebäudenetzen
- wenn keine Biomasse als Brennstoff eingesetzt wird mit 30 %
- wenn Biomasse als Brennstoff für die Spitzenlast eingesetzt wird (maximal 25 % Wärmeenergie aus Biomasse) mit 25 %
- wenn auch Biomasse als Brennstoff eingesetzt wird (maximal 75 % Wärmeenergie aus Biomasse) mit 20 %
- Anschluss an ein Gebäudenetz mit 25 %
- Anschluss an ein Wärmenetz mit 30 %

Fördersatz: 15 % bis 30 %

Nettogrundfläche: 1.453 m²

Max. förderfähige Kosten: 1.453.000 €

Förderung zum Effizienzhaus bei der KFW (Komplettsanierung):

BUNDESFÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE GEBÄUDE KREDIT

Nichtwohngebäude – Kredit

Gebäude energieeffizient sanieren 263


Das Wichtigste in Kürze

- Förderkredit ab 0,01 % effektiver Jahreszins
- bis zu 10 Mio. Euro Kredit für ein Effizienzgebäude
- weniger zurückzahlen: zwischen 5 % und 35 % Tilgungszuschuss
- zusätzliche Förderung möglich, z. B. für Baubegleitung und Nachhaltigkeits-zertifizierung

Die Förderung steht unter dem Vorbehalt verfügbarer Haushaltsmittel. Ein Rechtsanspruch hierauf besteht grundsätzlich nicht.

Antrag vorbereiten ▼

Kredithöhe und Tilgungszuschuss

Die förderfähigen Kosten  – und damit Ihr maximaler Kreditbetrag für ein Effizienzgebäude – orientieren sich an der Nettogrundfläche des Gebäudes: Sie erhalten 2.000 Euro pro Quadratmeter Nettogrundfläche, insgesamt maximal 10 Mio. Euro pro Vorhaben bei dem ein neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird.

Je besser die Effizienzgebäude-Stufe Ihrer Immobilie nach Sanierung, desto höher der Tilgungszuschuss:

Effizienzgebäude	Tilgungszuschuss
Effizienzgebäude 40	20 %
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25 %
Effizienzgebäude 55	15 %
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	20 %
Effizienzgebäude 70	10 %
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	15 %
Effizienzgebäude Denkmal	5 %
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	10 %

Den Tilgungszuschuss schreiben wir Ihnen nach Abschluss Ihres Vorhabens gut. Eine Barauszahlung oder Überweisung ist nicht möglich.

Erreichtes Effizienzhaus:	40 EE
Fördersatz:	25 %
Nettogrundfläche:	1.453 m ²
Max. förderfähige Kosten:	2.906.000 €
Max. Zuschuss:	726.500 €

4.4.3 Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen

Die Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen werden im Einzelnen bei den Bauteilberechnungen aufgeführt. Es folgt lediglich eine Zusammenfassung der Werte. Die Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen lediglich mittels statischer Amortisationsmethode bewertet.

Bauteil	Kosten		Energiekosten-einsparung		Kosten-Nutzen-Verhältnis	
	Gesamtkosten	Energie-einsparender Anteil:*	Kosten [€/a]	%	Gesamtkosten / Energiekosten-einsparung	Energie-einsparender Anteil / Energiekosten-einsparung
Umkleiden etc. (Temperatur > 19°C)						
Kellerdecke (Kriechkeller)	10.000 €	2.500 €	582 €	1,3 %	17:1	5:1
Außenwand (Umkleide - Putz)	50.000 €	10.000 €	234 €	0,5 %	80:1	16:1
Außenwand (Umkleide - Verblender)			242 €	0,5 %		
Außenwand (Anbau)			154 €	0,3 %		
Trennwand Keller	5.000 €	2.000 €	230 €	0,5 %	21:1	7:1
Flachdach (Dachfläche 1)	100.000 €	40.000 €	71 €	0,2 %	274:1	110:1
Flachdach (Dachfläche 2)			113 €	0,2 %		
Flachdach (Dachfläche 3)			122 €	0,3 %		
Flachdach (Dachfläche 5)			58 €	0,1 %		
Fenster	40.000 €	10.000 €	296 €	0,7 %	135:1	34:1
Außentüren	20.000 €	5.000 €	339 €	0,8 %	58:1	15:1
Sporthalle (Temperatur > 19°C)						
Kellerdecke (Keller)	20.000 €	7.500 €	449 €	1,0 %	44:1	17:1
Außenwand (Halle)	60.000 €	10.000 €	4.665 €	10,3 %	9:1	2:1
Außenwand (Halle – Klinker)			2.477 €	5,4 %		
Flachdach (Dachfläche 4)	50.000 €	10.000 €	462 €	1,0 %	108:1	22:1
Fenster / Glasflächen	50.000 €	10.000 €	8.088 €	17,8 %	6:1	2:1

Anlagentechnik						
Heizung	30.000 €	20.000 €	+ 6.419 €	+ 14,1 %	-	-
Heizung + Lüftung	90.000 €	20.000 €	+ 617 €	+ 1,4 %	-	-
Heizung + Lüftung + Beleuchtung + Umstellung PV	105.000 €	85.000 €	- 4.897 €	- 10,7 %	24:1	19:1

* Gesamtkosten abzüglich der Sowiesokosten = Mehraufwand zum Erfüllen der BAFA-Anforderungen

Hinweis: Der Begriff Amortisation bzw. Amortisierung bezeichnet in der Wirtschaftswissenschaft die Berechnung von Erträgen innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Sucht man ein anderes Wort für „amortisieren“ könnte man auch den Begriff „Abzahlung“ verwenden. Gemeint ist in diesem Kontext die Abzahlung der Kosten für eine Anschaffung, über einen bestimmten Zeitraum hinweg. Dabei spielt die Amortisationszeit als Zeitspanne bis eine Investition vollständig gedeckt ist, eine zentrale Rolle. Die Länge dieser Zeitspanne lässt sich durch die Amortisationsrechnung ermitteln. Die Formel dafür lautet:

Amortisationszeit in Jahren = Kapital / Ertrag pro Jahr

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit sind keine Fördergelder berücksichtigt. Bei Berücksichtigung der Fördergelder würde sich das Kosten-Nutzen-Verhältnis weiter reduzieren. Die Dämmmaßnahmen amortisieren sich in kurzer Zeit durch die erzielte Energiekosteneinsparung.

Die Investitionskosten bei der Anlagentechnik sind höher als bei den Dämmmaßnahmen. Die gewählte Anlagentechnik übererfüllt die Mindestanforderungen. Bei einer Erfüllung der Mindestanforderung wären die Kosten geringer, die Energiekosten im Gegenzug aber voraussichtlich langfristig höher.

4.4.4 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmenpakete

Nachfolgend wird die Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen mittels statischer Amortisationsmethode entsprechend der Ausführung in den Maßnahmenpaketen bewertet. Die Anlagentechnik wird hierbei nicht betrachtet.

Maßnahme	Kosten		Energiekosten-Einsparung [#]		Kosten-Nutzen-Verhältnis		
	Gesamtkosten	Energieeinsparender Anteil:*	Kosten [€/a]	%	Gesamtkosten / Energiekosteneinsparung	Energieeinsparender Anteil / Energiekosteneinsparung	
1	Dämmen der Fassade der Sporthalle						
	Dämmen der Fassade	60.000 €	10.000 €	7.142 €	15,7 %	9:1	2:1
	Austausch der Fenster	50.000 €	10.000 €	8.088 €	17,8 %	6:1	2:1
2	Dämmen der Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle						
	Dämmen der Fassade	50.000 €	10.000 €	630 €	1,3 %	80:1	16:1
	Austausch der Außentüren	20.000 €	5.000 €	339 €	0,8 %	58:1	15:1
3	Austausch der Heizung						
	Wärmepumpe	30.000 €	10.000 €	-	-	-	-
4	Dämmen zum Keller & geregelte Lüftung						
	Kellerdecke	30.000 €	10.000 €	1.031 €	2,3 %	30:1	10:1
	Kellerabgang	5.000 €	2.000 €	230 €	0,5 %	21:1	7:1
	Lüftung	60.000 €	60.000 €	-	-	-	-
5	Dachsanierung & Optimierung der Anlagentechnik						
	Dachsanierung	150.000 €	50.000 €	826 €	1,8 %	182:1	61:1
	Austausch der Fenster (Umkleide)	40.000 €	10.000 €	296 €	0,7 %	135:1	34:1
	Umstellung Beleuchtung	10.000 €	10.000 €	-	-	-	-
	Umstellung PV	5.000 €	5.000 €	-	-	-	-

* Gesamtkosten abzüglich der Sowiesokosten = Mehraufwand zum Erfüllen der BAFA-Anforderungen

Die Energiekosten der Maßnahmen setzt sich aus den Energiekosten der Einzelmaßnahmen zusammen.

4.4.5 Wirtschaftlichkeit der Komplettanierung

Durch die Komplettanierung des Gebäudes wird der Energiebedarf des Gebäudes mehr als halbiert, sodass sich durch die Investition die Energiekosten reduzieren. Im Folgenden wird nun betrachtet, wann die Investitionskosten sich durch die Energiekosteneinsparung amortisiert haben.

Nachfolgend wird die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmenpakete mittels statischer **Amortisationsmethode** entsprechend der schrittweisen Komplettanierung bewertet. Hierbei bauen die einzelnen Maßnahmenpakete aufeinander auf.

Maßnahme	Kosten		Energiekosten-einsparung [#]		Kosten-Nutzen-Verhältnis		
	Gesamtkosten	Energie-einsparender Anteil:*	Kosten [€/a]	%	Gesamtkosten / Energiekosten-einsparung	Energie-einsparender Anteil / Energiekosten-einsparung	
1	Dämmen der Fassade der Sporthalle						
	Dämmen der Fassade	110.000 €	20.000 €	12.854 €	28,3 %	9:1	2:1
	Austausch der Fenster						
2	Dämmen der Umkleiden und des Eingangs zur Sporthalle						
	Dämmen der Fassade	70.000 €	15.000 €	13.727 €	30,2 %	6:1	2:1
	Austausch der Außentüren						
3	Austausch der Heizung						
	Wärmepumpe	30.000 €	10.000 €	9.483 €	20,9 %	4:1	2:1
4	Dämmen zum Keller & geregelte Lüftung						
	Kellerdecke	95.000 €	72.000 €	14.928 €	32,8 %	7:1	5:1
	Kellerabgang						
	Lüftung						
5	Dachsanierung & Optimierung der Anlagentechnik						
	Dachsanierung	205.000 €	75.000 €	18.557 €	40,8 %	12:1	5:1
	Austausch der Fenster (Umkleide)						
	Umstellung Beleuchtung						
	Umstellung PV						

* Gesamtkosten abzüglich der Sowiesokosten = Mehraufwand zum Erfüllen der BAFA-Anforderungen

[#] Die Energiekosten der Maßnahmen wurden aus der Berechnung der Komplettsanierung übernommen.

Im Nachfolgenden wird die Gesamtwirtschaftlichkeit der Komplettsanierung mittels **Annuitätenmethode** bewertet.

Bei den Randbedingungen der Berechnung handelt es sich um Annahmen. Je nach Entwicklung am Markt kann die tatsächliche Entwicklung am Markt von diesen Randbedingungen abweichen. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung handelt es sich lediglich um eine Prognose.

Annahmen für Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die hier gewählten kalkulatorischen Randbedingungen für die Beurteilung der Gesamtwirtschaftlichkeit beruhen auf Empfehlungen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und wurden in Bezug auf das Bauvorhaben auf Sinnhaftigkeit geprüft.

Berechnungszeitraum:	20 a
Kalkulationszins (nominal):	4,0 %
Kalkulationszins (KFW):	1,0 %
Preissteigerung Energie:	2,4 %
Energiekosten Strom:	0,310 €/kWh
Energiekosten Gas:	0,071 €/kWh

Energiebedarf des Gebäudes:

Variante	Primärenergiebedarf [kWh/a]	Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]
Komplettsanierung	14.517	218.932 (Fernwärme) 8.066 (Strom)	26.929
Bestand	569.893	528.361 (Gas) 25.718 (Strom)	45.486
Differenz	97 %	59 %	41 %

Erreichtes Effizienzhaus:	40 EE
Fördersatz:	25 %
Nettogrundfläche:	1.453 m ²
Max. förderfähige Kosten:	2.906.000 €
Max. Zuschuss:	726.500 €
Vorausschliche Kosten:	490.000 €
Voraussichtlicher Zuschuss:	122.500 €
Energieeinsparender Anteil:	(490.000 € - 318.000 € =) 172.000 €

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt mit den Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahme.

Annuitätendarlehen für die Gesamtkosten

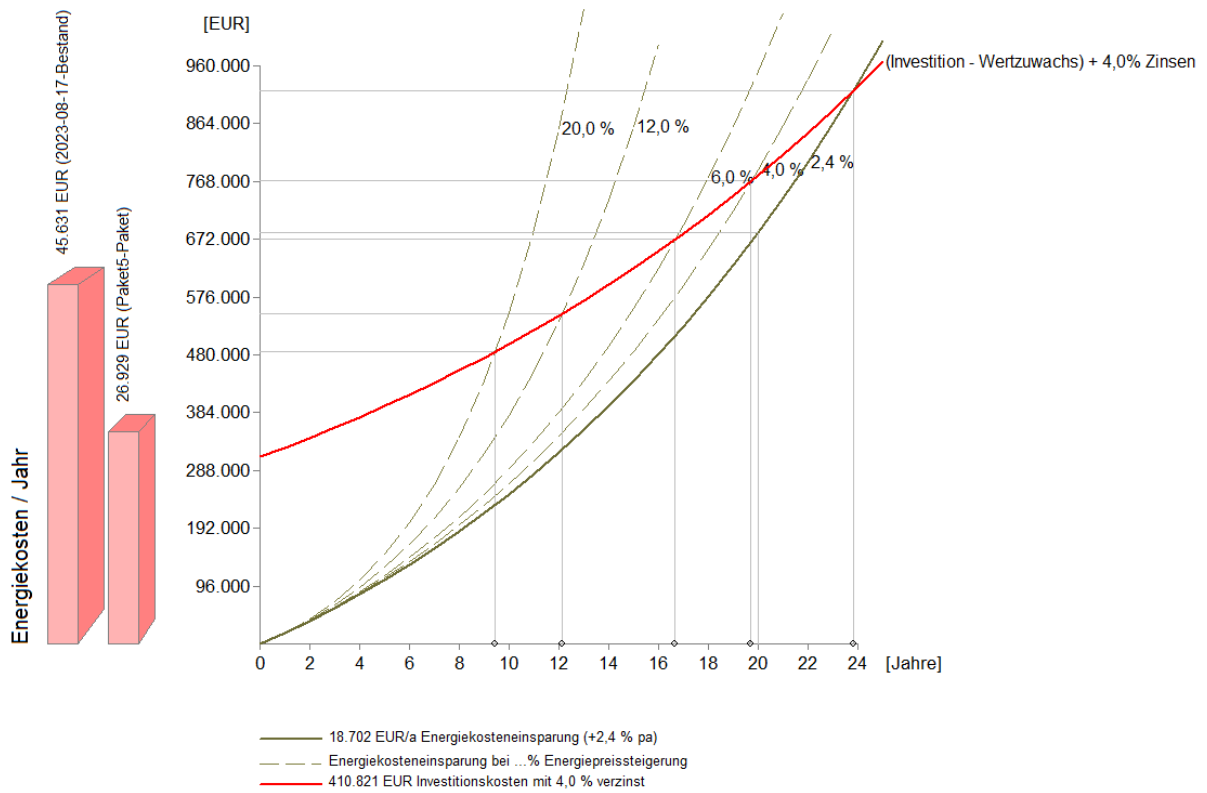
Darlehensbetrag = 490.000 EUR, Zinssatz = 1,000 %, Kreditlaufzeit = 20Jahre

Annuität (Tilgung + Zinsen) = 27.154 EUR/Jahr (2262,79 EUR/Monat)

Deckungsbeitrag durch Heizkosteneinsparung nach 20 Jahren bei 2,4 % pa Energiepreissteigerung und 4,0 % Zinsen auf das Sparguthaben = 682.837 EUR

Heizkosteneinsparung = 682.837 > 20 * 27154 EUR, Überschuss = 139.767 EUR

Amortisationszeit bei unterschiedlicher Energiepreissteigerung



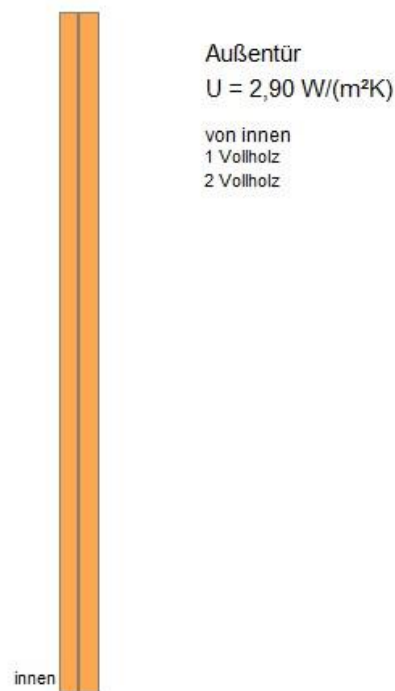
5 Anlagen

5.1 Bauteilberechnungen im Bestand

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außentür (Ref-No 1.0)



Eingangstüren

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

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}					0,130
01 Vollholz	1,70	800	13,6	0,200	0,085
02 Vollholz	1,80	800	14,4	0,200	0,090
R_{se}					0,040
d = 3,50		G = 28,0		$R_T = 0,34$	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,899 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

 U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Außentüren von Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$, U_{max} gilt für die Türfläche

$U \quad 2,90 > 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

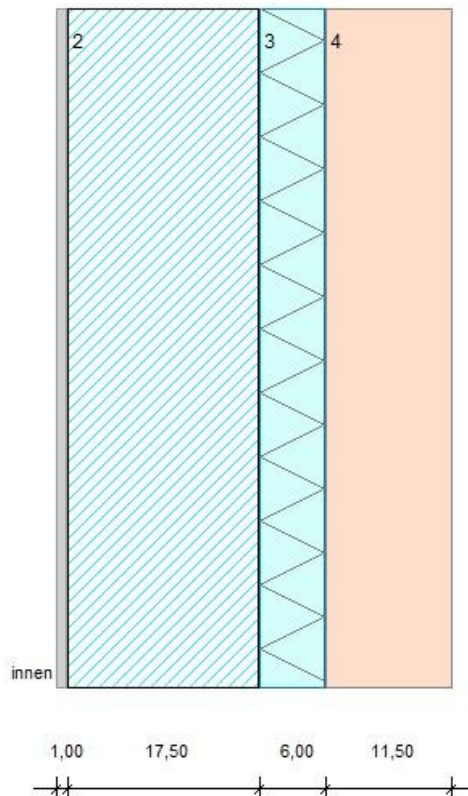
$U \quad 2,90 > 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Anbau

(Ref-No 1.0)



Außenwand-Anbau
 $U = 0,46 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Putzmörtel aus Kalkzement
 2 Kalksandstein-MW 2000
 3 Einblasdämmung
 4 Klinker-MW 2000

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}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010
02 Kalksandstein-MW 2000	17,50	2000	350,0	1,100	0,159
03 Einblasdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
04 Klinker-MW 2000	11,50	2000	230,0	0,960	0,120
R_{se}					0,040
d = 36,00 G = 599,2 $R_T = 2,17$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,460 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 0,46 > 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen in Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$ (NWG)

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

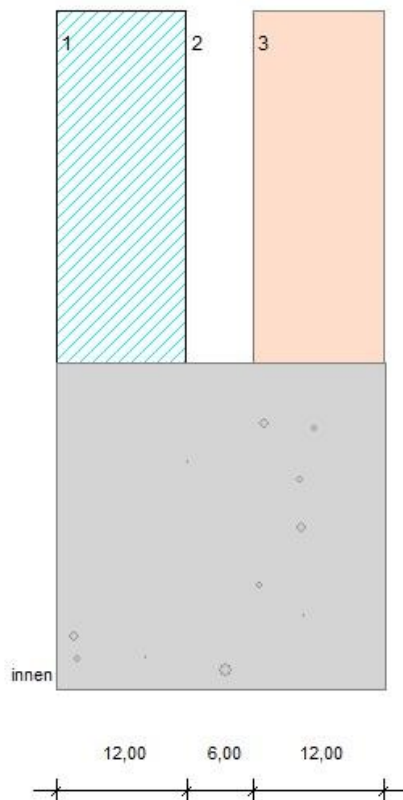
$U \quad 0,46 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Halle

(Ref-No 1.0)



Außenwand-Halle
 $U = 1,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Kalksandstein-MW 1800
 2 Luftschicht ruhend
 3 Klinker-MW 2200

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}					0,130
01 Kalksandstein-MW 1800	12,00	1800	216,0	0,990	0,121
02 Luftschicht ruhend	6,00	1	0,1	-	0,180
03 Klinker-MW 2200	12,00	2200	264,0	1,200	0,100
R_{se}					0,040
d = 30,00					
		G = 480,1			
				$R_T = 0,57$	

$U_{Gefach} = 1,751 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
30,0 cm	330,0 cm	9,1 %	501,9 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}						0,130
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104		30,00	2400	720,0	2,100	0,143
R _{se}						0,040
		30,00		720,0	R _T =	0,31

$$U_{(R)} = 3,196 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (90,91\% \cdot 1/0,571 + 9,09\% \cdot 1/0,313) = 0,53 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,909/0,121+0,091/0,057) + 1/(0,909/0,180+0,091/0,029) +$$

$$1/(0,909/0,100+0,091/0,057) + 0,04 = 0,50 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 0,51 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 3 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **1,948 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

U 1,95 > 0,24 W/(m²K) nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

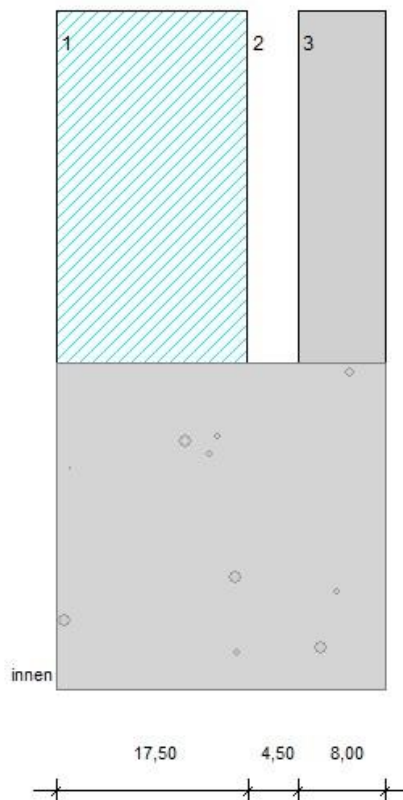
U 1,95 > 0,20 W/(m²K) nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Halle

(Ref-No 1.0)



Außenwand-Halle

$U = 1,57 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen

1 Kalksandstein-MW 1800

2 Luftschicht ruhend

3 Leichtbeton-Vbl-MW LM21 1000

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}					0,130
01 Kalksandstein-MW 1800	17,50	1800	315,0	0,990	0,177
02 Luftschicht ruhend	4,50	1	0,0	-	0,180
03 Leichtbeton-Vbl-MW LM21 1000	8,00	1000	80,0	0,340	0,235
R_{se}					0,040
d = 30,00 G = 395,0 $R_T = 0,76$					

$U_{Gefach} = 1,312 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
30,0 cm	330,0 cm	9,1 %	424,6 kg/m ²			
Rahmenanteil von innen		s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R _{si}						0,130
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104		30,00	2400	720,0	2,100	0,143
R _{se}						0,040
		30,00		720,0	R _T =	0,31

$$U_{(R)} = 3,196 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (90,91\% \cdot 1/0,762 + 9,09\% \cdot 1/0,313) = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,909/0,177+0,091/0,083) + 1/(0,909/0,180+0,091/0,021) +$$

$$1/(0,909/0,235+0,091/0,038) + 0,04 = 0,60 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 0,64 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 6 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **1,574 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

U 1,57 > 0,24 W/(m²K) nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

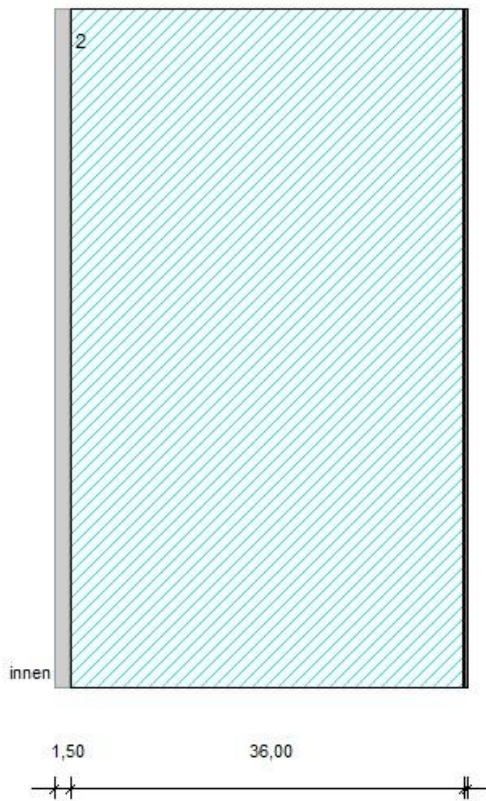
U 1,57 > 0,20 W/(m²K) nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Innenwand-KG

(Ref-No 1.0)



Innenwand-KG
 $U = 1,54 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Putzmörtel aus Kalkzement
 2 Kalksandstein-MW 1800
 3 Abdichtung

Bauteiltyp "Treppenraumwand" (6)

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

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}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
02 Kalksandstein-MW 1800	36,00	1800	648,0	0,990	0,364
03 Abdichtung	0,20	1100	2,2	0,170	0,012
R_{se}					0,130
d = 37,70 G = 677,2 $R_T = 0,65$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,538 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 1,54 > 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Wänden zum Erdreich / zu unbeheizten Räumen

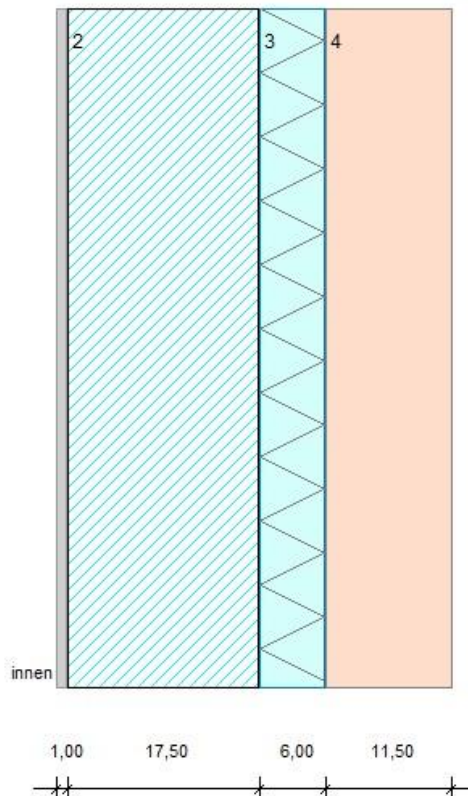
$U \quad 1,54 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Anbau

(Ref-No 1.0)



Außenwand-Anbau
 $U = 0,46 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Putzmörtel aus Kalkzement
 2 Kalksandstein-MW 2000
 3 Einblasdämmung
 4 Klinker-MW 2000

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}					0,130	
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010	
02 Kalksandstein-MW 2000	17,50	2000	350,0	1,100	0,159	
03 Einblasdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714	
04 Klinker-MW 2000	11,50	2000	230,0	0,960	0,120	
R_{se}					0,040	
d = 36,00					G = 599,2	$R_T = 2,17$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,460 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

 U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 0,46 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

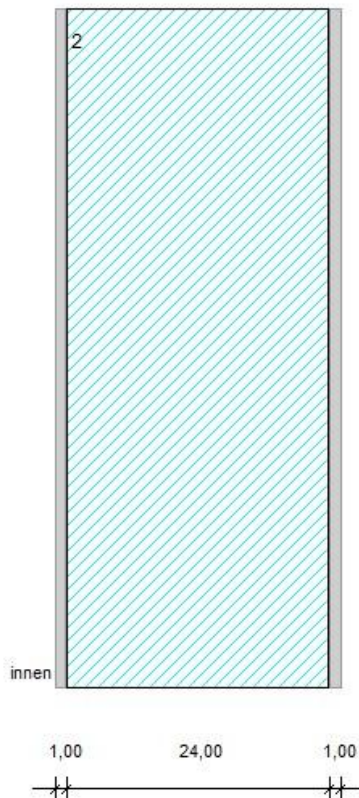
$U \quad 0,46 > 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Umkleide

(Ref-No 1.0)



Außenwand-Umkleide

$$U = 2,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

von innen

1 Putzmörtel aus Kalkzement

2 Kalksandstein-MW 2000

3 Putzmörtel aus Kalkzement

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}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010
02 Kalksandstein-MW 2000	24,00	2000	480,0	1,100	0,218
03 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010
R_{se}					0,040
d = 26,00 G = 516,0 $R_T = 0,41$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,450 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

 U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 2,45 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

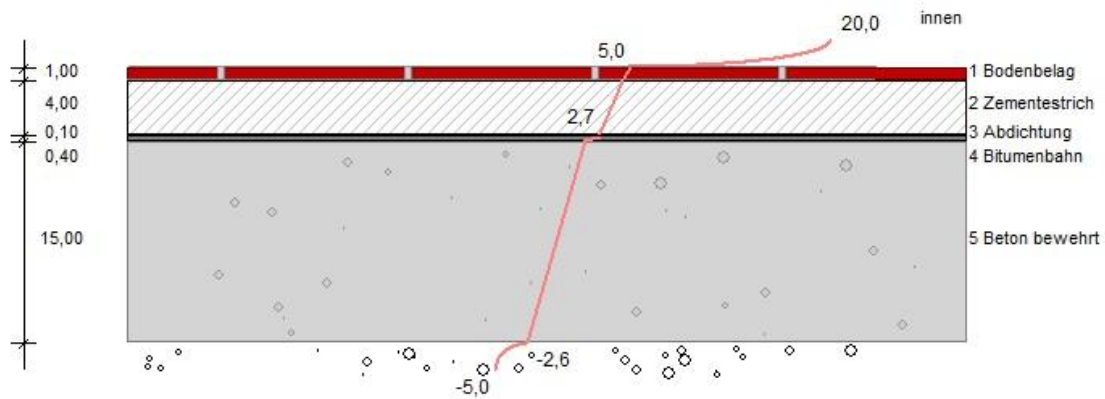
$U \quad 2,45 > 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Bodenplatte

(Ref-No 1.0)



Bodenplatte

$U = 3,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

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}					0,170	
01 Bodenbelag	1,00	2000	20,0	1,000	0,010	
02 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029	
03 Abdichtung	0,10	-	-	-	-	
04 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	0,230	0,017	
05 Beton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071	
R_{se}					0,000	
d = 20,50					G = 464,4	$R_T = 0,30$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 3,363 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen
in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 3,36 > 0,30 W/(m²K) nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Bodenflächen gegen Erdreich

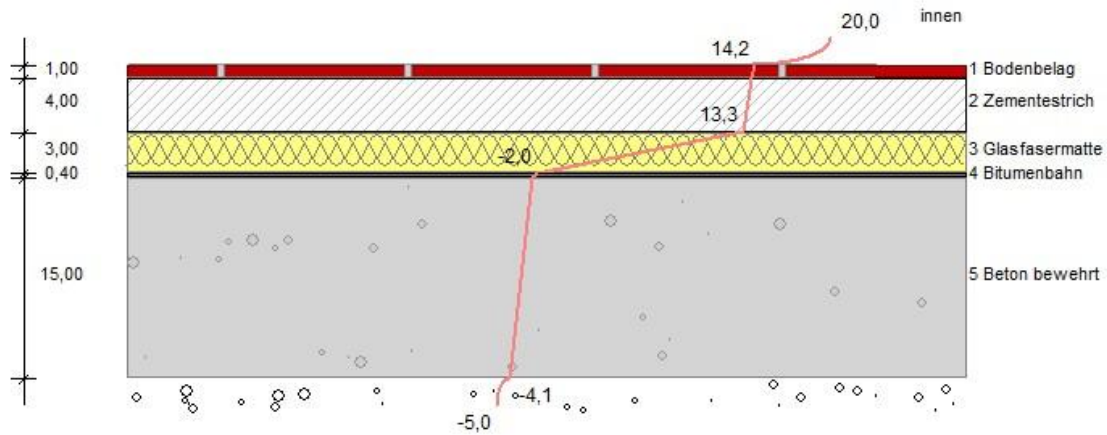
U 3,36 > 0,25 W/(m²K) nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Bodenplatte

(Ref-No 1.0)



Bodenplatte

$U = 1,04 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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}					0,170	
01 Bodenbelag	1,00	2000	20,0	1,000	0,010	
02 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029	
03 Glasfasermatte	3,00	-	-	0,045	0,667	
04 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	0,230	0,017	
05 Beton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071	
R_{se}					0,000	
d = 23,40					G = 464,4	
					$R_T = 0,96$	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen
in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 1,04 > 0,30 W/(m²K) nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Bodenflächen gegen Erdreich

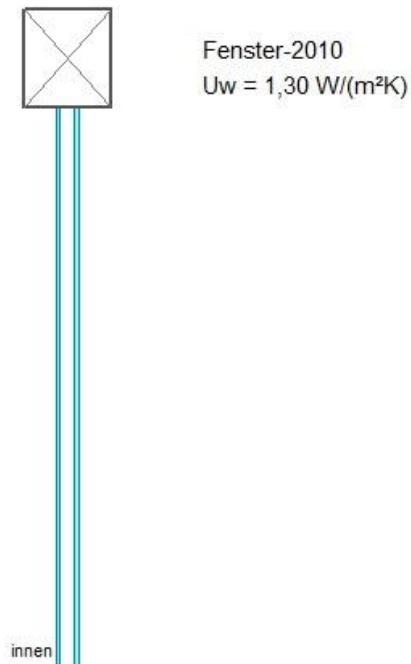
U 1,04 > 0,25 W/(m²K) nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Fenster-2010

(Ref-No 1.0)



Baujahr ca. 2010

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

2-fach Wärmedämmglas, Argon1,1

Rahmen aus Profilen $U_f = 1,1 - 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, DIN V 4108-4:2002, Tab.7, $U_{f,BW} = 1,2$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 1,30 (1,3) \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3
(verbesserter Randverbund)

mit $U_g = 1,10$ und $U_f = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$U_W = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 1,30 \leq 1,90 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen in Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$ (NWG)
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{\max} -Wert bei Erneuerung von Fenstern

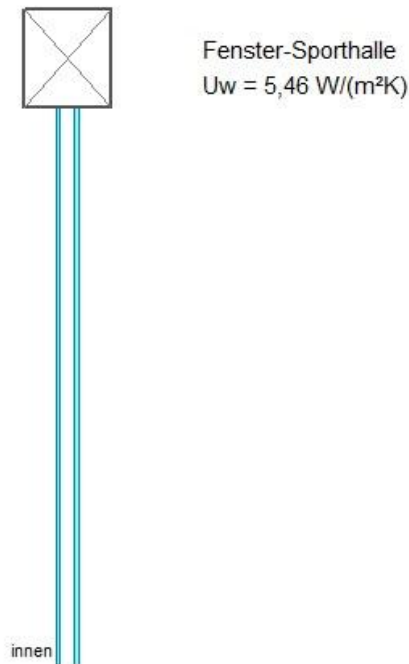
$U \quad 1,30 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Fenster-Sporthalle

(Ref-No 1.0)



Buntglas

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

Einfachglas 5,8

Rahmen aus Profilen $U_f 3,6 - 4,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, DIN V 4108-4:2004, Tab.9, $U_{f,BW} 3,8$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster $U_g 5,8$ $U_f 3,80$ $\Psi_g 0,060 (4,3 \text{ m})$ $U_w = 5,46 (5,5) \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$A_{\text{glas}} = 0,70 \text{ m}^2 (70\%)$, $A_{\text{frame}} = 0,30 \text{ m}^2$, $A_w = 1,00 \text{ m}^2$

Abmessungen $b \times h = 0,00 * 0,00\text{m}$, Rahmenbreite 0 mm

Glas-Rahmen Verbindungsbereich $\Psi_g = 0.06$ Holz- oder Kunststoffrahmen, Scheiben beschichtet

$U_w = (0,70 * 5,80 + 0,30 * 3,80 + 4,26 * 0,060) / (0,70 + 0,30) = 5,46 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$U_W = 5,46 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

U $5,46 > 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Erneuerung von Fenstern

U $5,46 > 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U $0,32 > 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

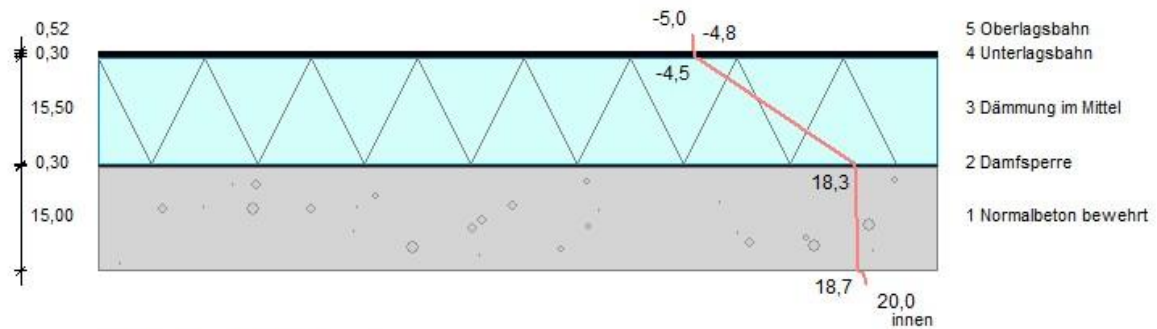
U $0,32 > 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 2

(Ref-No 1.0)



Flachdach - Dachfläche 2
 $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

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}					0,100
01 Normalbeton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
03 Dämmung im Mittel	15,50	20	3,1	0,035	4,429
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
R_{se}					0,040
$d =$					31,62
$G =$					376,5
$R_T =$					4,71

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,212 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U $0,21 > 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

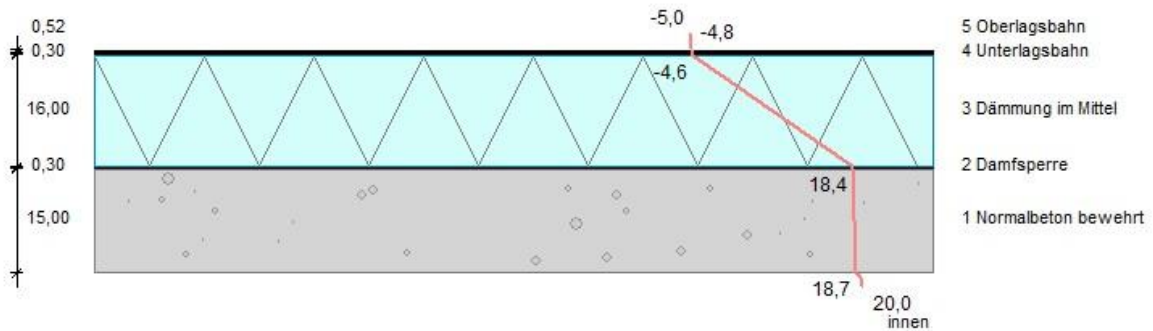
U $0,21 > 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 3

(Ref-No 1.0)



Flachdach - Dachfläche 3

$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

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}					0,100
01 Normalbeton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
03 Dämmung im Mittel	16,00	20	3,2	0,035	4,571
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
R_{se}					0,040
d = 32,12 G = 376,6 $R_T = 4,85$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,206 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,21 > 0,20 W/ (m²K) nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

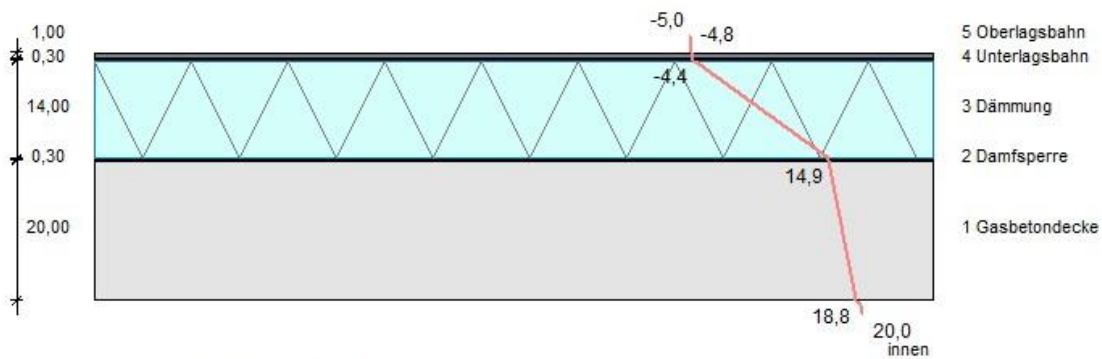
U 0,21 > 0,14 W/ (m²K) nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 4

(Ref-No 1.0)



Flachdach - Dachfläche 4

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

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ 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}					0,10	
01 Gasbetondecke	20,00	800	160,0	0,250	0,800	
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
03 Dämmung	14,00	20	2,8	0,035	4,000	
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
05 Oberlagsbahn	1,00	1200	12,0	0,170	0,059	
R_{se}					0,040	
d = 35,60					G = 182,0	$R_T = 5,03$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,199 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U $0,20 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ **OK**

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

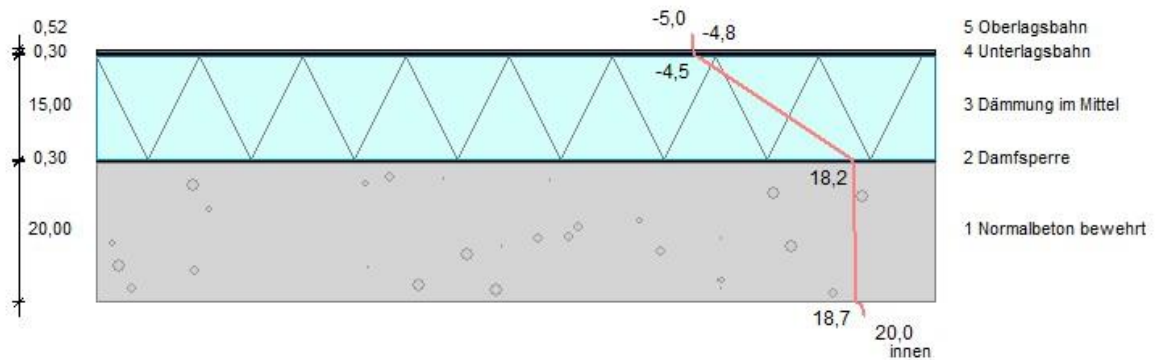
U $0,20 > 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 5

(Ref-No 1.0)



Flachdach - Dachfläche 5

$U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

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}					0,100
01 Normalbeton bewehrt	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
03 Dämmung im Mittel	15,00	20	3,0	0,035	4,286
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
R_{se}					0,040
d = 36,12 G = 496,4 $R_T = 4,59$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,218 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,22 > 0,20 W/(m²K) nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

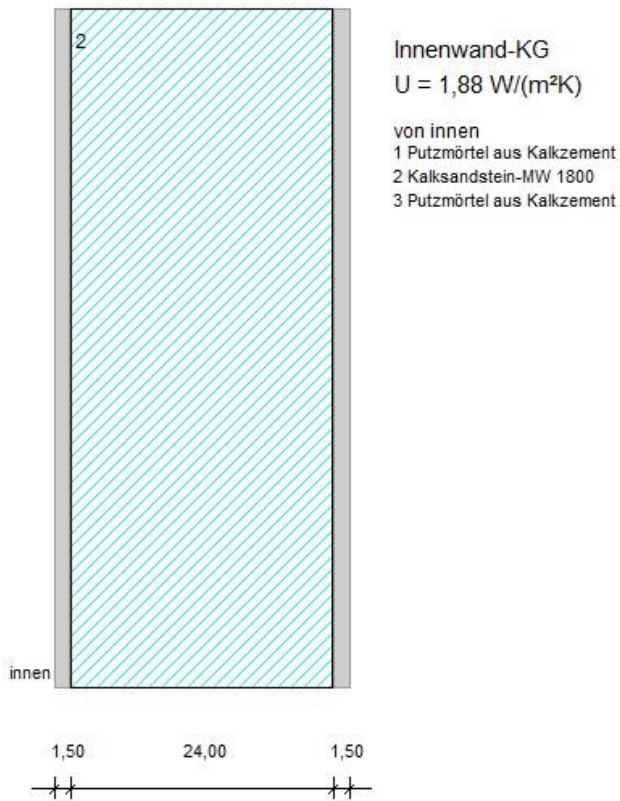
U 0,22 > 0,14 W/(m²K) nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Innenwand-KG

(Ref-No 1.0)



Bauteiltyp "Treppenraumwand" (6)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,13$ m²K/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}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
02 Kalksandstein-MW 1800	24,00	1800	432,0	0,990	0,242
03 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
R_{se}					0,130
	d = 27,00	G = 486,0		$R_T = 0,53$	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,878 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

 U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 1,88 > 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Wänden zum Erdreich / zu unbeheizten Räumen

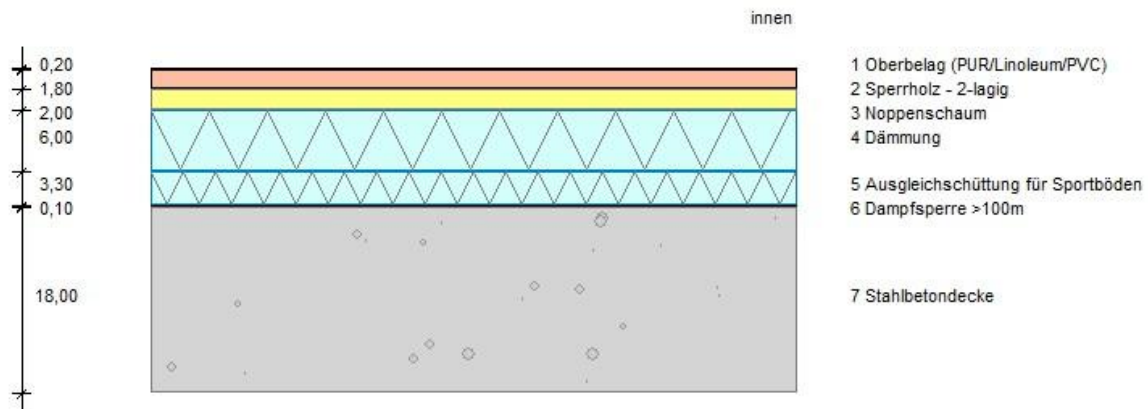
$U \quad 1,88 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Kellerdecke-Sporthalle

(Ref-No 1.0)



Kellerdecke-Sporthalle
 $U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)

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

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}					0,170	
01 Oberbelag (PUR/Linoleum/PVC)	0,20	1200	2,4	0,170	0,012	
02 Sperrholz - 2-lagig	1,80	600	10,8	0,130	0,138	
03 Noppenschaum	2,00	-	-	0,045	0,444	
04 Dämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714	
05 Ausgleichschüttung für Sportböden	3,30	20	0,7	0,065	0,508	
06 Dampfsperre >100m	0,10	-	-	-	-	
07 Stahlbetondecke	18,00	2400	432,0	2,100	0,086	
R_{se}					0,170	
d = 31,40					G = 447,1	
					$R_T = 3,24$	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,308 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U \quad 0,31 > 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

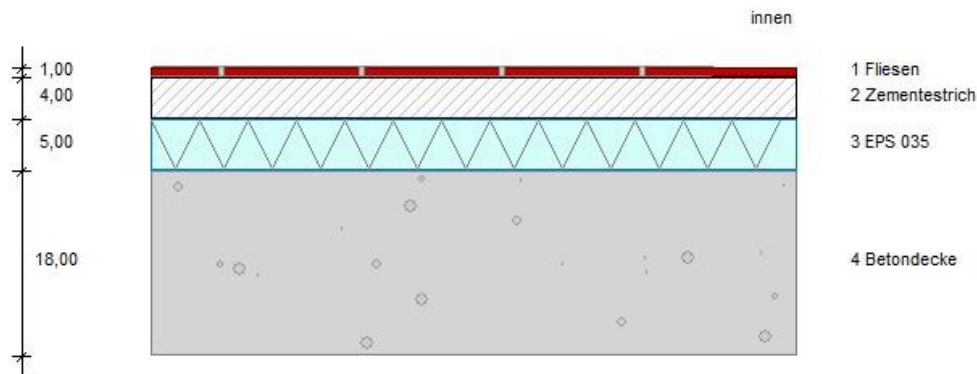
$U \quad 0,31 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Kellerdecke-Umkleiden

(Ref-No 1.0)



Kellerdecke-Umkleiden

$U = 0,53 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)

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

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}					0,170	
01 Fliesen	1,00	2000	20,0	1,000	0,010	
02 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029	
03 EPS 035	5,00	20	1,0	0,035	1,429	
04 Betondecke	18,00	2400	432,0	2,100	0,086	
R_{se}					0,170	
d = 28,00					G = 533,0	$R_T = 1,89$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,528 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen
in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,53 > 0,30 W/(m²K) nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

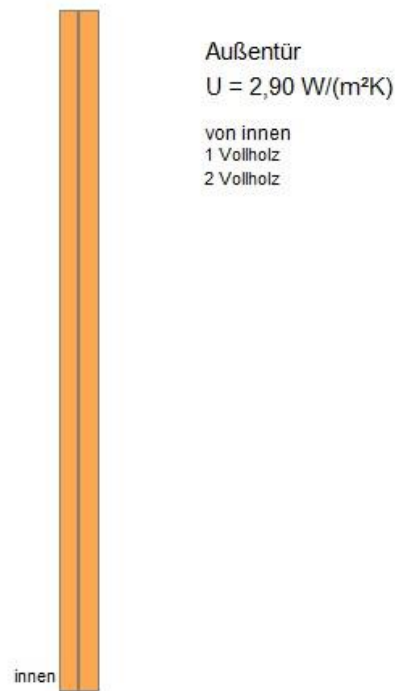
U 0,53 > 0,25 W/(m²K) nicht eingehalten

Bauteilquerschnitt

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außentür

(Ref-No 1.0)



Kellertür

Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

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}					0,130
01 Vollholz	1,70	800	13,6	0,200	0,085
02 Vollholz	1,80	800	14,4	0,200	0,090
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 3,50	G =	28,0	$R_T =$	0,34

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,899 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Außentüren von Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$, U_{max} gilt für die Türfläche

$U \quad 2,90 > 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

$U \quad 2,90 > 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

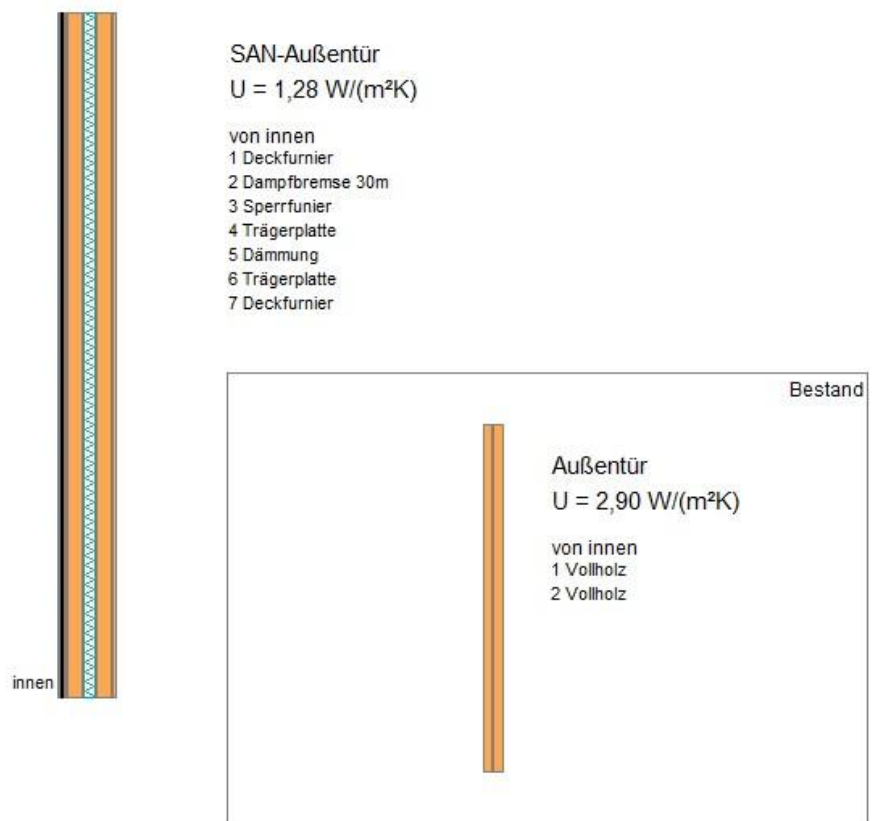
5.2 Bauteilberechnungen Sanierung (Energieberatung)

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: SAN-Außentür

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Außentür" \leftrightarrow "SAN-Außentür"

Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

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}					0,130
01 Deckfurnier	0,20	800	1,6	0,200	0,010
02 Dampfbremse 30m	0,03	-	-	-	-
03 Sperrfurnier	0,20	800	1,6	0,200	0,010
04 Trägerplatte	1,50	800	12,0	0,200	0,075
05 Dämmung	1,25	30	0,4	0,029	0,431
06 Trägerplatte	1,50	800	12,0	0,200	0,075
07 Deckfurnier	0,20	800	1,6	0,200	0,010
R_{se}					0,040
d = 4,88 G = 29,2 $R_T = 0,78$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,280 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Außentüren von Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$, U_{\max} gilt für die Türfläche

$U \quad 1,28 \leq 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{\max} -Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

$U \quad 1,28 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

SAN-Außentür	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	1,80 W/(m ² K)	1,28 W/(m ² K)	-28,9 %

"Erneuerung der Außentüren von Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$, U_{\max} gilt für die Türfläche". Orientierungswert bei: U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Außentür" \Leftrightarrow "SAN-Außentür"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

0,2 cm Deckfurnier - 0,0 cm Dampfbremse 30m - 0,2 cm Sperrfurnier - 1,5 cm Trägerplatte - 1,3 cm Dämmung - 1,5 cm Trägerplatte - 0,2 cm Deckfurnier

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	2,90 W/(m ² K)	1,28 W/(m ² K)	-55,8 %
Bauteilfläche		26 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	524.039 kWh/a	-1,2 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.702 kWh/a	-0,1 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.162 kg/a	-1,1 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.174 €/a	-1,0 %
Energiekosteneinsparung		456 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		700 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		18.004 €	
energiesparender Anteil 30 %		5.401 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 12 : 1 • gut

⁽¹⁾Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

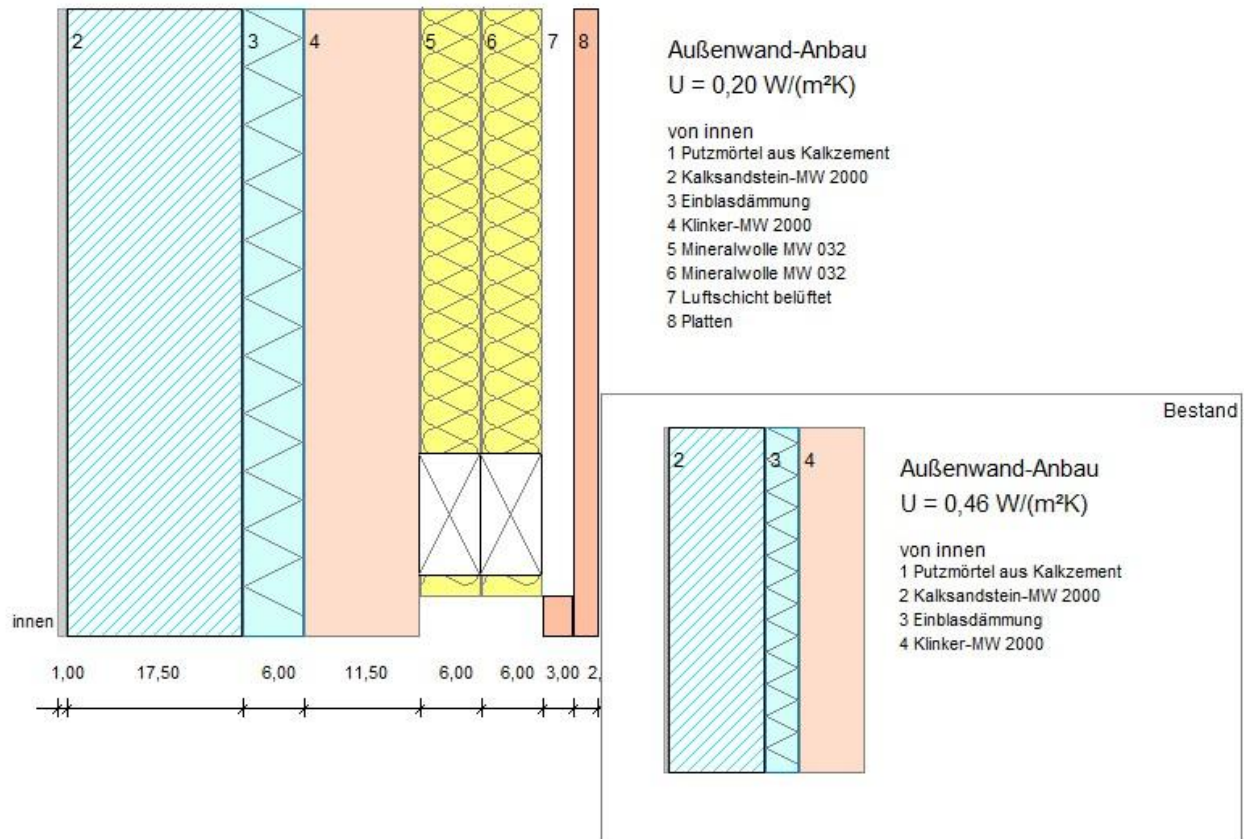
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 26 m² große Bestandsbauteil ist mit 2,1% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Anbau

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Außenwand-Anbau" \Leftrightarrow "SAN-Außenwand-Anbau"

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

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}					0,130	
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010	
02 Kalksandstein-MW 2000	17,50	2000	350,0	1,100	0,159	
03 Einblasdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714	
04 Klinker-MW 2000	11,50	2000	230,0	0,960	0,120	
05 Dämmung	6,00	20	1,2	0,032	1,875	
06 Dämmung	6,00	20	1,2	0,032	1,875	
07 Luftschicht belüftet	3,00	1	0,0	-	-	
08 Platten	2,40	600	14,4	0,130	0,185	
R_{se}					0,040	
d = 53,40					G = 616,0	$R_T = 6,11$

$$U_{\text{Gefach}} = 0,164 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
4,0 cm	62,5 cm	6,4 %	616,0 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}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010
02 Kalksandstein-MW 2000	17,50	2000	350,0	1,100	0,159
03 Einblasdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
04 Klinker-MW 2000	11,50	2000	230,0	0,960	0,120
05 Grundlattung	6,00	-	-	-	-
06 Grundlattung	6,00	-	-	-	-
07 Traglattung	3,00	-	2,0	-	-
08 Platten	2,40	600	14,4	0,130	0,185
R _{se}					0,040
	53,40		615,6	R _T =	2,36

$$U_{(R)} = 0,424 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (93,60\% \cdot 1/6,108 + 6,40\% \cdot 1/2,358) = 5,54 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,936/0,010+0,064/0,010) + 1/(0,936/0,159+0,064/0,159) +$$

$$1/(0,936/1,714+0,064/1,714) + 1/(0,936/0,120+0,064/0,120) + 1/(0,936/1,875+0,06/0,17) +$$

$$1/(0,936/1,875+0,06/0,17) + 1/(0,936/0,185+0,064/0,185) + 0,04 = 4,71 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,12 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 8 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,195 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

$$U \quad 0,20 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

$$U \quad 0,20 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

.....

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Außenwand-Anbau	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,24 W/(m²K)	0,20 W/(m²K)	-18,7 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: **Umax bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen(GEG 2020 A7)**

.....

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Außenwand-Anbau" \leftrightarrow "SAN-Außenwand-Anbau"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

6,0 cm Hanf / Zellulose (ökologische Dämmstoffe) MW 032 - 3,0 cm Luftschicht belüftet - 2,4 cm Platten

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,46 W/(m²K)	0,20 W/(m²K)	-57,6 %
Bauteilfläche		72 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	526.234 kWh/a	-0,8 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.708 kWh/a	
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.693 kg/a	-0,7 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.332 €/a	-0,7 %
Energiekosteneinsparung		299 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		200 €/m²	
Kosten der Maßnahme		14.392 €	
energiesparender Anteil 20 %		2.878 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 10 : 1 **•** gut

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

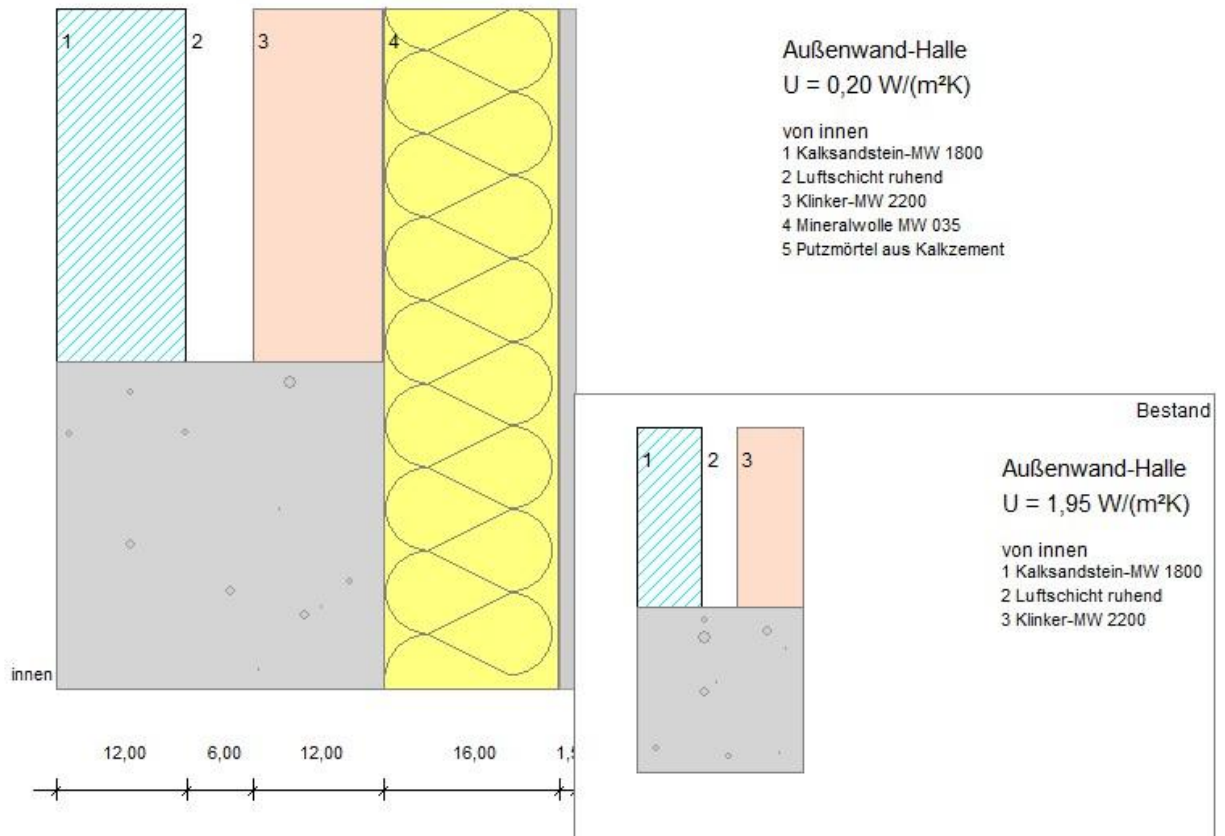
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 72 m² große Bestandsbauteil ist mit 0,9% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Halle

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Außenwand-Halle-Klinker" \Leftrightarrow "SAN-Außenwand-Halle-Klinker"

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}					0,130
01 Kalksandstein-MW 1800	12,00	1800	216,0	0,990	0,121
02 Luftschicht ruhend	6,00	1	0,1	-	0,180
03 Klinker-MW 2200	12,00	2200	264,0	1,200	0,100
04 Dämmung	16,00	20	3,2	0,035	4,571
05 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
R_{se}					0,040
d = 47,50 G = 510,3 $R_T = 5,16$					

$$U_{\text{Gefach}} = 0,194 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
30,0 cm	330,0 cm	9,1 %	532,1 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}						0,130
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104		30,00	2400	720,0	2,100	0,143
02 Dämmung		16,00	20	3,2	0,035	4,571
03 Putzmörtel aus Kalkzement		1,50	1800	27,0	1,000	0,015
R _{se}						0,040
		47,50		750,2		R _T = 4,90

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

$$R'_T = 1 / (90,91\% \cdot 1/5,158 + 9,09\% \cdot 1/4,899) = 5,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,909/0,121+0,091/0,057) + 1/(0,909/0,180+0,091/0,029) + 1/(0,909/0,100+0,091/0,057) + 1/(0,909/4,571+0,091/4,571) + 1/(0,909/0,015+0,091/0,015) + 0,04 = 5,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,11 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 1 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,196 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

$$U \quad 0,20 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

$$U \quad 0,20 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Außenwand-Halle	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,24 W/(m²K)	0,20 W/(m²K)	-18,4 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: Utmax **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen(GEG 2020 A7)**

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Außenwand-Halle-Klinker" ↔ "SAN-Außenwand-Halle-Klinker"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

16,0 cm Hanf / Zellulose (ökologische Dämmstoffe) MW 035 - 1,5 cm Putzmörtel aus Kalkzement

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	1,95 W/(m²K)	0,20 W/(m²K)	-89,9 %
Bauteilfläche		176 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	493.905 kWh/a	-6,9 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.618 kWh/a	-0,4 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	132.883 kg/a	-6,2 %
Energiekosten	45.631 €/a	43.009 €/a	-5,7 %
Energiekosteneinsparung		2.622 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		100 €/m²	
Kosten der Maßnahme		17.580 €	
energiesparender Anteil 15 %		2.637 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 1 : 1 • sehr gut

⁽¹⁾Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

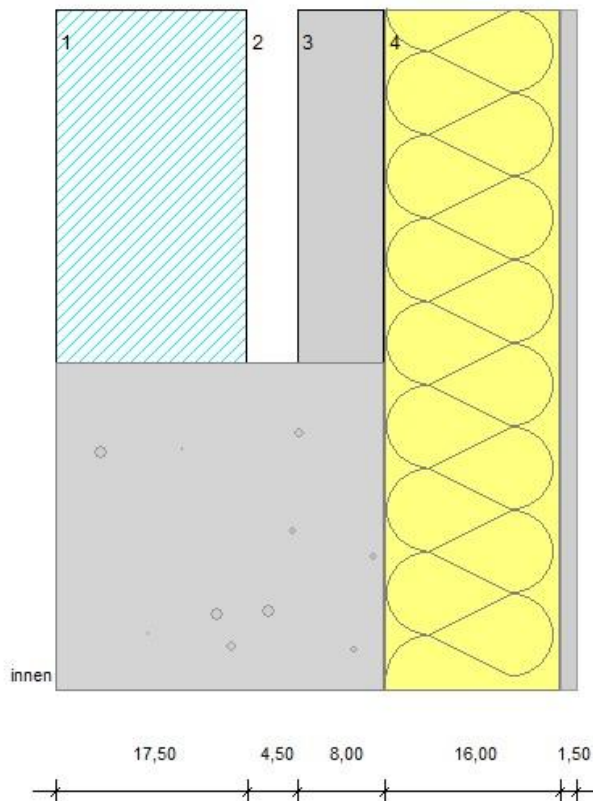
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 176 m² große Bestandsbauteil ist mit 9,7% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

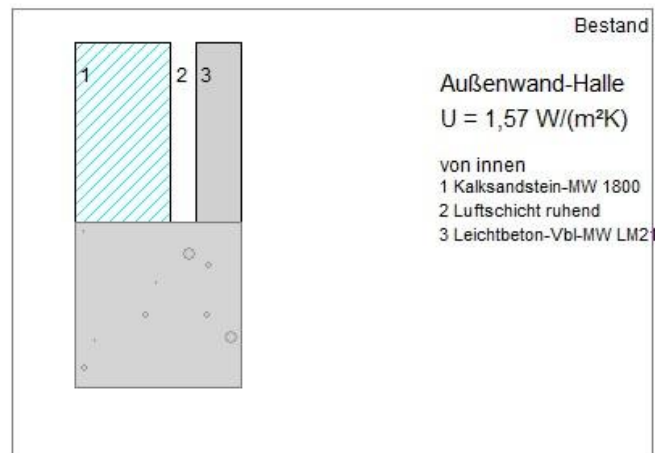
Bauteil: Außenwand-Halle

(Ref-No 1.0)



Außenwand-Halle
 $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

von innen
 1 Kalksandstein-MW 1800
 2 Luftschicht ruhend
 3 Leichtbeton-Vbl-MW LM21 1000
 4 Mineralwolle MW 035
 5 Putzmörtel aus Kalkzement



Außenwand-Halle
 $U = 1,57 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

von innen
 1 Kalksandstein-MW 1800
 2 Luftschicht ruhend
 3 Leichtbeton-Vbl-MW LM21

Bestand + Sanierung "Außenwand-Halle" ↔ "SAN-Außenwand-Halle"

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

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}					0,130	
01 Kalksandstein-MW 1800	17,50	1800	315,0	0,990	0,177	
02 Luftschicht ruhend	4,50	1	0,0	-	0,180	
03 Leichtbeton-Vbl-MW LM21 1000	8,00	1000	80,0	0,340	0,235	
04 Dämmung	16,00	20	3,2	0,035	4,571	
05 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015	
R_{se}					0,040	
d = 47,50					G = 425,2	$R_T = 5,35$

$$U_{\text{Gefach}} = 0,187 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
30,0 cm	330,0 cm	9,1 %	454,8 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}						0,130
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104		30,00	2400	720,0	2,100	0,143
02 Dämmung		16,00	20	3,2	0,035	4,571
03 Putzmörtel aus Kalkzement		1,50	1800	27,0	1,000	0,015
R _{se}						0,040
		47,50		750,2		R _T = 4,90

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

$$R'_T = 1 / (90,91\% \cdot 1/5,348 + 9,09\% \cdot 1/4,899) = 5,30 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,909/0,177+0,091/0,083) + 1/(0,909/0,180+0,091/0,021) + 1/(0,909/0,235+0,091/0,038) + 1/(0,909/4,571+0,091/4,571) + 1/(0,909/0,015+0,091/0,015) + 0,04 = 5,18 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,24 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 1\%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,191 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

$$U \quad 0,19 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

$$U \quad 0,19 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Außenwand-Halle	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,24 W/(m²K)	0,19 W/(m²K)	-20,5 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: Utmax **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen(GEG 2020 A7)**

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Außenwand-Halle" ↔ "SAN-Außenwand-Halle"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

16,0 cm Hanf / Zellulose (ökologische Dämmstoffe) MW 035 - 1,5 cm Putzmörtel aus Kalkzement

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	1,57 W/(m²K)	0,19 W/(m²K)	-87,9 %
Bauteilfläche		470 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	463.453 kWh/a	-12,6 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.535 kWh/a	-0,8 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	125.528 kg/a	-11,4 %
Energiekosten	45.631 €/a	40.821 €/a	-10,5 %
Energiekosteneinsparung		4.810 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		100 €/m²	
Kosten der Maßnahme		47.024 €	
energiesparender Anteil 15 %		7.054 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 1 : 1 • sehr gut

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

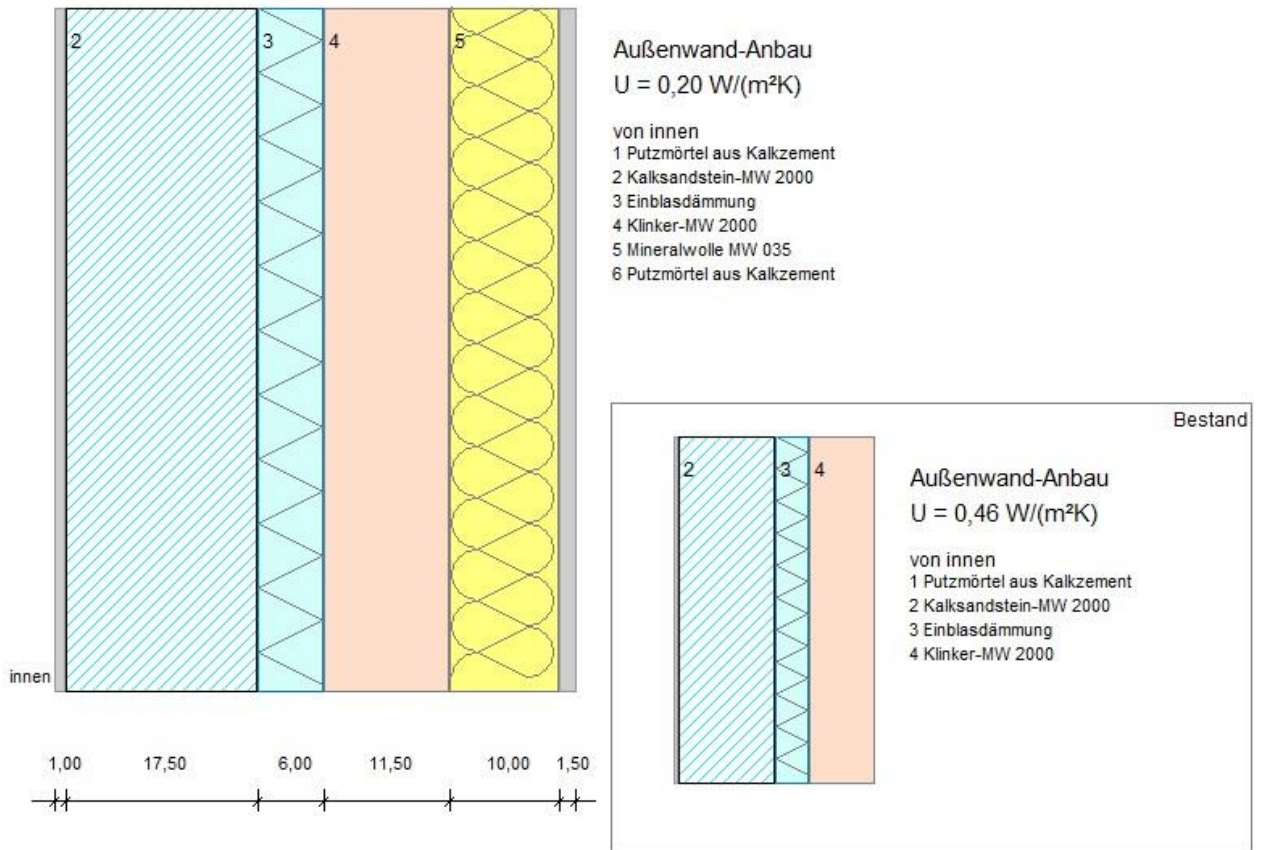
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 470 m² große Bestandsbauteil ist mit 20,9% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Außenwand-Anbau

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Außenwand-Umkleide-Klinker" ↔ "SAN-Außenwand-Umkleide-Klinker"

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}					0,130	
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010	
02 Kalksandstein-MW 2000	17,50	2000	350,0	1,100	0,159	
03 Einblasdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714	
04 Klinker-MW 2000	11,50	2000	230,0	0,960	0,120	
05 Dämmung	10,00	20	2,0	0,035	2,857	
06 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015	
R_{se}					0,040	
d = 47,50					G = 628,2	$R_T = 5,05$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,198 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 0,20 \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \quad \text{OK}$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

$U \quad 0,20 \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \quad \text{OK}$

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Außenwand-Anbau	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,24 W/(m ² K)	0,20 W/(m ² K)	-17,4 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen(GEG 2020 A7)**

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Außenwand-Umkleide-Klinker" \Leftrightarrow "SAN-Außenwand-Umkleide-Klinker" berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

10,0 cm Hanf / Zellulose (ökologische Dämmstoffe) MW 035 - 1,5 cm Putzmörtel aus Kalkzement

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,46 W/(m ² K)	0,20 W/(m ² K)	-56,9 %
Bauteilfläche		117 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	525.006 kWh/a	-1,0 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.704 kWh/a	-0,1 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.396 kg/a	-0,9 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.244 €/a	-0,8 %
Energiekosteneinsparung		387 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		200 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		23.456 €	
energiesparender Anteil 20 %		4.691 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 12 : 1 befriedigend

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

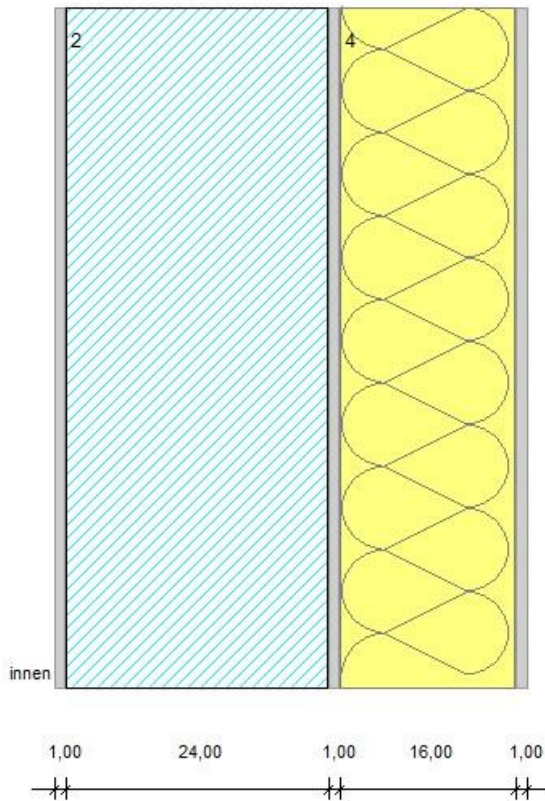
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 117 m² große Bestandsbauteil ist mit 1,5% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

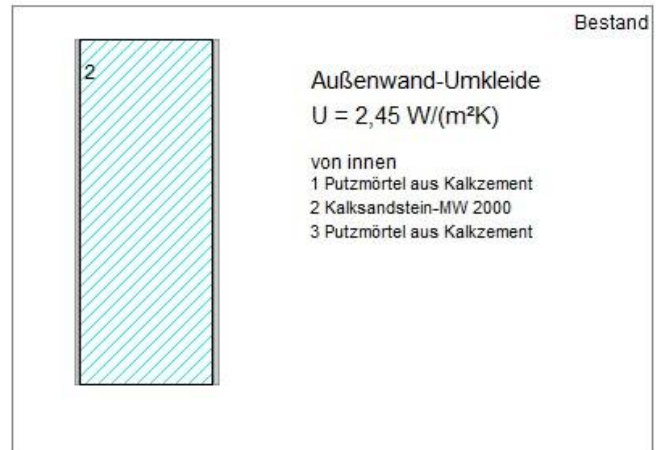
Bauteil: Außenwand-Umkleide

(Ref-No 1.0)



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

von innen
 1 Putzmörtel aus Kalkzement
 2 Kalksandstein-MW 2000
 3 Putzmörtel aus Kalkzement
 4 Mineralwolle MW 035
 5 Putzmörtel aus Kalkzement



Bestand

Außenwand-Umkleide
 $U = 2,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Putzmörtel aus Kalkzement
 2 Kalksandstein-MW 2000
 3 Putzmörtel aus Kalkzement

Bestand + Sanierung "Außenwand-Umkleide" \leftrightarrow "SAN-Außenwand-Umkleide"

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}					0,130	
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010	
02 Kalksandstein-MW 2000	24,00	2000	480,0	1,100	0,218	
03 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010	
04 Dämmung	16,00	20	3,2	0,035	4,571	
05 Putzmörtel aus Kalkzement	1,00	1800	18,0	1,000	0,010	
R_{se}					0,040	
d = 43,00					G = 537,2	$R_T = 4,99$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 0,20 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

$U \quad 0,20 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Außenwand-Umkleide	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,24 W/(m ² K)	0,20 W/(m ² K)	-16,5 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen(GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Außenwand-Umkleide" \Leftrightarrow "SAN-Außenwand-Umkleide"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

16,0 cm Hanf / Zellulose (ökologische Dämmstoffe) MW 035

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	2,45 W/(m ² K)	0,20 W/(m ² K)	-91,8 %
Bauteilfläche		14 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	525.118 kWh/a	-1,0 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.705 kWh/a	-0,1 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.423 kg/a	-0,9 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.252 €/a	-0,8 %
Energiekosteneinsparung		379 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		200 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		2.734 €	
energiesparender Anteil 20 %		547 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 1 : 1 \bullet sehr gut

⁽¹⁾Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

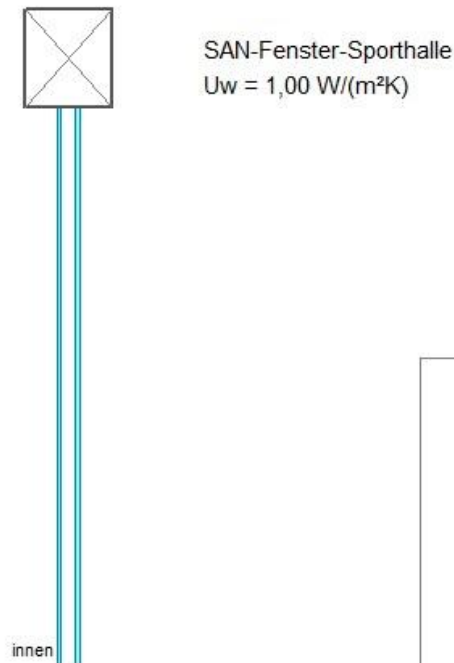
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 14 m² große Bestandsbauteil ist mit 0,9% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: SAN-Fenster-Sporthalle

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Fenster-Sporthalle" ↔ "SAN-Fenster-Sporthalle"

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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}					0,130
01 Glas	0,40	2500	10,0	0,800	0,005
02 Scheibenzwischenraum	1,20	-	-	-	0,170
03 Glas	0,40	2500	10,0	0,800	0,005
R_{se}					0,040
d = 2,00 G = 20,0 $R_T = 0,35$					

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

3-fach Sonnenschutzglas Argon 0,7 24

Rahmen aus Profilen Uf 1.1 - 1.3 W/(m²K), DIN V 4108-4:2002, Tab.7, U_{f,BW} 1.2

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster, Tabellenwert $U_W = 1,00 (1,0) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3
(verbesserter Randverbund)
mit $U_g = 0,70$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

U $1,00 \leq 2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Erneuerung von Fenstern mit Sonderverglasung

U $1,00 \leq 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

SAN-Fenster-Sporthalle

Orientierungsw.

vorhanden

U-Wert	2,00 W/(m ² K)	1,00 W/(m ² K)	-50,0 %
--------	---------------------------	---------------------------	---------

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Fenster mit Sonderverglasungen in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert
bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)**

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Fenster-Sporthalle" ↔ "SAN-Fenster-Sporthalle"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

Hinweis "neue Fenster": Neue Fenster verringern die Wärmeverluste, sparen Energie und steigern die Wohnbehaglichkeit durch höhere Oberflächentemperaturen und weniger Luftbewegungen im Raum (Zugerscheinungen).

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	5,46 W/(m ² K)	1,00 W/(m ² K)	-81,7 %
Bauteilfläche		248 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	415.814 kWh/a	-21,6 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.404 kWh/a	-1,3 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	114.022 kg/a	-19,5 %
Energiekosten	45.631 €/a	37.398 €/a	-18,0 %
Energiekosteneinsparung		8.233 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		200 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		49.500 €	
energiesparender Anteil 30 %		14.850 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 2 : 1 sehr gut

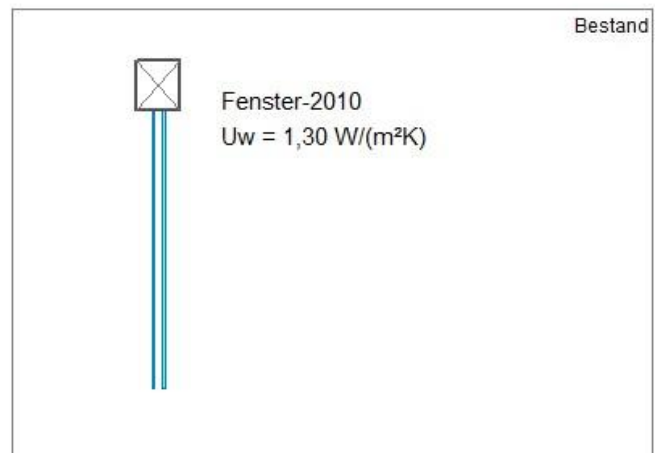
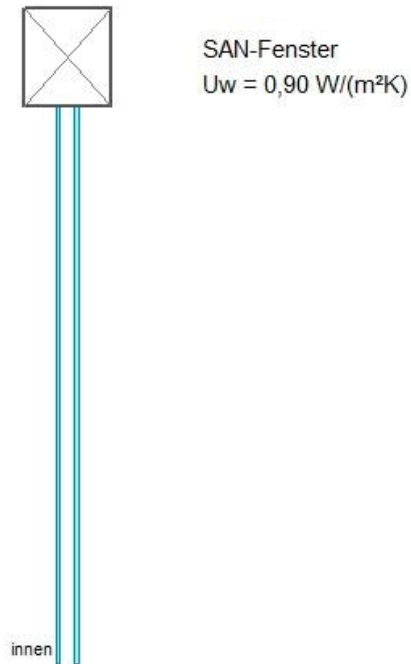
(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 248 m² große Bestandsbauteil ist mit 38,1% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: SAN-Fenster (Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Fenster-2010" \leftrightarrow "SAN-Fenster"

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

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}					0,130
01 Glas	0,40	2500	10,0	0,800	0,005
02 Scheibenzwischenraum	1,20	-	-	-	0,170
03 Glas	0,40	2500	10,0	0,800	0,005
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 2,00	G =	20,0	$R_T =$	0,35

.....

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

3-fach Sonnenschutzglas Argon 0,7 34

Rahmen aus Profilen $U_f < 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, DIN V 4108-4:2004, Tab.9, $U_{f,BW} 0,8$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster, Tabellenwert $U_W = 0,90 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3

(verbessertes Randverbund)

mit $U_g = 0,70$ und $U_f = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

.....

 U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

$U \quad 0,90 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

.....

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Erneuerung von Fenstern

$U \quad 0,90 \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

.....

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

SAN-Fenster	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	$1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	-30,8 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Fenster oder Fenstertüren in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)**

.....

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Fenster-2010" \leftrightarrow "SAN-Fenster"

berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

Hinweis "neue Fenster": Neue Fenster verringern die Wärmeverluste, sparen Energie und steigern die Wohnbehaglichkeit durch höhere Oberflächentemperaturen und weniger Luftbewegungen im Raum (Zugerscheinungen).

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	1,30 W/(m ² K)	0,90 W/(m ² K)	-30,8 %
Bauteilfläche		94 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	524.265 kWh/a	-1,1 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.702 kWh/a	-0,1 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.217 kg/a	-1,0 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.190 €/a	-1,0 %
Energiekosteneinsparung		440 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		500 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		47.150 €	
energiesparender Anteil 30 %		14.145 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 32 : 1 _____ • ___ ungenügend

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

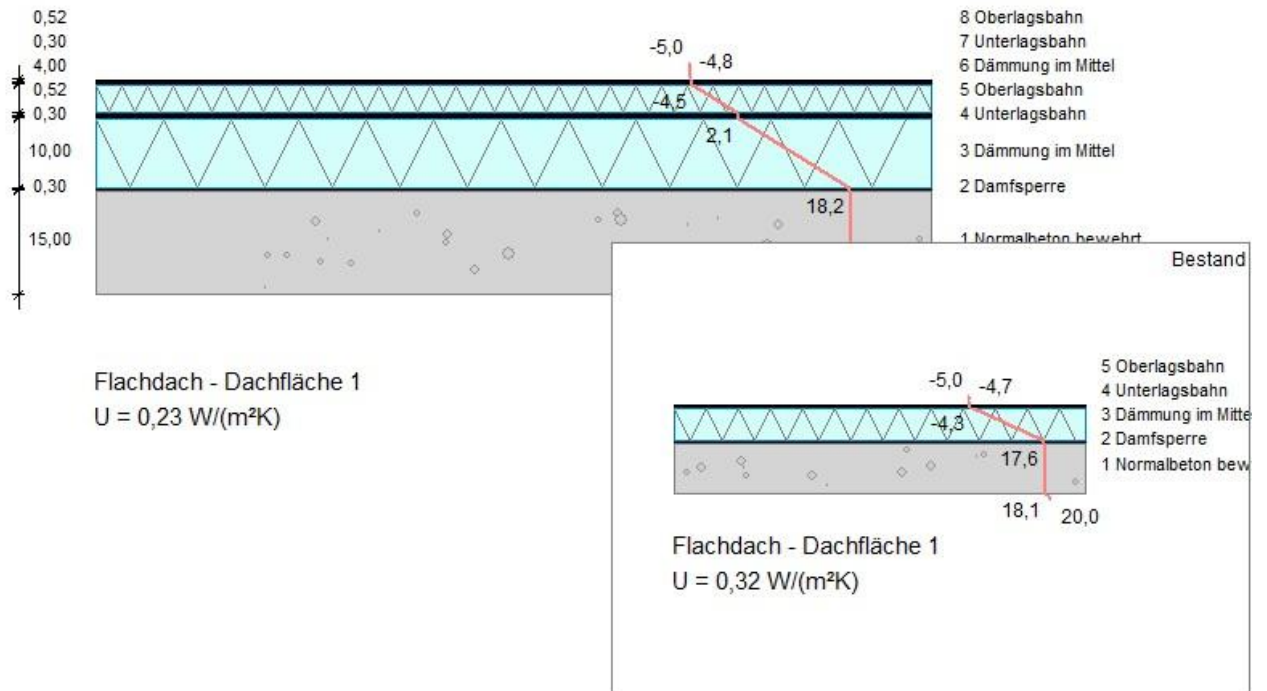
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 94 m² große Bestandsbauteil ist mit 3,5% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 1 - Planung

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Flachdach-1" ↔ "SAN-Flachdach-1b"

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 Normalbeton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
03 Dämmung im Mittel	10,00	20	2,0	0,035	2,857
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
06 Dämmung im Mittel	4,00	20	0,8	0,035	1,143
07 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
08 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
R_{se}					0,040
d = 30,94 G = 386,1 $R_T = 4,33$					

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,231 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

.....

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Dachflächen sowie Decken und Wände zum unbeheizten Dachraum in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,23 ≤ 0,24 W/ (m²K) OK

.....

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U 0,23 > 0,14 W/ (m²K) nicht eingehalten

.....

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

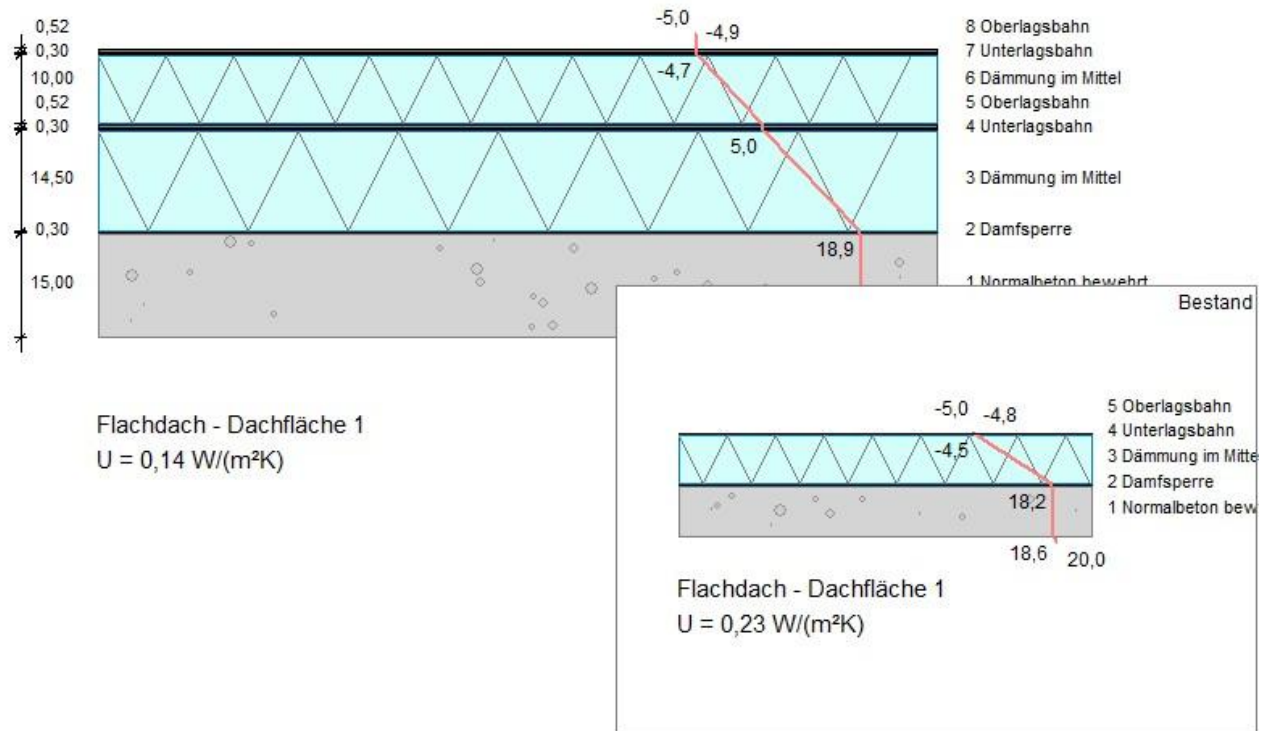
Flachdach - Dachfläche 1	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,24 W/ (m²K)	0,23 W/ (m²K)	-3,7 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau von Dachflächen sowie Decken und Wände zum unbeheizten Dachraum in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 1 (Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Flachdach-1" ↔ "SAN-Flachdach-1"

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04$ m²K/W

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	γ kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 Normalbeton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
03 Dämmung im Mittel	14,50	20	2,9	0,035	4,143
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
06 Dämmung im Mittel	10,00	20	2,0	0,035	2,857
07 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
08 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
R_{se}					0,040
d = 41,44 G = 388,2 $R_T = 7,33$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,137 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U \quad 0,14 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{\max} -Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

$U \quad 0,14 \leq 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Flachdach - Dachfläche 1	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,20 W/(m ² K)	0,14 W/(m ² K)	-31,7 %

"Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$ ", Orientierungswert bei: U_{\max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen** (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Flachdach-1" \Leftrightarrow "SAN-Flachdach-1"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen
10,0 cm Dämmung im Mittel

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,23 W/(m ² K)	0,14 W/(m ² K)	-39,7 %
Bauteilfläche		85 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	527.395 kWh/a	-0,6 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.711 kWh/a	
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.973 kg/a	-0,5 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.415 €/a	-0,5 %
Energiekosteneinsparung		215 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		100 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		8.496 €	
energiesparender Anteil 50 %		4.248 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 20 : 1 ausreichend

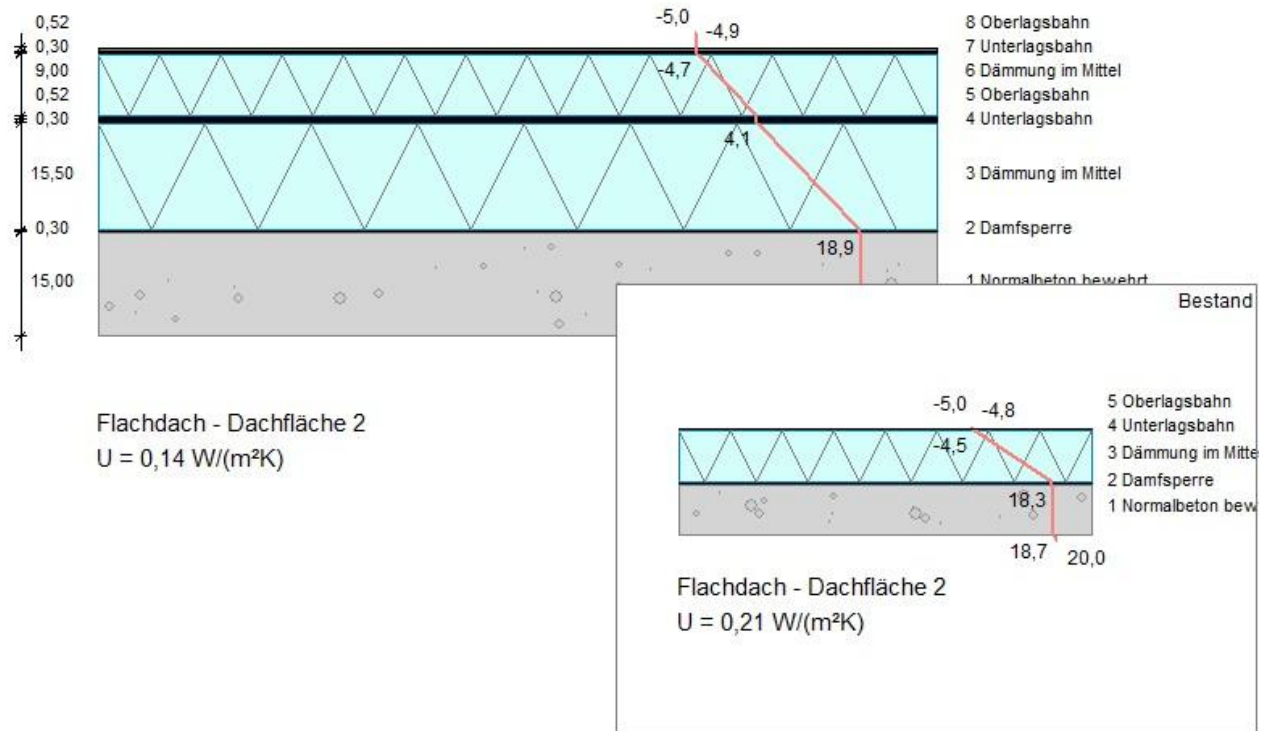
(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 85 m² große Bestandsbauteil ist mit 0,5% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 2

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Flachdach-2" ⇔ "SAN-Flachdach-2"

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

	s	ρ		λ	R
von innen	cm	kg/m³	kg/m²	W/(mK)	m²K/W
R_{si}					0,100
01 Normalbeton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
03 Dämmung im Mittel	15,50	20	3,1	0,035	4,429
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
06 Dämmung im Mittel	9,00	20	1,8	0,035	2,571
07 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
08 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
R_{se}					0,040
d = 41,44 G = 388,2 $R_T = 7,33$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,137 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

U 0,14 ≤ 0,20 W/(m²K) OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U 0,14 ≤ 0,14 W/(m²K) OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Flachdach - Dachfläche 2	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,20 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-31,7 %

"Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen** (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Flachdach-2" ⇔ "SAN-Flachdach-2"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen
9,0 cm Dämmung im Mittel

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,21 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-35,8 %
Bauteilfläche		175 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	526.812 kWh/a	-0,7 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.709 kWh/a	
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.832 kg/a	-0,6 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.373 €/a	-0,6 %
Energiekosteneinsparung		257 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		100 €/m²	
Kosten der Maßnahme		17.500 €	
energiesparender Anteil 50 %		8.750 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 34 : 1 ungenügend

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

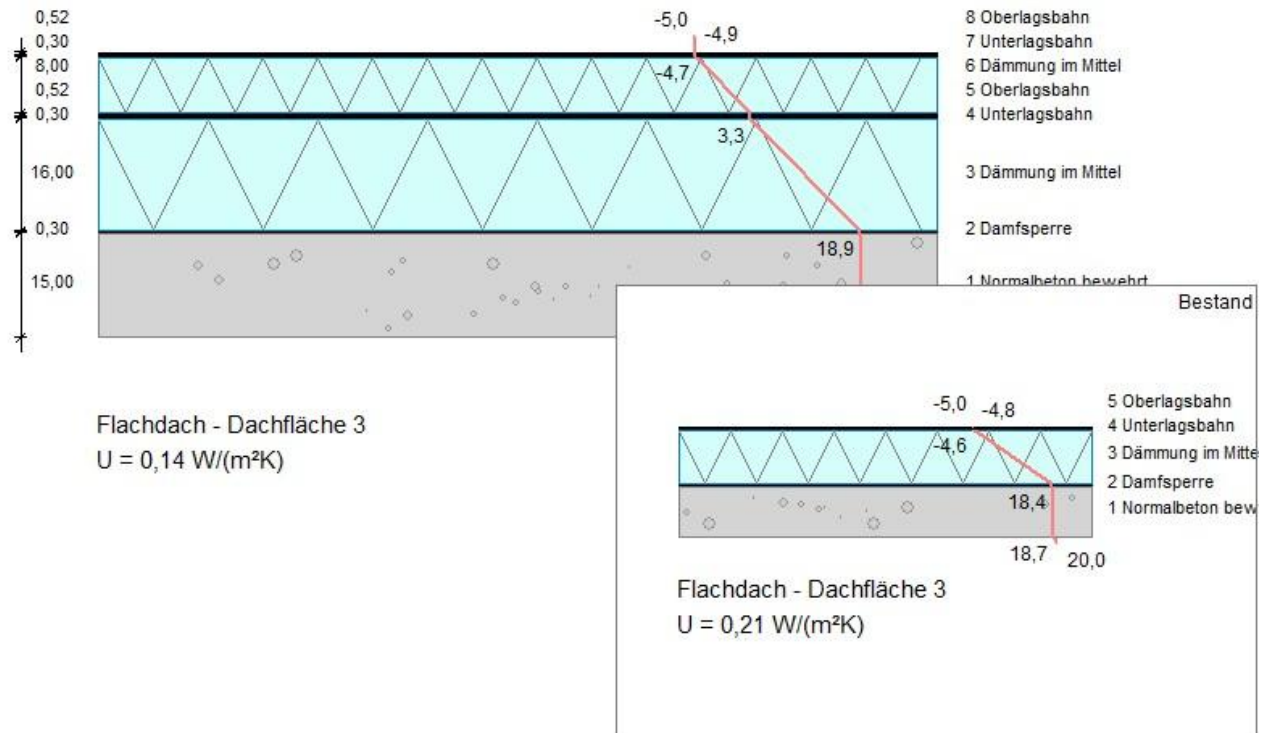
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 175 m² große Bestandsbauteil ist mit 1,0% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 3

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Flachdach-3" ⇔ "SAN-Flachdach-3"

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R _{si}					0,100
01 Normalbeton bewehrt	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
03 Dämmung im Mittel	16,00	20	3,2	0,035	4,571
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
06 Dämmung im Mittel	8,00	20	1,6	0,035	2,286
07 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018
08 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031
R _{se}					0,040
d =					40,94
G =					388,1
R _T =					7,18

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,139 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,14 ≤ 0,20 W/(m²K) OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U 0,14 ≤ 0,14 W/(m²K) OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Flachdach - Dachfläche 3	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,20 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-30,4 %

"Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen** (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Flachdach-3" ⇔ "SAN-Flachdach-3"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen
8,0 cm Dämmung im Mittel

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,21 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-32,5 %
Bauteilfläche		221 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	526.678 kWh/a	-0,7 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.709 kWh/a	
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.800 kg/a	-0,6 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.364 €/a	-0,6 %
Energiekosteneinsparung		267 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		100 €/m²	
Kosten der Maßnahme		22.066 €	
energiesparender Anteil 50 %		11.033 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 41 : 1 ungenügend

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

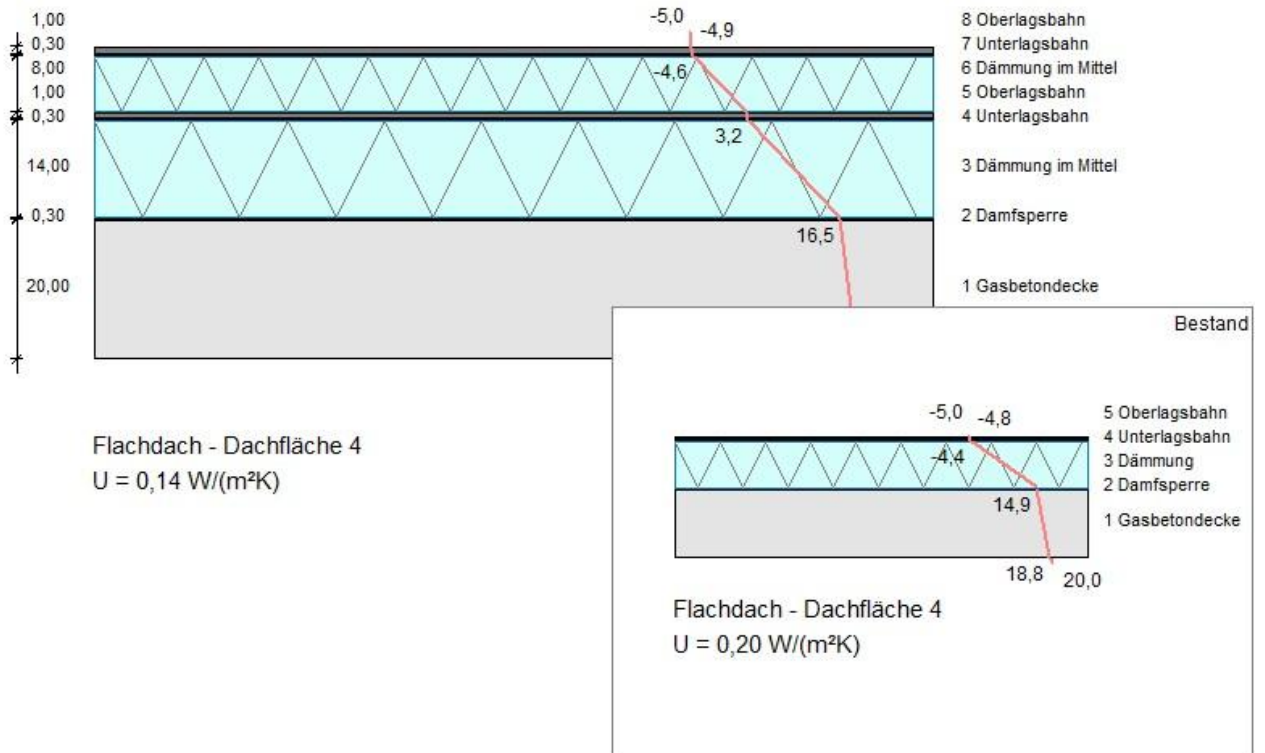
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 221 m² große Bestandsbauteil ist mit 1,3% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 4

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Flachdach-4" ↔ "SAN-Flachdach-4"

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	γ kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W	
R_{si}					0,100	
01 Gasbetondecke	20,00	800	160,0	0,250	0,800	
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
03 Dämmung im Mittel	14,00	20	2,8	0,035	4,000	
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
05 Oberlagsbahn	1,00	1200	12,0	0,170	0,059	
06 Dämmung im Mittel	8,00	20	1,6	0,035	2,286	
07 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
08 Oberlagsbahn	1,00	1200	12,0	0,170	0,059	
R_{se}					0,040	
d = 44,90					G = 199,2	$R_T = 7,40$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,135 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,14 ≤ 0,20 W/(m²K) OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U 0,14 ≤ 0,14 W/(m²K) OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Flachdach - Dachfläche 4	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,20 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-32,4 %

"Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen** (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Flachdach-4" ⇔ "SAN-Flachdach-4"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

14,0 cm Dämmung im Mittel - 8,0 cm Dämmung im Mittel

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,20 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-31,9 %
Bauteilfläche		929 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	521.940 kWh/a	-1,6 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.696 kWh/a	-0,1 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	139.655 kg/a	-1,4 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.024 €/a	-1,3 %
Energiekosteneinsparung		607 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		100 €/m²	
Kosten der Maßnahme		92.880 €	
energiesparender Anteil 25 %		23.220 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 38 : 1 _____ • _____ ungenügend

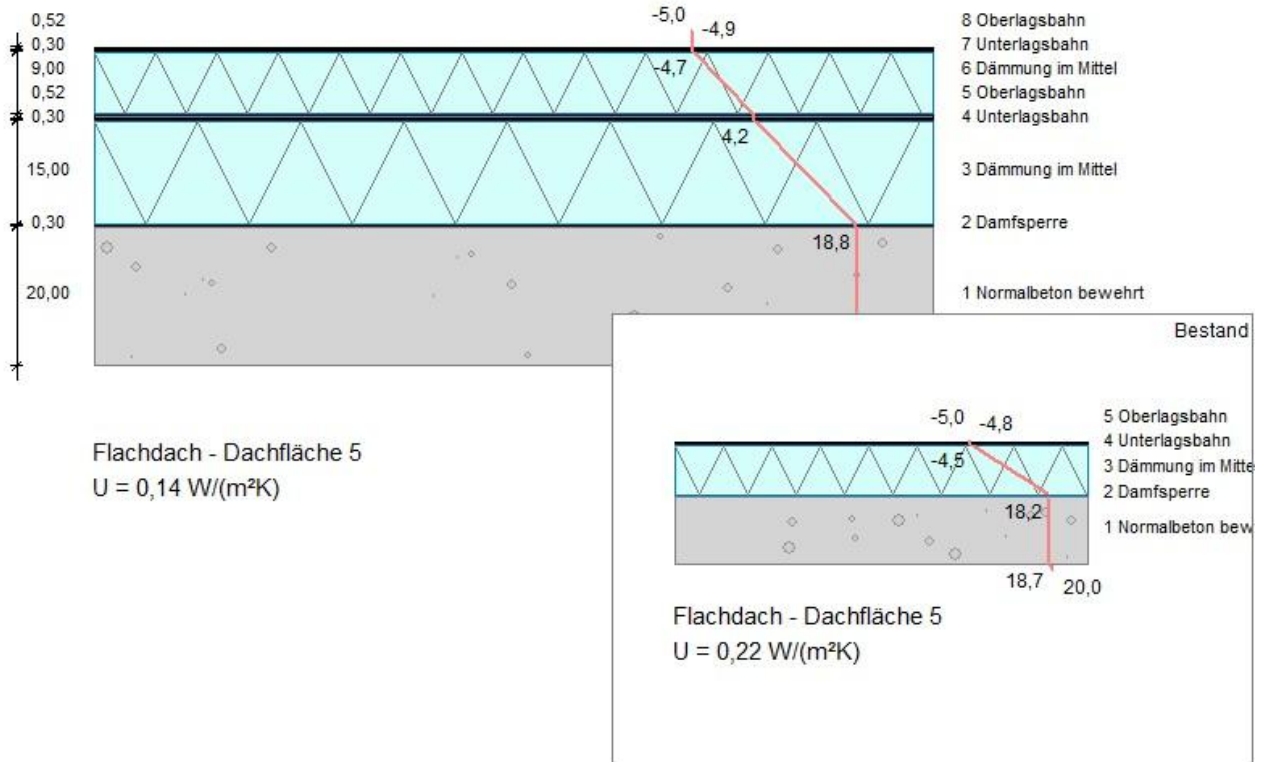
(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 929 m² große Bestandsbauteil ist mit 5,2% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Flachdach - Dachfläche 5 (Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Flachdach-5" ↔ "SAN-Flachdach-5"

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W	
R_{si}					0,100	
01 Normalbeton bewehrt	20,00	2400	480,0	2,100	0,095	
02 Damfsperre	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
03 Dämmung im Mittel	15,00	20	3,0	0,035	4,286	
04 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
05 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031	
06 Dämmung im Mittel	9,00	20	1,8	0,035	2,571	
07 Unterlagsbahn	0,30	1200	3,6	0,170	0,018	
08 Oberlagsbahn	0,52	1200	6,2	0,170	0,031	
R_{se}					0,040	
d = 45,94					G = 508,1	
					$R_T = 7,21$	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,139 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,14 ≤ 0,20 W/(m²K) OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U 0,14 ≤ 0,14 W/(m²K) OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Flachdach - Dachfläche 5	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,20 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-30,6 %

"Erneuerung der Abdichtung (flächig, wasserdicht), bei Kaltdächern inkl. darunter liegender Lattung in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen** (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Flachdach-5" ⇔ "SAN-Flachdach-5"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen
9,0 cm Dämmung

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,22 W/(m²K)	0,14 W/(m²K)	-36,3 %
Bauteilfläche		71 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	527.574 kWh/a	-0,5 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.711 kWh/a	
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	141.016 kg/a	-0,5 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.428 €/a	-0,4 %
Energiekosteneinsparung		203 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		100 €/m²	
Kosten der Maßnahme		7.062 €	
energiesparender Anteil 25 %		1.766 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 9 : 1 • _____ gut

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

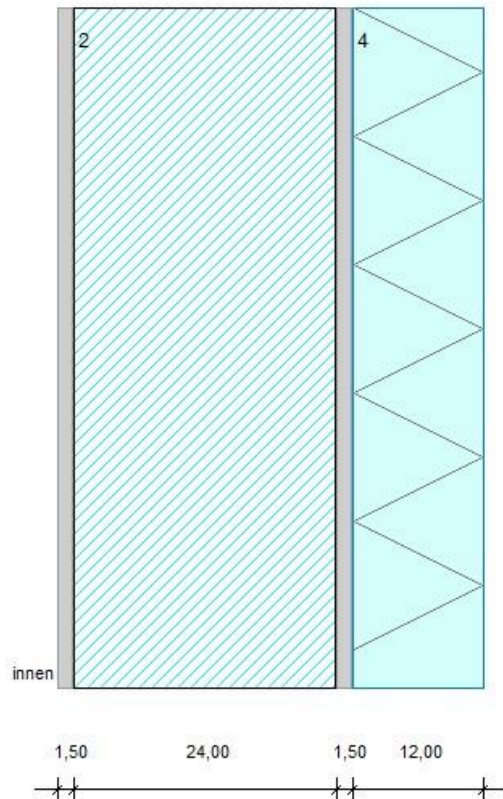
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 71 m² große Bestandsbauteil ist mit 0,4% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

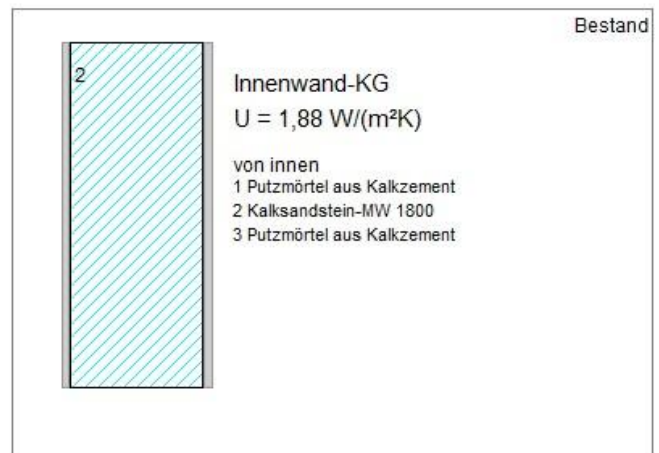
Bauteil: Innenwand-KG

(Ref-No 1.0)



Innenwand-KG
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Putzmörtel aus Kalkzement
 2 Kalksandstein-MW 1800
 3 Putzmörtel aus Kalkzement
 4 EPS 032



Innenwand-KG
 $U = 1,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen
 1 Putzmörtel aus Kalkzement
 2 Kalksandstein-MW 1800
 3 Putzmörtel aus Kalkzement

Bestand + Sanierung "Innenwand-KG" \leftrightarrow "SAN-Innenwand-KG"

Bauteiltyp "Treppenraumwand" (6)

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

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}					0,130	
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015	
02 Kalksandstein-MW 1800	24,00	1800	432,0	0,990	0,242	
03 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015	
04 EPS 032	12,00	20	2,4	0,032	3,750	
R_{se}					0,130	
d = 39,00					G = 488,4	$R_T = 4,28$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,234 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

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

U 0,23 ≤ 0,30 W/(m²K) OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Wänden zum Erdreich / zu unbeheizten Räumen

U 0,23 ≤ 0,25 W/(m²K) OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Innenwand-KG	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,30 W/(m²K)	0,23 W/(m²K)	-22,2 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau von Wänden gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen (mit Ausnahme von Dachräumen) in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19\text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen** (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Innenwand-KG" ↔ "SAN-Innenwand-KG"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen
12,0 cm EPS 032

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	1,88 W/(m²K)	0,23 W/(m²K)	-87,6 %
Bauteilfläche		35 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	525.172 kWh/a	-1,0 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.705 kWh/a	-0,1 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	140.436 kg/a	-0,9 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.256 €/a	-0,8 %
Energiekosteneinsparung		375 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		150 €/m²	
Kosten der Maßnahme		5.209 €	
energiesparender Anteil 50 %		2.605 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 7 : 1 **•** sehr gut

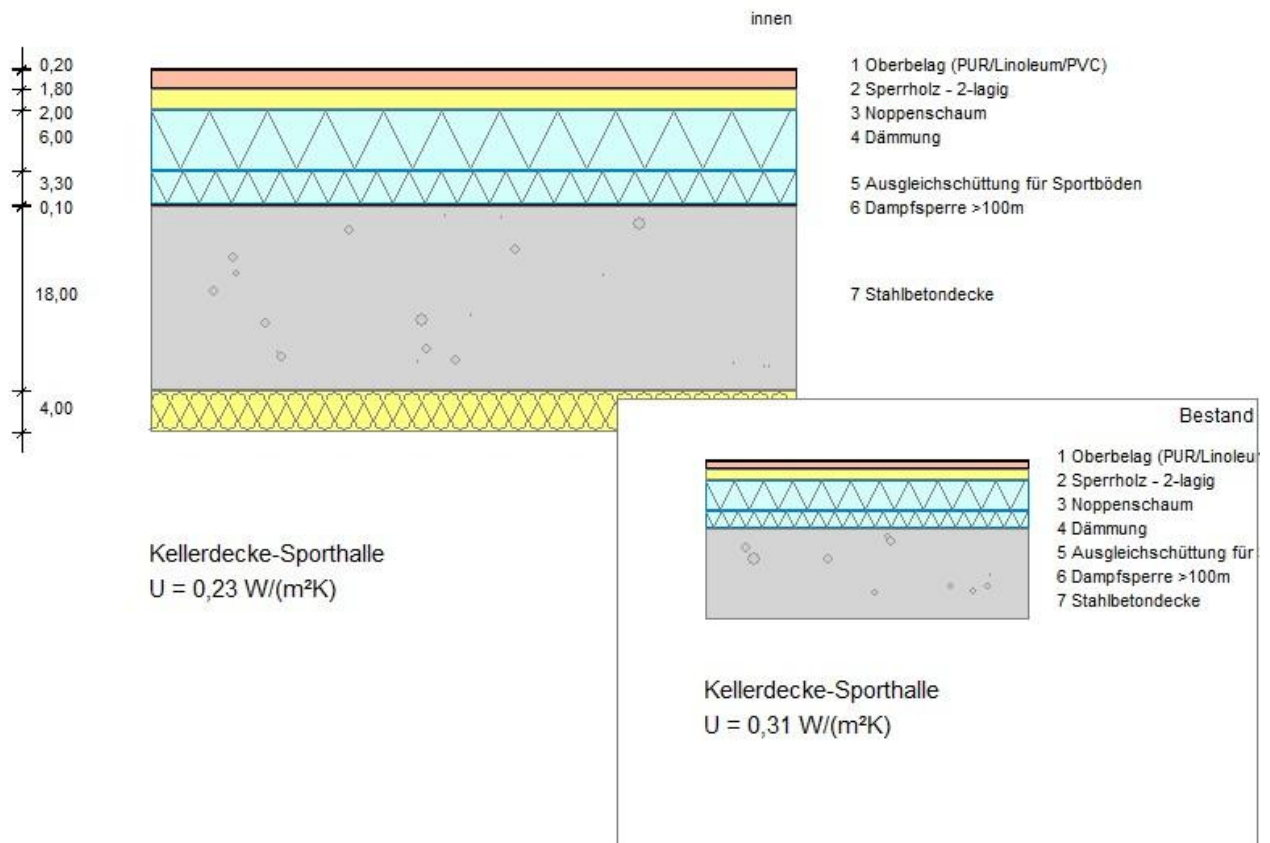
(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 35 m² große Bestandsbauteil ist mit 0,9% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Kellerdecke-Sporthalle

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Kellerdecke-Sporthalle" \leftrightarrow "SAN-Kellerdecke-Sporthalle"

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)

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

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}					0,170	
01 Oberbelag (PUR/Linoleum/PVC)	0,20	1200	2,4	0,170	0,012	
02 Sperrholz - 2-lagig	1,80	600	10,8	0,130	0,138	
03 Noppenschaum	2,00	-	-	0,045	0,444	
04 Dämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714	
05 Ausgleichschüttung für Sportböden	3,30	20	0,7	0,065	0,508	
06 Dampfsperre >100m	0,10	-	-	-	-	
07 Stahlbetondecke	18,00	2400	432,0	2,100	0,086	
08 Dämmung (ökologische Dämmstoffe)	4,00	20	0,8	0,035	1,143	
R_{se}					0,170	
d = 35,40					G = 447,9	$R_T = 4,39$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,228 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U \quad 0,23 \leq 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

$U \quad 0,23 \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Kellerdecke-Sporthalle	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,30 W/(m ² K)	0,23 W/(m ² K)	-24,0 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Kellerdecke-Sporthalle" \leftrightarrow "SAN-Kellerdecke-Sporthalle"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen
4,0 cm Hanf / Zellulose (ökologische Dämmstoffe) MW 035

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,31 W/(m ² K)	0,23 W/(m ² K)	-26,1 %
Bauteilfläche		1031 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	522.128 kWh/a	-1,5 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.697 kWh/a	-0,1 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	139.701 kg/a	-1,4 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.037 €/a	-1,3 %
Energiekosteneinsparung		594 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		20 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		20.627 €	
energiesparender Anteil 50 %		10.313 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 17 : 1 ausreichend

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

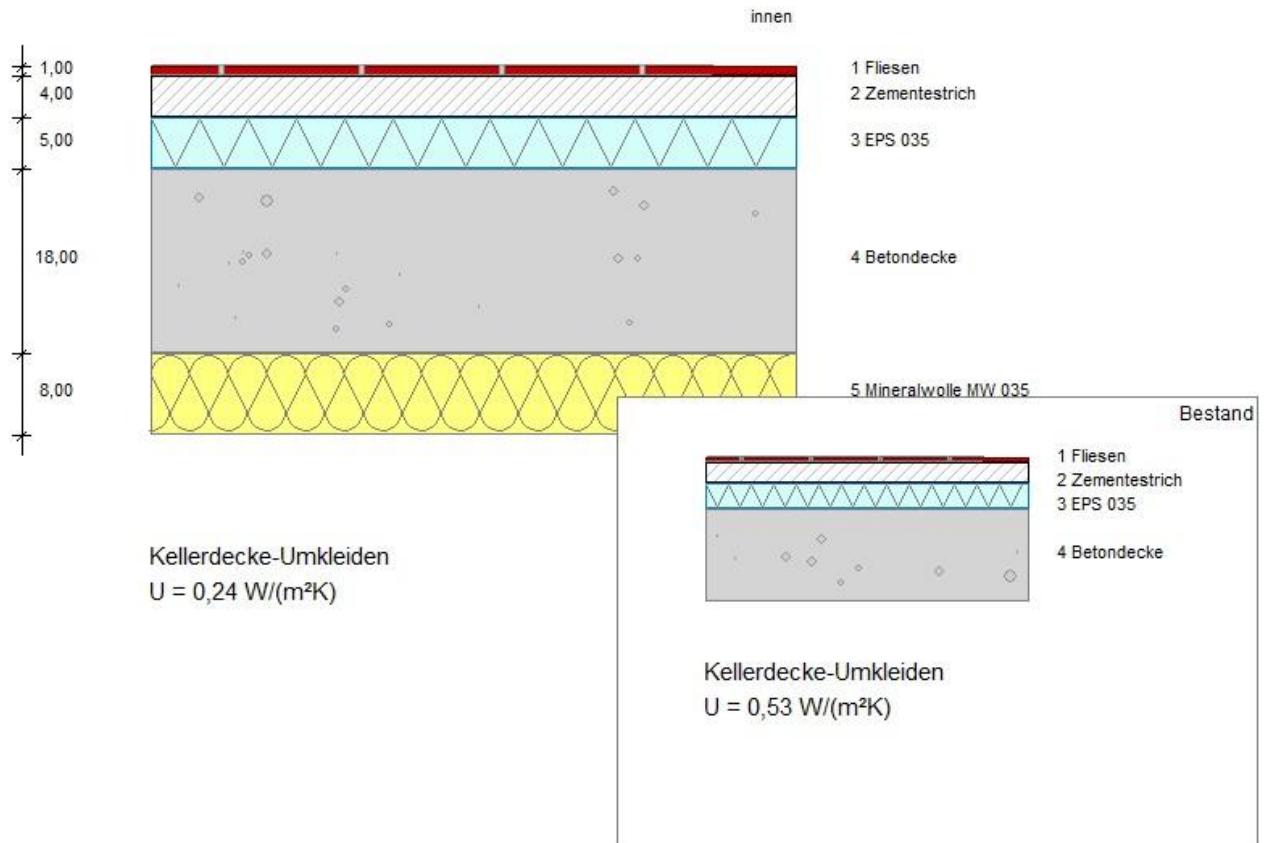
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 1031 m² große Bestandsbauteil ist mit 6,3% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: Kellerdecke-Umkleiden

(Ref-No 1.0)



Bestand + Sanierung "Kellerdecke-Umkleiden" ↔ "SAN-Kellerdecke-Umkleiden"

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)

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

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}					0,170
01 Fliesen	1,00	2000	20,0	1,000	0,010
02 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029
03 EPS 035	5,00	20	1,0	0,035	1,429
04 Betondecke	18,00	2400	432,0	2,100	0,086
05 Dämmung (ökologische Dämmstoffe)	8,00	20	1,6	0,035	2,286
R_{se}					0,170
d = 36,00 G = 534,6 $R_T = 4,18$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,239 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U 0,24 ≤ 0,30 W/(m²K) OK

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

U 0,24 ≤ 0,25 W/(m²K) OK

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

Kellerdecke-Umkleiden	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	0,30 W/(m²K)	0,24 W/(m²K)	-20,2 %

"Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$ ", Orientierungswert bei: U_{max} **bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)**

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Kellerdecke-Umkleiden" ↔ "SAN-Kellerdecke-Umkleiden"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

8,0 cm Hanf / Zellulose (ökologische Dämmstoffe) MW 035

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	0,53 W/(m²K)	0,24 W/(m²K)	-54,7 %
Bauteilfläche		349 m²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	520.282 kWh/a	-1,9 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.691 kWh/a	-0,2 %
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	139.255 kg/a	-1,7 %
Energiekosten	45.631 €/a	44.904 €/a	-1,6 %
Energiekosteneinsparung		726 €/a	
Kosten der Maßnahme je m²		20 €/m²	
Kosten der Maßnahme		6.989 €	
energiesparender Anteil 25 %		1.747 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 2 : 1 **•** sehr gut

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

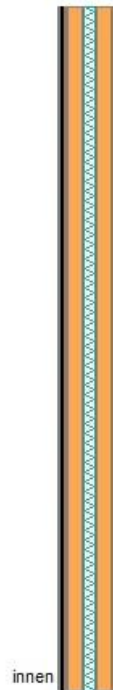
Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 349 m² große Bestandsbauteil ist mit 3,9% an den Bauteilverlusten beteiligt.

Bauteilquerschnitt Bestand + Sanierung

Projekt 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Bauteil: SAN-Außentür

(Ref-No 1.0)



SAN-Außentür
 $U = 1,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

von innen
 1 Deckfurnier
 2 Dampfbremse 30m
 3 Sperrfurnier
 4 Trägerplatte
 5 Dämmung
 6 Trägerplatte
 7 Deckfurnier



Außentür
 $U = 2,90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

von innen
 1 Vollholz
 2 Vollholz

Bestand + Sanierung "Nebentür" \leftrightarrow "SAN-Nebentür"

Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

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}					0,130
01 Deckfurnier	0,20	800	1,6	0,200	0,010
02 Dampfbremse 30m	0,03	-	-	-	-
03 Sperrfurnier	0,20	800	1,6	0,200	0,010
04 Trägerplatte	1,50	800	12,0	0,200	0,075
05 Dämmung	1,25	30	0,4	0,029	0,431
06 Trägerplatte	1,50	800	12,0	0,200	0,075
07 Deckfurnier	0,20	800	1,6	0,200	0,010
R_{se}					0,040
d = 4,88 G = 29,2 $R_T = 0,78$					

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,280 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Erneuerung der Außentüren von Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$, U_{\max} gilt für die Türfläche

$U \quad 1,28 \leq 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.4)

Anforderung: U_{\max} -Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

$U \quad 1,28 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

U-Wert im Bestand (Energieberatung)

(Ref-No 1.15)

SAN-Außentür	Orientierungsw.	vorhanden	
U-Wert	1,80 W/(m ² K)	1,28 W/(m ² K)	-28,9 %

"Erneuerung der Außentüren von Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$, U_{\max} gilt für die Türfläche". Orientierungswert bei: U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

Bauteilsanierung (Energieberatung)

(Ref-No 1.16)

Gegenüberstellung "Nebentür" \Leftrightarrow "SAN-Nebentür"

berechnet mit der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand", Energiebedarf nach DIN V 18599

konstruktive Maßnahmen

0,2 cm Deckfurnier - 0,0 cm Dampfbremse 30m - 0,2 cm Sperrfurnier - 1,5 cm Trägerplatte - 1,3 cm Dämmung - 1,5 cm Trägerplatte - 0,2 cm Deckfurnier

	Bestand	Sanierung	
U-Wert	2,90 W/(m ² K)	1,28 W/(m ² K)	-55,8 %
Bauteilfläche		2 m ²	
Endenergie Erdgas	530.335 kWh/a	528.004 kWh/a	-0,4 %
Endenergie Strom-Mix	25.732 kWh/a	25.713 kWh/a	
CO ₂ -Emissionen ⁽¹⁾	141.690 kg/a	141.120 kg/a	-0,4 %
Energiekosten	45.631 €/a	45.459 €/a	-0,4 %
Energiekosteneinsparung		171 €/a	
Kosten der Maßnahme je m ²		400 €/m ²	
Kosten der Maßnahme		760 €	
energiesparender Anteil 30 %		228 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme = 1 : 1 \bullet _____ sehr gut

(1) Treibhausgas / CO₂-Äquivalent nach GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme)

Der Heizwärme- und Endenergiebedarf "Bestand + Sanierung" wurden mit einer Simulationsrechnung aus der Gebäudeberechnung "2023-08-17-Bestand" ermittelt. Das 2 m² große Bestandsbauteil ist mit 0,1% an den Bauteilverlusten beteiligt.

5.3 Gebäudeberechnungen Bestand

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

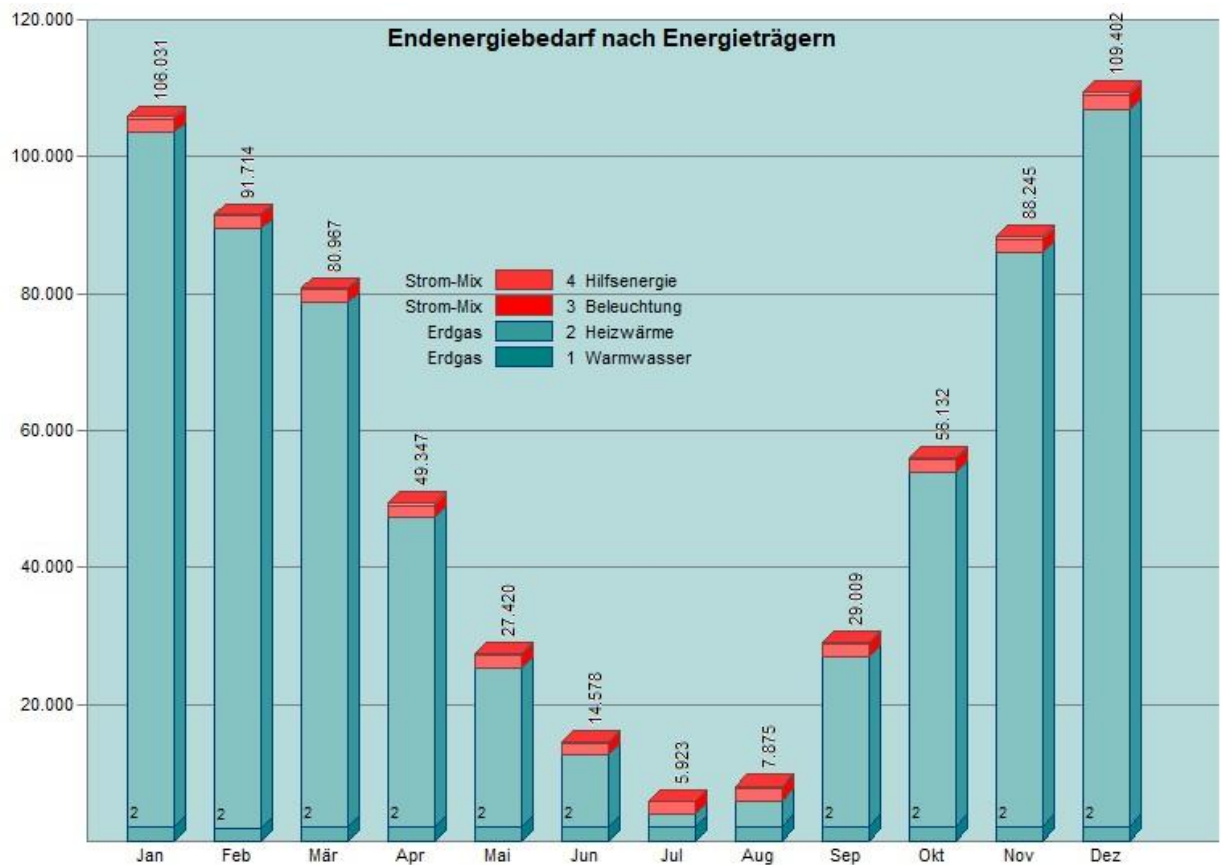
DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "2025-09-24-Bestand"

(Ref-No 5.0)



Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50, Mehrzonenmodell 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

Referenzberechnung: 2025-09-24-Bestand-Referenz2020.dwe

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

1.0 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
<1> Sporthalle	231 Turnhalle (o	300	20,3	15,5	1383	8122
<2> Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,8	75	221
<3> Umkleide	217 Sonstige Auf	250	20,0	17,8	67	202
<4> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,3	17,9	189	542
<5> Lager / Geräteraum	220 Lager, Techn	250	20,3	17,8	95	286
<6> Foyer / Eingang	205 Schalterhall	250	20,2	17,9	41	114
					1.851	9.486

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1851,5 \text{ m}^2$, $n_G = 1$ Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)
(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
Sporthalle						
1 F 0105 FD	1:0	928,8	0,199	1,00 FD	02 50	184,8
2 F 0101 FAW Süd	1:0	70,5	1,574	1,00 FAW	02 50	111,0
3 F 0102 FAW Ost	1:0	220,6	1,574	1,00 FAW	02 50	347,2
4 F 0103 FAW Nord	1:0	175,8	1,948	1,00 FAW	02 50	342,5
5 F 0104 FAW West	1:0	179,1	1,574	1,00 FAW	02 50	282,0
6 A 0101 FF Süd	1:0	115,5	5,456 ##	1,00 FF	50 02	630,2
7 A 0103 FF Nord	1:0	132,0	5,456 ##	1,00 FF	50 02	720,2
8 F 0100 Fg	1:0	928,8	0,308	0,70 FG	50 19 25 21	200,2
Eingang Sporthalle						
9 F 0205 FD	1:0	52,2	0,218	1,00 FD	02 50	11,4
10 F 0201 FAW Süd	1:0	15,3	0,460	1,00 FAW	02 50	7,1
11 F 0204 FAW West	1:0	22,8	0,460	1,00 FAW	02 50	10,5
12 A 0204 FF West	1:0	4,5	1,300 ##	1,00 FF	50 02	5,8
13 T 0204 FAW West , Tü	1:0	3,4	2,899	1,00 FAW	02 50	9,9
14 F 0200 FG	1:0	52,2	1,037	0,50 Ffb	50 19 26 14	27,1
WC - Eingang						
15 F 0305 FD	1:0	18,4	0,218	1,00 FD	02 50	4,0
16 F 0303 FAW Nord	1:0	15,2	0,460	1,00 FAW	02 50	7,0
17 F 0304 FAW West	1:0	9,0	0,460	1,00 FAW	02 50	4,1
18 A 0303 FF Nord	1:0	0,1	1,300 ##	1,00 FF	50 02	0,1

19	A	0304	FF West	1:0	1,9	1,300	##	1,00	FF	50	02	2,4
20	F	0300	FG	1:0	18,4	1,037		0,40	Ffb	50	19 27 14	7,7
Eingang Umkleide												
21	F	0415	FD	1:0	85,0	0,319		1,00	FD	02	50	27,1
22	F	0401	FAW Süd	1:0	21,9	0,460		1,00	FAW	02	50	10,1
23	F	0402	FAW West	1:0	4,1	0,460		1,00	FAW	02	50	1,9
24	F	0403	FAW Süd	1:0	6,8	0,460		1,00	FAW	02	50	3,1
25	F	0404	FAW Ost	1:0	4,1	0,460		1,00	FAW	02	50	1,9
26	F	0405	FAW Süd	1:0	21,9	0,460		1,00	FAW	02	50	10,1
27	F	0406	FAW Ost	1:0	5,2	0,460		1,00	FAW	02	50	2,4
28	F	0414	FAW West	1:0	5,2	0,460		1,00	FAW	02	50	2,4
29	A	0401	FF Süd	1:0	15,2	1,300	##	1,00	FF	50	02	19,7
30	A	0405	FF Süd	1:0	15,2	1,300	##	1,00	FF	50	02	19,7
31	T	0403	FAW Süd , Tür	1:0	20,4	2,899		1,00	FAW	02	50	59,2
32	F	0400	Fg	1:0	85,0	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	33,6
Umkleide 1												
33	F	0507	FD	1:0	26,8	0,226		1,00	FD	02	50	6,1
34	F	0501	FAW Süd	1:0	2,0	2,450		1,00	FAW	02	50	4,9
35	F	0506	FAW West	1:0	13,5	0,460		1,00	FAW	02	50	6,2
36	A	0501	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50	02	9,9
37	A	0506	FF West	1:0	4,4	1,300	##	1,00	FF	50	02	5,7
38	F	0500	Fg	1:0	26,8	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	10,6
Dusche 1												
39	F	0609	FD	1:0	28,6	0,226		1,00	FD	02	50	6,5
40	F	0601	FAW Süd	1:0	3,0	2,450		1,00	FAW	02	50	7,3
41	A	0601	FF Süd	1:0	3,8	1,300	##	1,00	FF	50	02	4,9
42	F	0600	Fg	1:0	28,6	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	11,3
Umkleide 2												
43	F	0707	FD	1:0	23,9	0,226		1,00	FD	02	50	5,4
44	F	0701	FAW Süd	1:0	1,1	2,450		1,00	FAW	02	50	2,7
45	A	0701	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50	02	9,9
46	F	0700	Fg	1:0	23,9	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	9,4
Durchgang												
47	F	0805	FD	1:0	16,5	0,226		1,00	FD	02	50	3,7
48	F	0801	FAW Süd	1:0	1,4	2,450		1,00	FAW	02	50	3,5
49	A	0801	FF Süd	1:0	3,8	1,300	##	1,00	FF	50	02	4,9
50	F	0800	Fg	1:0	16,5	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	6,5
Umkleide 3												
51	F	0907	FD	1:0	23,9	0,226		1,00	FD	02	50	5,4
52	F	0901	FAW Süd	1:0	1,1	2,450		1,00	FAW	02	50	2,7
53	A	0901	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50	02	9,9
54	F	0900	Fg	1:0	23,9	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	9,4
Dusche 2												
55	F	1009	FD	1:0	28,6	0,226		1,00	FD	02	50	6,5
56	F	1001	FAW Süd	1:0	3,0	2,450		1,00	FAW	02	50	7,3
57	A	1001	FF Süd	1:0	3,8	1,300	##	1,00	FF	50	02	4,9
58	F	1000	Fg	1:0	28,6	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	11,3
Umkleide 4												
59	F	1107	FD	1:0	26,8	0,226		1,00	FD	02	50	6,1
60	F	1101	FAW Süd	1:0	2,0	2,450		1,00	FAW	02	50	4,9
61	F	1102	FAW Ost	1:0	13,5	0,460		1,00	FAW	02	50	6,2
62	A	1101	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50	02	9,9
63	A	1102	FF Ost	1:0	4,4	1,300	##	1,00	FF	50	02	5,7
64	F	1100	Fg	1:0	26,8	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	10,6
Flur												
65	F	1213	FD	1:0	81,3	0,206		1,00	FD	02	50	16,7
66	F	1202	FAW Ost	1:0	4,7	0,460		1,00	FAW	02	50	2,2
67	F	1212	FAW West	1:0	4,7	0,460		1,00	FAW	02	50	2,2
68	A	1202	FF Ost	1:0	1,6	1,300	##	1,00	FF	50	02	2,1
69	A	1212	FF West	1:0	1,6	1,300	##	1,00	FF	50	02	2,1
70	F	1200	Fg	1:0	81,3	0,528		0,75	FG	50	19 27 21	32,2
Kellerabgang												

71	F	1305	FD	1:0	28,6	0,206	1,00	F _D	02	50	5,9
72	F	1304	FAW West	1:0	11,6	0,460	1,00	F _{AW}	02	50	5,3
73	T	1304	FAW West , Tü	1:0	1,9	2,899	1,00	F _{AW}	02	50	5,5
Keller											
74	F	1402	Fu	1:0	13,5	1,878	0,50	F _u	50	08	12,6
75	F	1403	Fu	1:0	21,3	1,878	0,50	F _u	50	08	20,0
76	T	1403	Fu , Tür	1:0	1,9	2,899	0,50	F _u	50	08	2,8
77	F	1400	Fbf	1:0	28,6	3,363	0,30	F _{fb}	50	19 28 14	28,9
78	F	1401	Fbw	1:0	23,2	1,538	0,55	F _{wb}	50	19 28 13	19,6
79	F	1404	Fbw West	1:0	13,5	1,538	0,55	F _{wb}	50	19 28 13	11,4
Geräteraum											
80	F	1507	FD	1:0	73,9	0,206	1,00	F _D	02	50	15,2
81	F	1500	Fg	1:0	73,9	0,308	0,75	F _G	50	19 27 21	17,1
WC											
82	F	1605	FD	1:0	8,2	0,206	1,00	F _D	02	50	1,7
83	F	1600	Fg	1:0	8,2	0,528	0,75	F _G	50	19 27 21	3,2
Geräteraum											
84	F	1705	FD	1:0	28,6	0,206	1,00	F _D	02	50	5,9
85	F	1702	FAW Ost	1:0	9,7	0,460	1,00	F _{AW}	02	50	4,4
86	A	1702	FF Ost	1:0	3,8	1,300 ##	1,00	F _F	50	02	4,9
87	F	1700	Fg	1:0	28,6	0,308	0,75	F _G	50	19 27 21	6,6

$\Sigma A [m^2] = 4.249,8$

$\Sigma H_T [W/K] = 3.555,3$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 928,80 / 61,80 = 15,03$ m

2. Bodenplattenmaß B' (26) = 6,81 = 6,81 m

3. Bodenplattenmaß B' (27) = 8,82 = 8,82 m

4. Bodenplattenmaß B' (28) = 2,58 = 2,58 m

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x-Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 21 Kellerdecke / Innenwand zum unbeheizten Keller, Kellerfußboden ungedämmt, ohne Perimeterdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26 F_x-Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 27 F_x-Tabellenwert für das 3. Bodenplattenmaß.
- 28 F_x-Tabellenwert für das 4. Bodenplattenmaß.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

(Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 425,0$ W/K (12,0 %, 0,100 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

(Ref-No 5.2.2)

Transferkoeffizienten	H _{T,D}	H _{T,s}	H _{T,iu}	ΣH_T	H _{T,iz}	H _{T,zi}
Transmission	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K
<1> Sporthalle	3488	95	398	3980	0	0
<2> Sanitär	0	0	0	0	0	0
<3> Umkleide	0	0	0	0	0	0
<4> Verkehrsflächen	0	0	0	0	0	0

<5> Lager / Geräteraum	0	0	0	0	0	0
<6> Foyer / Eingang	0	0	0	0	0	0
	3488	95	398	3980		

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmekoeffizient

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 3.980,3 / 4.249,8 = \mathbf{0,94 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25 \cdot 1,4$ (140%-Regel und §50 mit Rundungsregel)

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

		opake Bauteile [W/ (m ² K)]	Fenster [W/ (m ² K)]	Vorhangf. [W/ (m ² K)]	Oberl. [W/ (m ² K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,56	2,66	2,66	4,34
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,84	4,90	5,32	5,46
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,51	4,31		

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 4,31 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,66 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 62,0\%$

3.0 Lüftungswärmtransfer (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 $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \sum A / V = 6 \cdot 4250 / 9486 = 2,69$ (Gl.68)

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

$$e_{wind} = 0.07 f_{wind} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h ⁻¹	V_A m ³ / (m ² 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
<1> Sporthalle	-	3,14	3,00	0,51	0,22	0,15	0,34	17
<2> Sanitär	-	4,00	15,00	5,08	0,13	2,80	-	13
<3> Umkleide	-	4,00	7,00	2,33	0,13	1,31	-	13
<4> Verkehrsfläche	-	4,00	0,00	0,00	0,28	0,10	-	-
<5> Lager / Geräte	-	4,00	0,15	0,05	0,28	0,10	-	-
<6> Foyer / Eingan	-	4,00	2,00	0,73	0,28	0,32	-	-
⇒ WE-Betrieb ...								
<1> Sporthalle			0,00	0,00	0,22	0,10		
<2> Sanitär			0,00	0,00	0,28	0,10		
<3> Umkleide			0,00	0,00	0,28	0,10		
<4> Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,28	0,10		

<5> Lager / Geräteraum	0,00	0,00	0,28	0,10
<6> Foyer / Eingang	0,00	0,00	0,28	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 2786 / 2786 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 1119 m³/h, nutzungsabhängig

Zone <3> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 471 m³/h, nutzungsabhängig

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 6 /

$\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (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
<1> Sporthalle	8.122	0	607	409	1.015	671	2,7
<2> Sanitär	221	0	10	210	219	0	2,9
<3> Umkleide	202	0	9	90	99	0	2,9
<4> Verkehrsflächen	542	0	52	18	70	0	
<5> Lager / Geräteraum	286	0	27	10	37	0	
<6> Foyer / Eingang	114	0	11	12	23	0	

0 715 749 1464 671

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Sporthalle		0	607	276	883		
<2> Sanitär		0	21	7	28		
<3> Umkleide		0	19	7	26		
<4> Verkehrsflächen		0	52	18	70		
<5> Lager / Geräteraum		0	27	10	37		
<6> Foyer / Eingang		0	11	4	15		

0 737 323 1059

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

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

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

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

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

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

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

(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
6 A 0101 FF Süd	1	80,85	59/ 113	63/ 63	7100
7 A 0103 FF Nord	1	92,40	10/ 81	63/ 63	"

12	A	0204	FF West	1	3,11	17/ 117	44/ 44	"	0,6/ 3,8
18	A	0303	FF Nord	1	0,07	10/ 81	44/ 44	"	0,0/ 0,1
19	A	0304	FF West	1	1,31	17/ 117	44/ 44	"	0,2/ 1,6
29	A	0401	FF Süd	1	10,62	59/ 113	44/ 44	"	6,6/ 12,6
30	A	0405	FF Süd	1	10,62	59/ 113	44/ 44	"	6,6/ 12,6
36	A	0501	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
37	A	0506	FF West	1	3,09	17/ 117	44/ 44	"	0,6/ 3,8
41	A	0601	FF Süd	1	2,65	59/ 113	44/ 44	"	1,6/ 3,1
45	A	0701	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
49	A	0801	FF Süd	1	2,65	59/ 113	44/ 44	"	1,6/ 3,1
53	A	0901	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
57	A	1001	FF Süd	1	2,65	59/ 113	44/ 44	"	1,6/ 3,1
62	A	1101	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
63	A	1102	FF Ost	1	3,09	25/ 138	44/ 44	"	0,8/ 4,5
68	A	1202	FF Ost	1	1,11	25/ 138	44/ 44	"	0,3/ 1,6
69	A	1212	FF West	1	1,11	17/ 117	44/ 44	"	0,2/ 1,4
86	A	1702	FF Ost	1	2,65	25/ 138	44/ 44	"	0,7/ 3,8

239,30

121/ 333

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

$Q_S = \text{Strahlungsgewinn pro Tag} = A \cdot F_F \cdot g_{\text{eff}} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{\text{eff}} = f(F_S, F_W, g_{\perp})$ (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 $G3 = 30$

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

$a_{Wj} / a_{S0} =$ Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A	U	α	h_T	$I_{S, \text{Jul}}$	$Q_{S, \text{Jul}}$		
		m ²	W/ (m ² K)		W/ (m ² K)	W/m ²	kWh/d		
1	F 0105 FD	-	1	928,8	0,20	0,50	4,50	210	10,6
2	F 0101 FAW Süd	S	1	70,5	1,57	0,50	4,50	113	3,6
3	F 0102 FAW Ost	O	1	220,6	1,57	0,50	4,50	138	15,5
4	F 0103 FAW Nord	N	1	175,8	1,95	0,50	4,50	81	5,9
5	F 0104 FAW West	W	1	179,1	1,57	0,50	4,50	117	9,7
9	F 0205 FD	-	1	52,2	0,22	0,50	4,50	210	0,7
10	F 0201 FAW Süd	S	1	15,3	0,46	0,50	4,50	113	0,2
11	F 0204 FAW West	W	1	22,8	0,46	0,50	4,50	117	0,4
13	T 0204 FAW West	W	1	3,4	2,90	0,50	4,50	117	0,3
15	F 0305 FD	-	1	18,4	0,22	0,50	4,50	210	0,2
16	F 0303 FAW Nord	N	1	15,2	0,46	0,50	4,50	81	0,1
17	F 0304 FAW West	W	1	9,0	0,46	0,50	4,50	117	0,1
21	F 0415 FD	-	1	85,0	0,32	0,50	4,50	210	1,6
22	F 0401 FAW Süd	S	1	21,9	0,46	0,50	4,50	113	0,3
23	F 0402 FAW West	W	1	4,1	0,46	0,50	4,50	117	0,1
24	F 0403 FAW Süd	S	1	6,8	0,46	0,50	4,50	113	0,1
25	F 0404 FAW Ost	O	1	4,1	0,46	0,50	4,50	138	0,1
26	F 0405 FAW Süd	S	1	21,9	0,46	0,50	4,50	113	0,3
27	F 0406 FAW Ost	O	1	5,2	0,46	0,50	4,50	138	0,1
28	F 0414 FAW West	W	1	5,2	0,46	0,50	4,50	117	0,1
31	T 0403 FAW Süd	S	1	20,4	2,90	0,50	4,50	113	1,9
33	F 0507 FD	-	1	26,8	0,23	0,50	4,50	210	0,3
34	F 0501 FAW Süd	S	1	2,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
35	F 0506 FAW West	W	1	13,5	0,46	0,50	4,50	117	0,2

39	F	0609	FD	-	1	28,6	0,23	0,50	4,50	210	0,4
40	F	0601	FAW Süd	S	1	3,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
43	F	0707	FD	-	1	23,9	0,23	0,50	4,50	210	0,3
44	F	0701	FAW Süd	S	1	1,1	2,45	0,50	4,50	113	0,1
47	F	0805	FD	-	1	16,5	0,23	0,50	4,50	210	0,2
48	F	0801	FAW Süd	S	1	1,4	2,45	0,50	4,50	113	0,1
51	F	0907	FD	-	1	23,9	0,23	0,50	4,50	210	0,3
52	F	0901	FAW Süd	S	1	1,1	2,45	0,50	4,50	113	0,1
55	F	1009	FD	-	1	28,6	0,23	0,50	4,50	210	0,4
56	F	1001	FAW Süd	S	1	3,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
59	F	1107	FD	-	1	26,8	0,23	0,50	4,50	210	0,3
60	F	1101	FAW Süd	S	1	2,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
61	F	1102	FAW Ost	O	1	13,5	0,46	0,50	4,50	138	0,3
65	F	1213	FD	-	1	81,3	0,21	0,50	4,50	210	1,0
66	F	1202	FAW Ost	O	1	4,7	0,46	0,50	4,50	138	0,1
67	F	1212	FAW West	W	1	4,7	0,46	0,50	4,50	117	0,1
71	F	1305	FD	-	1	28,6	0,21	0,50	4,50	210	0,3
72	F	1304	FAW West	W	1	11,6	0,46	0,50	4,50	117	0,2
73	T	1304	FAW West	W	1	1,9	2,90	0,50	4,50	117	0,2
80	F	1507	FD	-	1	73,9	0,21	0,50	4,50	210	0,9
82	F	1605	FD	-	1	8,2	0,21	0,50	4,50	210	0,1
84	F	1705	FD	-	1	28,6	0,21	0,50	4,50	210	0,3
85	F	1702	FAW Ost	O	1	9,7	0,46	0,50	4,50	138	0,2

2.354,6

59,3

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

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)

4.3 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> Sporthalle	8.620	7.130	2.703	1.945	3.759	3.145	7.020	87.322
<2> Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> Umkleide	-	-	-	-	-	-	-	-
<4> Verkehrsfl	-	-	-	-	-	-	-	-
<5> Lager / Ge	-	-	-	-	-	-	-	-
<6> Foyer / Ei	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
<1> Sporthalle	790	276	-	-	49	6	415	10.552
<2> Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> Umkleide	-	-	-	-	-	-	-	-
<4> Verkehrsfl	-	-	-	-	-	-	-	-
<5> Lager / Ge	-	-	-	-	-	-	-	-
<6> Foyer / Ei	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.410	7.406	2.703	1.946	3.808	3.151	7.436	97.873

5.0 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> Sporthalle	1029	64,8	-	0,0	64,8
<2> Sanitär	18	-	-	0,0	0,0
<3> Umkleide	101	9,4	0,8	0,0	10,2
<4> Verkehrsflächen	185	-	-	0,0	0,0
<5> Lager / Geräteraum	103	-	-	0,0	0,0
<6> Foyer / Eingang	52	1,8	1,3	0,0	3,1

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Sporthalle	-	-	0,0	0,0
<2> Sanitär	-	-	0,0	0,0
<3> Umkleide	-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	-	-	0,0	0,0
<5> Lager / Geräteraum	-	-	0,0	0,0
<6> Foyer / Eingang	-	-	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> Sporthalle	0,0	65,9	20,7	0,0	0,0
<2> Sanitär	0,0	3,2	4,7	2,0	0,0
<3> Umkleide	0,0	4,5	4,2	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	0,0	3,3	11,9	0,0	0,0
<5> Lager / Geräteraum	0,0	0,4	6,0	0,0	0,0
<6> Foyer / Eingang	0,0	1,7	2,6	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

6.0 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	Σ H _T W/K	Σ H _V	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
<1> Sporthalle	3980	1015	671	2666	276	0,104
<2> Sanitär	0	219	0	118	12	0,100
<3> Umkleide	0	99	0	50	21	0,410
<4> Verkehrsflächen	0	70	0	40	19	0,460
<5> Lager / Geräteraum	0	37	0	21	8	0,381
<6> Foyer / Eingang	0	23	0	12	8	0,655

Zone	C _{wirk} Wh/ (m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> Sporthalle	50	5667	12,20	1,76	0,984	0,992
<2> Sanitär	50	219	17,02	2,06	0,992	1,000
<3> Umkleide	50	99	34,08	3,13	0,963	1,000
<4> Verkehrsflächen	50	70	135,34	9,46	1,000	1,000
<5> Lager / Geräteraum	50	37	128,95	9,06	1,000	1,000
<6> Foyer / Eingang	50	23	89,17	6,57	0,978	1,000

$\Sigma HT = HT_{,D} + HT_{,S} + HT_{,iU} =$ Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $HT_{,iZ}$ siehe Q_{sink}
 $\Sigma HV =$ Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung
 $\Sigma HV_{,mech} =$ 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
 $\tau =$ Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit $H =$ Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung
 $a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16 =$ numerischer Parameter
 $\eta =$ Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143
 $\eta_{WE} =$ Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 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	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,8	20,9	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3
$T_{i, 2}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 3}$	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
$T_{i, 4}$	°C	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3
$T_{i, 5}$	°C	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,8	20,9	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3
$T_{i, 6}$	°C	20,2	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,6	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i, 2}$	°C	17,8	18,0	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8
$T_{i, 3}$	°C	17,8	18,0	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8
$T_{i, 4}$	°C	17,9	18,0	18,4	19,2	19,9	20,3	20,7	20,6	20,0	19,2	18,4	17,9
$T_{i, 5}$	°C	17,8	18,0	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8
$T_{i, 6}$	°C	17,9	18,0	18,5	19,2	19,9	20,3	20,7	20,6	20,0	19,2	18,4	17,9

7.1 Zone <1> Sporthalle (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 (82,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,3$ °C und $Q_l = 64,8$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (17,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}	0,834	0,934	0,983	0,989	0,984	0,983	0,960	0,818
$\eta_{source,WE}$	0,758	0,937	0,994	0,997	0,992	0,993	0,966	0,725

$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	2.120	1.225	1.185	1.225	1.225	1.106	1.225	13.890
t_h	h	592	744	720	744	744	672	744	7.065
$Q_{h,b,RE}$	kWh	13.637	29.880	49.893	63.014	61.007	52.540	45.417	361.201
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	2.471	5.880	7.901	7.486	6.369	4.875	36.784
Q_T	kWh	17.142	31.012	44.489	54.836	54.560	47.027	44.308	363.658
Q_V	kWh	5.948	11.464	16.920	21.060	20.882	17.976	16.662	133.730
Q_S^*	kWh	7.722	6.921	2.662	1.927	3.751	3.105	7.147	70.407
Q_I^*	kWh	2.780	3.369	3.675	3.991	3.909	3.481	3.603	35.386

$\eta_{source} / \eta_{source,WE}$ = 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

7.2 Zone <2> Sanitär (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$ und $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,980	0,993	0,994	0,989	0,992	0,990	0,989	0,965
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	34	60	64	66	66	60	66	557
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.291
$Q_{h,b,RE}$	kWh	585	1.104	1.577	1.934	1.927	1.666	1.578	12.725
$Q_{h,b,WE}$	kWh	2	4	26	44	43	35	24	186
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	721	1.278	1.817	2.234	2.223	1.917	1.811	14.988
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	134	170	214	256	253	217	210	2.075

7.3 Zone <3> Umkleide (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$ und $Q_i = 10,2 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,967	0,985	0,946	0,955	0,963	0,958	0,949	0,844
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	31	55	58	60	60	54	60	492
t_h	h	544	744	720	744	744	672	744	6.750
$Q_{h,b,RE}$	kWh	31	246	461	588	594	514	468	3.321
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1	4	22	36	36	29	20	154
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	343	608	865	1.063	1.057	912	862	7.131
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Q _I *	kWh	311	358	382	439	428	369	374	3.749
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

7.4 Zone <4> Verkehrsflächen
(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,3 \text{ °C}$ und $Q_l = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,9 \text{ °C}$ und $Q_l = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{source, WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	85	151	162	168	168	152	168	1.409
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.647
$Q_{h, b, RE}$	kWh	157	318	405	459	463	410	415	3.210
$Q_{h, b, WE}$	kWh	3	5	39	64	64	52	36	273
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	313	555	789	970	965	832	787	6.508
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	153	231	345	447	438	371	336	3.033

7.5 Zone <5> Lager / Geräteraum
(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,3 \text{ °C}$ und $Q_l = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{source, WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	43	77	82	85	85	76	85	713
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.291
$Q_{h, b, RE}$	kWh	109	198	245	279	278	244	248	2.030
$Q_{h, b, WE}$	kWh	3	5	25	39	39	32	23	174
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	165	293	417	512	510	440	415	3.437
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	53	90	147	194	193	164	145	1.233

7.6 Zone <6> Foyer / Eingang
(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,2 \text{ °C}$ und $Q_l = 3,1 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,9 \text{ °C}$ und $Q_l = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,748	0,932	0,970	0,977	0,978	0,977	0,970	0,905
$\eta_{source, WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	18	33	36	37	37	33	37	306
t_h	h	265	510	720	744	744	672	744	4.892

Q _{h,b,RE}	kWh	5	36	72	94	95	81	72	491
Q _{h,b,WE}	kWh	-	-	7	12	12	10	6	48
Q _T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _V	kWh	92	164	233	287	285	246	232	1.923
Q _S *	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _I *	kWh	87	127	154	180	178	155	154	1.487

7.7 Summe Heizwärmebedarf (Ref-No 5.7.7)

	Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Q _S *	Q _I *	Q _{h,b} kWh/a	Q _{h,b} kWh/(m ² a)
<1> Sporthalle	363.658	133.730	70.407	35.386	397.985	287,7
<2> Sanitär	-	14.988	-	2.075	12.911	173,0
<3> Umkleide	-	7.131	-	3.749	3.475	51,6
<4> Verkehrsflächen	-	6.508	-	3.033	3.484	18,4
<5> Lager / Geräte	-	3.437	-	1.233	2.204	23,1
<6> Foyer / Eingang	-	1.923	-	1.487	539	13,0
	363.658	167.717	70.407	46.963	420.597	227,2

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

9.1 Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
<1> Sporthalle	-	000		2,7
<2> Sanitär	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9
<3> Umkleide	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 2786 / 2786 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 1119 m³/h, nutzungsabhängig

Zone <3> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 471 m³/h, nutzungsabhängig

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

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

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

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

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

9.2 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
<1> Sporthalle	2786	433	0,00	0,00	-
<2> Sanitär	1119	276	0,00	0,31	86

<3> Umkleide 471 276 0,00 0,13 36

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> Sanitär	83	86	83	86	86	78	86	1.011
	83	86	83	86	86	78	86	1.011

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

10.1 Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (18), 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	ATL m ²	ARB m ²	Tageslicht	CTL %
1 A 0101 FAW Süd	Süd 1	300	123,9	115,5	gut	89
2 A 0103 FAW Nord	Nord 1	300	123,9	132,0	gut	98
3 A 0204 FAW West	West 6	200	32,2	4,4	gering	66

4	A	0304	FAW West	West	2	200	7,3	1,9	mittel	83
5	A	0401	FAW Süd	Süd	4	100	57,5	15,2	gut	85
6	A	0405	FAW Süd	Süd	4	100	57,5	15,2	gut	85
7	A	0501	FAW Süd	Süd	3	300	20,5	7,6	gut	87
8	A	0506	FAW West	West	3	300	12,9	4,4	gut	87
9	A	0601	FAW Süd	Süd	2	200	20,4	3,8	mittel	78
10	A	0701	FAW Süd	Süd	3	300	26,0	7,6	gut	85
11	A	0801	FAW Süd	Süd	4	100	15,7	3,8	gut	85
12	A	0901	FAW Süd	Süd	1	300	20,2	7,6	gut	87
13	A	1001	FAW Süd	Süd	2	200	20,4	3,8	mittel	78
14	A	1101	FAW Süd	Süd	3	300	20,5	7,6	gut	87
15	A	1102	FAW Ost	Ost	3	300	12,9	4,4	gut	87
16	A	1202	FAW Ost	Ost	4	100	8,6	1,6	mittel	81
17	A	1212	FAW West	West	4	100	8,6	1,6	mittel	81
18	A	1702	FAW Ost	Ost	5	100	18,4	3,8	mittel	78

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	A _{KTL} [m²]
<1> Sporthalle	1383	268	1.115
<2> Sanitär	75	48	27
<3> Umkleide	67	93	-25
<4> Verkehrsflächen	189	148	42
<5> Lager / Geräteraum	95	18	77
<6> Foyer / Eingang	41	32	9

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

AR_B = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

Tageslichtquotient $D_{Rb} = \max\{4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}\} \cdot I_{V}; 0\}$ (Gl.30),

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

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

(Ref-No 5.10.2)

Bereich	C _{TL}	C _{TL, kon}	F _{TL}						
			Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1 A 0101 FAW Süd	1	89	60	55	48	43	40	38	37
2 A 0103 FAW Nord	1	98	60	50	43	37	34	31	31
3 A 0204 FAW West	6	66	50	72	68	65	63	62	61
4 A 0304 FAW West	2	83	55	61	56	52	49	47	47
5 A 0401 FAW Süd	4	85	55	60	54	50	47	45	45
6 A 0405 FAW Süd	4	85	55	60	54	50	47	45	45
7 A 0501 FAW Süd	3	87	60	56	50	45	42	40	39
8 A 0506 FAW West	3	87	60	55	49	44	41	39	39
9 A 0601 FAW Süd	2	78	50	67	62	59	56	55	54
10 A 0701 FAW Süd	3	85	55	60	55	51	48	46	45
11 A 0801 FAW Süd	4	85	55	60	55	51	48	46	45
12 A 0901 FAW Süd	1	87	60	56	49	45	41	39	39
13 A 1001 FAW Süd	2	78	50	67	62	59	56	55	54
14 A 1101 FAW Süd	3	87	60	56	50	45	42	40	39
15 A 1102 FAW Ost	3	87	60	55	49	44	41	39	39
16 A 1202 FAW Ost	4	81	55	62	57	53	50	48	48
17 A 1212 FAW West	4	81	55	62	57	53	50	48	48
18 A 1702 FAW Ost	5	78	55	64	59	55	52	50	50

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

C_{TL, kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

F_{TL} = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39
 $F_{TL} = \max[1 - v_{\text{Monat}} * C_{TL} * C_{TL, \text{kon}}, 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung (Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (6)
 Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{\text{Prä}}$	$t_{T, TL}$ h/m	$t_{T, KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l, b}$ kWh/m
1 <1> Sporthalle	1	300	1-1-1	7,5	0,85	94	2133	1055	1680
2 <2> Sanitär	2	200	4-1-1	8,9	0,55	78	1399	114	68
3 <3> Umkleide	3	300	4-1-1	9,7	0,75	92	1907	155	95
4 <4> Verkehrsfläch	4	100	1-1-1	3,7	0,60	78	1526	124	70
5 <5> Lager / Gerät	5	100	1-1-1	5,4	0,07	10	175	14	8
6 <6> Foyer / Einga	6	200	1-1-1	4,7	1,00	156	2543	207	36
									1957

1-1-1 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 1.240 \text{ m}^2$
 Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein
 4-1-1 (1,2): kompakte Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 167 \text{ m}^2$
 Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 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> Sporthalle	1.591	1.662	1.636	1.720	1.680	1.498	1.640	19.434
<2> Sanitär	62	66	67	72	68	59	64	763
<3> Umkleide	78	88	95	110	95	78	79	985
<4> Verkehrsfl	62	67	69	76	70	60	64	765
<5> Lager / Ge	7	8	8	8	8	7	8	91
<6> Foyer / Ei	33	35	35	38	36	32	34	408
	1.832	1.926	1.910	2.024	1.957	1.733	1.888	22.446

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

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7) (Ref-No 5.11.0)

11.1 Kühlenergiebedarf (Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
------	-------------------	---------------------	----------	-------------------	--------	--------

<1> Sporthalle	360	521	1,449	50,000	12,20	0,517
<2> Sanitär	16	5	0,301	50,000	17,02	0,940
<3> Umkleide	7	14	1,925	50,000	34,08	0,485
<4> Verkehrsflächen	5	3	0,562	50,000	135,34	0,998
<5> Lager / Geräteraum	3	0	0,135	50,000	128,95	1,000
<6> Foyer / Eingang	2	5	2,778	50,000	89,17	0,360

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{C,b} (Raumklima)								
<1> Sporthalle	40	84	73	320	1.301	2.710	4.300	23.217
<2> Sanitär	0	0	0	0	0	1	2	17
<3> Umkleide	6	5	4	7	14	40	77	508
<4> Verkehrsfl	-	-	-	-	-	-	-	0
<5> Lager / Ge	-	-	-	-	-	-	-	-
<6> Foyer / Ei	0	0	0	0	2	15	36	196

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

11.2 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> Sporthalle	17	92,0	72,3	nein
<2> Sanitär	13	0,4	-0,7	nein
<3> Umkleide	13	1,0	0,6	nein
<4> Verkehrsflächen	13	0,2	-0,1	nein
<5> Lager / Geräteraum	13	0,0	-0,2	nein
<6> Foyer / Eingang	13	0,3	0,2	nein
		93,9	72,1	

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

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

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

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	q _{w,b} kWh/d	je	Menge	Q _{w,b, Jan} kWh/M
<1> Sporthalle	nicht relevant				-
<2> Sanitär	Sportanlage mit	1,800	Person	50	1.911 a

<3> Umkleide	nicht relevant	-
<4> Verkehrsflächen	nicht relevant	-
<5> Lager / Gerätera	nicht relevant	-
<6> Foyer / Eingang	nicht relevant	-

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

a)

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	fZapf	Q _{w, b} kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	22.500
2			

12.3 Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

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

Wärmedurchgangskoeffizient U_i, gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom V = 0,08 m³/h, $\Delta p = 16,1 \text{ kPa}$, $P_{hydr} = 0,360 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{h}$, $e_{w,d,aux} = 28,0$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)			Stränge (S)		Stichltg. (St)		
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l _i	28 m			3 m		27 m		
Wärmedurchgangskoeffizient U _i	0,200 W/(mK)			0,255 W/(mK)		0,255 W/(mK)		
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$	34,5 °C			32,9 °C		32,9 °C		
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$	13,0 °C			19,9 °C		19,9 °C		
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

Q _{w, b}	kWh	1.849	1.911	1.849	1.911	1.911	1.726	1.911	22.500
Q _{w, d, V}	kWh	144	149	144	149	149	135	149	1.756
Q _{w, d, S}	kWh	15	16	15	16	16	14	16	185
Q _{w, d, St}	kWh	41	43	43	45	45	40	44	510
Q _{w, d}	kWh	200	208	203	210	210	190	209	2.451
W _{w, d}	kWh	2	2	2	2	2	2	2	28
Q _{I, w, d}	kWh	56	59	58	61	61	55	60	695

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} = ungerichtete Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"

W_{w,d} = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

12.4 Warmwasserspeicher
(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen V = 113 Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,0$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

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

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

Speicherladepumpe mit $P_p = 48$ 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	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951
$Q_{w, s}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$W_{w, s}$	kWh	5	5	5	5	5	4	5	55

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

12.6 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	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

Wärmeerzeuger Gebläsekessel NT vor 1987 (268) 84,8 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 2

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 91,4$ %, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0072$ kW

elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux,Pn} = 379$ W, im Schlummerbetrieb $P_{aux,P0} = 15$ 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	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951
$t_{w, Pn, d}$	h/d	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
$Q_{w, g}$	kWh	22	23	22	23	23	20	23	296

$Q_{w,f}$	kWh	2.072	2.142	2.074	2.144	2.144	1.936	2.143	25.247
$W_{w,gen}$	kWh	9	9	9	9	9	9	9	114

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

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung (Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951
$Q_{w,f}$	kWh	2.072	2.142	2.074	2.144	2.144	1.936	2.143	25.247
$W_{w,f}$	kWh	16	17	16	17	17	15	17	197
Erdgas	kWh	2.072	2.142	2.074	2.144	2.144	1.936	2.143	25.247
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	1,9	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung
 $W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = unregelte Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste
 Ungeregelte Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5) (Ref-No 5.13.0)

13.1 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> Sporthalle	127,4	16,2	2761	30,0	173,7
<2> Sanitär	0,0	3,5	0	0,0	3,5
<3> Umkleide	0,0	1,6	0	0,0	1,6
<4> Verkehrsflächen	0,0	1,1	0	0,0	1,1
<5> Lager / Geräteraum	0,0	0,6	0	0,0	0,6
<6> Foyer / Eingang	0,0	0,4	0	0,0	0,4

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

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

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

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

13.2 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 Deckenstrahlplatten		1/	397.985	173,7	145,0
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr		**	22.612	7,2	84,8

3

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

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, verbesserte Ausführung, $\theta_{str} = 0,3 \text{ K/m}$, $\Delta\theta_{str} = 0,49 \text{ °K}$, 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	13.637	32.350	55.773	70.916	68.493	58.909	50.293	397.985
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	896	1.921	2.879	3.550	3.550	3.072	2.890	22.612

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

13.3 Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Leitzone <1> Sporthalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	592	744	720	744	744	672	744	7.065
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	20	27	27	28	28	25	28	257
$t_{h,rL} <1>$	h/m	346	456	506	564	563	498	516	4.704

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone <2> Sanitär

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <2>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.291
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	263
$t_{h,rL} <2>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.907

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

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

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

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

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

13.4 Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, verbesserte Ausführung, $\theta_{str} = 0,3 \text{ K/m}$, $\Delta\theta_{str} = 0,49 \text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce} = 0,2+0,3+0,4866+0+1,2 = 2,19 \text{ °K}$ (T5 Gl.35)

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

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Hilfsenergiefaktor, $f_{h,ce,aux} =$

(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 $\Delta\theta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90 \text{ °K}$ (T5 Gl.35)

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

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten									
Q _{h,b}	kWh	13.637	32.350	55.773	70.916	68.493	58.909	50.293	397.985
Q _{h,ce}	kWh	4.625	6.391	7.498	8.016	7.781	7.008	7.010	62.293
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
Q _{h,b}	kWh	896	1.921	2.879	3.550	3.550	3.072	2.890	22.612
Q _{h,ce}	kWh	269	336	343	355	357	324	357	3.540
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	19.427	40.998	66.493	82.837	80.181	69.312	60.549	486.429

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

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

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

13.5 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 Deckenstrahlplatten

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 3 Steigestrangtyp,
Leitungslängen nach Abs.6.3 mit A_{Nutz,Heizbereich} = 913,5 m², Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1
Geschosse, L_{char} = 26,0 m.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) θ_{VA} = 55 °C / θ_{RA} = 45 °C, T_{i,Soll,<1>} = 21,0 °C

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 17 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt

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

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2
Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit A_{Nutz,Heizbereich} = 468,3 m², Geschosshöhe
i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) θ_{VA} = 70 °C / θ_{RA} = 55 °C, T_{i,Soll,<2>} = 21,0 °C

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 15 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten			
Leitungslängen l _i	693,0 m	26,3 m	210,1 m
Wärmedurchgangszahlen U _i	0,200 W/ (mK)	0,255 W/ (mK)	0,255 W/ (mK)
Umgebungstemperaturen θ _{I, i}	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Leitungslängen l_i	242,0 m	22,2 m	208,2 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 Deckenstrahlplatten									
$\beta_{h,d}$		0,18	0,30	0,51	0,61	0,59	0,56	0,44	
$\theta_{VL,av}$	°C	28,1	32,4	39,3	42,7	42,0	41,2	37,3	
$\theta_{RL,av}$	°C	26,0	29,0	33,9	36,3	35,9	35,3	32,5	
$Q_{h,d}$	kWh	821	1.416	2.162	2.740	2.667	2.291	2.024	16.012
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	147	295	507	664	643	548	462	3.776

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 3,3 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,8 \%$

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

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

$\beta_{h,d}$		0,23	0,42	0,62	0,73	0,73	0,70	0,61	
$\theta_{VL,av}$	°C	36,6	46,3	55,1	59,5	59,6	58,4	54,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	31,8	38,5	44,7	47,7	47,8	47,0	44,2	
$Q_{h,d}$	kWh	503	843	1.376	1.821	1.816	1.537	1.359	11.090
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	225	405	682	913	910	769	673	5.576

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 2,3 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,1 \%$

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

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

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

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

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

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	19.083	40.157	65.434	81.671	78.941	68.207	59.327	476.290

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	1.668	3.100	4.597	5.726	5.723	4.933	4.605	37.242

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

(Ref-No 5.13.7)

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung
(Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen
(Ref-No 5.13.9)

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger
(Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Zonen 1 ($A_{NGF} = 1.383 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Gebläsekessel NT nach 1994 (268), $P_n = 145,0 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ }^\circ\text{C}$, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 1,18 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,917$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 0,922$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0058 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 28,31 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 8,89 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,57 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,491 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,164 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 468 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Gebläsekessel NT nach 1994 (268), $P_n = 84,8 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ }^\circ\text{C}$, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 1,18 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,914$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 0,919$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0072 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 17,94 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 5,62 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,77 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,379 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,126 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW]}, \text{ Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$

$\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$

$Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m]}, \text{ Gl.178}$

$Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$

$W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$

$Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	19.083	40.157	65.434	81.671	78.941	68.207	59.327	476.290
$\beta_{h,1}$		0,41	0,65	0,95	1,06	1,03	1,01	0,85	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	835	1.490	2.028	2.429	2.423	2.110	2.035	16.611
$Q_{h,f}$	kWh	22.799	47.917	78.149	97.630	94.341	81.501	70.833	569.000
$W_{h,gen}$	kWh	74	144	226	280	271	235	207	1.696

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

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

$Q_{h, outg}$	kWh	1.668	3.100	4.597	5.726	5.723	4.933	4.605	37.242
$\beta_{h, 1}$		0,08	0,13	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	
$Q_{h, gen, 1}$	kWh	413	741	1.123	1.423	1.421	1.218	1.121	9.092
$Q_{h, f}$	kWh	2.081	3.841	5.721	7.149	7.144	6.151	5.726	46.334
$W_{h, gen}$	kWh	18	24	31	36	36	32	31	292

13.11 Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h, f}$	kWh	24.880	51.757	83.870	104.779	101.485	87.653	76.559	615.333
W_h	kWh	91	169	257	316	307	266	238	1.987
Erdgas	kWh	24.880	51.757	83.870	104.779	101.485	87.653	76.559	615.333
$Q_{I, h, <1>}$	kWh/d	4,9	9,5	16,9	21,4	20,7	19,6	14,9	
$Q_{I, h, <2>}$	kWh/d	1,2	2,1	3,6	4,7	4,7	4,4	3,4	
$Q_{I, h, <3>}$	kWh/d	1,1	1,9	3,3	4,2	4,2	4,0	3,1	
$Q_{I, h, <4>}$	kWh/d	3,0	5,3	9,2	11,9	11,9	11,1	8,8	
$Q_{I, h, <5>}$	kWh/d	1,5	2,7	4,6	6,0	6,0	5,6	4,4	
$Q_{I, h, <6>}$	kWh/d	0,7	1,2	2,0	2,6	2,6	2,4	1,9	

$Q_{h, f}$ = 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

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

14.1 Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2023 und DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 10 kWp, quadratmeterbezogen $10 / (1381,7) = 0,007$ kWp/m²

PV-Module Süd 30° Standort Deutschland (Potsdam)

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Stromangebot	kWh	763	552	199	131	251	249	608	8.178
anrechenbar	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Jahres-Stromproduktion = 8.178 kWh/a, Strombedarf = - kWh/a, anrechenbar = - kWh/a

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	f_{Hs}/H_i	Q_P kWh/a
Erdgas	Warmwasser	2/	25.247	1,10	1,11	25.020
Erdgas	Heizwärme	*	615.333	1,10	1,11	609.790
Strom-Mix	Beleuchtung	**	22.446	1,80	1,00	40.402
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.620	1,80	1,00	6.517
Σ [kWh/Jahr]			666.647			681.729

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 681.729 / 1.851 = 368,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.851$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 666.647 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 22745,3+554354,4+22445,5+3620,4 = 603166 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 2,0 kWh/(m²a), Erdgas 346,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 12,1 kWh/(m²a),

Stromgutschrift [Strom-Mix] 0,0 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m ² a)
Erdgas	22.745	240	5.459	
Erdgas	554.354	240	133.045	
Strom-Mix	22.446	560	12.570	
Strom-Mix	3.620	560	2.027	
Σ			153.101	82,7

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

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen (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
<1> Sporthalle	1.383	-	19.435	-	-	569.004	588.438
<2> Sanitär	75	-	763	-	25.257	26.467	52.488
<3> Umkleide	67	-	985	-	-	7.126	8.111
<4> Verkehrsfläch	189	-	765	-	-	7.141	7.906
<5> Lager / Gerät	95	-	90	-	-	4.515	4.606
<6> Foyer / Einga	41	-	408	-	-	1.103	1.510
Gebäude	1.851	-	22.445	-	25.247	615.325	663.016

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

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

RLT	Beleucht.	Klima	Warmwasser	Heizung	Summe
-----	-----------	-------	------------	---------	-------

	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	0,8	12,1	0,0	12,2	227,2	252,2
Endenergiebedarf	0,8	12,1	0,0	13,7	333,4	360,1
Primärenergiebedarf	1,4	21,8	0,0	13,7	331,3	368,2

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

15.0 Nachweise

(Ref-No 5.15.0)

für ein bestehendes Gebäude

Referenzberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

(Ref-No 5.15.1)

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte" (140%-Regel)

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden nicht eingehalten

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

(Ref-No 5.15.2)

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50

ZUL $q_{P,REF} = 1.4 * 150,7 = 210,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (140%-Regel), aus der Referenzberechnung

vorh $q_P = 681.729 / 1851,5 = 368,2 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 368,2 > 210,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, Grenzwert wird nicht eingehalten

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

(Ref-No 5.15.8)

Nachweis 65% Erneuerbare

Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71

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

benötigte Wärme im Gebäude 640.581 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

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

Summe erneuerbare Energien - kWh/a 0 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 0/640580,7 * 100 = 0\%$ (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

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

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

(Ref-No 5.17.0)

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 34 ff
(Ref-No 5.17.1)

Nachweis für öffentlich genutzte Gebäude

Ein Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ist nicht erforderlich (Modernisierung)

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 640581 + 0 + 0 = 640.581 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
				0,0 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

	Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil	
			erzielt	gefordert		
HT' - Wert	W/ (m²K)	0,38	0,94	-145,7 %	15,0 %	0,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 0,0 % < Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

(Ref-No 5.20.0)

Bundesförderprogramme für die Sanierung von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

Bundesförderung für effiziente NWG-Sanierung, Effizienzgebäude BEG NWG 2023, Effizienzgebäude NT-ready mit 55°C Vorlauftemperatur

Referenzberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

Bestandsberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

Endenergieeinsparung -395.072 kWh/a
Primärenergieeinsparung -402.765 kWh/a
CO2-Einsparung -86.812 kg/a

	Primärenergiebedarf Qp'' kWh/ (m² a)	----- mittlere U-Werte -----			
		Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.
	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)
Referenzberechnung	100 % 150,7				
erreicht Ti >= 19°C	244 % 368,2	0,51	4,31		
Effizienzgebäude Denkmal	160 % 241,1				
Effizienzgebäude 70	70 % 105,5	0,26	1,40	1,40	2,40
Effizienzgebäude 55	55 % 82,9	0,22	1,20	1,20	2,00
Effizienzgebäude 40	40 % 60,3	0,18	1,00	1,00	1,60

EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)

vorhandene Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäude durch die Prozesse:

Für die EE-Klasse ist ab 2023 der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verpflichtend.

$EE_{\text{genutzt}} = - \text{kWh/Jahr}$

$EE_{\text{Soll}} = 0,65 * 640581 = 416.377 \text{ kWh/Jahr}$ (65% des Wärme- und Kältebedarfs)

$EE_{\text{genutzt}} < EE_{\text{Soll}}$ (65%), die Anforderung für das EE-Paket wird nicht erfüllt

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Ein Effizienzgebäude-Förderniveau nach BEG NWG wird nicht erreicht.

5.4 Gebäudeberechnungen Sanierung (red.PV)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: 2023-169-Stadt-Hörstel-Sporthalle

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

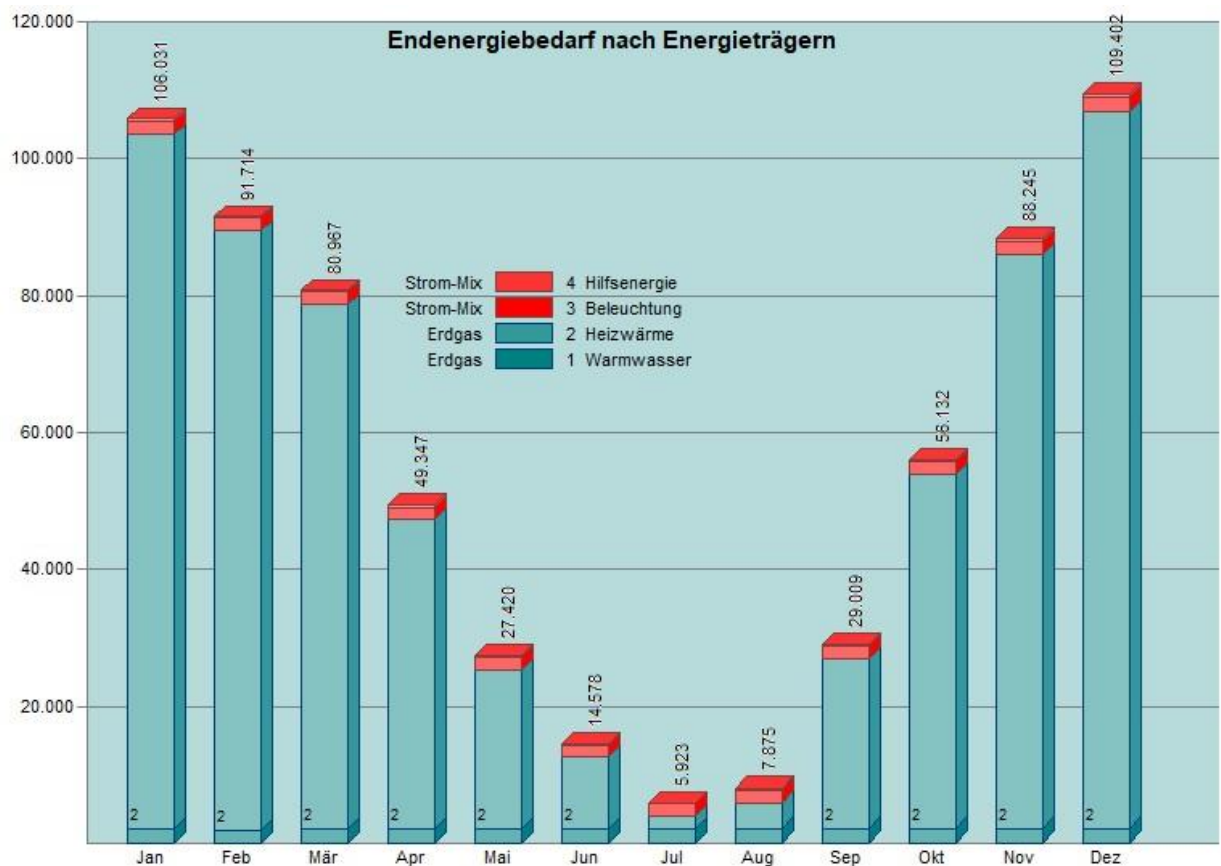
DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "2025-09-24-Bestand"

(Ref-No 5.0)



Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50, Mehrzonenmodell 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

Referenzberechnung: 2025-09-24-Bestand-Referenz2020.dwe

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

1.0 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> Sporthalle	231 Turnhalle (o	300	20,3	15,5	1383	8122
<2> Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,8	75	221
<3> Umkleide	217 Sonstige Auf	250	20,0	17,8	67	202
<4> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,3	17,9	189	542
<5> Lager / Geräteraum	220 Lager, Techn	250	20,3	17,8	95	286
<6> Foyer / Eingang	205 Schalterhall	250	20,2	17,9	41	114
					1.851	9.486

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1851,5 \text{ m}^2$, $n_G = 1$ Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

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

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

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

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

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(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
Sporthalle						
1 F 0105 FD	1:0	928,8	0,199	1,00 FD	02 50	184,8
2 F 0101 FAW Süd	1:0	70,5	1,574	1,00 FAW	02 50	111,0
3 F 0102 FAW Ost	1:0	220,6	1,574	1,00 FAW	02 50	347,2
4 F 0103 FAW Nord	1:0	175,8	1,948	1,00 FAW	02 50	342,5
5 F 0104 FAW West	1:0	179,1	1,574	1,00 FAW	02 50	282,0
6 A 0101 FF Süd	1:0	115,5	5,456 ##	1,00 FF	50 02	630,2
7 A 0103 FF Nord	1:0	132,0	5,456 ##	1,00 FF	50 02	720,2
8 F 0100 Fg	1:0	928,8	0,308	0,70 FG	50 19 25 21	200,2
Eingang Sporthalle						
9 F 0205 FD	1:0	52,2	0,218	1,00 FD	02 50	11,4
10 F 0201 FAW Süd	1:0	15,3	0,460	1,00 FAW	02 50	7,1
11 F 0204 FAW West	1:0	22,8	0,460	1,00 FAW	02 50	10,5
12 A 0204 FF West	1:0	4,5	1,300 ##	1,00 FF	50 02	5,8
13 T 0204 FAW West , Tü	1:0	3,4	2,899	1,00 FAW	02 50	9,9
14 F 0200 FG	1:0	52,2	1,037	0,50 Ffb	50 19 26 14	27,1
WC - Eingang						
15 F 0305 FD	1:0	18,4	0,218	1,00 FD	02 50	4,0

16	F	0303	FAW Nord	1:0	15,2	0,460	1,00	FAW	02 50	7,0	
17	F	0304	FAW West	1:0	9,0	0,460	1,00	FAW	02 50	4,1	
18	A	0303	FF Nord	1:0	0,1	1,300	##	1,00	FF	50 02	0,1
19	A	0304	FF West	1:0	1,9	1,300	##	1,00	FF	50 02	2,4
20	F	0300	FG	1:0	18,4	1,037		0,40	Ffb	50 19 27 14	7,7
Eingang Umkleide											
21	F	0415	FD	1:0	85,0	0,319	1,00	FD	02 50	27,1	
22	F	0401	FAW Süd	1:0	21,9	0,460	1,00	FAW	02 50	10,1	
23	F	0402	FAW West	1:0	4,1	0,460	1,00	FAW	02 50	1,9	
24	F	0403	FAW Süd	1:0	6,8	0,460	1,00	FAW	02 50	3,1	
25	F	0404	FAW Ost	1:0	4,1	0,460	1,00	FAW	02 50	1,9	
26	F	0405	FAW Süd	1:0	21,9	0,460	1,00	FAW	02 50	10,1	
27	F	0406	FAW Ost	1:0	5,2	0,460	1,00	FAW	02 50	2,4	
28	F	0414	FAW West	1:0	5,2	0,460	1,00	FAW	02 50	2,4	
29	A	0401	FF Süd	1:0	15,2	1,300	##	1,00	FF	50 02	19,7
30	A	0405	FF Süd	1:0	15,2	1,300	##	1,00	FF	50 02	19,7
31	T	0403	FAW Süd , Tür	1:0	20,4	2,899		1,00	FAW	02 50	59,2
32	F	0400	Fg	1:0	85,0	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	33,6
Umkleide 1											
33	F	0507	FD	1:0	26,8	0,226	1,00	FD	02 50	6,1	
34	F	0501	FAW Süd	1:0	2,0	2,450	1,00	FAW	02 50	4,9	
35	F	0506	FAW West	1:0	13,5	0,460	1,00	FAW	02 50	6,2	
36	A	0501	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50 02	9,9
37	A	0506	FF West	1:0	4,4	1,300	##	1,00	FF	50 02	5,7
38	F	0500	Fg	1:0	26,8	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	10,6
Dusche 1											
39	F	0609	FD	1:0	28,6	0,226	1,00	FD	02 50	6,5	
40	F	0601	FAW Süd	1:0	3,0	2,450	1,00	FAW	02 50	7,3	
41	A	0601	FF Süd	1:0	3,8	1,300	##	1,00	FF	50 02	4,9
42	F	0600	Fg	1:0	28,6	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	11,3
Umkleide 2											
43	F	0707	FD	1:0	23,9	0,226	1,00	FD	02 50	5,4	
44	F	0701	FAW Süd	1:0	1,1	2,450	1,00	FAW	02 50	2,7	
45	A	0701	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50 02	9,9
46	F	0700	Fg	1:0	23,9	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	9,4
Durchgang											
47	F	0805	FD	1:0	16,5	0,226	1,00	FD	02 50	3,7	
48	F	0801	FAW Süd	1:0	1,4	2,450	1,00	FAW	02 50	3,5	
49	A	0801	FF Süd	1:0	3,8	1,300	##	1,00	FF	50 02	4,9
50	F	0800	Fg	1:0	16,5	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	6,5
Umkleide 3											
51	F	0907	FD	1:0	23,9	0,226	1,00	FD	02 50	5,4	
52	F	0901	FAW Süd	1:0	1,1	2,450	1,00	FAW	02 50	2,7	
53	A	0901	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50 02	9,9
54	F	0900	Fg	1:0	23,9	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	9,4
Dusche 2											
55	F	1009	FD	1:0	28,6	0,226	1,00	FD	02 50	6,5	
56	F	1001	FAW Süd	1:0	3,0	2,450	1,00	FAW	02 50	7,3	
57	A	1001	FF Süd	1:0	3,8	1,300	##	1,00	FF	50 02	4,9
58	F	1000	Fg	1:0	28,6	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	11,3
Umkleide 4											
59	F	1107	FD	1:0	26,8	0,226	1,00	FD	02 50	6,1	
60	F	1101	FAW Süd	1:0	2,0	2,450	1,00	FAW	02 50	4,9	
61	F	1102	FAW Ost	1:0	13,5	0,460	1,00	FAW	02 50	6,2	
62	A	1101	FF Süd	1:0	7,6	1,300	##	1,00	FF	50 02	9,9
63	A	1102	FF Ost	1:0	4,4	1,300	##	1,00	FF	50 02	5,7
64	F	1100	Fg	1:0	26,8	0,528		0,75	FG	50 19 27 21	10,6
Flur											
65	F	1213	FD	1:0	81,3	0,206	1,00	FD	02 50	16,7	
66	F	1202	FAW Ost	1:0	4,7	0,460	1,00	FAW	02 50	2,2	
67	F	1212	FAW West	1:0	4,7	0,460	1,00	FAW	02 50	2,2	
68	A	1202	FF Ost	1:0	1,6	1,300	##	1,00	FF	50 02	2,1

69 A 1212 FF West	1:0	1,6	1,300 ##	1,00 FF	50 02	2,1
70 F 1200 Fg	1:0	81,3	0,528	0,75 FG	50 19 27 21	32,2
Kellerabgang						
71 F 1305 FD	1:0	28,6	0,206	1,00 FD	02 50	5,9
72 F 1304 FAW West	1:0	11,6	0,460	1,00 FAW	02 50	5,3
73 T 1304 FAW West , Tü	1:0	1,9	2,899	1,00 FAW	02 50	5,5
Keller						
74 F 1402 Fu	1:0	13,5	1,878	0,50 Fu	50 08	12,6
75 F 1403 Fu	1:0	21,3	1,878	0,50 Fu	50 08	20,0
76 T 1403 Fu , Tür	1:0	1,9	2,899	0,50 Fu	50 08	2,8
77 F 1400 Fbf	1:0	28,6	3,363	0,30 Ffb	50 19 28 14	28,9
78 F 1401 Fbw	1:0	23,2	1,538	0,55 Fwb	50 19 28 13	19,6
79 F 1404 Fbw West	1:0	13,5	1,538	0,55 Fwb	50 19 28 13	11,4
Geräteraum						
80 F 1507 FD	1:0	73,9	0,206	1,00 FD	02 50	15,2
81 F 1500 Fg	1:0	73,9	0,308	0,75 FG	50 19 27 21	17,1
WC						
82 F 1605 FD	1:0	8,2	0,206	1,00 FD	02 50	1,7
83 F 1600 Fg	1:0	8,2	0,528	0,75 FG	50 19 27 21	3,2
Geräteraum						
84 F 1705 FD	1:0	28,6	0,206	1,00 FD	02 50	5,9
85 F 1702 FAW Ost	1:0	9,7	0,460	1,00 FAW	02 50	4,4
86 A 1702 FF Ost	1:0	3,8	1,300 ##	1,00 FF	50 02	4,9
87 F 1700 Fg	1:0	28,6	0,308	0,75 FG	50 19 27 21	6,6

$\Sigma A [m^2] = 4.249,8$

$\Sigma H_T [W/K] = 3.555,3$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 928,80 / 61,80 = 15,03$ m
2. Bodenplattenmaß B' (26) = 6,81 = 6,81 m
3. Bodenplattenmaß B' (27) = 8,82 = 8,82 m
4. Bodenplattenmaß B' (28) = 2,58 = 2,58 m

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 21 Kellerdecke / Innenwand zum unbeheizten Keller, Kellerfußboden ungedämmt, ohne Perimeterdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26 F_x -Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 27 F_x -Tabellenwert für das 3. Bodenplattenmaß.
- 28 F_x -Tabellenwert für das 4. Bodenplattenmaß.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

(Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 425,0$ W/K (12,0 %, 0,100 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 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> Sporthalle	3488	95	398	3980	0	0

<2> Sanitär	0	0	0	0	0	0
<3> Umkleide	0	0	0	0	0	0
<4> Verkehrsflächen	0	0	0	0	0	0
<5> Lager / Geräteraum	0	0	0	0	0	0
<6> Foyer / Eingang	0	0	0	0	0	0

3488 95 398 3980

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

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 3.980,3 / 4.249,8 = \mathbf{0,94 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

(Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit $U_{max} =$ Höchstwerte $\cdot 1.25 \cdot 1.4$ (140%-Regel und §50 mit Rundungsregel)

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

		opake Bauteile [W/ (m ² K)]	Fenster [W/ (m ² K)]	Vorhangf. [W/ (m ² K)]	Oberl. [W/ (m ² K)]
U_{max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,56	2,66	2,66	4,34
U_{max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,84	4,90	5,32	5,46

Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$ 0,51 4,31

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 4,31 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,66 \text{ W/(m}^2\text{K)} +62,0\%$

3.0 Lüftungswärmtransfer (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 $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 6 \cdot 4250 / 9486 = 2,69$ (Gl.68)

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

$$e_{wind} = 0.07 f_{wind} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h ⁻¹	V_A m ³ / (m ² 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
<1> Sporthalle	-	3,14	3,00	0,51	0,22	0,15	0,34	17
<2> Sanitär	-	4,00	15,00	5,08	0,13	2,80	-	13
<3> Umkleide	-	4,00	7,00	2,33	0,13	1,31	-	13
<4> Verkehrsfläche	-	4,00	0,00	0,00	0,28	0,10	-	-
<5> Lager / Geräte	-	4,00	0,15	0,05	0,28	0,10	-	-
<6> Foyer / Eingan	-	4,00	2,00	0,73	0,28	0,32	-	-

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Sporthalle 0,00 0,00 0,22 0,10

<2> Sanitär	0,00	0,00	0,28	0,10
<3> Umkleide	0,00	0,00	0,28	0,10
<4> Verkehrsflächen	0,00	0,00	0,28	0,10
<5> Lager / Geräteraum	0,00	0,00	0,28	0,10
<6> Foyer / Eingang	0,00	0,00	0,28	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 2786 / 2786 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 1119 m³/h, nutzungsabhängig

Zone <3> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 471 m³/h, nutzungsabhängig

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

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

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

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

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

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

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 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> Sporthalle	8.122	0	607	409	1.015	671	2,7
<2> Sanitär	221	0	10	210	219	0	2,9
<3> Umkleide	202	0	9	90	99	0	2,9
<4> Verkehrsflächen	542	0	52	18	70	0	
<5> Lager / Geräteraum	286	0	27	10	37	0	
<6> Foyer / Eingang	114	0	11	12	23	0	

0 715 749 1464 671

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Sporthalle	0	607	276	883
<2> Sanitär	0	21	7	28
<3> Umkleide	0	19	7	26
<4> Verkehrsflächen	0	52	18	70
<5> Lager / Geräteraum	0	27	10	37
<6> Foyer / Eingang	0	11	4	15
	0	737	323	1059

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

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

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

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

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

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

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

(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
-----------------	------	----------------------	--------------------------------	-------------------------------	---------------------------------

6	A	0101	FF Süd	1	80,85	59/ 113	63/ 63	7100	72,6/139,1
7	A	0103	FF Nord	1	92,40	10/ 81	63/ 63	"	14,1/113,9
12	A	0204	FF West	1	3,11	17/ 117	44/ 44	"	0,6/ 3,8
18	A	0303	FF Nord	1	0,07	10/ 81	44/ 44	"	0,0/ 0,1
19	A	0304	FF West	1	1,31	17/ 117	44/ 44	"	0,2/ 1,6
29	A	0401	FF Süd	1	10,62	59/ 113	44/ 44	"	6,6/ 12,6
30	A	0405	FF Süd	1	10,62	59/ 113	44/ 44	"	6,6/ 12,6
36	A	0501	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
37	A	0506	FF West	1	3,09	17/ 117	44/ 44	"	0,6/ 3,8
41	A	0601	FF Süd	1	2,65	59/ 113	44/ 44	"	1,6/ 3,1
45	A	0701	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
49	A	0801	FF Süd	1	2,65	59/ 113	44/ 44	"	1,6/ 3,1
53	A	0901	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
57	A	1001	FF Süd	1	2,65	59/ 113	44/ 44	"	1,6/ 3,1
62	A	1101	FF Süd	1	5,31	59/ 113	44/ 44	"	3,3/ 6,3
63	A	1102	FF Ost	1	3,09	25/ 138	44/ 44	"	0,8/ 4,5
68	A	1202	FF Ost	1	1,11	25/ 138	44/ 44	"	0,3/ 1,6
69	A	1212	FF West	1	1,11	17/ 117	44/ 44	"	0,2/ 1,4
86	A	1702	FF Ost	1	2,65	25/ 138	44/ 44	"	0,7/ 3,8
239,30									121/ 333

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_{S0} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

Hüllfläche	Zone	A	U	α	h_r	$I_{S, Jul}$	$Q_{S, Jul}$				
		m ²	W/ (m ² K)		W/ (m ² K)	W/m ²	kWh/d				
1	F	0105	FD	-	1	928,8	0,20	0,50	4,50	210	10,6
2	F	0101	FAW Süd	S	1	70,5	1,57	0,50	4,50	113	3,6
3	F	0102	FAW Ost	O	1	220,6	1,57	0,50	4,50	138	15,5
4	F	0103	FAW Nord	N	1	175,8	1,95	0,50	4,50	81	5,9
5	F	0104	FAW West	W	1	179,1	1,57	0,50	4,50	117	9,7
9	F	0205	FD	-	1	52,2	0,22	0,50	4,50	210	0,7
10	F	0201	FAW Süd	S	1	15,3	0,46	0,50	4,50	113	0,2
11	F	0204	FAW West	W	1	22,8	0,46	0,50	4,50	117	0,4
13	T	0204	FAW West	W	1	3,4	2,90	0,50	4,50	117	0,3
15	F	0305	FD	-	1	18,4	0,22	0,50	4,50	210	0,2
16	F	0303	FAW Nord	N	1	15,2	0,46	0,50	4,50	81	0,1
17	F	0304	FAW West	W	1	9,0	0,46	0,50	4,50	117	0,1
21	F	0415	FD	-	1	85,0	0,32	0,50	4,50	210	1,6
22	F	0401	FAW Süd	S	1	21,9	0,46	0,50	4,50	113	0,3
23	F	0402	FAW West	W	1	4,1	0,46	0,50	4,50	117	0,1
24	F	0403	FAW Süd	S	1	6,8	0,46	0,50	4,50	113	0,1
25	F	0404	FAW Ost	O	1	4,1	0,46	0,50	4,50	138	0,1
26	F	0405	FAW Süd	S	1	21,9	0,46	0,50	4,50	113	0,3
27	F	0406	FAW Ost	O	1	5,2	0,46	0,50	4,50	138	0,1
28	F	0414	FAW West	W	1	5,2	0,46	0,50	4,50	117	0,1
31	T	0403	FAW Süd	S	1	20,4	2,90	0,50	4,50	113	1,9

33	F	0507	FD	-	1	26,8	0,23	0,50	4,50	210	0,3
34	F	0501	FAW Süd	S	1	2,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
35	F	0506	FAW West	W	1	13,5	0,46	0,50	4,50	117	0,2
39	F	0609	FD	-	1	28,6	0,23	0,50	4,50	210	0,4
40	F	0601	FAW Süd	S	1	3,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
43	F	0707	FD	-	1	23,9	0,23	0,50	4,50	210	0,3
44	F	0701	FAW Süd	S	1	1,1	2,45	0,50	4,50	113	0,1
47	F	0805	FD	-	1	16,5	0,23	0,50	4,50	210	0,2
48	F	0801	FAW Süd	S	1	1,4	2,45	0,50	4,50	113	0,1
51	F	0907	FD	-	1	23,9	0,23	0,50	4,50	210	0,3
52	F	0901	FAW Süd	S	1	1,1	2,45	0,50	4,50	113	0,1
55	F	1009	FD	-	1	28,6	0,23	0,50	4,50	210	0,4
56	F	1001	FAW Süd	S	1	3,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
59	F	1107	FD	-	1	26,8	0,23	0,50	4,50	210	0,3
60	F	1101	FAW Süd	S	1	2,0	2,45	0,50	4,50	113	0,2
61	F	1102	FAW Ost	O	1	13,5	0,46	0,50	4,50	138	0,3
65	F	1213	FD	-	1	81,3	0,21	0,50	4,50	210	1,0
66	F	1202	FAW Ost	O	1	4,7	0,46	0,50	4,50	138	0,1
67	F	1212	FAW West	W	1	4,7	0,46	0,50	4,50	117	0,1
71	F	1305	FD	-	1	28,6	0,21	0,50	4,50	210	0,3
72	F	1304	FAW West	W	1	11,6	0,46	0,50	4,50	117	0,2
73	T	1304	FAW West	W	1	1,9	2,90	0,50	4,50	117	0,2
80	F	1507	FD	-	1	73,9	0,21	0,50	4,50	210	0,9
82	F	1605	FD	-	1	8,2	0,21	0,50	4,50	210	0,1
84	F	1705	FD	-	1	28,6	0,21	0,50	4,50	210	0,3
85	F	1702	FAW Ost	O	1	9,7	0,46	0,50	4,50	138	0,2

2.354,6

59,3

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

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)

4.3 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> Sporthalle	8.620	7.130	2.703	1.945	3.759	3.145	7.020	87.322
<2> Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> Umkleide	-	-	-	-	-	-	-	-
<4> Verkehrsfl	-	-	-	-	-	-	-	-
<5> Lager / Ge	-	-	-	-	-	-	-	-
<6> Foyer / Ei	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
<1> Sporthalle	790	276	-	-	49	6	415	10.552
<2> Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> Umkleide	-	-	-	-	-	-	-	-
<4> Verkehrsfl	-	-	-	-	-	-	-	-
<5> Lager / Ge	-	-	-	-	-	-	-	-
<6> Foyer / Ei	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.410	7.406	2.703	1.946	3.808	3.151	7.436	97.873

5.0 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> Sporthalle	1029	64,8	-	0,0	64,8
<2> Sanitär	18	-	-	0,0	0,0
<3> Umkleide	101	9,4	0,8	0,0	10,2
<4> Verkehrsflächen	185	-	-	0,0	0,0
<5> Lager / Geräteraum	103	-	-	0,0	0,0
<6> Foyer / Eingang	52	1,8	1,3	0,0	3,1
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Sporthalle		-	-	0,0	0,0
<2> Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> Umkleide		-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<5> Lager / Geräteraum		-	-	0,0	0,0
<6> Foyer / Eingang		-	-	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> Sporthalle	0,0	65,9	20,7	0,0	0,0
<2> Sanitär	0,0	3,2	4,7	2,0	0,0
<3> Umkleide	0,0	4,5	4,2	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	0,0	3,3	11,9	0,0	0,0
<5> Lager / Geräteraum	0,0	0,4	6,0	0,0	0,0
<6> Foyer / Eingang	0,0	1,7	2,6	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _V	Σ H _{V, mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
<1> Sporthalle	3980	1015	671	2666	276	0,104
<2> Sanitär	0	219	0	118	12	0,100
<3> Umkleide	0	99	0	50	21	0,410
<4> Verkehrsflächen	0	70	0	40	19	0,460
<5> Lager / Geräteraum	0	37	0	21	8	0,381
<6> Foyer / Eingang	0	23	0	12	8	0,655

Zone	C _{wirk} Wh/ (m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> Sporthalle	50	5667	12,20	1,76	0,984	0,992
<2> Sanitär	50	219	17,02	2,06	0,992	1,000
<3> Umkleide	50	99	34,08	3,13	0,963	1,000
<4> Verkehrsflächen	50	70	135,34	9,46	1,000	1,000
<5> Lager / Geräteraum	50	37	128,95	9,06	1,000	1,000

<6> Foyer / Eingang 50 23 89,17 6,57 0,978 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 Wärmespeicherefähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche
 τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung
 $a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter
 η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143
 η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(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
T_e °C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...												
$T_{i,1}$ °C	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,8	20,9	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3
$T_{i,2}$ °C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,3}$ °C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
$T_{i,4}$ °C	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3
$T_{i,5}$ °C	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,8	20,9	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3
$T_{i,6}$ °C	20,2	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
⇒ WE-Betrieb ...												
$T_{i,1}$ °C	15,5	15,7	16,2	17,1	18,0	18,6	19,0	18,9	18,1	17,1	16,1	15,5
$T_{i,2}$ °C	17,8	18,0	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8
$T_{i,3}$ °C	17,8	18,0	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8
$T_{i,4}$ °C	17,9	18,0	18,4	19,2	19,9	20,3	20,7	20,6	20,0	19,2	18,4	17,9
$T_{i,5}$ °C	17,8	18,0	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8
$T_{i,6}$ °C	17,9	18,0	18,5	19,2	19,9	20,3	20,7	20,6	20,0	19,2	18,4	17,9

7.1 Zone <1> Sporthalle

(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 (82,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,3$ °C und $Q_l = 64,8$ kWh/d

Wochenendbetrieb (17,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,5$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}	0,834	0,934	0,983	0,989	0,984	0,983	0,960	0,818

$\eta_{source,WE}$		0,758	0,937	0,994	0,997	0,992	0,993	0,966	0,725
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	2.120	1.225	1.185	1.225	1.225	1.106	1.225	13.890
t_h	h	592	744	720	744	744	672	744	7.065
$Q_{h,b,RE}$	kWh	13.637	29.880	49.893	63.014	61.007	52.540	45.417	361.201
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	2.471	5.880	7.901	7.486	6.369	4.875	36.784
Q_T	kWh	17.142	31.012	44.489	54.836	54.560	47.027	44.308	363.658
Q_V	kWh	5.948	11.464	16.920	21.060	20.882	17.976	16.662	133.730
Q_S^*	kWh	7.722	6.921	2.662	1.927	3.751	3.105	7.147	70.407
Q_I^*	kWh	2.780	3.369	3.675	3.991	3.909	3.481	3.603	35.386

$\eta_{source} / \eta_{source,WE}$ = 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

7.2 Zone <2> Sanitär

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$ und $Q_l = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,980	0,993	0,994	0,989	0,992	0,990	0,989	0,965
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	34	60	64	66	66	60	66	557
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.291
$Q_{h,b,RE}$	kWh	585	1.104	1.577	1.934	1.927	1.666	1.578	12.725
$Q_{h,b,WE}$	kWh	2	4	26	44	43	35	24	186
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	721	1.278	1.817	2.234	2.223	1.917	1.811	14.988
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	134	170	214	256	253	217	210	2.075

7.3 Zone <3> Umkleide

(Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$ und $Q_l = 10,2 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,967	0,985	0,946	0,955	0,963	0,958	0,949	0,844
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	31	55	58	60	60	54	60	492
t_h	h	544	744	720	744	744	672	744	6.750
$Q_{h,b,RE}$	kWh	31	246	461	588	594	514	468	3.321
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1	4	22	36	36	29	20	154
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	343	608	865	1.063	1.057	912	862	7.131

Q _S [*]	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _I [*]	kWh	311	358	382	439	428	369	374	3.749

7.4 Zone <4> Verkehrsflächen
(Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,3 \text{ °C}$ und $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,9 \text{ °C}$ und $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	85	151	162	168	168	152	168	1.409
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.647
$Q_{h,b,RE}$	kWh	157	318	405	459	463	410	415	3.210
$Q_{h,b,WE}$	kWh	3	5	39	64	64	52	36	273
Q _T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _V	kWh	313	555	789	970	965	832	787	6.508
Q _S [*]	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _I [*]	kWh	153	231	345	447	438	371	336	3.033

7.5 Zone <5> Lager / Geräteraum
(Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,3 \text{ °C}$ und $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	43	77	82	85	85	76	85	713
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.291
$Q_{h,b,RE}$	kWh	109	198	245	279	278	244	248	2.030
$Q_{h,b,WE}$	kWh	3	5	25	39	39	32	23	174
Q _T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _V	kWh	165	293	417	512	510	440	415	3.437
Q _S [*]	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _I [*]	kWh	53	90	147	194	193	164	145	1.233

7.6 Zone <6> Foyer / Eingang
(Ref-No 5.7.6)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,2 \text{ °C}$ und $Q_i = 3,1 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,9 \text{ °C}$ und $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,748	0,932	0,970	0,977	0,978	0,977	0,970	0,905
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	18	33	36	37	37	33	37	306
t_h	h	265	510	720	744	744	672	744	4.892
$Q_{h,b,RE}$	kWh	5	36	72	94	95	81	72	491
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	7	12	12	10	6	48
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	92	164	233	287	285	246	232	1.923
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	87	127	154	180	178	155	154	1.487

7.7 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> Sporthalle	363.658	133.730	70.407	35.386	397.985	287,7
<2> Sanitär	-	14.988	-	2.075	12.911	173,0
<3> Umkleide	-	7.131	-	3.749	3.475	51,6
<4> Verkehrsflächen	-	6.508	-	3.033	3.484	18,4
<5> Lager / Geräte	-	3.437	-	1.233	2.204	23,1
<6> Foyer / Eingang	-	1.923	-	1.487	539	13,0
	363.658	167.717	70.407	46.963	420.597	227,2

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

9.1 Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
<1> Sporthalle	-	000		2,7
<2> Sanitär	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9
<3> Umkleide	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 2786 / 2786 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 1119 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Zone <3> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 471 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

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

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

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbeefeuchter / Dampfbeefeuchter

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

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

9.2 Strombedarf der Ventilatoren (Ref-No 5.9.2)

	$V_{mech, m}$ m ³ /h	$t_V^* d_V$ h/m	P_V, SUP kW	P_V, ETA kW	W_V, Jan kWh
--	------------------------------------	--------------------	------------------	------------------	-------------------

<1> Sporthalle	2786	433	0,00	0,00	-
<2> Sanitär	1119	276	0,00	0,31	86
<3> Umkleide	471	276	0,00	0,13	36

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<2> Sanitär	83	86	83	86	86	78	86	1.011
	83	86	83	86	86	78	86	1.011

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

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)
(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung
(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung
(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung
(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)
(Ref-No 5.10.0)

10.1 Tageslichtbereiche
(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (18), mit Dachoberlichtern (0)
 Bezüge siehe DIN V 18599-4
 Der Verbaunungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m^2	ARB m^2	Tageslicht	CTL %
1 A 0101 FAW Süd	Süd 1	300	123,9	115,5	gut	89

2	A	0103	FAW Nord	Nord	1	300	123,9	132,0	gut	98
3	A	0204	FAW West	West	6	200	32,2	4,4	gering	66
4	A	0304	FAW West	West	2	200	7,3	1,9	mittel	83
5	A	0401	FAW Süd	Süd	4	100	57,5	15,2	gut	85
6	A	0405	FAW Süd	Süd	4	100	57,5	15,2	gut	85
7	A	0501	FAW Süd	Süd	3	300	20,5	7,6	gut	87
8	A	0506	FAW West	West	3	300	12,9	4,4	gut	87
9	A	0601	FAW Süd	Süd	2	200	20,4	3,8	mittel	78
10	A	0701	FAW Süd	Süd	3	300	26,0	7,6	gut	85
11	A	0801	FAW Süd	Süd	4	100	15,7	3,8	gut	85
12	A	0901	FAW Süd	Süd	1	300	20,2	7,6	gut	87
13	A	1001	FAW Süd	Süd	2	200	20,4	3,8	mittel	78
14	A	1101	FAW Süd	Süd	3	300	20,5	7,6	gut	87
15	A	1102	FAW Ost	Ost	3	300	12,9	4,4	gut	87
16	A	1202	FAW Ost	Ost	4	100	8,6	1,6	mittel	81
17	A	1212	FAW West	West	4	100	8,6	1,6	mittel	81
18	A	1702	FAW Ost	Ost	5	100	18,4	3,8	mittel	78

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	A _{KTL} [m ²]
<1> Sporthalle	1383	268	1.115
<2> Sanitär	75	48	27
<3> Umkleide	67	93	-25
<4> Verkehrsflächen	189	148	42
<5> Lager / Geräteraum	95	18	77
<6> Foyer / Eingang	41	32	9

$ATL = \text{tageslichtversorgte Fläche} = \alpha_{TL} * b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

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

$AR_B = \text{Fensterfläche (Rohbaumaße)}$, $E_m = \text{Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)}$

Tageslichtquotient $DR_B = \max[(4.13 + 20 * I_{Tr} - 1.36 * I_{Rt}) * I_V; 0]$ (Gl.30),

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a * \tau_{D65} * k * AR_B / ATL * \eta_R$ (Gl. 35), mit $D_a = \text{Außentageslichtquotient nach Tab.17}$, $\eta_R = \text{Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19}$

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

(Ref-No 5.10.2)

Bereich	C _{TL}	C _{TL, kon}	F _{TL}						
			Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1 A 0101 FAW Süd	1	89	60	55	48	43	40	38	37
2 A 0103 FAW Nord	1	98	60	50	43	37	34	31	31
3 A 0204 FAW West	6	66	50	72	68	65	63	62	61
4 A 0304 FAW West	2	83	55	61	56	52	49	47	47
5 A 0401 FAW Süd	4	85	55	60	54	50	47	45	45
6 A 0405 FAW Süd	4	85	55	60	54	50	47	45	45
7 A 0501 FAW Süd	3	87	60	56	50	45	42	40	39
8 A 0506 FAW West	3	87	60	55	49	44	41	39	39
9 A 0601 FAW Süd	2	78	50	67	62	59	56	55	54
10 A 0701 FAW Süd	3	85	55	60	55	51	48	46	45
11 A 0801 FAW Süd	4	85	55	60	55	51	48	46	45
12 A 0901 FAW Süd	1	87	60	56	49	45	41	39	39
13 A 1001 FAW Süd	2	78	50	67	62	59	56	55	54
14 A 1101 FAW Süd	3	87	60	56	50	45	42	40	39
15 A 1102 FAW Ost	3	87	60	55	49	44	41	39	39
16 A 1202 FAW Ost	4	81	55	62	57	53	50	48	48
17 A 1212 FAW West	4	81	55	62	57	53	50	48	48
18 A 1702 FAW Ost	5	78	55	64	59	55	52	50	50

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25
 F_{TL} = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39
 $F_{TL} = \max[1 - v_{Monat} * CTL * CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung (Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (6)
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> Sporthalle	1	300	1-1-1	7,5	0,85	94	2133	1055	1680
2 <2> Sanitär	2	200	4-1-1	8,9	0,55	78	1399	114	68
3 <3> Umkleide	3	300	4-1-1	9,7	0,75	92	1907	155	95
4 <4> Verkehrsfläch	4	100	1-1-1	3,7	0,60	78	1526	124	70
5 <5> Lager / Gerät	5	100	1-1-1	5,4	0,07	10	175	14	8
6 <6> Foyer / Einga	6	200	1-1-1	4,7	1,00	156	2543	207	36
									1957

1-1-1 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 1.240 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

4-1-1 (1,2): kompakte Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 167 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 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> Sporthalle	1.591	1.662	1.636	1.720	1.680	1.498	1.640	19.434
<2> Sanitär	62	66	67	72	68	59	64	763
<3> Umkleide	78	88	95	110	95	78	79	985
<4> Verkehrsfl	62	67	69	76	70	60	64	765
<5> Lager / Ge	7	8	8	8	8	7	8	91
<6> Foyer / Ei	33	35	35	38	36	32	34	408
	1.832	1.926	1.910	2.024	1.957	1.733	1.888	22.446

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

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

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

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

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

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

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7) (Ref-No 5.11.0)

11.1 Kühlenergiebedarf (Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q _{sink}	Q _{source}	γ	c _{wirk}	τ	η
<1> Sporthalle	360	521	1,449	50,000	12,20	0,517
<2> Sanitär	16	5	0,301	50,000	17,02	0,940
<3> Umkleide	7	14	1,925	50,000	34,08	0,485
<4> Verkehrsflächen	5	3	0,562	50,000	135,34	0,998
<5> Lager / Geräteraum	3	0	0,135	50,000	128,95	1,000
<6> Foyer / Eingang	2	5	2,778	50,000	89,17	0,360

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{c,b} (Raumklima)								
<1> Sporthalle	40	84	73	320	1.301	2.710	4.300	23.217
<2> Sanitär	0	0	0	0	0	1	2	17
<3> Umkleide	6	5	4	7	14	40	77	508
<4> Verkehrsfl	-	-	-	-	-	-	-	0
<5> Lager / Ge	-	-	-	-	-	-	-	-
<6> Foyer / Ei	0	0	0	0	2	15	36	196

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{c,b}

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

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

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Q_{c,max} (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> Sporthalle	17	92,0	72,3	nein
<2> Sanitär	13	0,4	-0,7	nein
<3> Umkleide	13	1,0	0,6	nein
<4> Verkehrsflächen	13	0,2	-0,1	nein
<5> Lager / Geräteraum	13	0,0	-0,2	nein
<6> Foyer / Eingang	13	0,3	0,2	nein
		93,9	72,1	

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

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

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

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	q _{w,b} kWh/d je	Menge	Q _{w,b, Jan} kWh/M
------	---------	------------------------------	-------	--------------------------------

<1> Sporthalle	nicht relevant					-
<2> Sanitär	Sportanlage mit	1,800	Person	50	1.911	a
<3> Umkleide	nicht relevant					-
<4> Verkehrsflächen	nicht relevant					-
<5> Lager / Gerätera	nicht relevant					-
<6> Foyer / Eingang	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)

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f _{Zapf}	Q _{w, b} kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	2/	1,00	22.500
2			

12.3 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°C (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom V = 0,08 m³/h, $\Delta p = 16,1$ kPa, P_{hydr} = 0,360 kPa·m³/h, e_{w,d,aux} = 28,0

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)			Stränge (S)		Stichltg. (St)		
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2								
Leitungslängen l _i		28 m		3 m			27 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U _i		0,200 W/(mK)		0,255 W/(mK)			0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$		34,5 °C		32,9 °C			32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$		13,0 °C		19,9 °C			19,9 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2

Q _{w, b}	kWh	1.849	1.911	1.849	1.911	1.911	1.726	1.911	22.500
Q _{w, d, V}	kWh	144	149	144	149	149	135	149	1.756
Q _{w, d, S}	kWh	15	16	15	16	16	14	16	185
Q _{w, d, St}	kWh	41	43	43	45	45	40	44	510
Q _{w, d}	kWh	200	208	203	210	210	190	209	2.451
W _{w, d}	kWh	2	2	2	2	2	2	2	28
Q _{I, w, d}	kWh	56	59	58	61	61	55	60	695

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

Q_{w, d} = Wärmeverluste des Rohnetzes 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} = ungerichtete Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"

W_{w, d} = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

12.4 Warmwasserspeicher
(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 113$ Liter
Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,0$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)
Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i 13,0 °C (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode 22,0 °C
Speicher-Wärmeverlust $Q_{w,s} = f_{con} * (55-Tu)/45 * d_{op,mth} * Q_{s,P0,day}$ mit $f_{con} = 1,2$ (Gl.25)
Speicherladepumpe mit $P_p = 48$ 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	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951
$Q_{w,s}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$W_{w,s}$	kWh	5	5	5	5	5	4	5	55

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

12.6 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	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung
(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung
(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2
Wärmeerzeuger Gebläsekessel NT vor 1987 (268) 84,8 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 2
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 91,4$ %, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0072$ kW
elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux,Pn} = 379$ W, im Schlumberbetrieb $P_{aux,P0} = 15$ 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	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951
$t_{w,Pn,d}$	h/d	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
$Q_{w,g}$	kWh	22	23	22	23	23	20	23	296

$Q_{w,f}$	kWh	2.072	2.142	2.074	2.144	2.144	1.936	2.143	25.247
$W_{w,gen}$	kWh	9	9	9	9	9	9	9	114

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

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung (Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	2.050	2.119	2.052	2.121	2.121	1.916	2.120	24.951
$Q_{w,f}$	kWh	2.072	2.142	2.074	2.144	2.144	1.936	2.143	25.247
$W_{w,f}$	kWh	16	17	16	17	17	15	17	197
Erdgas	kWh	2.072	2.142	2.074	2.144	2.144	1.936	2.143	25.247
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	1,9	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung
 $W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = unregelte Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste
 Ungeregelte Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5) (Ref-No 5.13.0)

13.1 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> Sporthalle	127,4	16,2	2761	30,0	173,7
<2> Sanitär	0,0	3,5	0	0,0	3,5
<3> Umkleide	0,0	1,6	0	0,0	1,6
<4> Verkehrsflächen	0,0	1,1	0	0,0	1,1
<5> Lager / Geräteraum	0,0	0,6	0	0,0	0,6
<6> Foyer / Eingang	0,0	0,4	0	0,0	0,4

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

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

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

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

13.2 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 Deckenstrahlplatten	1/		397.985	173,7	145,0
2	freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr	**		22.612	7,2	84,8
3						

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

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, verbesserte Ausführung, $\theta_{str} = 0,3 \text{ K/m}$, $\Delta\theta_{str} = 0,49 \text{ °K}$, 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	13.637	32.350	55.773	70.916	68.493	58.909	50.293	397.985
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	896	1.921	2.879	3.550	3.550	3.072	2.890	22.612

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

13.3 Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Leitzone <1> Sporthalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	592	744	720	744	744	672	744	7.065
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	20	27	27	28	28	25	28	257
$t_{h,rL} <1>$	h/m	346	456	506	564	563	498	516	4.704

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone <2> Sanitär

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <2>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.291
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	263
$t_{h,rL} <2>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.907

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

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

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

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

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

13.4 Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, verbesserte Ausführung, $\theta_{str} = 0,3 \text{ K/m}$, $\Delta\theta_{str} = 0,49 \text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce} = 0,2+0,3+0,4866+0+1,2 = 2,19 \text{ °K}$ (T5 Gl.35)

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

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Hilfsenergiefaktor, $f_{h,ce,aux} =$

(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)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (15,7%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten									
$Q_{h,b}$	kWh	13.637	32.350	55.773	70.916	68.493	58.909	50.293	397.985
$Q_{h,ce}$	kWh	4.625	6.391	7.498	8.016	7.781	7.008	7.010	62.293
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	896	1.921	2.879	3.550	3.550	3.072	2.890	22.612
$Q_{h,ce}$	kWh	269	336	343	355	357	324	357	3.540
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	19.427	40.998	66.493	82.837	80.181	69.312	60.549	486.429

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

13.5 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 Deckenstrahlplatten

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 3 Steigestrangtyp,
Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 913,5 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1
Geschosse, $L_{char} = 26,0 \text{ m}$.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55^\circ\text{C} / \theta_{RA} = 45^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 17 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt

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

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2
Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 468,3 \text{ m}^2$, Geschosshöhe
i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 70^\circ\text{C} / \theta_{RA} = 55^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<2>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 15 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten			
Leitungslängen l_i	693,0 m	26,3 m	210,1 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

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

Leitungslängen l_i	242,0 m	22,2 m	208,2 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, ungerichtete Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten								
$\beta_{h,d}$	0,18	0,30	0,51	0,61	0,59	0,56	0,44	
$\theta_{VL,av}$	°C 28,1	32,4	39,3	42,7	42,0	41,2	37,3	
$\theta_{RL,av}$	°C 26,0	29,0	33,9	36,3	35,9	35,3	32,5	
$Q_{h,d}$	kWh 821	1.416	2.162	2.740	2.667	2.291	2.024	16.012
$W_{h,d}$	kWh -	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh 147	295	507	664	643	548	462	3.776

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 3,3 \%$, ungerichtete Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,8 \%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

$\beta_{h,d}$	0,23	0,42	0,62	0,73	0,73	0,70	0,61	
$\theta_{VL,av}$	°C 36,6	46,3	55,1	59,5	59,6	58,4	54,4	
$\theta_{RL,av}$	°C 31,8	38,5	44,7	47,7	47,8	47,0	44,2	
$Q_{h,d}$	kWh 503	843	1.376	1.821	1.816	1.537	1.359	11.090
$W_{h,d}$	kWh -	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh 225	405	682	913	910	769	673	5.576

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 2,3 \%$, ungerichtete Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,1 \%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

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

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

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = ungerichtete Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

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

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

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung
 (Ref-No 5.13.6)

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh 19.083	40.157	65.434	81.671	78.941	68.207	59.327	476.290

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh 1.668	3.100	4.597	5.726	5.723	4.933	4.605	37.242

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher
(Ref-No 5.13.7)

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung
(Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen
(Ref-No 5.13.9)

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger
(Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Zonen 1 ($A_{NGF} = 1.383 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Gebläsekessel NT nach 1994 (268), $P_n = 145,0 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ }^\circ\text{C}$, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 1,18 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,917$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 0,922$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0058 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 28,31 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 8,89 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,57 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,491 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,164 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 468 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Gebläsekessel NT nach 1994 (268), $P_n = 84,8 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ }^\circ\text{C}$, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 1,18 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,914$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 0,919$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0072 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 17,94 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 5,62 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,77 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,379 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,126 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW]}, \text{ Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$

$\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$

$Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m]}, \text{ Gl.178}$

$Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$

$W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$

$Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	19.083	40.157	65.434	81.671	78.941	68.207	59.327	476.290
$\beta_{h,1}$		0,41	0,65	0,95	1,06	1,03	1,01	0,85	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	835	1.490	2.028	2.429	2.423	2.110	2.035	16.611
$Q_{h,f}$	kWh	22.799	47.917	78.149	97.630	94.341	81.501	70.833	569.000
$W_{h,gen}$	kWh	74	144	226	280	271	235	207	1.696

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	1.668	3.100	4.597	5.726	5.723	4.933	4.605	37.242
β _{h,1}		0,08	0,13	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	
Q _{h,gen,1}	kWh	413	741	1.123	1.423	1.421	1.218	1.121	9.092
Q _{h,f}	kWh	2.081	3.841	5.721	7.149	7.144	6.151	5.726	46.334
W _{h,gen}	kWh	18	24	31	36	36	32	31	292

13.11 Endenergie Heizwärme

(Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,f}	kWh	24.880	51.757	83.870	104.779	101.485	87.653	76.559	615.333
W _h	kWh	91	169	257	316	307	266	238	1.987
Erdgas	kWh	24.880	51.757	83.870	104.779	101.485	87.653	76.559	615.333
Q _{I,h,<1>}	kWh/d	4,9	9,5	16,9	21,4	20,7	19,6	14,9	
Q _{I,h,<2>}	kWh/d	1,2	2,1	3,6	4,7	4,7	4,4	3,4	
Q _{I,h,<3>}	kWh/d	1,1	1,9	3,3	4,2	4,2	4,0	3,1	
Q _{I,h,<4>}	kWh/d	3,0	5,3	9,2	11,9	11,9	11,1	8,8	
Q _{I,h,<5>}	kWh/d	1,5	2,7	4,6	6,0	6,0	5,6	4,4	
Q _{I,h,<6>}	kWh/d	0,7	1,2	2,0	2,6	2,6	2,4	1,9	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Ungeregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

14.1 Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2023 und DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 10 kWp, quadratmeterbezogen $10 / (1381,7) = 0,007 \text{ kWp/m}^2$

PV-Module Süd 30° Standort Deutschland (Potsdam)

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Stromangebot	kWh	763	552	199	131	251	249	608	8.178
anrechenbar	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Jahres-Stromproduktion = 8.178 kWh/a, Strombedarf = - kWh/a, anrechenbar = - kWh/a

14.2 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/	25.247	1,10	1,11	25.020
Erdgas	Heizwärme	*	615.333	1,10	1,11	609.790
Strom-Mix	Beleuchtung	**	22.446	1,80	1,00	40.402
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.620	1,80	1,00	6.517
Σ [kWh/Jahr]			666.647			681.729

* = 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 $q_P = 681.729 / 1.851 = 368,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.851$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 666.647 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 22745,3+554354,4+22445,5+3620,4 = 603166 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 2,0 kWh/(m²a), Erdgas 346,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 12,1 kWh/(m²a),
Stromgutschrift [Strom-Mix] 0,0 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m ² a)
Erdgas	22.745	240	5.459	
Erdgas	554.354	240	133.045	
Strom-Mix	22.446	560	12.570	
Strom-Mix	3.620	560	2.027	
Σ			153.101	82,7

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

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen
(Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone	m ²	RLT	Beleucht.	Klima	Warmwasser	Heizung	Summe kWh/a
		9 kWh/a	10 kWh/a	11 kWh/a	12 kWh/a	13 kWh/a	
<1> Sporthalle	1.383	-	19.435	-	-	569.004	588.438
<2> Sanitär	75	-	763	-	25.257	26.467	52.488
<3> Umkleide	67	-	985	-	-	7.126	8.111
<4> Verkehrsfläch	189	-	765	-	-	7.141	7.906
<5> Lager / Gerät	95	-	90	-	-	4.515	4.606
<6> Foyer / Eing	41	-	408	-	-	1.103	1.510
Gebäude	1.851	-	22.445	-	25.247	615.325	663.016

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis
(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	0,8	12,1	0,0	12,2	227,2	252,2
Endenergiebedarf	0,8	12,1	0,0	13,7	333,4	360,1
Primärenergiebedarf	1,4	21,8	0,0	13,7	331,3	368,2

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

15.0 Nachweise

(Ref-No 5.15.0)

für ein bestehendes Gebäude

Referenzberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

(Ref-No 5.15.1)

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte" (140%-Regel)

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden nicht eingehalten

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

(Ref-No 5.15.2)

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50

zul $q_{P,REF} = 1.4 \cdot 150,7 = 210,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (140%-Regel), aus der Referenzberechnung

vorh $q_P = 681.729 / 1851,5 = 368,2 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 368,2 > 210,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, Grenzwert wird nicht eingehalten

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

(Ref-No 5.15.8)

Nachweis 65% Erneuerbare

Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71

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

benötigte Wärme im Gebäude 640.581 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

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

Summe erneuerbare Energien - kWh/a 0 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 0/640580,7 \cdot 100 = 0\%$ (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

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

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien
(Ref-No 5.17.0)

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 34 ff
(Ref-No 5.17.1)

Nachweis für öffentlich genutzte Gebäude

Ein Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ist nicht erforderlich (Modernisierung)

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 640581 + 0 + 0 = 640.581 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
				0,0 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

HT' - Wert	W/ (m²K)	Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil
				erzielt	gefordert	
		0,38	0,94	-145,7 %	15,0 %	0,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 0,0 % < Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

20.0 Bundesförderprogramme (BEG)
(Ref-No 5.20.0)

Bundesförderprogramme für die Sanierung von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

Bundesförderung für effiziente NWG-Sanierung, Effizienzgebäude BEG NWG 2023, Effizienzgebäude NT-ready mit 55°C Vorlauftemperatur

Referenzberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

Bestandsberechnung = "2025-09-24-Bestand-Referenz2020"

Endenergieeinsparung	-395.072 kWh/a
Primärenergieeinsparung	-402.765 kWh/a
CO2-Einsparung	-86.812 kg/a

	Primärenergiebedarf kWh/ (m²a)	----- mittlere U-Werte ----- QP' ' Opake Fenster Vorhf. Oberl.				
		W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)
Referenzberechnung	100 %	150,7				
erreicht $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	244 %	368,2	0,51	4,31		
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	241,1				
Effizienzgebäude 70	70 %	105,5	0,26	1,40	1,40	2,40
Effizienzgebäude 55	55 %	82,9	0,22	1,20	1,20	2,00
Effizienzgebäude 40	40 %	60,3	0,18	1,00	1,00	1,60

EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)

vorhandene Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäude durch die Prozesse:
Für die EE-Klasse ist ab 2023 der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verpflichtend.

$EE_{\text{genutzt}} = - \text{kWh/Jahr}$

$EE_{\text{Soll}} = 0,65 * 640581 = 416.377 \text{ kWh/Jahr}$ (65% des Wärme- und Kältebedarfs)

$EE_{\text{genutzt}} < EE_{\text{Soll}}$ (65%), die Anforderung für das EE-Paket wird nicht erfüllt

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Ein Effizienzgebäude-Förderniveau nach BEG NWG wird nicht erreicht.

6.4 Nutzungsprofile

Nr.	Nutzung (tägliche Nutzungszeit)	Beschreibung
1	Einzelbüro (7:00 - 18:00)	Flächen der Nutzung Nr. 2 dürfen nach EnEV auch mit diesem Profil verwendet werden (Anlage 2, Nr. 2.1.2 und Nr. 2.2.1 EnEV 2013). Im GEG ist diese Zusammenfassung nicht vorgesehen.
2	Gruppenbüro (zwei bis 6 Arbeitsplätze) (7:00 - 18:00)	für 2-6 Arbeitsplätze, kann nach EnEV zu Nutzung Nr. 1 zusammengefasst werden (siehe unter Nr. 1)
3	Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätzen) (7:00 - 18:00)	ab 7 Arbeitsplätzen
4	Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar (7:00 - 18:00)	auch Schulungsräume, Ausbildungsräume, auch Labore von Hochschulen (für Labore auch alternatives Profil siehe unten) (Schulen siehe Nr. 8)
5	Schalterhalle (7:00 - 18:00)	Bankfilialen, Beratungszentren
6	Einzelhandel/Kaufhaus (8:00 - 20:00)	Verkaufsflächen
7	Einzelhandel/Kaufhaus Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten (8:00 - 20:00)	Supermärkte mit Kühlprodukten
8	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten) (8:00 - 15:00)	Seminarräume siehe Nutzung Nr. 4, Hörsäle siehe Nutzung Nr.9, in Schulen auch Lehrerzimmer
9	Hörsaal, Auditorium (8:00 - 18:00)	auch für eine Aula in der Schule, siehe auch 8 und 4, Messehallen unter Nr. 28
10	Bettzimmer Zweibettzimmer im Krankenhaus, Pflegeheim (0:00 - 24:00)	Zweibettzimmer im Krankenhaus, Pflegeheim, Ruheräume der Feuerwehr, Mehrbettzimmer in Herbergen etc. (Einzelzimmer siehe Nr. 11 Hotelzimmer), gilt eigentlich nicht für Krankenhäuser (Alternatives Profil siehe unten: BBSR-Online-Publikation, Nr. 18/2009)
11	Hotelzimmer Doppelzimmer (21:00 - 8:00)	soweit nicht Nr. 10 Bettzimmer als Profil sinnvoll ist
12	Kantine (8:00 - 15:00)	auch Cafeteria (bzw. Restaurant Nr. 13). Der wesentliche Unterschied zum Profil "Restaurant" ist die Nutzungszeit und die sich daraus ergebenden Wärmequellen und Betriebszeiten.
13	Restaurant (10:00 - 24:00)	auch Cafeteria, Kantinen siehe 12
14	Küche in Nichtwohngebäuden (10:00 - 23:00)	auch Küchen von Kantinen, hier müssten aber die Betriebszeiten angepasst werden.
15	Küche - Vorbereitung, Lager (10:00 - 23:00)	auch sinnvoll für reine Verteilküchen, ohne eigene Zubereitung. Anpassung der Betriebszeit an die Hauptnutzung, wie Profil 14. Bei reinen Lagerflächen muss der Mindestaußenluftvolumenstrom angepasst werden ($6 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ statt $15 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$)

16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden (7:00 - 18:00)	auch Waschräume und Umkleieräume von Turnhallen, Abluftvolumenstrom nach ASR A4.1 mind. 11 m ³ /h pro m ² bei mech. Lüftung
17	Sonstige Aufenthaltsräume Sammelzone z.B. für Pausenraum, Wartezimmer (7:00 - 18:00)	Wartezimmer, Wartezonen, Personal- und Pausenräume, Galerien, wenn nicht als Verkehrsweg, Atrien mit Aufenthaltsqualität, nach EnEV auch für alle sonstigen nach DIN V 18599-10 nicht vorgesehenen Nutzungen.
18	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume Sammelzone z.B. für Garderobe, Teeküche, Lager, Archiv, Flur (7:00 - 18:00)	Lehrerräume von Turnhallen, Teeküche, Kopierräume, Plotterräume (auch für Nutzungen 19+20)
19	Verkehrsfläche Flur (7:00 - 18:00)	Flure, Treppen, Garderoben für Gäste (im Theater Nutzungsprofil 24), Nutzungsprofile 18 bis 20 dürfen zum Nutzungsprofil 18 zusammengefasst werden. Nur Flure in Pflegebereichen von Krankenhäusern haben ein gesondertes Nutzungsprofil (Profil 41 [39])
20	Lager Technik, Archiv (7:00 - 18:00)	Materiallager, Anschlussräume ELT, Heizung, Lüftungszentralen, Aufzugsmaschinenräume, Hausmeisterwerkstatt, Geräteräume von Turnhallen, Technikräume, Batterieräume. Die Nutzungsprofile 18 bis 20 dürfen zu Nutzung 18 zusammengefasst werden. Magazine von Bibliotheken siehe Nr. 30, Lager- und Logistikhallen siehe Nr. 41
21	Rechenzentrum (0:00 - 24:00)	kleinere Serverräume (ohne Klimatisierung) können meist einer anderen Nutzung zugeschlagen werden.
22.1	Gewerbliche und industrielle Hallen - schwere Arbeit, stehende Tätigkeit Fertigung, Produktion, Montage (7:00 - 16:00)	Fabrikhallen und Werkstätten, Lagerhallen siehe Nutzungsprofil 41. Siehe auch Nutzungsprofile 22.2 und 22.3
22.2	Gewerbliche und industrielle Hallen - mittelschwere Arbeit, überwiegend stehende Tätigkeit Fertigung, Produktion, Montage (7:00 - 16:00)	Fabrikhallen und Werkstätten siehe auch Nr. 22, 24 und 43
22.3	Gewerbliche und industrielle Hallen - leichte Arbeit, überwiegend sitzende Tätigkeit Fertigung, Produktion, Montage (7:00 - 16:00)	Fabrikhallen und Werkstätten siehe auch Nr. 22, 23 und 43
23	Zuschauerbereich Theater und Veranstaltungsbauten (9:00 - 23:00)	
24	Theater - Foyer (19:00 - 23:00)	einschl. Garderoben
25	Bühne Theater und Veranstaltungsbauten (13:00 - 23:00)	
26	Messe / Kongress (9:00 - 18:00)	Nutzungsprofile für Messehallen, für Hörsäle/Auditorien ist Nr. 9 sinnvoller

27	Ausstellungsräume und Museum mit konservatorischen Anforderungen (10:00 - 18:00)	
28	Bibliothek - Lesesaal (8:00 - 20:00)	
29	Bibliothek - Freihandbereich (8:00 - 20:00)	
30	Bibliothek - Magazin und Depot (8:00 - 20:00)	
31	Turnhalle (ohne Zuschauerbereich) (8:00 - 23:00)	Normale Turnhallen ohne Tribünen und Zuschauerbereichen und Gymnastikräume, für Schwimmbäder existiert kein Nutzungsprofil (Alternatives Profil siehe unten: BBSR-Online-Publikation, Nr. 18/2009)
32	Parkhaus für Büro- und Privatnutzung (7:00 - 18:00)	auch Tiefgaragen - bei Bilanzierung von unbeheizten Zonen
33	Parkhaus für öffentliche Nutzung (9:00 - 24:00)	auch Tiefgaragen - bei Bilanzierung von unbeheizten Zonen
34	Saunabereich (10:00 - 22:00)	Ohne größere nicht saunaspezifische Wasserflächen (größer 15 m ²).
35	Fitnessraum (8:00 - 23:00)	Fitness-Studio mit hohem Mindestaußenluftvolumenstrom und höheren interenen Wärmequellen (2,5 met)
36	Labor (7:00 - 18:00)	Labore sind in der Regel durch hohe Außenluftvolumenströme gekennzeichnet. In diesem Nutzungsprofil ist ein flächenbezogener Mindestaußenluftvolumenstrom von 25 m ³ /(h m ²) angegeben.
37	Untersuchungs- und Behandlungsräume (7:00 - 18:00)	Untersuchungs- und Behandlungsräume in Krankenhäusern und Kliniken (siehe auch Nutzungsprofil 40). Auch für Entbindungsräume (hier jedoch mit $\theta_{i,h,soll}=24^{\circ}\text{C}$).
38	Spezialpflegebereiche Aufwchräume, Intensivmedizin, Spezialpflege, Frühgeborenenpflege (0:00 - 24:00)	Aufwchräume, Intensivmedizin, Spezialpflege, Frühgeborenenpflege
39	Flure des allgemeinen Pflegebereichs (0:00 - 24:00)	Dieses Profil gilt nur für Flure im Pflegebereich, die 24h beheizt und beleuchtet sind, ansonsten ist Profil 19 zu verwenden.
40	Arztpraxen und Therapeutische Praxen (8:00 - 18:00)	Auch Untersuchungsräume in Arztpraxen (siehe auch Nutzungsprofil 37)
41	Lagerhallen, Logistikhallen (0:00 - 24:00)	Werkstätten und Produktionshallen siehe Nutzungsprofile 22.1 bis 22.3. Bei beheizten Lagerhallen ist in der Regel eine niedrige Beheizung mit $\theta_{i,h,soll} = 17^{\circ}\text{C}$ anzusetzen. Die Solltemperatur des Nutzungsprofils beträgt: $\theta_{i,h,soll} = 12^{\circ}\text{C}$!

Tabelle A.31 — Nutzung Sporthalle

Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)		Nr. 31			
Nutzungszeiten					
tägliche Nutzungszeit	Uhr	von 8:00	bis 23:00		
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	300			
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a	302			
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a	1498			
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	23:00		
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	300			
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	23:00		
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)					
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soll}}$	°C	21			
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soll}}$	°C	24			
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	20			
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26			
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{i,NA}$	K	4			
Feuchteanforderung	–	keine			
Mindestaußenluftvolumenstrom \dot{V}_A					
personenbezogen	m ³ je Stunde und Person	60			
flächenbezogen	m ³ /(h · m ²)	–			
mechanischer Außenluftvolumenstrom (Praxis)					
Luftwechsel	h ⁻¹	von –	bis 6		
flächenbezogen	m ³ /(h · m ²)	–	–		
Beleuchtung					
Wartungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m	lx	300			
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m	1			
Minderungsfaktor k_A	–	1			
relative Abwesenheit C_A	–	0,3			
Raumindex k	–	2			
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_1	–	1			
Personenbelegung					
maximale Belegsdichte	m ² je Person	gering	mittel	hoch	
		30	20	10	
Interne Wärmequellen					
		Vollnutzungsstunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m ²)		
			tief	mittel	hoch
Personen (125 W je Person)		10	4	6	13
Arbeitshilfen		0	0	0	0
Wärmezufuhr je Tag $(q_{l,p} + q_{l,fac})$	Wh/(m ² · d)	40		60	130

6.5 Auszug DIN Norm 4108- Beiblatt 2

Juni 2019

	DIN 4108 Beiblatt 2	DIN
ICS 91.120.10	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">Dieses Beiblatt enthält Informationen zu DIN 4108, jedoch keine zusätzlich genormten Festlegungen.</div>	Ersatz für DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03
<p>Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Beiblatt 2: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele, mit CD-ROM</p> <p>Thermal insulation and energy economy in buildings; Supplement 2: Thermal bridges – Examples for planning and performance, with CD-ROM</p> <p>Isolation thermique et économie d'énergie en bâtiments immeubles; Supplément 2: Pontes thermiques – Exemples pour la conception et l'exécution, avec CD-ROM</p>		
Gesamtumfang 214 Seiten		
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)		

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist Inhaber aller ausschließlichen Rechte weltweit – alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind weltweit DIN e. V. vorbehalten.
Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Preisgruppe 41
www.din.de
www.beuth.de



Einleitung

Energiesparende Maßnahmen, insbesondere auf dem Gebiet der Gebäudeheizung, stehen in engem Zusammenhang mit der Lösung von Umweltproblemen und sind ein vorrangiges, gesellschaftliches Anliegen.

Eine wesentliche Voraussetzung zur Einsparung von Heizenergie ist ein guter Wärmeschutz der Außenbauteile. Dabei ist zu beachten, dass die wärmeschutztechnische Qualität der Außenbauteile nicht nur von den Wärmedurchlasswiderständen R bzw. von den Wärmedurchgangskoeffizienten U der einzelnen Außenbauteile abhängt, sondern auch von der Anschlussausbildung zwischen den einzelnen Bauteilen. Die Wärmebrückenwirkung wird mit zunehmender Verbesserung des Wärmeschutzes bedeutsamer. Aus energetischer Sicht sind Wärmebrücken zu beachten, da ihr Anteil am Transmissionswärmeverlust eines Gebäudes erheblich sein kann.

Tauwasserbildung setzt ein, wenn die örtliche Oberflächentemperatur θ_{si} die Taupunkttemperatur des jeweiligen Wasserdampfdruckes unterschreitet. Tauwasserschäden treten deshalb in der Regel zuerst im Bereich von Wärmebrücken auf. Schimmelpilzbildung kann bereits bei Luftfeuchten erfolgen, die noch keine Tauwasserbildung zur Folge haben. Je nach Oberflächenmaterial kann es bei relativen Luftfeuchten von über etwa 80 %, die über einen längeren Zeitraum auf den Oberflächen vorhanden sind, zur Schimmelpilzbildung kommen. Optimale Wachstumsbedingungen treten immer dann auf, wenn es zur Kondensation im oder auf dem Material kommt (siehe hierzu DIN 4108-2 und DIN Fachbericht 4108-8).

DIN 4108 Bbl 2:2019-06

1 Anwendungsbereich

Dieses Beiblatt enthält Planungsbeispiele zur Verminderung von Wärmebrückenwirkungen. Das Beiblatt stellt Prinzipien von Anschlussdetails aus dem Hochbau dar. Dargestellt werden Planungs- und Ausführungsbeispiele nur unter dem Aspekt des Wärmeschutzes. Andere bauphysikalische und sonstige konstruktive Anforderungen bedürfen der objektbezogenen und fallspezifischen Berücksichtigung durch den Anwender.

Die angegebenen längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ sind Referenzwerte und dienen dem Nachweis der Gleichwertigkeit anderer, nicht im Beiblatt abgebildeter Anschlussmodifikationen. Die Referenzwerte können auch zur Berechnung eines projektbezogenen Wärmebrückenzuschlags ΔU_{WB} verwendet werden.

Die in diesem Beiblatt angegebenen Bedingungen und Randbedingungen gelten für den Gleichwertigkeitsnachweis der in diesem Beiblatt aufgeführten Beispiele. Sie können auch anstelle der Ansätze nach DIN EN ISO 10211 und DIN EN ISO 13370 vereinfachend für die Bestimmung längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ zur Berechnung eines projektbezogenen Wärmebrückenzuschlags ΔU_{WB} verwendet werden.

Dieses Beiblatt berücksichtigt nicht alle bei Gebäuden auftretenden Wärmebrücken.

4 Planungsempfehlungen

Allgemeine Planungsempfehlungen zur Reduzierung von Wärmebrücken sind:

- *Vermeidung stark gegliederter Baukörper;*
- *wärmetechnische Trennung auskragender Bauteile (Balkonplatten, Attiken, Tragkonsolen usw.) vom angrenzenden Baukörper;*
- *durchgehende Dämmebene, z. B. außenliegende Wärmedämmung auf einer Außenwand, Kelleraußenwand mit Außenwanddämmung und Übergang der einzelnen Dämmstoffebenen ohne Schwächung.*

5 Bauteilanschlüsse und Umgang mit Planungsbeispielen

5.1 Allgemeines

Dieses Beiblatt enthält Beispiele für Anschlussausbildungen, um

- *Konstruktionsempfehlungen auszusprechen und*
- *ein Referenzniveau für die Güte einer Anschlussausbildung festzulegen.*

Bei den dargestellten zweidimensionalen Anschlussausbildungen hält der Temperaturfaktor f_{Rsi} unter den in Tabelle 108 dargestellten Randbedingungen den in DIN 4108-2 geforderten Grenzwert von 0,70 zur Sicherstellung des Mindestwärmeschutzes ein, sofern in Tabelle 5 bis Tabelle 105 nicht anders angegeben.

Bei Beispielen mit dem Hinweis „der Mindestwärmeschutz ist zu prüfen“ kann nicht für alle Kombinationen aus Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe und Bauteildicke die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes ohne weitere Prüfung vorausgesetzt werden. Für Stahlbetonbauteile wurde der Mindestwärmeschutz bis zu einer Dicke von 240 mm überprüft.

Der Mindestwärmeschutz stellt einen wärmeschutztechnischen Standard dar, der an jeder Stelle der Innenoberfläche der wärmeübertragenden Umfassungsfläche bei ausreichender Beheizung und Lüftung unter Zugrundelegung üblicher Nutzung und unter den in DIN 4108-2 angegebenen Randbedingungen ein hygienisches Raumklima sicherstellt. So kann Tauwasserfreiheit und Schimmelpilzfreiheit an Innenoberflächen von Außenbauteilen im Ganzen und in Kanten und Ecken sichergestellt werden. Ausnahmen hiervon bilden Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster, Lichtkuppeln und Pfosten-Riegel-Konstruktionen; für diese Bauteile greift DIN EN ISO 13788, diese Ausnahme gilt nicht für die Einbaufuge zum angrenzenden Bauwerk.

Die Dämmstoffverteilung innerhalb eines Rollladenkastens ist so zu wählen, dass die Anforderung $f_{Rsi} \geq 0,70$ des Mindestwärmeschutzes sichergestellt ist.

Eine eventuell eingezeichnete Flankendämmung am flankierenden Bauteil ist häufig nicht nur für den Wert des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizient Ψ wichtig, sondern auch zur Erzielung eines Temperaturfaktors $f_{Rsi} \geq 0,70$. In solchen Fällen kann — selbst wenn der Referenzwert für den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizient Ψ beim rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweis auch ohne die Flankendämmung eingehalten wäre — aus Gründen der Schimmelpilzvermeidung nicht auf die Flankendämmung oder alternative Maßnahmen zur Sicherstellung einer ausreichenden Oberflächentemperatur verzichtet werden.

5.2 Kategorien A und B

Die angegebenen Kategorien A und B beschreiben zwei unterschiedliche energetische Niveaus, wobei Kategorie B als höherwertiger einzustufen ist. Die Kategorie B umfasst auch immer die Kategorie A.

Der anzusetzende Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} für die Kategorien A und B ergibt sich nach DIN V 18599-2.

5.3 Hinweise zu Bauteilanschlüssen

Die in diesem Beiblatt aufgeführten Planungsskizzen geben Konstruktionsprinzipien von Anschlussausbildungen wieder.

Die betrachteten Außen- und Innenbauteile stellen zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieses Beiblatts übliche Konstruktionen dar. Da die verwendeten Materialien unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten λ aufweisen und geringe Abweichungen der Schichtdicken möglich sind, werden keine Angaben zu den Wärmedurchgangskoeffizienten U gemacht.

Für die Wärmebrückenwirkung unbedeutende Schichten (wie z. B. Abdichtungen) sind in den Prinzipskizzen in der Regel nicht dargestellt. Bei den Fensteranschlüssen sind Abdichtungen, Befestigungen, Unterfütterungen für Trittfestigkeit im Bereich des unteren Fenstertüranschlusses nicht dargestellt.

Der Einfluss von Dämmstoffhaltern von Wärmedämm-Verbundsystemen, Halterungen in vorgehängten hinterlüfteten Fassaden oder Drahtankern zweischaliger Außenwände ist bei der Berechnung der Referenzwerte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ nicht berücksichtigt; die Bauteilfläche ist im Modell ohne die genannten Durchdringungen zu modellieren. Ebenso bleiben bei Holzverschalungen oder gleichartigen Konstruktionen Befestigungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln unberücksichtigt.

Die dargestellten Beispiele und Referenzwerte für Fensteranschlüsse gelten für alle üblichen Sturzausführungen, auch deckengleiche.

Bei Dachflächenfenstern ist die herstellereigene Systemlösung (Fenster und Zarge) zu verwenden oder bei handwerklich erstellten Anschlussausbildungen das vom Hersteller des jeweiligen Dachflächenfensters empfohlene Konstruktionsprinzip sinngemäß anzuwenden.

Dachlichtbänder aus Kunststoffmaterialien und Glaskonstruktionen in Dachflächen, z. B. Glasdächer, werden je nach Ausführung bzw. Anschlussituation analog den Fensteranschlüssen oder den Lichtkuppelanschlüssen behandelt.

Montagewände sind am Fußpunkt (sofern z. B. über Tiefgarage, über unbeheiztem Bereich oder über Bauteile gegen Außenluft) im Wandhohlraum in voller Wanddicke und mindestens in derselben Höhe wie die umgebende Fußbodendämmebene zu dämmen. Analoges gilt bei der seitlichen und oberen Einbindung von Leichtbauinnenwänden in umgebende Bauteile bzw. Dämmschichten.

Die Referenzwerte für Vorbaukästen sind auch einzuhalten, wenn der Vorbaukasten ganz oder teilweise vor dem Sturz montiert ist.

Die Referenzwerte für untere Fenstertüranschlüsse gelten auch für Schwellen und für bodengleiche Anschlüsse, sofern die zusätzliche Dämmschicht vor der Verbreiterung nicht vermindert wird oder eine mindestens gleichartige Wärmedämmung (gedämmte Rahmenverbreiterung, $R \geq 0,75 \text{ m}^2 \text{ K/W}$) erreicht wird.

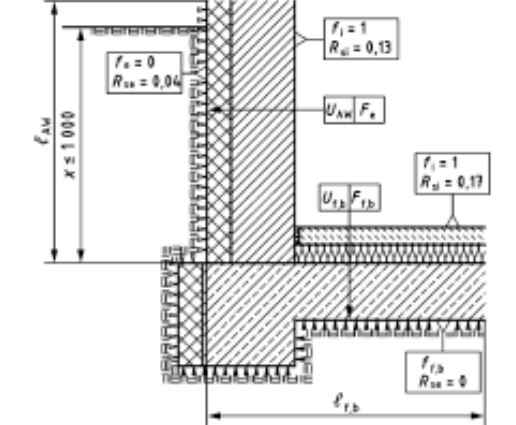
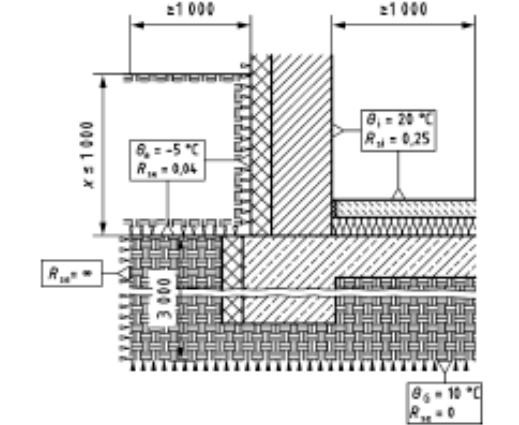
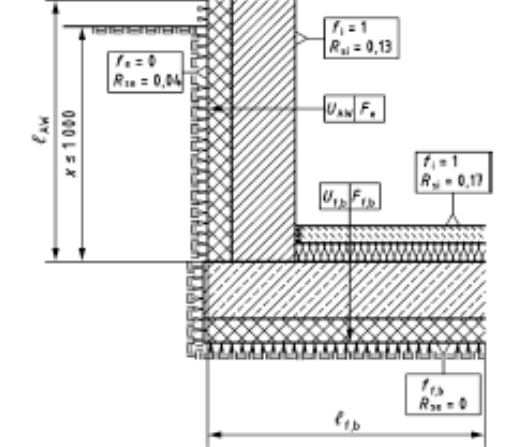
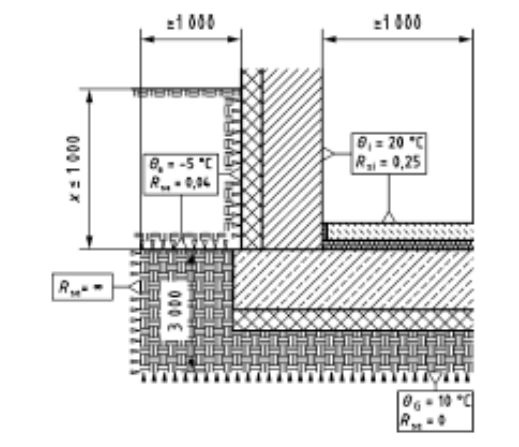
Bei bodentiefen unteren Fenstertüranschlüssen mit Entwässerungsrinne muss eine gedämmte Rahmenverbreiterung mit einem Wärmedurchlasswiderstand $R \geq 0,75 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ entweder außenseitig oder vollständig oberhalb der thermischen Trennung zwischen Geschossdecke und auskragender Platte eingebaut sein, oder der Raum zwischen der Entwässerungsrinne und der Balkonplatte mit mindestens 4 cm Höhe vollständig ausgedämmt sein, damit die Referenzwerte für den unteren Fenstertüranschluss zutreffen. Dies gilt analog für andere untere Fenstertüranschlüsse mit Entwässerungsrinne.

Bei Gefälledämmungen wird sowohl der bildliche als auch der rechnerische Gleichwertigkeitsnachweis mit einer gleichmäßigen Dämmschichtdicke $d_{\text{eff}} = (1/U - R_{\text{Si}} - R_{\text{Se}}) \cdot \lambda$ geführt, die sich aus dem Wärmedurchgangskoeffizienten U nach DIN EN ISO 6946:2018-03, Anhang E der Komponente und dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ des Dämmstoffs ergibt. Dieser Ansatz darf auch im Rahmen der Berechnung eines projektbezogenen Wärmebrückenzuschlags verwendet werden. Die Einhaltung von f_{RSi} muss auch für die geringste an der Attika auftretende Dämmschichtdicke gegeben sein.

Nachweise Berechnungen Wärmebrücken

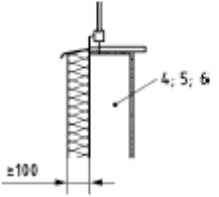
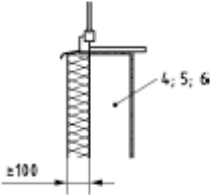
Bild 8 — Zeichnerische Abbildung von Randbedingungen auf der Kaltseite

Tabelle 108 — Darstellung der Berechnungsrandbedingungen an Beispielen

Zeile	Ψ-Wert Berechnung Maße in Millimeter	f-Wert Berechnung Maße in Millimeter
1	<p>KG-Fundament — Bodenplatte innengedämmt, geringe oder keine Erdreichanschüttung Sockel-Bodenplatte (nicht unterkellert) — Bodenplatte innengedämmt</p> 	<p>KG-Fundament — Bodenplatte innengedämmt, geringe oder keine Erdreichanschüttung Sockel-Bodenplatte (nicht unterkellert) — Bodenplatte innengedämmt</p> 
2	<p>KG-Fundament — Bodenplatte außengedämmt, geringe oder keine Erdreichanschüttung Sockel-Bodenplatte (nicht unterkellert) — Bodenplatte außengedämmt</p> 	<p>KG-Fundament — Bodenplatte außengedämmt, geringe oder keine Erdreichanschüttung Sockel-Bodenplatte (nicht unterkellert) — Bodenplatte außengedämmt</p> 

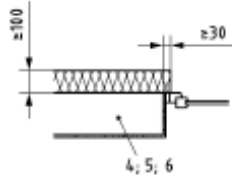
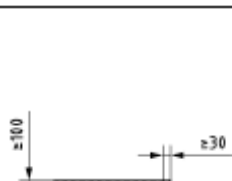
7.13.2 Außen gedämmte Bauweise

Tabelle 58 — Referenzwerte für Bauart außengedämmte Bauweise

Nr.	Ausführungsart	Darstellung Maße in Millimeter	Bemerkung	Referenzwert Ψ_{ref} W/(m·K)	Kategorie	Randbedingung
Fensterbrüstung						
220	Fensterbrüstung Außenwand außengedämmt		Fensterlage gilt für Achsmaß (Mitte) des Blendrahmens in der äußeren Hälfte der Tragschale	$\Psi_{ref,Ers} \leq 0,17$ / $\Psi_{ref,det} \leq 0,25$	A	Tabelle 108, Zeile 26
221	Fensterbrüstung Außenwand außengedämmt Blendrahmen in Dämmebene		Fensterlage gilt für Blendrahmen vollständig in Dämmebene	$\Psi_{ref,Ers} \leq 0,02$ / $\Psi_{ref,det} \leq 0,10$	B	Tabelle 108, Zeile 26

7.14.2 Außengedämmte Bauweise

Tabelle 62 — Referenzwerte für Bauart außengedämmte Bauweise

Nr.	Ausführungsart	Darstellung Maße in Millimeter	Bemerkung	Referenzwert Ψ_{ref} W/(m·K)	Kategorie	Randbedingung
Fensterlaibung						
226	Fensterlaibung Außenwand außengedämmt		Überdämmung ≥ 3 cm (inklusive 1 cm Fuge) gilt auch für Fenster mit Führungsschienen (direkt auf dem Blendrahmen befestigte Führungsschienen dürfen die Außenkante des Blendrahmens nicht überschreiten) Fensterlage gilt für Achsmaß (Mitte) des Blendrahmens in der äußeren Hälfte der Tragschale	$\Psi_{ref,Ers} \leq 0,08$ / $\Psi_{ref,det} \leq 0,18$	A	Tabelle 108, Zeile 27
227	Fensterlaibung Außenwand außengedämmt Blendrahmen in Dämmebene		Überdämmung ≥ 3 cm (inklusive 1 cm Fuge) gilt auch für Fenster mit Führungsschienen (direkt auf dem Blendrahmen befestigte Führungsschienen dürfen die Außenkante des Blendrahmens nicht überschreiten) Fensterlage gilt für Blendrahmen vollständig in der Dämmebene	$\Psi_{ref,Ers} \leq 0,02$ / $\Psi_{ref,det} \leq 0,07$	B	Tabelle 108, Zeile 27

7.21 Pfettendach

7.21.1 Monolitische Bauweise

Tabelle 89 — Referenzwerte für Bauart monolitische Bauweise

Nr.	Ausführungsart	Darstellung Maße in Millimeter	Bemerkung	Referenzwert Ψ_{ref} W/(m·K)	Kategorie	Randbedingung
Pfettendach						
340	oberste Geschossdecke unbeheizter Dachraum ohne Abmauerung Außenwand monolithisch			$\leq 0,07$	B	Tabelle 108, Zeile 38
341	oberste Geschossdecke unbeheizter Dachraum mit Abmauerung Außenwand monolithisch			$\leq 0,03$	B	Tabelle 108, Zeile 38
342	Steildach (Holz) beheizter Dachraum Außenwand monolithisch		gilt auch bei Fußpfette mit mittlerer Lage auf Ringbalken verankert	$\leq 0,15$	A	analog Tabelle 108, Zeile 37
343	Steildach (Holz) beheizter Dachraum Außenwand monolithisch Überdämmung ≥ 100 mm		gilt auch bei Fußpfette mit mittlerer Lage auf Ringbalken verankert	$\leq 0,07$	B	analog Tabelle 108, Zeile 37

6.6 Glossar

A

Abgasverluste Wärme, die mit dem Abgas der Heizanlage verloren geht. Lässt sich durch Brennwerttechnik (Brennwertkessel) oder Niedertemperatur-Heizanlagen reduzieren. Bei niedrigen Abgasverlusten allerdings Gefahr der Schornsteinversottung. Die Abgasverluste sind für viele Feuerungsanlagen durch die Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) begrenzt. Aus Abgas- und Bereitschaftsverlusten wird der Jahresnutzungsgrad ermittelt.

Amortisation (einer Investition) Deckung der für ein Investitionsgut aufgewendeten Anschaffungskosten aus dem mit dem Investitionsgut erwirtschafteten Ertrag.

Anlagenaufwandszahl ep Die Anlagen-Aufwandszahl ep wird nach DIN V 4701-10 bzw. DIN V18599 ermittelt und beschreibt das Verhältnis der von der Anlagentechnik aufgenommenen Primärenergie in Relation zu der von ihr abgegebenen Nutzwärme.

Außenthermostat Messgerät der Heizungsanlage, das die Vorlauftemperatur des Heizkreises regelt. Bei niedrigen Außentemperaturen erhöhte Vorlauftemperatur, bei höheren Außentemperaturen abgesenkte Vorlauftemperatur; dadurch reduzierte Heizkreisverluste und verbesserte Einzelraumregelung.

A/V-Verhältnis (Kompaktheit) Verhältnis aus wärmeübertragenden Umfassungsflächen eines Gebäudes und beheiztem Bauwerksvolumen.

B

Bereitschaftsverluste Die Verluste eines Wärmeerzeugers, die außerhalb der Brennerlaufzeit auftreten, nennt man Bereitschaftsverluste. Hohe Bereitschaftsverluste treten auf, wenn die Brennerlaufzeit im Verhältnis zur Betriebszeit des Kessels kurz ist (Überdimensionierung), die Kesselwassertemperatur hoch und/oder der Kessel schlecht wärmegeklämt ist. Bei alten Kesseln können die Bereitschaftsverluste deutlich höher als die Abgasverluste sein und führen maßgeblich zu einem schlechten Jahresnutzungsgrad. Bereitschaftsverluste treten auch bei Speichern auf.

Biomasse Biomasse ist die gesamte durch Pflanzen oder Tiere anfallende / erzeugte organische Substanz. Beim Einsatz von Biomasse zu energetischen Zwecken – also zur Strom-, Wärme- und Treibstoffherzeugung – ist zwischen nachwachsenden Rohstoffen oder Energiepflanzen und organischem Abfall zu unterscheiden.

Nachwachsende Rohstoffe sind:

- schnell wachsende Baumarten und spezielle einjährige Energiepflanzen mit hohem Trockenmasseertrag zum Einsatz als Brennstoff,
- zucker- und stärkehaltige Ackerfrüchte für die Umwandlung in Äthanol sowie Ölfrüchte für die Gewinnung von Bioölen bzw. Biodiesel (Rapsölmethylester) und deren Einsatz als Schmierstoff bzw. als Treibstoff.

Organische Reststoffe fallen bei der Land- und Forstwirtschaft, der Industrie und in Haushalten an. Dazu zählen:

- Abfall- und Restholz,
- Stroh, Gras, Laub und Dung,
- Klarschlamm sowie
- organischer Hausmüll.

Blockheizkraftwerk (BHKW) Anlage zur lokalen Erzeugung von Energie (Wärme und Strom) nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Mit einem stationären Verbrennungsmotor, einer kleinen Gasturbine oder einer Brennstoffzelle wird Strom erzeugt. Die dabei entstehende Abwärme wird zur Warmwasserbereitung und zu Heizzwecken genutzt. Als Brennstoff kann beispielsweise Dieselmotorkraftstoff, Erdgas oder Pflanzenöl eingesetzt werden.

Blower-Door-Test Luftdichtheitsprüfung der Gebäudehülle.

Brennwertkessel Durch einen großen oder zweiten Wärmetauscher entzieht ein Brennwertkessel dem wasserdampfhaltigen Abgas durch Kondensation Wärme. Dadurch wird über den Heizwert eines Brennstoffes hinausgehende Energie genutzt und die Abgase auf niedrige Temperaturen gebracht. Diese Technik stellt besondere Ansprüche an den Schornstein. Gegebenenfalls ist eine Neutralisation des Kondensats erforderlich.

D

Dampfsperre Eine dampfdichte Schicht, die verhindert, dass Wasserdampf in das dahinter liegende Bauteil gelangt.

E

Effizienzhaus Ein KfW-Effizienzhaus ist ein Gebäude, welches die gesetzlichen Anforderungen der GEG an den spezifischen Transmissionswärmeverlust HT' und den Primärenergiebedarf qP bei Neubauten und Sanierungen um einen bestimmten Prozentsatz, bezogen auf das Referenzgebäude der GEG, unterschreitet. Der Effizienzhausstandard gibt den maximal zulässigen Prozentanteil für qP an. HT' darf jeweils 15 Prozentpunkte höher liegen, bezogen auf HT' des Referenzgebäudes. So darf z.B. der maximale qP eines KfW-Effizienzhauses-70 70 % des qP des Referenzgebäudes nicht überschreiten, während der HT' maximal 85 % des HT' des Referenzgebäudes betragen darf.

Einspeisevergütung Vergütung für die Einspeisung von regenerativ erzeugtem Strom in das allgemeine Stromversorgungsnetz.

Emissionen Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehende Schadstoffe und Abgase, die durch Schornsteine und Abgasrohre an die Außenluft abgegeben werden und die Luft verunreinigen. Beim Hausbrand sind dies im Wesentlichen CO_2 , SO_2 , NO_x und Staube.

Elektrische Speicherheizsysteme („Nachtspeicherheizung“) Elektrische Speicherheizsysteme sind Heizsysteme mit vom Energielieferanten unterbrechbarem Strombezug, die nur in den Zeiten außerhalb des unterbrochenen Betriebes durch eine Widerstandsheizung Wärme in einem geeigneten Speichermedium speichern. Unter gewissen Randbedingungen dürfen diese Systeme nur noch bis 2019 betrieben werden.

Endenergiebedarf Energiemenge, die dem Gebäude zur Deckung der Nutzenergie für Heizung und Trinkwarmwasser sowie zur Deckung der gesamten Verluste der Anlagentechnik im Gebäude und der zum Betrieb der Anlagentechnik benötigten Hilfsenergie zur Verfügung gestellt werden muss.

Energiebilanz Gegenüberstellung aller Energieströme eines Gebäudes: der Zuflüsse (beispielsweise durch Heizung, Sonneneinstrahlung etc.) und der Abflüsse, (beispielsweise durch Lüftung, Transmission etc.).

Gebäudeenergiegesetz (GEG) Seit dem 01.02.2002 hat die Gebäudeenergiegesetz (GEG) die Wärmeschutzverordnung (WSchVO95) abgelöst und wurde seither mehrmals erneuert. Sie gilt nun seit dem 1.05.2014 in einer überarbeiteten Fassung. In der GEG werden nicht nur maximale Transmissionswärmeverluste festgelegt, sondern auch der maximale Jahres- Primärenergiebedarf. D. h., es gehen nicht nur die Eigenschaften der Gebäudehüllflächen, sondern auch die der Anlagentechnik (Heizung, Warmwassererzeugung) mit ein. Der maximal zulässige Primärenergiebedarf wird über ein Referenzgebäude ermittelt, welches in der Geometrie und Orientierung dem zu berechnenden Gebäude entspricht. Für die bauliche Ausführung und die Anlagentechnik werden dazu jedoch Referenzwerte nach GEG angesetzt. Im Falle einer Sanierung sind maximale U-Werte der sanierten Bauteile einzuhalten. Alternativ dürfen der Jahres-Primärenergiebedarf und der spezifische Transmissionswärmeverlust nachgewiesen werden. Die Höchstwerte für einen entsprechenden Neubau dürfen dabei um maximal 40 % überschritten werden. Es gilt eine Nachrüstverpflichtung für alte und schlechte Heizungsanlagen.

Energieträger sind Stoffe, aus denen direkt oder durch eine bzw. mehrere Umwandlungen Nutzenergie gewonnen werden kann. Energieträger unterteilen entsprechend dem Grad der Umwandlung in Primär-, Sekundär- und Endenergieträger.

Energieverbrauchskennwerte sind witterungsbereinigte Energieverbräuche für die Raumheizung; sie werden in Kilowattstunden pro Quadratmeter Gebäudewohnfläche und Jahr angegeben.

erneuerbare Energien Auch regenerative oder alternative Energien genannt. Erneuerbare Energien sind Energieträger bzw. -quellen, die sich ständig erneuern bzw. nachwachsen und somit nach menschlichem Ermessen unerschöpflich sind. Hierzu zählen die Sonnenenergie (Solarthermie, Photovoltaik) und ihre indirekten Formen wie Biomasse, Wasserkraft, Windenergie, Umgebungswärme etc. sowie Erdwärme (Geothermie) und Gezeitenenergie. Im Gegensatz zu den erneuerbaren Energien sind fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl, Erdgas oder spaltbare Elemente an begrenzte Stoffvorräte gebunden. In der Energieversorgung Deutschlands spielen die erneuerbaren Energien noch eine relativ unbedeutende Rolle.

F

fossile Brennstoffe bzw. Energieträger Zu den fossilen Energieträgern zählen flüssige, gasförmige und feste Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle. Sie entstanden vor Jahrmillionen bei der Zersetzung abgestorbener Pflanzen und Tiere unter Sauerstoffabschluss, hohen Temperaturen sowie unter dem Druck darüber liegender Gesteinsschichten. Grenzen für die Nutzung fossiler Energieträger ergeben sich – je nach Technologieeinsatz und Entwicklung des technischen Fortschritts – aus den unterschiedlichen Ressourcenverfügbarkeiten sowie aus deren Umwelt- und Klimaverträglichkeit. Bei der Verbrennung bzw. Umwandlung der fossilen Brennstoffe wird Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt, das wesentlich zur Klimabelastung beiträgt.

G

g-Wert Der Gesamtenergiedurchlassgrad g eines (lichtdurchlässigen) Bauteils gibt an, welcher Anteil der auftretenden Strahlungsleistung durch das Bauteil hindurch nach innen transportiert wird.

H

Heizlast Zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Raumtemperatur notwendige Wärmemenge je Zeiteinheit in Watt. Die Heizlast multipliziert mit einer Zeitspanne, in der diese Wärmeleistung erbracht wird, ergibt den Wärmebedarf. Benötigt ein Raum beispielsweise eine Heizlast von konstant 1 kW (Kilowatt), so entsteht innerhalb einer Stunde ein Heizwärmebedarf von 1 kWh.

Hydraulischer Abgleich Zum hydraulischen Abgleich sind die Wassermengen der einzelnen Heizkörper oder Fußbodenheizungen zu begrenzen, die Leitungsstränge abzugleichen, die Pumpenleistung anzupassen und die Vorlauftemperatur einzustellen. Die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB Teil C und DIN 18380 verpflichten den Fachhandwerker zum hydraulischen Abgleich. Zur Erlangung von Fördermitteln wird in der Regel der Nachweis des hydraulischen Abgleichs gefordert. Ein mangelhafter hydraulischer Abgleich kann zu Funktionsstörungen sowie zu erhöhtem Brennstoff- und Pumpenstromverbrauch führen.

I

Immission Teil der Emission schädlicher Stoffe (Abgase aus Industrie, Straßenverkehr und Heizanlagen) sowie von Geräuschen, Erschütterungen, Gerüchen, Licht, Wärme und Strahlung, der auf Menschen, Tiere und Pflanzen sowie Sachgüter einwirkt. Ziel des gesetzlich geregelten Immissionsschutzes ist es, diese Immissionen so gering wie möglich zu halten. Dafür sind Immissionsgrenzwerte festgelegt. Zentrale Vorschrift ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) mit seinen Verordnungen.

Infiltrationsluftwechsel Durch Undichtigkeiten der Außenhaut verursachter, unkontrollierter Luftwechsel.

J

Jahres-Heizwärmebedarf Der Jahres-Heizwärmebedarf eines Gebäudes stellt die Wärmemenge dar, welche ein Heizsystem unter Annahme normierter Randbedingungen jährlich für die Gesamtheit der beheizten Räume des Gebäudes bereitstellen muss.

Jahres-Primärenergiebedarf Energiemenge für die Beheizung, Warmwasserbereitung, Belüftung und Kühlung eines Wohngebäudes einschließlich der Verluste der Anlagentechnik sowie des energetischen Aufwands für Gewinnung, Umwandlung und Transport des Energieträgers. Der Anteil regenerativer Energien ist im Jahres-Primärenergiebedarf bereits abgezogen. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderungsgröße der Gebäudeenergiegesetz und bezeichnet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes.

K

Kelvin (Abk. K) Maßeinheit der auf den absoluten Nullpunkt bezogenen Temperatur.

Kilowattstunde (Abk. kWh) Maßeinheit der Energie (1 kWh = 1.000 Wh).

Kilowatt peak, (Abk. kWp) Maß für die Leistungsfähigkeit einer PV-Anlage (1 kWp = 1.000 Wp).

Kollektor Elementares Bauteil einer Kollektoranlage, das die Solarstrahlung möglichst effizient in Wärme umwandeln soll. Diese wird durch ein Wärmeträgermedium aufgenommen, transportiert und mittels eines Wärmetauschers an einen Speicher abgegeben. Ein Flachkollektor besteht aus einem gut wärmeisolierten Gehäuse, in dem ein Absorber liegt. Das Gehäuse wird mit einer Scheibe aus hochtransparentem Solarglas abgedeckt.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Energieerzeugungs- und Umwandlungsverfahren, bei dem gleichzeitig Strom und Wärme bereitgestellt werden. Durch die Nutzung der Abwärme, die beim Stromerzeugungsprozess in herkömmlichen Kraftwerken ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird, lässt sich der Energienutzungsgrad bei KWK entscheidend erhöhen (von 30 – 45 % auf 80 – 90 %). In so genannten Heizkraftwerken kommt die KWK zur Anwendung. Als Blockheizkraftwerke werden kleinere, motorisch betriebene Heizkraftwerke bezeichnet, deren Motoren öl- oder gasbetriebene Verbrennungskraftmaschinen sind. Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz der KWK ist der gleichzeitige Bedarf an Strom und Wärme sowie eine möglichst große Nähe des Heizkraftwerks zu den Endverbrauchern.

k-Wert Alte Bezeichnung für Wärmedurchgangskoeffizient, siehe U-Wert.

L

Luftwechselrate Anteil der stündlich ausgetauschten Luftmenge im Verhältnis zum beheizten Luftvolumen des Gebäudes. Eine Luftwechselrate von 0,7 /h bedeutet beispielsweise, dass bei einem Gebäude mit einem Luftvolumen von 1000 m³ jede Stunde 700 m³ Raumluft gegen Außenluft ausgetauscht werden. (siehe auch n50-Wert)

M

Modul Elektrische Verschaltung von mehreren Solarzellen, die witterungsbeständig, vor Umwelteinflüssen geschützt und elektrisch isoliert eingekapselt sind. Ein M. bildet die Grundeinheit einer PV-Anlage.

monokristallines Silizium Bezeichnung für Silizium, das in Form eines Einkristalls vorliegt.

monolithisches Mauerwerk Mauerwerk, das aus einer Steinschicht besteht.

N

nachwachsende Rohstoffe Sammelbegriff für land- und forstwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe wie Holz, Flachs, Raps, Zuckerstoffe und Stärke aus Ruben, Kartoffeln oder Mais, die nach der Aufbereitung einer weiteren technischen oder energetischen Anwendung zugeführt werden können. Auch tierische Rohstoffe wie Wolle und Leder lassen sich im weitesten Sinne zu dieser Kategorie zählen. Entscheidender Vorteil nachwachsender Rohstoffe im Vergleich zu fossilen Rohstoffen ist, dass sie prinzipiell unbegrenzt zur Verfügung stehen. Ein anderer Pluspunkt ist ihre CO₂-Neutralität bei der Verbrennung. Dies erklärt sich dadurch, dass das bei der Verbrennung von pflanzlichen Rohstoffen freiwerdende Kohlenstoffdioxid vorher von der Pflanze gebunden wurde. Die heute populärste Anwendung von nachwachsenden Rohstoffen ist der Einsatz von Holz in Feuerungsanlagen. Aber auch die chemische Industrie zeigt sich mehr und mehr interessiert, für die Bereitstellung ihrer Grundstoffe auf nachwachsende Rohstoffe zurückzugreifen, und tut dies bereits heute in beachtlichem Umfang. Auch wenn gerade in den letzten Jahren neue Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen auf den Markt gekommen sind – man denke nur an biologisch abbaubare Folien und Verpackungen – steht diese Branche erst am Anfang ihrer Entwicklung. Sicher ist es notwendig, in jedem Einzelfall zu prüfen, ob der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen ökologisch wie ökonomisch wirklich sinnvoll ist; nicht in jedem Fall stellt ihr Einsatz nämlich die bessere Alternative dar.

Neigungswinkel Winkel zwischen einer geneigten Empfangsebene und der Horizontalen. Je nach Breitengrad des Aufstellungsortes einer Solaranlage gibt es unterschiedliche optimale Neigungswinkel.

Niedertemperatur Mit einer entsprechenden Heizungsanlage und größeren Heizkörperflächen kann man mit einer niedrigeren Temperatur des Heizwassers heizen. Gute Heizungsanlagen (heute Standard bei Heizkörpern) können mit 40°-55°C > Vorlauftemperatur auskommen, bei Fußboden- oder Wandheizungen sogar mit unter 35°C. Die dadurch niedrigeren Bereitschafts- und Abgasverluste führen zu einem geringeren Energieverbrauch, benötigen aber auch einen besonderen Schornstein (> Schornsteinversottung). Ein Niedertemperatur- Heizkessel ist ein Heizkessel, der kontinuierlich mit einer Eintrittstemperatur von 35 bis 40 Grad Celsius betrieben werden kann und in dem es unter bestimmten Umständen zur Kondensation des in den Abgasen enthaltenen Wasserdampfes kommen kann.

Nutzenergie Energie, die nach Umwandlung von Endenergie (z. B. im Heizkessel) beim Verbraucher für den jeweiligen Nutzungszweck zur Verfügung steht und die dieser für die angestrebte Nutzung einsetzt (z. B. Licht für die Beleuchtung, Kraft bzw. mechanische Arbeit von Motoren, Wärme für die Warmwasserbereitung oder Raumheizung).

Nutzungsgrad Verhältnis der in einem bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr) nutzbar abgegebenen Energie zur gesamten zugeführten Energie.

n50-Wert Luftwechselrate eines Gebäudes bei einer Druckdifferenz von 50 Pa. Kenngröße für die Dichtheit von Gebäuden.

O

Ökobilanzierung Eine Form der Produktanalyse. Sie berücksichtigt einerseits den energetischen wie stofflichen Ressourcenverbrauch bei der Rohstoffgewinnung, beim Transport, der Weiterverarbeitung, der Anwendung und Entsorgung. Andererseits fließen die Emissionen in Luft, Wasser und Boden, die Abfälle und Nebenprodukte mit in die Beurteilung ein. Das komplexe Bewertungsschema ist in der ISO 14040 festgelegt und eignet sich u. a. zum Hersteller übergreifenden Produktvergleich.

OSB-Platte (Oriented Strand Board) Kunstharzgebundener Holzwerkstoff.

P

Passivhaus Unter einem Passivhaus wird in der Regel ein Gebäude mit einer Lüftungsanlage verstanden, welches aufgrund seiner guten Wärmedämmung keine klassische Heizung benötigt. Genauer betrachtet beschreibt der Begriff einen Energiestandard für Gebäude. Die präzise Definition lautet: "Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in welchem die thermische Behaglichkeit (ISO 7730) allein durch Nachheizen oder Nachkühlen des Frischluftvolumenstroms, der für ausreichende Luftqualität erforderliche ist, gewährleistet werden kann." Diese Häuser werden „passiv“ genannt, weil der überwiegende Teil des Wärmebedarfs aus „passiven“ Quellen gedeckt wird, wie Sonneneinstrahlung und Abwärme von Personen und technischen Geräten. Das Ergebnis ist ein hoher Wohnkomfort, gekoppelt mit einem niedrigen Energieverbrauch. Die Bauweise ist nicht auf bestimmte Gebäudetypen beschränkt, es gibt auch Sanierungen, bei denen der Passivhausstandard erreicht wurde.

Pellets Zylindrische Presslinge aus trockenen, naturbelassenen Resten (Sage- und Hobelspane, getrocknetes Gras), die ohne chemische Zusätze unter mechanischem Druck geformt werden.

Perimeter Die erdberührten Wand- und Bodenbereiche eines Gebäudes.

Perimeterdämmung Wärmedämmung, die das Bauwerk im Bodenbereich von außen umschließt.

Photovoltaik (Abk. PV) ist die Technik, mit deren Hilfe Sonnenenergie durch Solarzellen in elektrische Energie umgewandelt wird.

Polystyrol entsteht durch Polymerisation aus Styrol. Styrol ist ungesättigter Kohlenwasserstoff. Polymerisation stellt eine chemische Reaktion dar, bei der ungesättigte niedermolekulare Verbindungen unter Auflösung der Mehrfachverbindungen ein Makromolekül bilden.

Primärenergie Aus einer natürlichen Quelle gewinnbare Energie in Form von Erdöl, Kohle, Erdgas, Wasserkraft, Solarstrahlung, Biomasse usw., die keinem technischen Umwandlungsprozess unterworfen wurde. Teilweise lassen sich Primärenergieträger direkt beim Endverbraucher einsetzen. Zum überwiegenden Teil wird Primärenergie jedoch zunächst in Sekundärenergie umgewandelt.

R

regenerative Energie Auch erneuerbare Energien genannt, sind die in der Umwelt vorhandene und sich durch natürliche Vorgänge erneuernde Energieformen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Sonnenenergie (Solarkollektoren und Photovoltaik), Umweltwärme (nutzbar gemacht mit Wärmepumpen), Erdwärme (aus tiefen Erdschichten), Wasserkraft (Wasserkraftwerke), Wellenenergie, Windenergie sowie Biomasse (Holz, Biogas etc.)

Rohdichte Quotient aus der Masse eines Hohlkörpers und seinem Volumen einschließlich aller Hohlräume (Poren und Gefäße), bezogen auf einen bestimmten Wassergehalt.

S

Solarthermie Nutzung der Sonnenenergie zur direkten Erzeugung von Wärme. Der entsprechende Energiewandler wird Kollektor genannt.

Solarer Deckungsgrad Sind auf einem Haus eine solarthermische und/oder eine Photovoltaik-Anlage installiert, dann drückt der solare Deckungsgrad aus, wie hoch der Anteil der Solarenergie an der in dem Haus insgesamt benötigten Energie ist.

Steinwolle Spröde, kurze und dünne Gesteinsfasern, die durch Schmelzen und Zerblasen von Sedimentgesteinen (z.B. Kalkstein, Basalt und Tonschiefer) entstehen.

T

Transmission Wärmedurchgang durch ein Bauteil, durch Strahlung und durch Konvektion an den Oberflächen. Wird errechnet aus dem \gt U-Wert und der Fläche des Bauteils.

U

U-Wert Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2 \cdot K)$. Der U-Wert gibt an, wie viel Wärmeenergie durch einen Quadratmeter eines Bauteils bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin ($1^\circ C$) zwischen Innen- und Außenseite dringt. Je kleiner der U-Wert ist, desto besser die Wärmedämmung.

V

Vorlauftemperatur Temperatur des Heizwassers bei Verlassen des Kessels. Rücklauftemperatur ist die Temperatur beim Eintritt in den Kessel.

W

Wärmebrücken Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, bei denen gegenüber den Hüllflächen besonders hohe Wärmeverluste auftreten. Neben geometrischen (Ecken, Kanten) gibt es insbesondere konstruktive Wärmebrücken, die an Bauteilanschlüssen (Fenster, Balkon, usw.) auftreten. In der Gebäudeenergiegesetz werden lineare Wärmebrücken durch einen Aufschlag auf den Transmissionswärmeverlust der gesamten Gebäudehülle berücksichtigt. Dieser Aufschlag wird in der Regel pauschal angesetzt, kann aber auch genau errechnet werden.

Wärmedämmverbundsystem (Abk. WDVS) Eine Schicht Wärmedämmung wird auf dem Außenmauerwerk, i.d.R. auf den tragfähigen Außenputz verklebt und mit Dübeln zusätzlich verankert. Darüber wird ein Armierungsputz aufgezogen und Glasfasergewebe eingelegt. Als Endbeschichtung werden mineralische Putze mit Anstrich oder Kunstharzputze eingesetzt. Der Dämmstoff kann aus Polystyrol-Hartschaum oder Steinwolle-Platten bestehen. Er muss den Anforderungen an Wärmeleitfähigkeit, Verhalten gegen Feuchtigkeit, Druck- und Zugfestigkeit sowie dem Brandverhalten genügen. Eine Putzoberfläche der Hauswände wäre damit weiterhin möglich.

Wärmedurchgangskoeffizient Siehe U-Wert.

Wärmeleitfähigkeitsgruppe (Abk. WLG) Klassifizierung eines Wärmedämmstoffs in Abhängigkeit von seiner Wärmeleitfähigkeit. Beispielsweise bedeutet WLG 040, dass das Material eine Wärmeleitfähigkeit von 0,040 W/(mK) aufweist. Die Wärmeleitfähigkeit λ gibt an, wie gut oder schlecht wärmeleitend ein Baustoff ist. Gut wärmedämmende Baustoffe haben eine geringe Wärmeleitfähigkeit ($\lambda < 0,04$ W/mK), schlecht wärmedämmende Baustoffe eine hohe (Beton: $\lambda = 2,30$).

Wärmerückgewinnung Nutzung der Abluftwärme zu Heizzwecken.

Wärmespeicherfähigkeit Eigenschaft von massiven Bauteilen, sich bei Erwärmung aufzuheizen und die aufgenommene Wärme zeitverzögert wieder abzugeben. Die W. ist abhängig von der Rohdichte und der spezifischen Wärmekapazität.

Wärmetauscher Vorrichtung zum Austausch von Wärmeenergie zwischen zwei Medien.

Wärmeträgermedium Flüssigkeit im Kollektorkreis einer Solarthermieanlage, die die Wärme vom Kollektor zum Speicher transportiert. Das W. ist in der Regel ein Gemisch aus Wasser und Glykol, um Frostschutz zu gewährleisten.

Wasserdampfdiffusion Wanderung von Wasserdampf durch Stoffe. Sie verläuft immer von Bereichen höheren Wasserdampfdrucks in Bereiche mit niedrigerem Druck.

Watt peak, (Abk. Wp) Maß für die Leistungsfähigkeit (Nennleistung) von Solarzellen und Modulen. Zu Vergleichszwecken werden Modulpreise üblicherweise in DM/Wp angegeben.

Wechselrichter Wandelt den von Modulen gelieferten Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom um. Mit Hilfe einer MPP-Regelung entnimmt der W. dem Photovoltaikgenerator die Leistung im Maximum Power Point der Strom-Spannungs-Kennlinie.

Wechselstrom Strom, dessen Polarität ständig wechselt. Im deutschen Stromversorgungsnetz hat der W. eine Frequenz von 50 Hz (Hertz), d. h. er nimmt in einer Sekunde 50-mal die positiven bzw. negativen Werte einer (idealerweise) sinusförmigen Halbwelle an. Wechselstrom bzw. -spannung wird durch rotierende Generatoren oder Wechselrichter erzeugt.

Wirkungsgrad Der Wirkungsgrad einer technischen Anlage (z. B. einer Solarzelle oder eines Moduls) ist definiert als das Verhältnis abgegebener Leistung und aufgenommener Leistung. Anders ausgedrückt ist der Wirkungsgrad ein Maß für das Verhältnis aus erreichtem Nutzen und eingesetztem Aufwand und somit ein Kriterium für die Güte eines Umwandlungsprozesses. Für Solarzellen oder Module wird der W. für Standardtestbedingungen gemäß der Gleichung $\eta = P_{\text{nenn}} / (A \cdot 1.000 \text{ W/m}^2)$ berechnet, wobei A entweder die Zellfläche oder die gesamte Modulfläche ist.

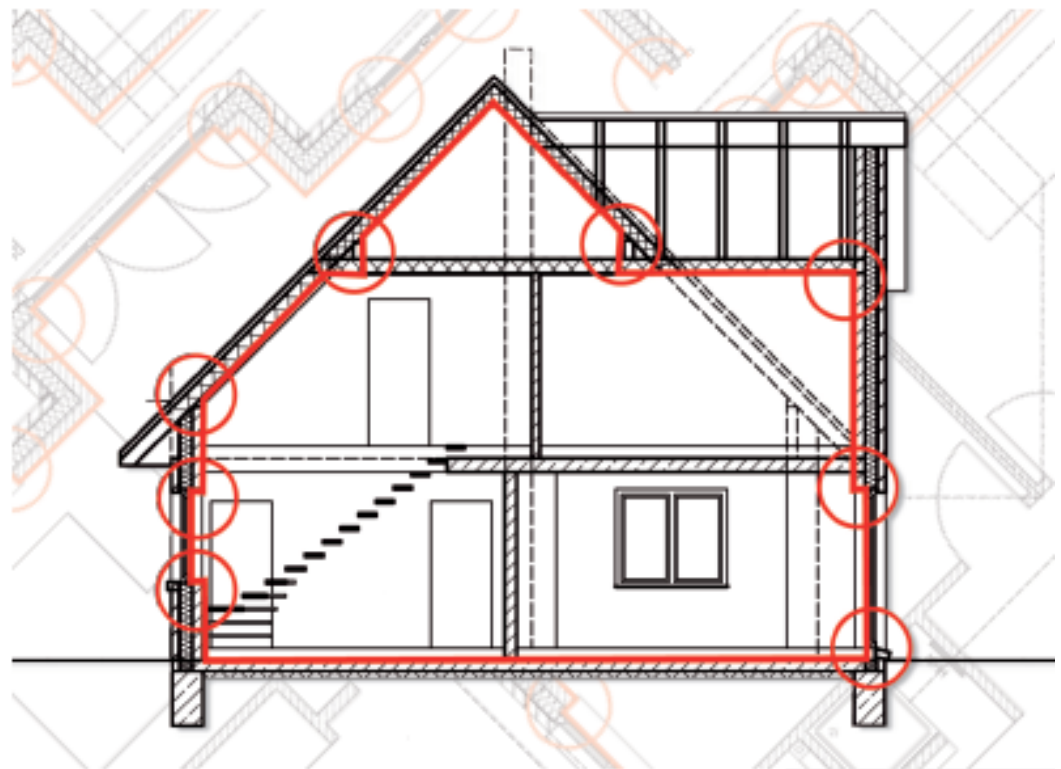
6.7 FLIB Checkliste Luftdichtheitskonzept Massivbau



informiert

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V.

2./Oktober 2017



■ Leitfaden Luftdichtheitskonzept

Hinweise und Empfehlungen zur Planung, Ausschreibung, Koordinierung, Umsetzung und Überprüfung der Luftdichtheitsschicht in Wohngebäuden
– mit Checkliste für Mauerwerksbau

Einleitung

Der vorliegende „Leitfaden Luftdichtheitskonzept“ unterstützt Energieberater, Bauherren und Ausführende bei der Planung, Ausschreibung und Umsetzung von einfachen Luftdichtheitskonzepten.

Bei umfangreichen Bauvorhaben oder komplexen Details müssen die Umsetzung des Luftdichtheitskonzepts sowie eine Baubegleitung durch einen in der Planung von Luftdichtheit ausgebildeten Fachplaner, Architekten etc. erfolgen.

Der baubegleitende Sachverständige kontrolliert die Umsetzung des Luftdichtheitskonzepts, der Umfang der Unterstützung und der Kontrolle wird mit dem Bauherrn vereinbart.

Die Dauerhaftigkeit der Luftdichtheitsebene ist nur bei einer sorgfältigen Planung, Ausführung und Überprüfung gewährleistet.

Planung der Luftdichtheitschicht

Die Planung der Luftdichtheit umfasst ein Grobkonzept und eine Detailplanung.

Grobkonzept

1. Verlauf der Luftdichtheitschicht

Der lückenlose Verlauf der luftdichten Ebene wird als „rote Linie“ in den Bauzeichnungen festgelegt:

- In der Regel ist die Luftdichtheitschicht raumseitig der Dämmebene anzuordnen.
- Der Wechsel der Luftdichtheitsebene in Konstruktionen, z. B. ein Verspringen von außen nach innen, ist nach Möglichkeit zu vermeiden.
- Die Anzahl der Durchdringungen der Luftdichtheitsebene ist gering zu halten.
- Die Länge von Fugen und Anschlüssen ist auf das notwendige Maß zu minimieren.

2. Dichtheit der Flächen

Alle Materialien, die die luftdichte Ebene in der Fläche bilden, werden inkl. der räumlichen Zuordnung festgelegt.

In der Fläche als luftdicht geltende Materialien sind z. B.:

- verputztes Mauerwerk
- Betonbauteile nach DIN 1045-2
- Luftdichtheitsbahnen aus Kunststoff, Elastomer, Bitumen und Papierwerkstoffen
- Plattenmaterialien wie Gipsfaserplatten, Gipskartonplatten, Faserzementplatten, Bleche und Holzwerkstoffplatten

In der Fläche als nicht luftdicht geltende Materialien sind z. B.:

- unverputzte poröse Weichfaserplatten und unverputzte haufwerksporige Leichtbetonbauteile
- Nut-Feder-Schalungen

3. Relevante Details

Relevante Details bezeichnen Schnittstellen in der Gebäudehülle, die detailliert geplant werden müssen. Sie werden in den Grundrissen und Schnitten gekennzeichnet und als Prinzipskizzen mit einer allgemeinen Ausführungsbeschreibung aufgelistet. Hierbei können beispielhafte Lösungen der Datenbank auf www.luftdicht.info entnommen werden.

(vgl. dazu auch die FLiB-Broschüre „Luftdichtheitskonzept, Teil 1: Grobkonzept“ von September 2017)

Detailplanung

Die Detailplanung erfolgt basierend auf dem Grobkonzept und den darin festgelegten Prinzipskizzen. Dabei sind Veränderungen hinsichtlich Verlauf der Luftdichtheitsebene, der Dichtheit der Flächen bzw. der relevanten Details zu berücksichtigen.

Alle Details sind so zu beschreiben, dass sie sich handwerklich umsetzen lassen. Dazu sind alle Materialien zur Ausführung von Fugen und Anschlüssen festzulegen. Die Details sind als Anhänge dem Luftdichtheitskonzept beizufügen.

Der Detaildatenbank auf www.luftdicht.info können dafür Musterdetails entnommen werden. Die Details der Datenbank umfassen eine herstellernerneutrale grafische Darstellung, eine Beschreibung der notwendigen Ausführung und zugehörigen Materialien sowie einen Verweis auf Risiken bei unsachgemäßer Ausführung.

Folgendes ist dabei unter anderem zu beachten:

- Durchdringungen sind mit geeigneten Anschlusslösungen zu planen
- Anschlüsse zwischen Bauteilen sind spannungsfrei herzustellen.
- Dauernde Zugkräfte auf Klebeverbindungen und Luftdichtheitsbahnen sind zu verhindern.
- Festlegung der Ausführung der Anschlüsse: Klebeband, Klebemasse, Dichtmanschette, mechanische Sicherung
- ACHTUNG: Anbindungen benötigen Montage- und Befestigungsraum.
- Festlegung der ggf. erforderlichen zusätzlichen Vorbehandlung von Untergründen (wie z. B. Abbürsten/-schleifen, Primern)

Ausschreibung und Vergabe

1. Der Sachverständige unterstützt den Bauherrn bei der Ausschreibung bzw. Angebotseinholung auf Grundlage der Planung der Luftdichtheitschicht für die relevanten Gewerke. Die Unterlagen zur Angebotseinholung umfassen:

- Textbaustein folgenden Inhalts: „Die Zielsetzung ist eine hochwertige, dauerhaft luftdichte Gebäudehülle. Dies wird erreicht, wenn die Schnittstellen zwischen angrenzenden Gewerken geklärt sind, die Gewerke aufeinander abgestimmt arbeiten und eine baubegleitende Überprüfung der Luftdichtheit nach Fertigstellung der luftdichten Ebene erfolgt. Die Zuständigkeiten werden durch den Auftraggeber vorgegeben.“
- Grobkonzept mit Prinzipskizzen oder Detailplanung mit Ausführungsdetails
- Verantwortlichkeit für die luftdichte Ausführung
- Art und Weise der baubegleitenden Überprüfung der Luftdichtheit nach Fertigstellung der noch zugänglichen luftdichten Ebene
- Abnahmezeitpunkt

2. Der Sachverständige unterstützt den Bauherrn bei der Auswertung der Angebote auf Übereinstimmung mit der Planung.

3. Im Vergabegespräch werden offene Fragen, Schnittstellen zwischen den Beteiligten und Zuständigkeiten geklärt und ggf. vertraglich vereinbart.

Gewerkeübergreifendes Koordinierungsgespräch

Am Gespräch sollten teilnehmen:

- Bauherr
- für die Ausführung verantwortliche Handwerker
- Sachverständiger

Ziel dieses Gesprächs ist die Sensibilisierung aller am Bau Beteiligten für das Thema „Luftdichtheit“. Es werden die Ausführung, Ausführungsreihenfolge und Verantwortlichkeit der gewerkeübergreifenden Details mit den zuständigen Handwerkern festgelegt.

Dazu gehören unter anderem:

- Mindestabstände von Strangentlüftungsleitungen oder Mehrfachdurchdringungen
- Laibungsvorbereitung bei Fensteranschlüssen
- Zusammenführung von Luftdichtheitschichten unterschiedlicher Gewerke (z. B. Trockenbau und Putzarbeiten)

Im Bauablauf auftretende, ungeklärte Details sind z. B. mit dem Ersteller des Luftdichtheitskonzepts zu klären.

Überprüfung der Ausführung

Die Überprüfung der Luftdichtheitsebene erfolgt gewerkeweise und zu den Zeitpunkten, an denen sie noch sichtbar und zugänglich ist. Wenn erforderlich, sind so einfache Nacharbeiten schnell und kostengünstig möglich. Dies bringt Sicherheit für den Bauherrn und die beteiligten Unternehmer.

Die Überprüfung erfolgt zunächst im Zuge der Eigenüberwachung durch den ausführenden Unternehmer. Weitere Überprüfungen erfolgen durch den Bauherrn, z. B. unter Zuhilfenahme der umseitigen Checkliste und der geplanten Detaillösungen. Dabei sollten sowohl die prinzipielle Ausführung mit den festgelegten Details des Luftdichtheitskonzepts abgeglichen, als auch Klebeverbindungen auf Fehlstellen hin überprüft werden. Diese Überprüfung sollte durch den Sachverständigen unterstützt werden.

Die Checkliste zeigt beispielhafte Prinzipskizzen und dient als Hilfestellung bei der Sichtprüfung der Ausführung des vereinbarten Luftdichtheitskonzepts. Sie ist nicht vollständig und stellt kein Abnahmeprotokoll dar. Liegt eine Detailplanung vor, wird diese zur Überprüfung herangezogen.

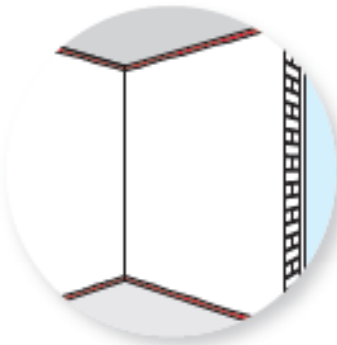
Die Überprüfung kann sinnvollerweise unter Zuhilfenahme einer vorgezogenen Luftdichtheitsmessung erfolgen. Wenn bei der vorgezogenen Luftdichtheitsmessung die Grenzwerte eingehalten wurden, ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass auch die Abschlussmessung die geforderten Grenzwerte (z. B. nach EnEV) einhalten werden, sofern die Luftdichtheitschicht zwischenzeitlich nicht beschädigt wird.

Folgegwerke, die die Luftdichtheitsebene überdecken (z. B. Trockenausbau in Dachschrägen oder Estrichverlegung an bodentiefen Fenstern), haben unmittelbar vor Ausführung ihrer Arbeiten die luftdichte Ebene auf grobe Mängel zu prüfen, z. B. auf große Einzellöcher, fehlenden Putz im Sockelbereich oder lose Klebebahnen. Die Beseitigungsmethode ist vom jeweils für das mangelhafte Gewerk zuständigen Handwerker mit dem Bauherrn zu besprechen.

Mehr zum Thema unter www.luftdicht.info

Checkliste Luftdichtheit für Mauerwerksbau

Die Checkliste zeigt beispielhafte Prinzipskizzen und dient als Hilfestellung bei der Sichtprüfung der Ausführung des vereinbarten Luftdichtheitskonzepts. Sie ist nicht vollständig und stellt kein Abnahmeprotokoll dar.



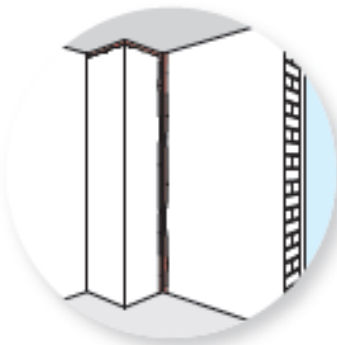
Außenwände: Innenputz

- Mauerwerk vollflächig verputzt
- Innenputz bis an den Rohfußboden und die Rohdecke herangeführt – siehe Grafik
- Mauerkronen der Außenwände verputzt (z. B. bei Hochlochziegeln)



Wände: Elektroleitungen

- Gerätedosen in Außenwänden entweder vollflächig in Putz eingebettet oder als luftdichte Dose ausgeführt – siehe Grafik
- Leerrohre und Kabelkanäle an den Enden luftdicht verschlossen (z. B. durch geeignete Stopfen)
- Elektroleitungen luftdicht an das Rohr/den Kanal angeschlossen



Kamine

- Kamin allseitig verputzt und Außenwand hinter dem Kamin verputzt oder
- Verputzung des Kamins im zugänglichen Bereich und Anbindung an die luftdichte Ebene der angrenzenden Bauteile – siehe Grafik



1



Vorwandinstallationen und Installationsschächte

- Dahinter befindliches Mauerwerk vollflächig verputzt – siehe Grafik 1
- Schächte und Durchbrüche zum Keller und Spitzboden luftdicht verschlossen – siehe Grafik 2



2

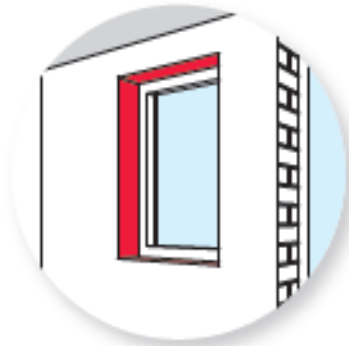


Checkliste anwenden

Grün: Der Bauherr kann selbst beurteilen, dass das Detail nach den vereinbarten Vorgaben ausgeführt wurde.

Gelb: Der Bauherr ist unsicher, ob das Detail nach den vereinbarten Vorgaben ausgeführt wurde. Eine zusätzliche Beurteilung durch den Sachverständigen ist notwendig.

Rot: Der Bauherr kann selbst beurteilen, dass das Detail nicht nach den vereinbarten Vorgaben ausgeführt wurde. Die Ausführung ist zu korrigieren.



Fenster und Türen allgemein



- Luftdichter Anschluss erfolgt an verputzte Fläche – [siehe Grafik](#)
- Bei Verwendung von luftdichten, vorkomprimierten Dichtbändern („Kompribänder“): gesamte Laibung mit Glattstrich verputzt
- Brüstungsbereich mit Glattstrich versehen

HINWEIS: Bei „Kompribändern“ auf die Bandgrößen entsprechend den Fugenbreiten achten. Die Bänder müssen in den Ecken aneinanderstoßen.



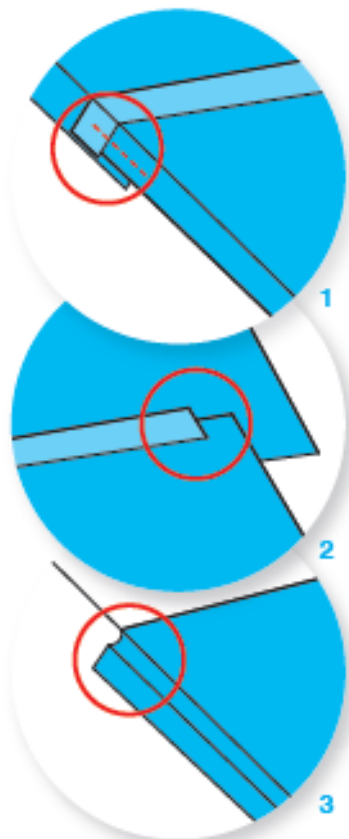
Zusätzlich bei Türen und bodentiefen Fenstern



- Schwellenbereich luftdicht an den Rohfußboden angebunden – [siehe Grafik](#)

HINWEIS: In der Sanierung ist dafür ggf. der Bodenaufbau zurückzuschneiden.

- Vorhandene Montagewinkel vollständig mit luftdichtem Anschlussmaterial überdeckt



Dachstuhl: luftdichte Schicht innen



Fläche:

- Spannungsfreie Verlegung
- Keine Last von Dämmmaterial auf Klebeverbindung
- Verklebung der Dichtbahnen faltenfrei
- Überlappungsbereich der Folien am Wandanschluss: Folien miteinander verklebt – [siehe Grafik 1](#)
- Luftdichtheitsbahnen überlappen
- Klebeband mittig auf Foliestoß aufgeklebt – [siehe Grafik 2](#)

Anbindung ans Mauerwerk:

- Spannungsfrei (ggf. Entlastungsschleife – [siehe Grafik 3](#))
- Durchgängige Verklebung auf Putz oder eingeputzt
- Durchgängige Verklebung auch in den Eckbereichen



Dachflächen- und Gaubenfenster



- Luftdichtheitsbahn spannungs- und lastfrei am Blendrahmen des Dachfensters angebunden – [siehe Grafik](#)



Rohrdurchführungen

HINWEIS: ausreichend Platz für Anbindung an die luftdichte Ebene vorsehen (mind. Handbreite)



- Rohre einzeln durchgeführt
- Im Durchdringungsbereich glattwandiges Rohr verwendet

HINWEIS: Manschetten erleichtern die Ausführung. – siehe Grafik

- Rohre von Antennenmasten innenseitig verschlossen



Leitungsdurchführungen

- Leitungen einzeln durchgeführt und abgedichtet

HINWEIS: Manschetten erleichtern die Ausführung – siehe Grafik



- Leerrohre an den Enden abgedichtet
- Elektroleitungen luftdicht an das Rohr/den Kanal angeschlossen



Dachstuhl: konstruktionsbedingte Durchdringungen (z. B. Kehlbalken)



- Umlaufend luftdicht angeschlossen – siehe Grafik
- Luftdichtheitsbahn spannungs- und lastfrei an Durchdringung angebunden
- Große Risse in Balken ausgefüllt



Innenwände im Dachgeschoss



- Luftdichte Ebene ist über die Innenwand geführt – siehe Grafik
oder
- luftdichte Ebene ist auf der verputzten Wand angeschlossen
(Voraussetzung: Mauerabschnitt über der luftdichten Ebene inkl. der Mauerkrone verputzt, z. B. bei Hochlochziegeln)



Wichtige Hinweise:

- Türen (auch Brandschutztüren) zu unbeheizten Bereichen, wie Keller, Garage, Heizraum, Holzlagerraum, sollten allseitig umlaufend eine Dichtung aufweisen.
- Für Einbauten in GK-Decken, wie z. B. Deckeneinbaustrahler, ist aufgrund der Wärmeentwicklung ein ausreichender Abstand zu hitzeempfindlichen Materialien der Luftdichtheitsebene vorzusehen.
- Bei technischen Einbauten, wie Dunstabzugshaube, Trockner, Feuerstätte, Rauch- und Wärmeabzug etc., ist bei der Auswahl auf eine zum energetischen Konzept passende Ausführung zu achten.

Überreicht durch:



Impressum:

Herausgeber und Copyright:
Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V.
Storkower Straße 158
10407 Berlin
Tel. 030 2903 - 5634
Fax 030 2903 - 5772
Info@flib.de
www.flib.de
www.luftdicht.info



Diese Broschüre ist ein Projekt des FLiB e. V. und der folgenden Mitgliedsfirmen:

