ENERGETISCHE SANIERUNG EINES ÖFFENTLICHEN GEBÄUDES

Bauvorhaben: Energetische Sanierung Künstlerzeche Unser Fritz 2/3
Gem. Förderbedingungen NRW-Progress
Zur Künstlerzeche 10
44653 Herne

Bauherr: Stadt Herne, vertr. d. Gebäudemanagement Herne
Langekampstr. 36
44652 Herne

Aufsteller:

aufgestellt:

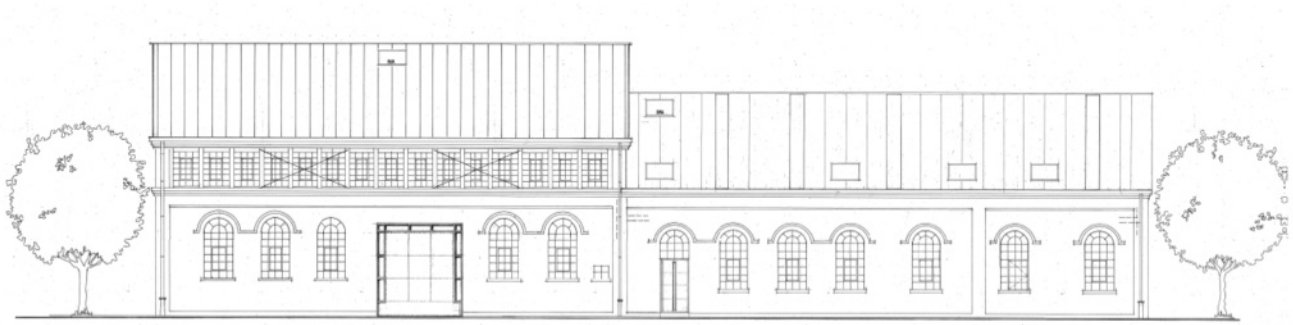
Inhalt

1 Grundlagen ... 3
1.1 Zeche Unser Fritz 2/3 Ansichten/Schnitte ... 3
1.2 Zonierung Grundrisse ... 7
2 Zusammenfassung und Gegenüberstellung energetische Werte ... 9
2.1 Grafik Gegenüberstellung Bestand Sanierung ... 9
2.2 U-Werte im Vergleich ... 9
2.3 Nutzen der Bauteilsanierungen ... 10
2.4 Nutzen der Anlagenmodernisierung ... 10
2.5 Berechneter Endenergiebedarf ... 11
2.6 Energiekosten (Übersicht) ... 11
2.7 Luftschadstoffe durch Gebäudeheizung (GEMIS) ... 12
2.8 CO_2 - Emissionen ... 12
3 Bauteilquerschnitte Bestand + Sanierung ... 13
3.1 Bauteil: Sektionaltor (saniert) ... 13
3.1.1 Tor ... 13
3.1.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 14
3.1.3 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 14
3.2 Bauteil: Außentür (saniert) ... 15
3.2.1 Fenster ... 15
3.2.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 16
3.2.3 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 16
3.3 Bauteil: Außenwandmauerwerk (Saniert) ... 17
3.3.1 Querschnitt ... 17
3.3.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 18
3.3.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 18
3.3.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 18
3.4 Bauteil: Außenwandmauerwerk (Saniert) ... 19
3.4.1 Querschnitt ... 19
3.4.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 20
3.4.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 20
3.4.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 20
3.5 Bauteil: Bodenplatte (Saniert) ... 21
3.5.1 Querschnitt ... 21
3.5.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 22
3.5.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 22
3.5.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 22
3.6 Bauteil: Dachfläche Flachdach (Saniert) ... 23
3.6.1 Querschnitt ... 23
3.6.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 24
3.6.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 24
3.6.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 24
3.7 Bauteil: Dachfläche Halle 1 (Saniert) ... 25
3.7.1 Querschnitt ... 25
3.7.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 26
3.7.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 26
3.7.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 26
3.8 Bauteil: Dachfläche Halle 2 (Saniert) ... 27
3.8.1 Querschnitt ... 27
3.8.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 28
3.8.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 28
3.8.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 28
3.9 Bauteil: Fenster-Dachfläche (Saniert) ... 29
3.9.1 Fenster ... 29
3.9.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 30
3.9.3 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 30
3.10 Bauteil: Fenster-Lichtband (saniert) ... 31
3.10.1 Fenster ... 31
3.10.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 32
3.10.3 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 32
3.11 Bauteil: Fenster-RWA (saniert) ... 33
3.11.1 Fenster ... 33
3.11.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 34
3.11.3 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 34
3.12 Bauteil: Fenster (saniert) ... 35
3.12.1 Fenster ... 35
3.12.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 36
3.12.3 Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013 ... 36
3.12.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 37

3.13 Bauteil: Kellerdecke (Saniert) ... 38
3.13.1 Querschnitt ... 38
3.13.2 Wärmedurchgangskoeffizient ... 39
3.13.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden ... 39
3.13.4 Bauteilsanierung (Energieberatung) ... 39
4 Energetische Bewertung von Gebäuden ... 40
4.1 Gebäudeberechnung "Paket1-Sanierung" ... 40
4.2 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1) ... 41
4.3 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) ... 41
4.3.1 Wärmebrücken ... 44
4.3.2 Begrenzung der U-Werte (Nachweis) ... 44
4.4 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2) ... 45
4.5 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2) ... 46
4.5.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster ... 46
4.5.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen ... 47
4.5.3 solare Wärmegewinne ... 48
4.6 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) ... 48
4.7 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2) ... 49
4.8 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2) ... 49
4.8.1 Zone <1> Eventhalle ... 49
4.8.2 Zone <2> Atelier ... 50
4.8.3 Zone <3> Lager/Technik ... 50
4.8.4 Zone <4> Verkehrsflächen ... 51
4.8.5 Zone <5> Sanitärräume ... 51
4.8.6 Summe Heizwärmebedarf ... 52
4.9 RLT-Systeme (DIN V 18599-3) ... 52
4.9.1 Gewählte RLT-Anlagen ... 52
4.9.2 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3) ... 53
4.9.3 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung ... 53
4.9.4 Energiebedarf für Zuluftkühlung ... 53
4.9.5 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung ... 53
4.10 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4) ... 53
4.10.1 Tageslichtbereiche ... 53
4.10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht ... 54
4.10.3 Kunstlichtversorgung ... 54
4.10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Ql,f ... 54
4.11 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7) ... 54
4.11.1 Kühlenergiebedarf ... 54
4.11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Qc,max ... 55
4.12 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) ... 55
4.13 Heizsysteme (DIN V 18599-5) ... 56
4.13.1 Maximal erforderliche Heizleistung Qh,max ... 56
4.13.2 Eingesetzte Heizsysteme ... 56
4.13.3 Heizzeiten ... 56
4.13.4 Heizwärmeübergabe ... 57
4.13.5 Heizwärmeverteilung ... 57
4.13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung ... 58
4.13.7 Heizwärmepufferspeicher ... 59
4.13.8 solare Heizungsunterstützung ... 59
4.13.9 Heizungswärmepumpen ... 59
4.13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger ... 60
4.13.11 Endenergie Heizwärme ... 60
4.14 Energiebedarf (DIN V 18599-1) ... 61
4.14.1 Stromerzeugende Systeme ... 61
4.15 Energiebedarf nach Energieträgern ... 61
4.15.1 Endenergiebedarf nach Zonen ... 62
4.15.2 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis ... 62
4.16 15.0 Nachweise ... 62
4.16.1 Nachweis der thermischen Hülle ... 62
4.16.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs ... 62
4.16.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ... 62
4.17 Nutzung von erneuerbaren Energien ... 63
4.17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 34 ff ... 63
4.18 Variantenbetrachtung ... 63
4.19 Telegramm der Gebäudeberechnungen ... 64
4.20 Bundesförderprogramme (BEG) ... 66
4.21 Erneuerung haustechnischer Anlagen ... 67
4.22 Bandtacho Bestand ... 68
4.23 Bandtacho Sanierung ... 68

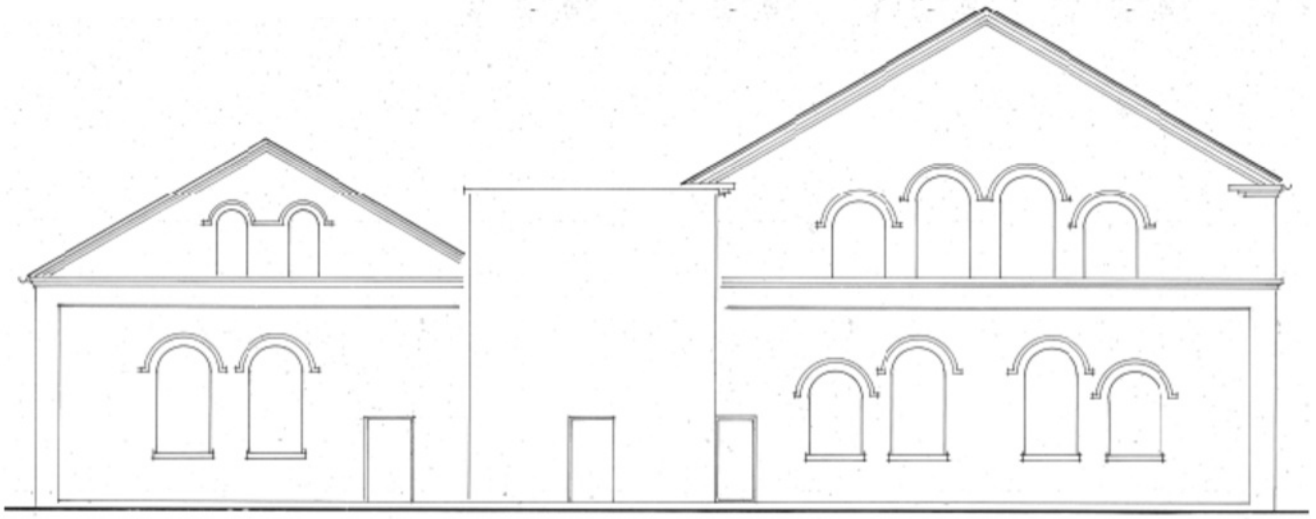
1 Grundlagen

1.1 Zeche Unser Fritz 2/3 Ansichten/Schnitte



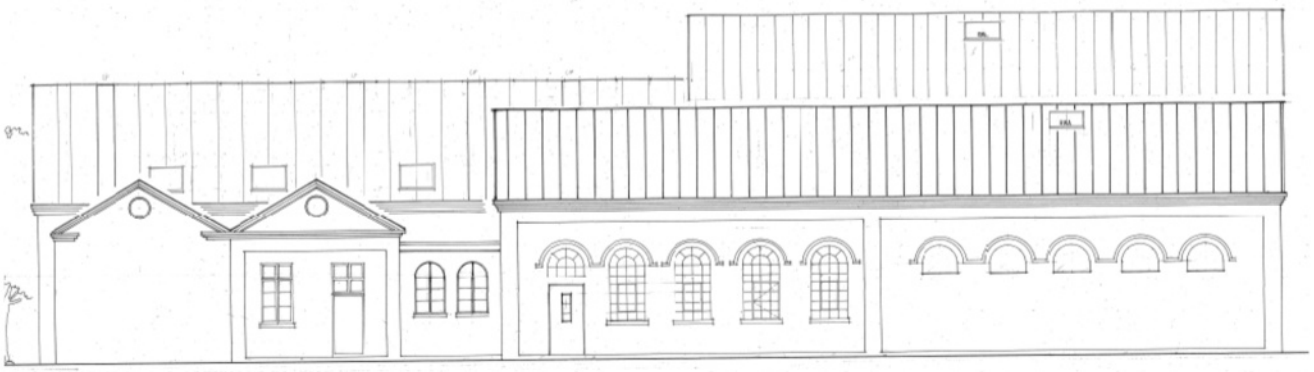
- ANSICHT NORD -

Auszug aus Plan-Nr. A/04, Ansicht Nord,Projekt Zeche Unser Fritz 2/3,
Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude



- ANSICHT OST -

Auszug aus Plan-Nr. A/04, Ansicht Ost, Projekt Zeche Unser Fritz 2/3,
Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude



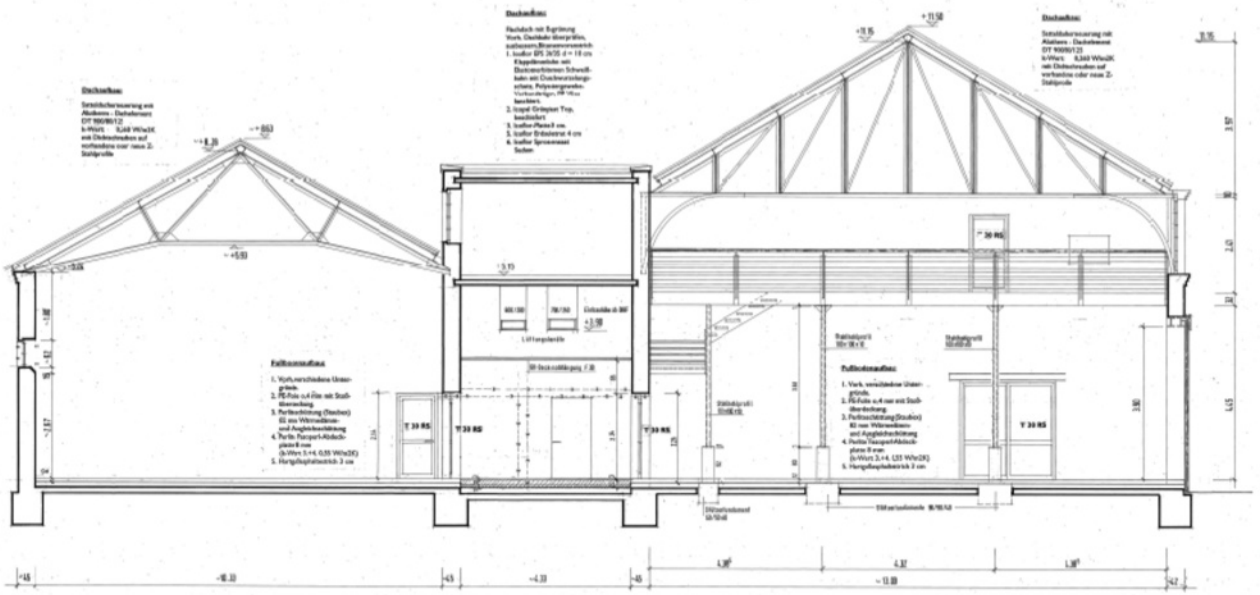
- ANSICHT SÜD -

Auszug aus Plan-Nr. A/05, Ansicht Süd, Projekt Zeche Unser Fritz 2/3,
Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude



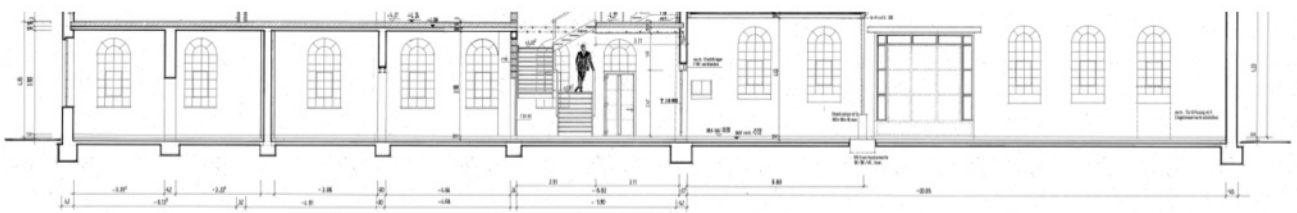
- ANSICHT WEST -

Auszug aus Plan-Nr. A/05, Ansicht West, Projekt Zeche Unser Fritz 2/3,
Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude



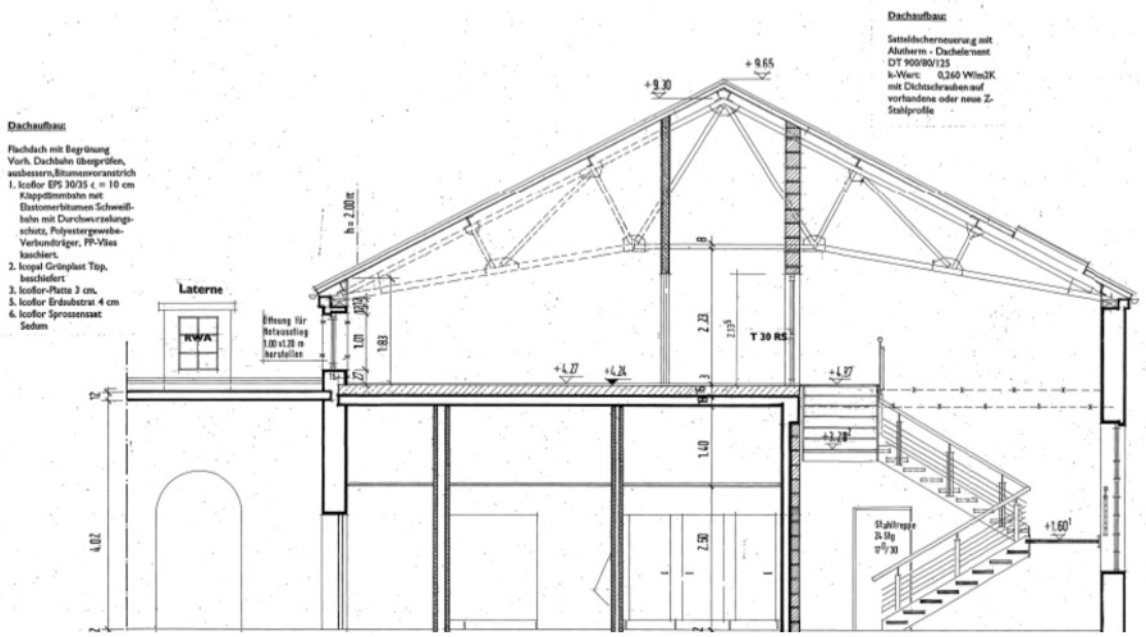
SCHNITT A/A

Auszug aus Plan-Nr. A/03, Schnitt A/A, Projekt Zeche Unser Fritz 2/3,
Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude



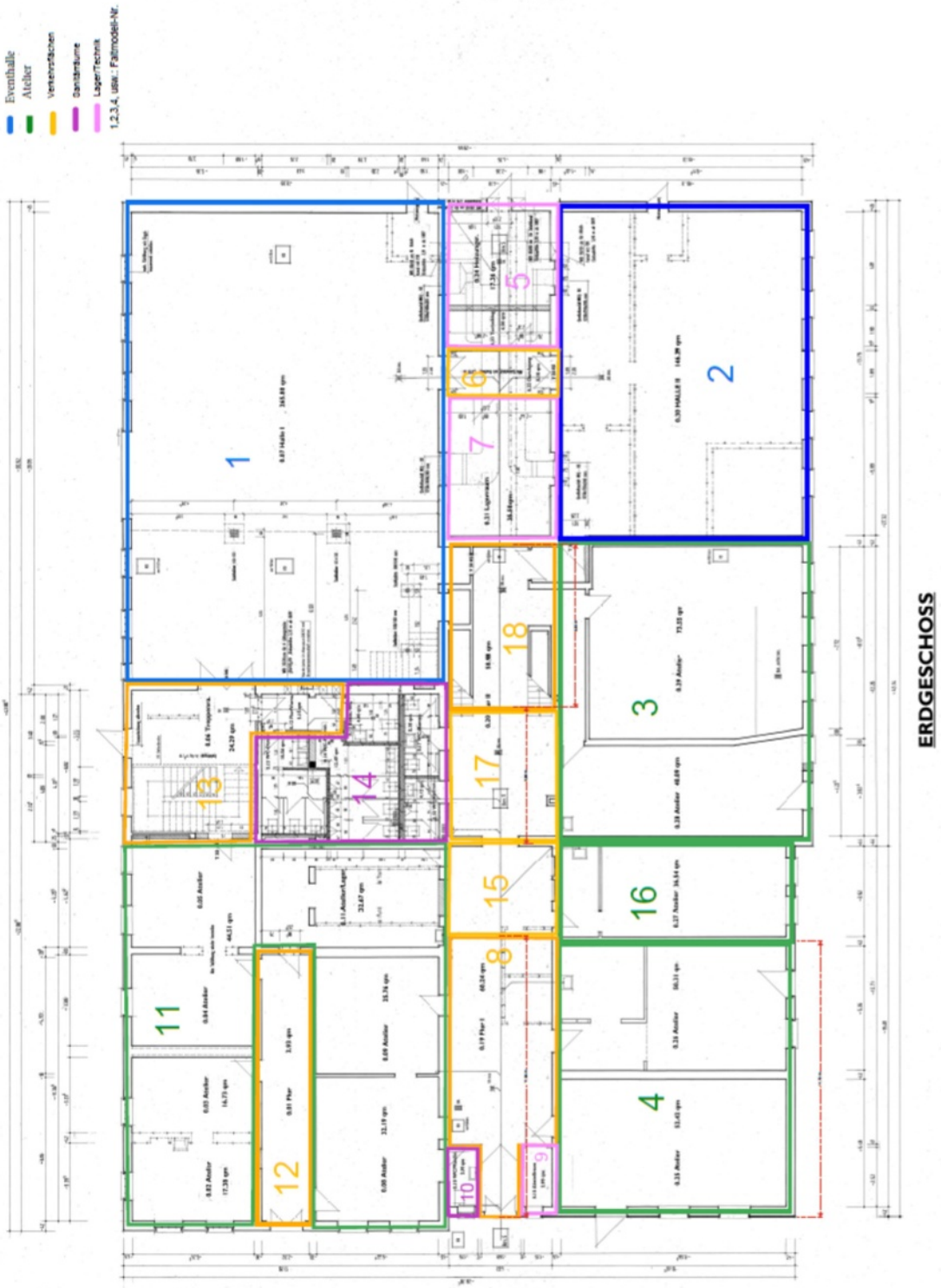
SCHNITT C/C

Auszug aus Plan-Nr. A/03, Schnitt C/C, Projekt Zeche Unser Fritz 2/3,
Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude

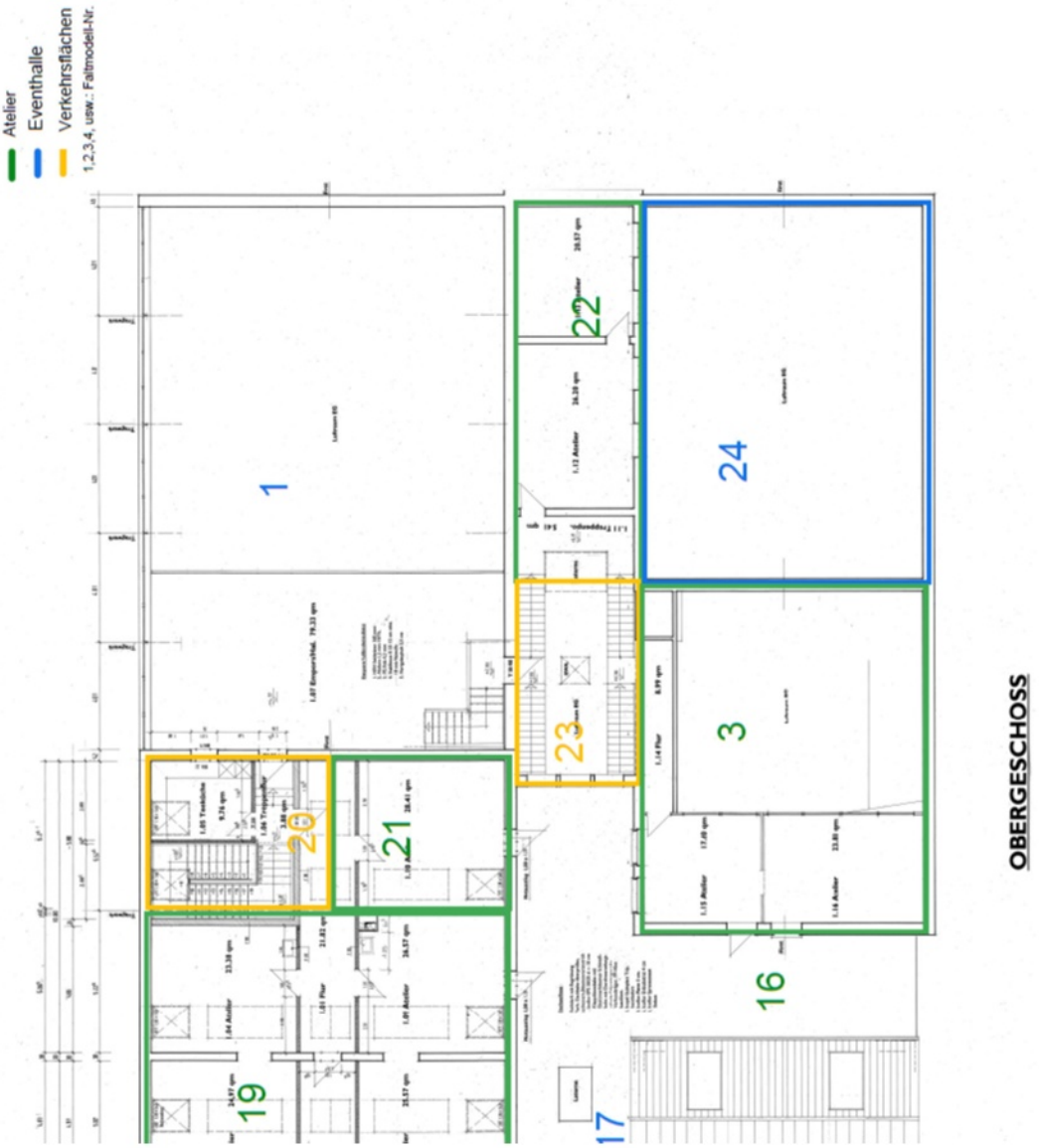


Auszug aus Plan-Nr. A/03, Schnitt B/B,Projekt Zeche Unser Fritz 2/3,
Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude

1.2 Zonierung Grundrisse



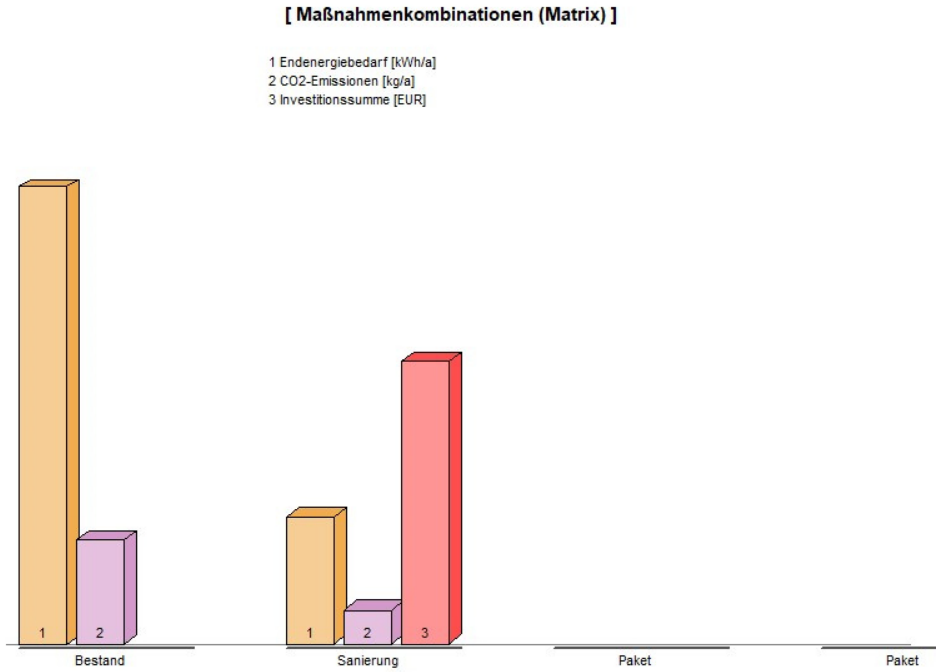
Auszug aus Plan-Nr. A/01, Grundriss Erdgeschoss,Projekt Zeche Unser Fritz 2/3, Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude



Auszug aus Plan-Nr. A/02, Grundriss Erdgeschoss,Projekt Zeche Unser Fritz 2/3, Umbau und Nutzungsänderung in ein Ateliergebäude

2 Zusammenfassung und Gegenüberstellung energetische Werte

2.1 Grafik Gegenüberstellung Bestand Sanierung



zur Gebäudeberechnung "Paket1-Sanierung"
⇔ Vergleich mit "Gebäude"

Energiebedarf nach DIN V 18599
siehe Berechnungsblatt "DIN V 18599" (Σ A_{NGF} = 1.698 m², Endenergie = 41.087 kWh/a)

.....

2.2 U-Werte im Vergleich

Bauteile zur Energieberatung

betrachtete Bauteile	W/(m²K)	Bestandsbauteile W/(m²K)	%
Sektionaltor (saniert)	1,00	3,45	+ 245 %
Außentür (saniert)	1,20	3,45	+ 188 %
Außenwandmauerwerk (Saniert)	0,14	0,38	+ 179 %
Außenwandmauerwerk (Saniert)	0,19	1,55	+ 716 %
Bodenplatte (Saniert)	0,25	0,49	+ 97 %
Dachfläche Flachdach (Saniert	0,14	0,32	+ 131 %
Dachfläche Halle 1 (Saniert)	0,14	0,26	+ 82 %
Dachfläche Halle 2 (Saniert)	0,14	3,07	+2139 %
Fenster-Dachfläche (Saniert)	0,99	2,80	+ 181 %
Fenster-Lichtband (saniert)	1,49	2,80	+ 89 %
Fenster-RWA (saniert)	0,97	2,80	+ 189 %
Fenster (saniert)	0,87	2,80	+ 223 %
Kellerdecke (Saniert)	0,24	0,45	+ 89 %

Bestandsbauteile = U-Werte der zugehörigen Bestandsbauteile (s. Bauteilberechnung)

2.3 Nutzen der Bauteilsanierungen

Liste der registrierten Bauteilsanierungen, U-Werte im Bestand und nach der Sanierung, Größe der Hüllflächen, erwartete, jährliche Energiekosteneinsparungen (berechnet als Einzelmaßnahme) und einfaches Kosten / Nutzenverhältnis.

Bauteil	U-Werte Bestand W/(m²K)	saniert W/(m²K)	Flächen m²	Energiekosten-einsparung EUR/a	%	Kosten/ Nutzen
SAN-Außentüren-SekTor	3,45	1,00	15	414	0,6	2:1
SAN-Außentüren	3,45	1,20	7	187	0,3	2:1
SAN-AW-gedämmt	0,38	0,14	38	95	0,1	0:1
SAN-Aw	1,55	0,19	922	14.235	20,8	6:1
SAN-Bodenplatte	0,49	0,25	832	1.043	1,5	21:1
SAN-DF-Flachdach	0,32	0,14	213	410	0,6	3:1
SAN-DF-Halle 1	0,26	0,14	337	487	0,7	9:1
SAN-DF-Halle 2	3,07	0,14	877	28.822	42,1	10:1
SAN-Fenster-DF	2,80	0,99	15	282	0,4	1:1
SAN-Fenster-Lichtband	2,80	1,49	38	628	0,9	2:1
SAN-Fenster-RWA	2,80	0,97	3	58	0,1	0:1
SAN-Fenster	2,80	0,87	145	3.144	4,6	3:1
SAN-Kellerdecke	0,45	0,24	435	534	0,8	11:1

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/(m²K)	U/U_{EnEV}	Fläche A m²		H_T W/K	
Sektionaltor (saniert)	1,000	77 %	15	0 %	15	2 %
Außentür (saniert)	1,200	92 %	7	0 %	9	1 %
Außenwandmauerwerk (Sanier	0,138	69 %	38	1 %	5	1 %
Außenwandmauerwerk (Sanier	0,190	95 %	922	24 %	175	23 %
Bodenplatte (Saniert)	0,247	99 %	832	21 %	96	13 %
Dachfläche Flachdach (Sani	0,137	98 %	213	5 %	29	4 %
Dachfläche Halle 1 (Sanier	0,141	101 %	337	9 %	48	6 %
Dachfläche Halle 2 (Sanier	0,137	98 %	877	23 %	120	16 %
Fenster-Dachfläche (Sanier	0,995	100 %	15	0 %	14	2 %
Fenster-Lichtband (saniert	1,485	99 %	38	1 %	56	8 %
Fenster-RWA (saniert)	0,970	65 %	3	0 %	3	0 %
Fenster (saniert)	0,866	91 %	145	4 %	126	17 %
Kellerdecke (Saniert)	0,237	95 %	435	11 %	50	7 %
			3876	100 %	746	100 %

2.4 Nutzen der Anlagenmodernisierung

Liste der registrierten Anlagenmodernisierungen, eingesetzte Energieträger, erwartete, jährliche Energiekosteneinsparungen (berechnet als Einzelmaßnahme) und einfaches Kosten / Nutzenverhältnis.

Anlagenmodernisierung	eingesetzte Energieträger	Energiekosten-einsparung EUR/a	%	CO2-Red. %	Kosten/ Nutzen
Paket1-Sanierung	[eco-Strom] [Strom-Mix]	54.325	79,4	87,3	0:1

2.5 Berechneter Endenergiebedarf

Energieträger	Paket1-Sanierung	Gebäude		
Energiebedarf eco-Strom	45.547	-	kWh/a	
Energiebedarf Strom-Mix	12.099	26.026	kWh/a	+115 %
Energiebedarf Stromgutschrift [Strom-	-31.905,200	-	kWh/a	
Energiebedarf Erdgas	-	684.445	kWh/a	
Hilfsenergie [Strom]	15.317	2.670	kWh/a	-83 %
Summe	41.057	713.141	kWh/a	+1637 %
Brennstoffbedarf				
eco-Strom	45.547	-	kWh	
Strom-Mix	12.099	26.026	kWh	+115 %
Stromgutschrift [Strom-Mix]	-31.905,000	-	kWh	
Erdgas	-	73.596	cbm	
Strom	15.317	2.670	kWh	-83 %

2.6 Energiekosten (Übersicht)

Energieträger	Paket1-Sanierung	Gebäude		
Hilfsenergie [Strom]	15.317	2.670	kWh/a	-83 %
Kosten je kWh	-	-	€/kWh	
Stromkosten	-	-	€/a	
Energiebedarf eco-Strom	45.547	-	kWh/a	
Kosten je kWh	0,310	-	€/kWh	
Energiekosten	14.120	-	€/a	
Energiebedarf Strom-Mix	12.099	26.026	kWh/a	+115 %
Kosten je kWh	-	-	€/kWh	
Energiekosten	-	-	€/a	
Energiebedarf Stromgutschrift [Strom-	-31.905,200	-	kWh/a	
Kosten je kWh	-	-	€/kWh	
Energiekosten	-	-	€/a	
Energiebedarf Erdgas	-	684.445	kWh/a	
Kosten je kWh	-	0,100	€/kWh	
Energiekosten	-	68.445	€/a	
andere, jährliche Kosten	-	-	€/a	
Energiekosten	14.120	68.445	€/a	+385 %
Energiekosteneinsparung		-54.325	€/a	
... von der Energiepreissteigerung betroffen		-54.325	€/a	

2.7 Luftschadstoffe durch Gebäudeheizung (GEMIS)

Energieträger / Erzeuger	Energiemenge kWh/a	CO2-Äqui kg/a	SO2-Äqui kg/a	NOx kg/a
Hilfsenergie Strom	15.317	9.573	11	9
"Strom-lokal"	(2.670)	(1.668)	(2)	(1)
eco-Strom	45.547	10.202	3	4
Erdgas-Hzg				
Strom-Mix	12.099	7.562	9	7
Strom-lokal	(26.026)	(16.266)	(19)	(15)
Stromgutschrift [Strom-Mix]				
Strom-lokal				
Erdgas				
Strom-lokal	(684.445)	(427.778)	(496)	(382)
Paket1-Sanierung	72.962	27.337	23	20
Gebäude	713.141	445.713	516	398
Gebäude : Paket1-Sanierung	977%	1.630%	2.222%	2.021%

Klammerwerte für die Vergleichsrechnung

2.8 CO_2 - Emissionen

	Paket1-Sanierung	Gebäude		
Hilfsenergie	15.317	2.670	kWh/a	-83 %
Hilfsenergie Strom, 683 g CO_2/kWh	10.461	1.823	kg/a	-83 %
Energieträger eco-Strom	45.547	-	kWh/a	
Erdgas, 247 g CO_2/kWh	11.250	-	kg/a	
Energieträger Strom-Mix	12.099	26.026	kWh/a	+115 %
Strom, 683 g CO_2/kWh	8.263	17.776	kg/a	+115 %
Energieträger Stromgutschrift [Strom-	-31.905,200	-	kWh/a	
Strom, 683 g CO_2/kWh	-21.791,252	-	kg/a	
Energieträger Erdgas	-	684.445	kWh/a	
Erdgas, 247 g CO_2/kWh	-	169.058	kg/a	
CO_2-Emissionen insgesamt	8.184	188.657	kg/a	+2205 %

3 Bauteilquerschnitte Bestand + Sanierung

3.1 Bauteil: Sektionaltor (saniert)



Bestand + Sanierung "Außentüren-SekTor" ⇔ "SAN-Außentüren-SekTor"

Bauteiltyp "Außentür" (3)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.1.1 Tor

opake Füllung
Rahmen

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert U_W = 1,00 (1,0) W/(m²K)

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 30% Rahmenanteil, Tab. H.3
mit U_g = 0,80 und U_f = 1,00 W/(m²K)

U_W = **1,00** W/(m²K) wird für die weiteren Berechnungen angenommen

3.1.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

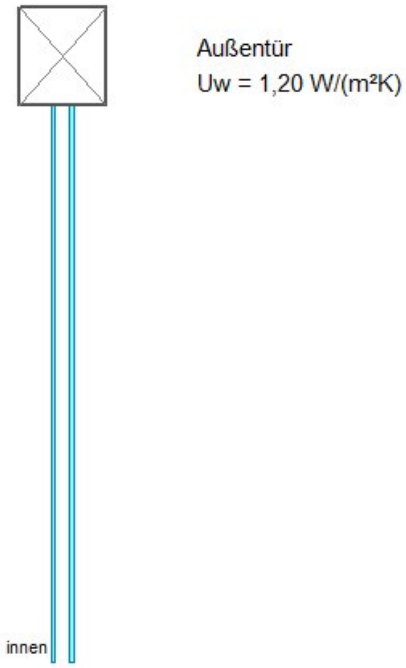
Anforderung: Umax-Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

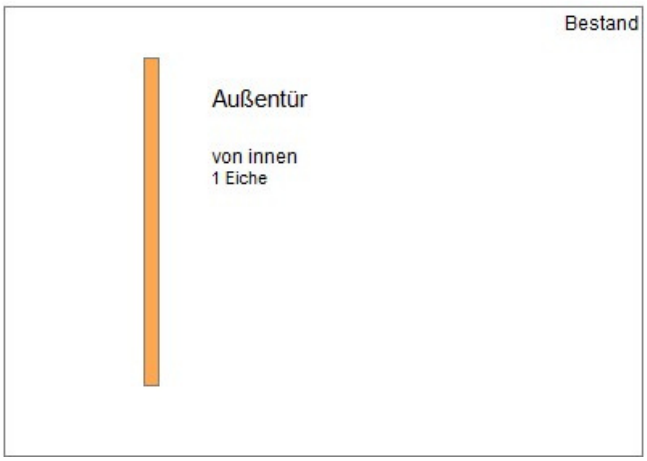
U	1,00 ≤ 1,30 W/(m²K)	OK

3.1.3 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Außentüren-SekTor" ⇔ "SAN-Außentüren-SekTor"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.2 Bauteil: Außentür (saniert)





Bestand + Sanierung "Außentüren" ⇔ "SAN-Außentüren"

Bauteiltyp "Außentür verglast" (20)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.2.1 Fenster

iplus C E, 4/10/4, Ug=1.0, g=60%
Profilsystem energeto 8000 8 Kammer-PVC-Fensterprofil mit Scheibenverklebung + Schaum, Uf 0,82: 85 mm Bautiefe, Mitteldichtungssystem, Kombination 080x05 + 080x86 (flächenversetzt)

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert U_W = 1,20 (1,2) W/(m²K)

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, typischer Randverbund, 20% Rahmenanteil, Tab. H.2
mit U_g = 1,00 und U_f = 0,82 W/(m²K)

U_W = **1,20** W/(m²K) wird für die weiteren Berechnungen angenommen

3.2.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

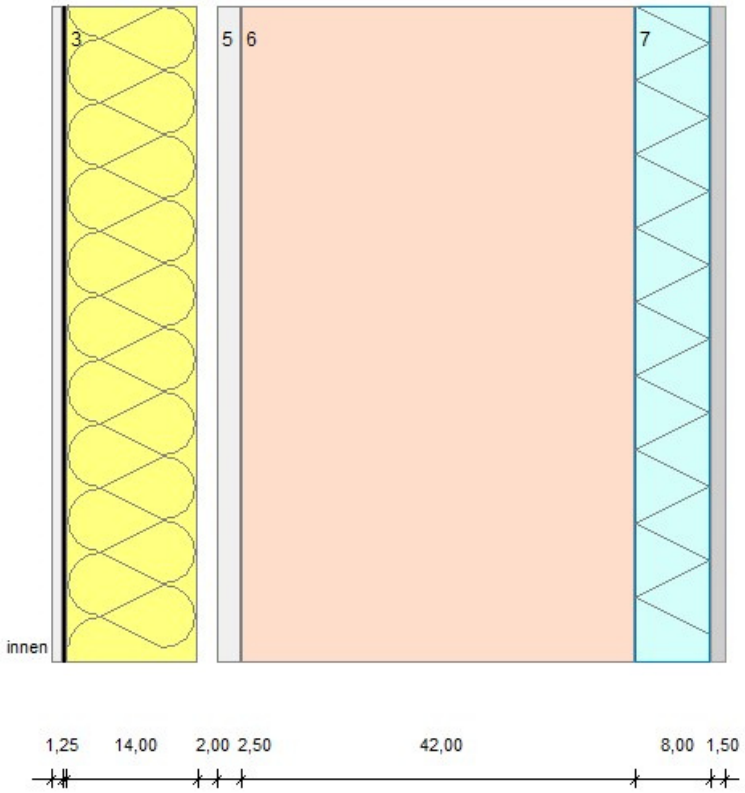
Anforderung: Umax-Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

U	1,20 ≤ 1,30	W/(m²K)	OK

3.2.3 Bauteilsanierung (Energieberatung)

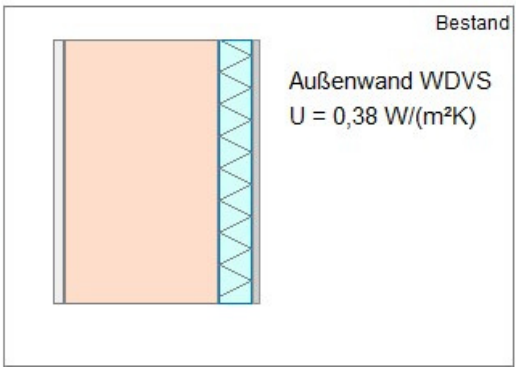
Gegenüberstellung "Außentüren" ⇔ "SAN-Außentüren"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.3 Bauteil: Außenwandmauerwerk (Saniert)



Außenwandmauerwerk
U = 0,14 W/(m²K)

von innen
1 Gipskartonplatte 900
2 DACO-KSD Dampfsperre
3 Mineralwolle MW 032
4 Luftschicht ruhend
5 Gipsputzmörtel
6 Ziegel-MW 2000
7 EPS 040
8 Putzmörtel aus Kalkzement



Bestand + *Sanierung* "Aw-gedämmt" ⇔ "SAN-AW-gedämmt"

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.3.1 Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte 900	1,25	900	11,3	0,250	0,050
02 DACO-KSD Dampfsperre	0,12	1200	1,4	0,170	0,007
03 Mineralwolle MW 032	14,00	20	2,8	0,032	4,375
04 Luftschicht ruhend	2,00	1	0,0	-	0,175
05 Gipsputzmörtel	2,50	1400	35,0	0,700	0,036
06 Ziegel-MW 2000	42,00	2000	840,0	0,960	0,438
07 EPS 040	8,00	20	1,6	0,040	2,000
08 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
R_{se}					0,040
	d = 71,37		G = 919,1		R_T = 7,27

3.3.2 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,138 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

3.3.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

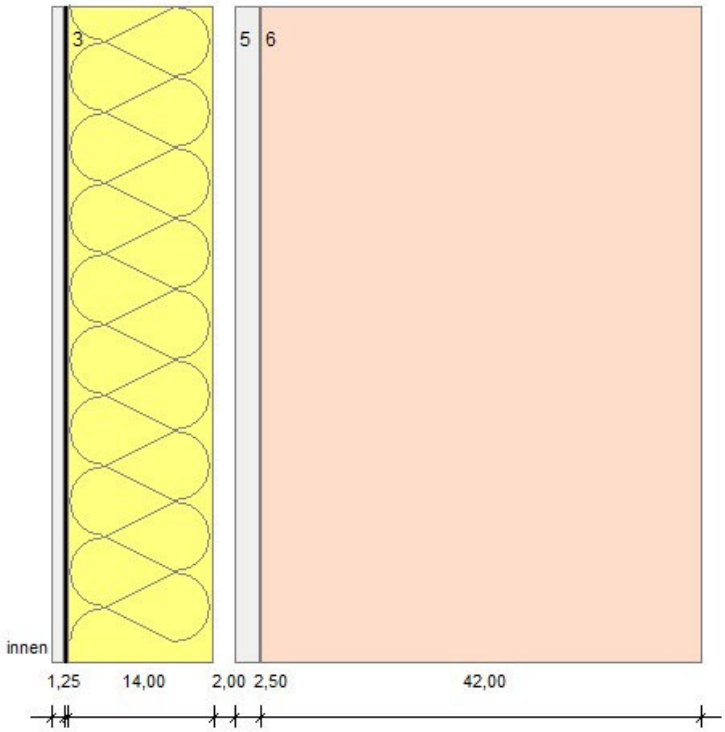
Anforderung: Umax-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

U	0,14 ≤ 0,20	W/(m²K)	OK

3.3.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

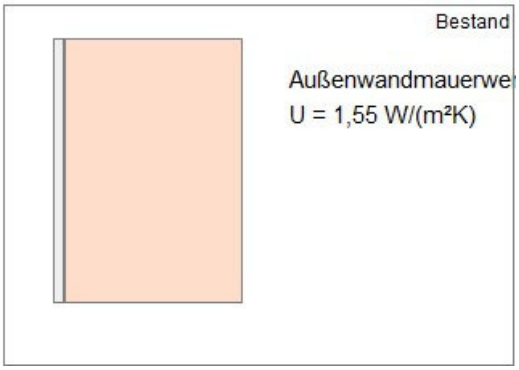
Gegenüberstellung "Aw-gedämmt" ⇔ "SAN-AW-gedämmt"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.4 Bauteil: Außenwandmauerwerk (Saniert)



Außenwandmauerwerk
U = 0,19 W/(m²K)

von innen
1 Gipskartonplatte 900
2 DACO-KSD Dampfsperre
3 Mineralwolle MW 032
4 Luftschicht ruhend
5 Gipsputzmörtel
6 Ziegel-MW 2000



Bestand + Sanierung "Aw" ⇔ "SAN-Aw"

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.4.1 Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte 900	1,25	900	11,3	0,250	0,050
02 DACO-KSD Dampfsperre	0,12	1200	1,4	0,170	0,007
03 Mineralwolle MW 032	14,00	20	2,8	0,032	4,375
04 Luftschicht ruhend	2,00	1	0,0	-	0,175
05 Gipsputzmörtel	2,50	1400	35,0	0,700	0,036
06 Ziegel-MW 2000	42,00	2000	840,0	0,960	0,438
R_{se}					0,040
	d = 61,87		G = 890,5		R_T = 5,25

3.4.2 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,190 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

3.4.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

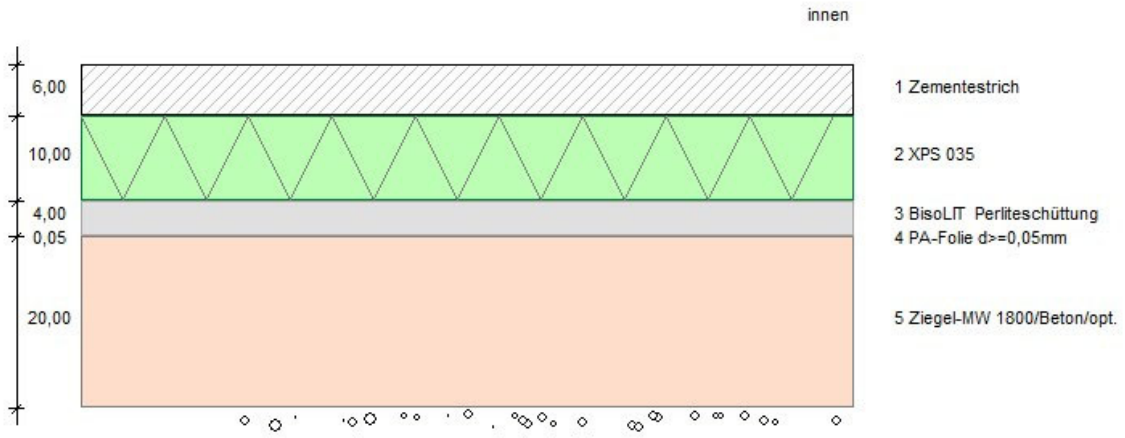
Anforderung: Umax-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

U	0,19 ≤ 0,20 W/(m²K)	OK

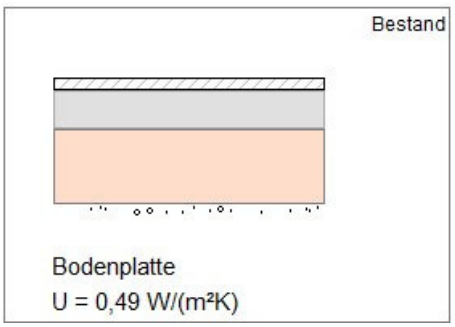
3.4.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Aw" ⇔ "SAN-Aw"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.5 Bauteil: Bodenplatte (Saniert)



Bodenplatte
U = 0,25 W/(m²K)



Bestand + Sanierung "Bodenplatte" ⇔ "SAN-Bodenplatte"

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

3.5.1 Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,043
02 XPS 035	10,00	25	2,5	0,035	2,857
03 BisoLIT Perliteschüttung	4,00	82	3,3	0,055	0,727
04 PA-Folie d>=0,05mm	0,05	-	-	-	-
05 Ziegel-MW 1800/Beton/opt.	20,00	1800	360,0	0,810	0,247
R_{se}					0,000
	d = 40,05		G = 485,8		R_T = 4,04

3.5.2 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,247 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

3.5.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

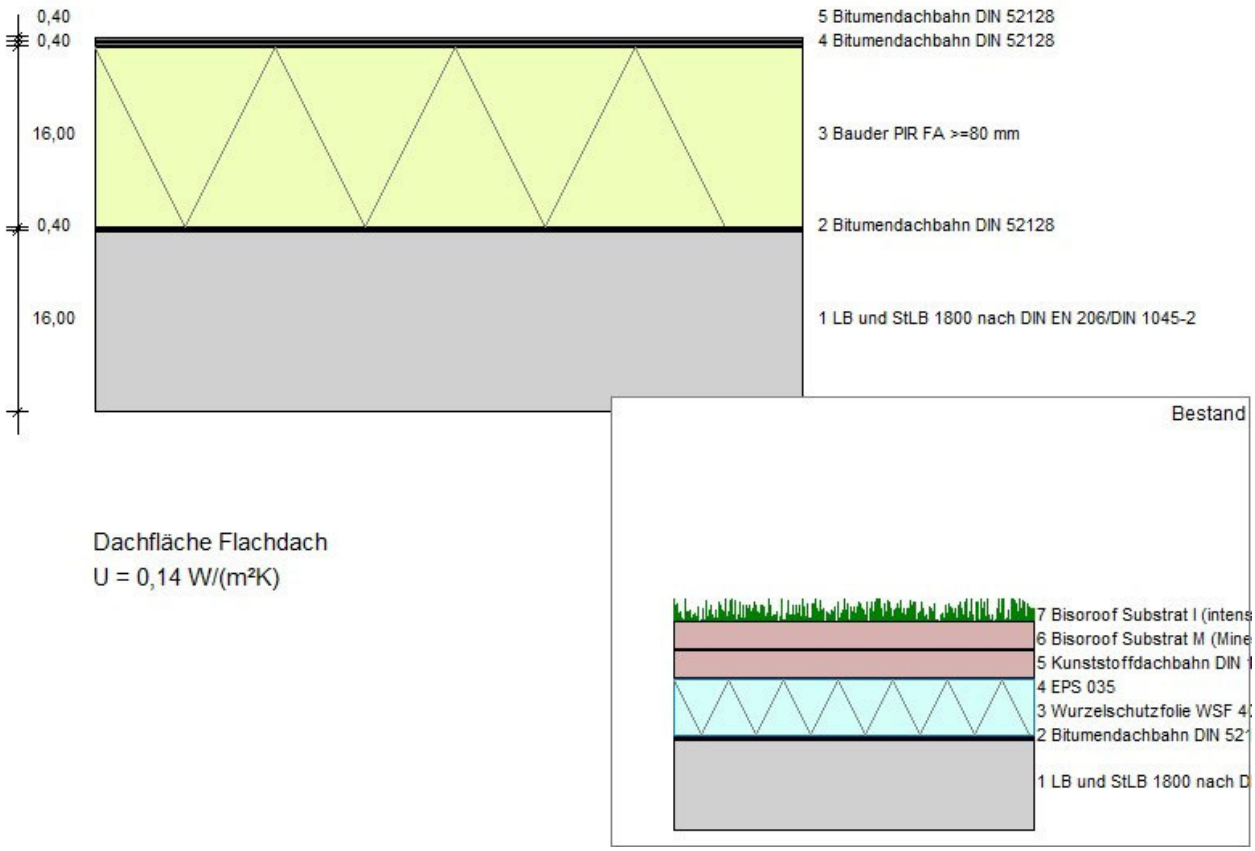
Anforderung: Umax-Wert bei Wärmedämmung von Bodenflächen gegen Erdreich

U	0,25 ≤ 0,25 W/(m²K)	OK

3.5.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Bodenplatte" ⇔ "SAN-Bodenplatte"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.6 Bauteil: Dachfläche Flachdach (Saniert)



Bestand + *Sanierung* "DF-Flachdach" ⇔ "SAN-DF-Flachdach"

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

3.6.1 Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 LB und StLB 1800 nach DIN EN 206	16,00	1800	288,0	1,150	0,139
02 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
03 Bauder PIR FA >=80 mm	16,00	30	4,8	0,023	6,957
04 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
05 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
R_{se}					0,040
	d = 33,20		G = 307,2		R_T = 7,31

3.6.2 Wärmedurchgangskoeffizient

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

3.6.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

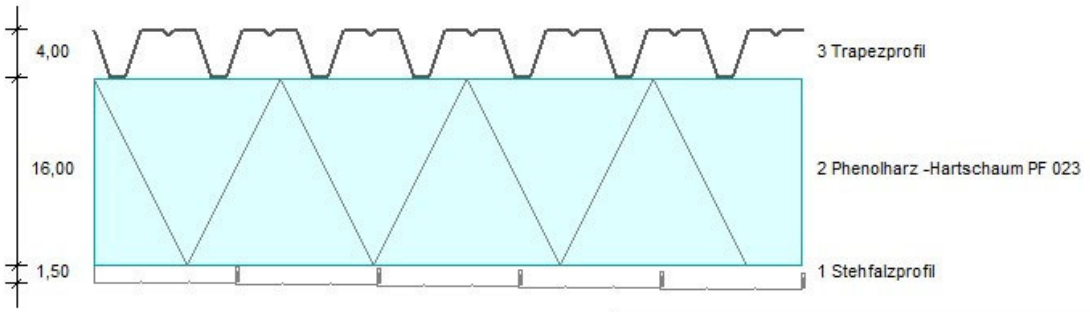
Anforderung: Umax-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U	0,14 ≤ 0,14 W/(m²K)	OK

3.6.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

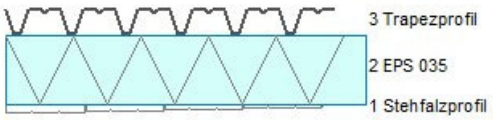
Gegenüberstellung "DF-Flachdach" ⇔ "SAN-DF-Flachdach"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.7 Bauteil: Dachfläche Halle 1 (Saniert)



Dachfläche Halle 1
U = 0,14 W/(m²K)

Bestand



Dachfläche Halle 1
U = 0,26 W/(m²K)

Bestand + *Sanierung* "DF-Halle 1" ⇔ "SAN-DF-Halle 1"

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

3.7.1 Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 Stehfalzprofil	1,50	-	2,0	-	-
02 Phenolharz -Hartschaum PF 023	16,00	30	4,8	0,023	6,957
03 Trapezprofil	4,00	-	-	-	-
R_{se}					0,040
	d = 21,50	G = 6,8			R_T = 7,10

3.7.2 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,141 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

3.7.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

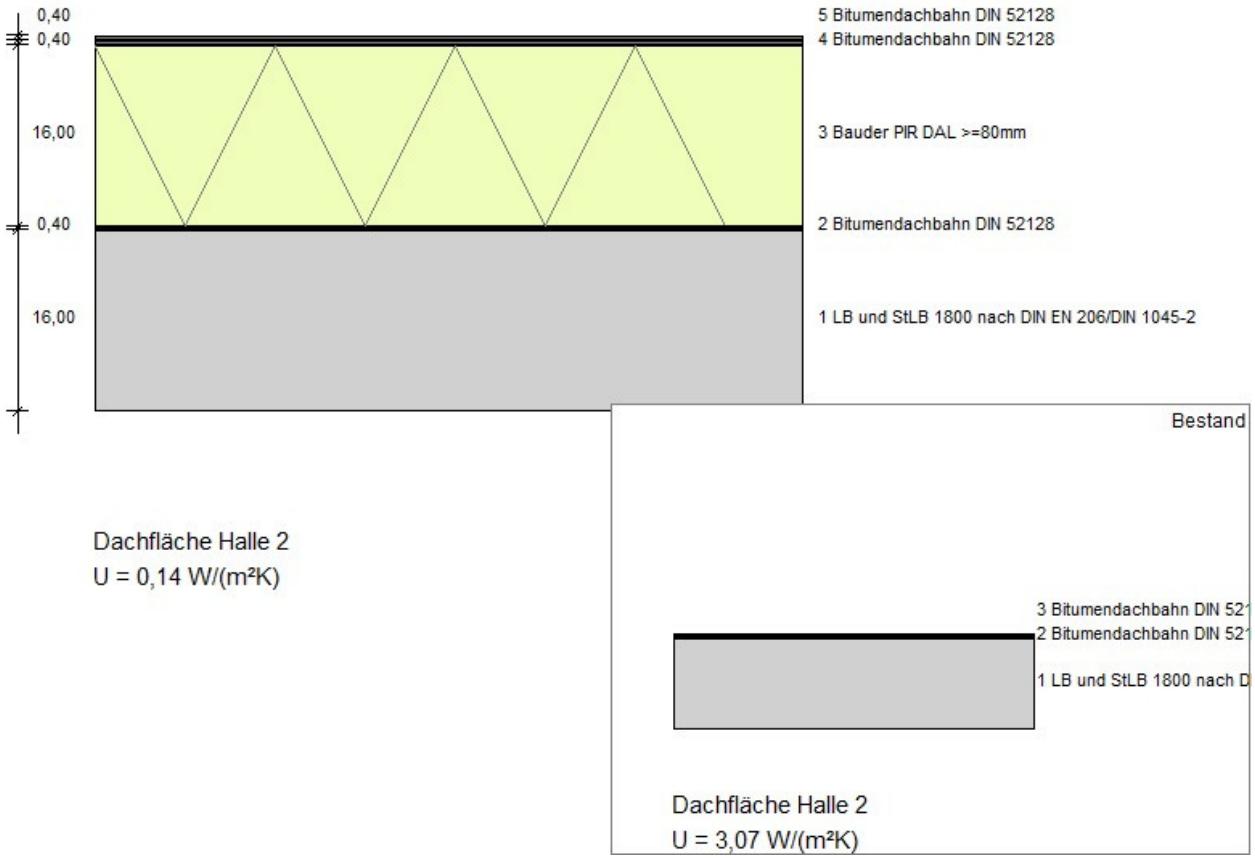
Anforderung: Umax-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U	0,14 ≤ 0,14 W/(m²K)	OK

3.7.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "DF-Halle 1" ⇔ "SAN-DF-Halle 1"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.8 Bauteil: Dachfläche Halle 2 (Saniert)



Bestand + *Sanierung* "DF-Halle 2" ⇔ "SAN-DF-Halle 2"

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

3.8.1 Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 LB und StLB 1800 nach DIN EN 206	16,00	1800	288,0	1,150	0,139
02 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
03 Bauder PIR DAL >=80mm	16,00	28	4,5	0,023	6,957
04 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
05 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
R_{se}					0,040
	d = 33,20		G = 306,9		R_T = 7,31

3.8.2 Wärmedurchgangskoeffizient

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

3.8.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

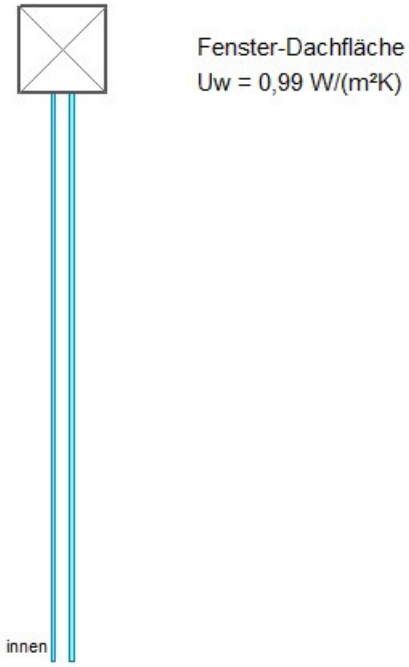
Anforderung: Umax-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

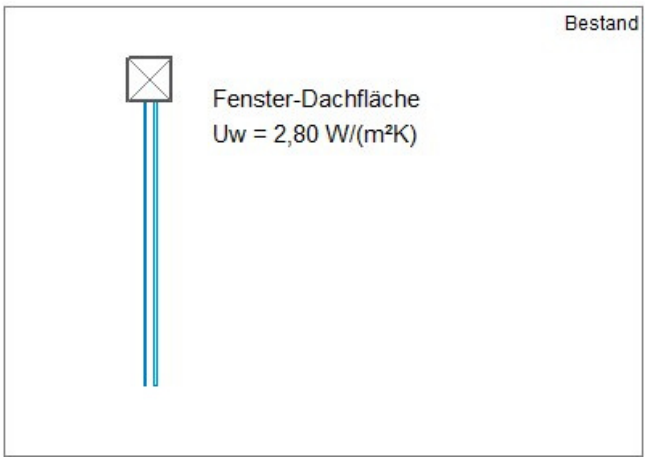
U	0,14 ≤ 0,14 W/(m²K)	OK

3.8.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "DF-Halle 2" ⇔ "SAN-DF-Halle 2"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.9 Bauteil: Fenster-Dachfläche (Saniert)





Bestand + Sanierung "Fenster-DF" ⇔ "SAN-Fenster-DF"

Bauteiltyp "Fenster" (20)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.9.1 Fenster

iplus 3L, 4/12/4/12/4, Ug=0.8,g=55%
Profilsystem energeto 8000 8 Kammer-PVC-Fensterprofil mit Scheibenverklebung, Uf 0,98: 85 mm Bautiefe, Mitteldichtungssystem, Kombination 080x05 + 080x86 (halbflächenversetzt)

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert U_W = 0,99 (1,0) W/(m²K)

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 30% Rahmenanteil, Tab. H.3
mit U_g = 0,80 und U_f = 0,98 W/(m²K)

U_W = **0,99** W/(m²K) wird für die weiteren Berechnungen angenommen

3.9.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: Umax-Wert bei Erneuerung von Dachflächenfenster

U	0,99 ≤ 1,00 W/(m²K)	OK

3.9.3 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Fenster-DF" ⇔ "SAN-Fenster-DF"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.10 Bauteil: Fenster-Lichtband (saniert)



Bestand + *Sanierung* "Fenster-Lichtband" ⇔ "SAN-Fenster-Lichtband"

Bauteiltyp "Fenster" (20)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.10.1 Fenster

iplus 3 E, 4/12/4/12/4, Ug=0.7, g=50%
Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung EN ISO 10077-1:2020, F4

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert U_W = 1,49 (1,5) W/(m²K)

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, typischer Randverbund, 20% Rahmenanteil, Tab. H.2
mit U_g = 0,70 und U_f = 2,94 W/(m²K)

U_W = **1,49** W/(m²K) wird für die weiteren Berechnungen angenommen

3.10.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

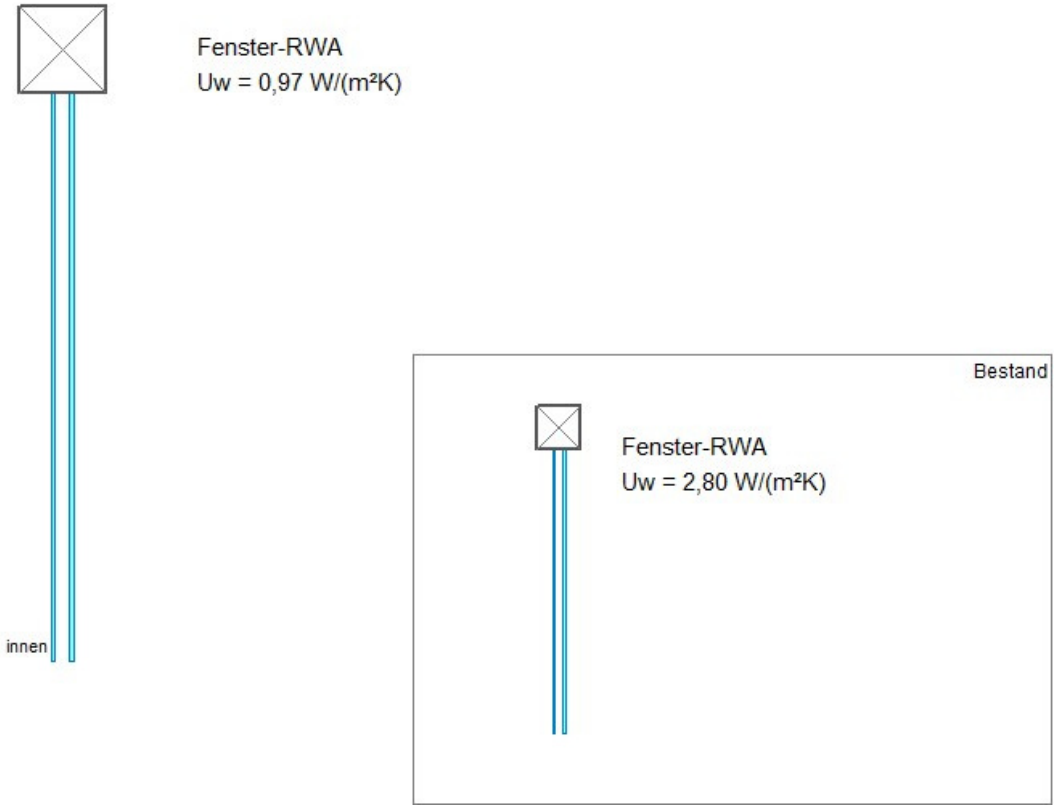
Anforderung: Umax-Wert bei Erneuerung von Lichtbändern und Lichtkuppeln

U	1,49 ≤ 1,50 W/(m²K)	OK

3.10.3 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Fenster-Lichtband" ⇔ "SAN-Fenster-Lichtband"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.11 Bauteil: Fenster-RWA (saniert)



Bestand + *Sanierung* "Fenster-RWA" ⇔ "SAN-Fenster-RWA"

Bauteiltyp "Fenster" (20)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.11.1 Fenster

iplus 3L, 4/14/4/14/4, Ug=0.7,g=55%
GENEO Faserverstärkter Kunststoffrahmen aus RAU-FIPRO, Bautiefe 86 mm, 6-Kammer-Aufbau, Uf=1,0

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert U_W = 0,97 (1,0) W/(m²K)

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, typischer Randverbund, 20% Rahmenanteil, Tab. H.2
mit U_g = 0,70 und U_f = 1,00 W/(m²K)

U_W = **0,97** W/(m²K) wird für die weiteren Berechnungen angenommen

3.11.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: Umax-Wert bei Erneuerung von Lichtbändern und Lichtkuppeln

U	0,97 ≤ 1,50 W/(m²K)	OK

3.11.3 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Fenster-RWA" ⇔ "SAN-Fenster-RWA"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.12 Bauteil: Fenster (saniert)

Bestand + Sanierung "Fenster" ⇔ "SAN-Fenster"

Bauteiltyp "Fenster" (20)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

3.12.1 Fenster

iplus 3CE, 4/10/4/10/4, Ug=0.6, g=50%
Profilsystem energeto 8000 8 Kammer-PVC-Fensterprofil mit Scheibenverklebung + Schaum, Uf 0,82: 85 mm Bautiefe, Mitteldichtungssystem, Kombination 080x05 + 080x86 (flächenversetzt)

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert U_W = 0,87 (0,9) W/(m²K)

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, typischer Randverbund, 30% Rahmenanteil, Tab. H.1
mit U_g = 0,60 und U_f = 0,82 W/(m²K)

U_W = **0,87** W/(m²K) wird für die weiteren Berechnungen angenommen

3.12.2 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: Umax-Wert bei Erneuerung von Fenstern

U 0,87 ≤ 0,95 W/(m²K) OK

3.12.3 Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Raum EG S-W
mit der Nettogrundfläche A_G = 16 = 16,00 m²

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

	Fensterflächen	Orientierung / Neigung	A_W [m²]	g [%]	F_C	A_W*g*F_C
1	F 0407 FAW S-W	S-W 90°	2,06	58	0,30	0,36
2						
			2,1 m²			0,36

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: Außenliegender Sonnenschutz, drehbare, hinterlüftete Lamellen Fc = 0,25 ~ Außenliegender Sonnenschutz, Rolläden oder Fensterläden Fc = 0,30

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = 2,06 / 16,00 = 0,13 (13%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{vorh} = (\Sigma A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G$ = 0,36 / 16,00 = **0,022**

zulässiger Sonneneintragskennwert

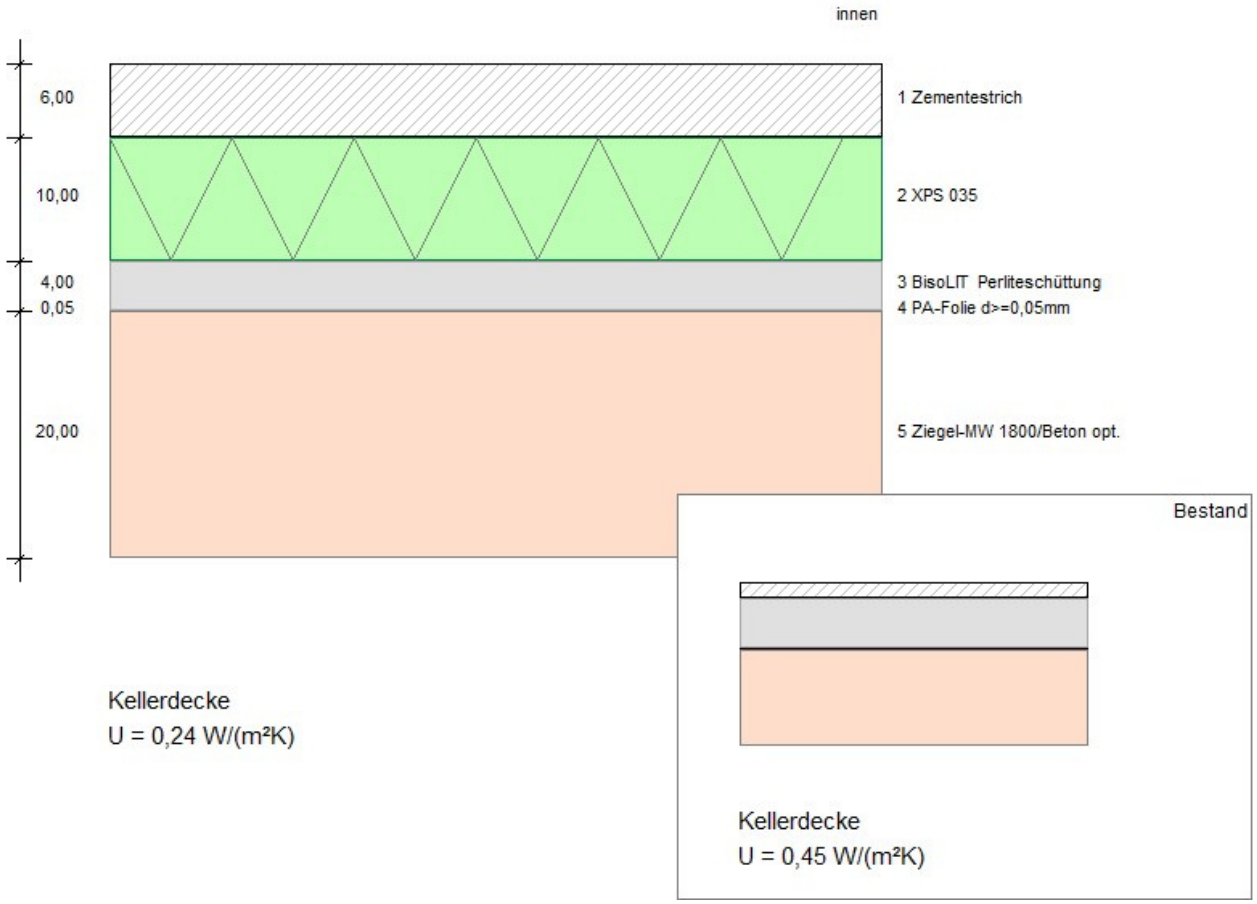
Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Wohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	erhöht, n ≥ 2 h^{-1}
Sonneneintragskennwert S_1	+0,101
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,030 (f_{WG} = 0,13)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S+	+0,030

S_{vorh} = 0,022 ≤ 0,131 = S_{zul} (= 0,101 +0,030) **Nachweis erbracht**

3.12.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Fenster" ⇔ "SAN-Fenster"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

3.13 Bauteil: Kellerdecke (Saniert)



Bestand + *Sanierung* "Kellerdecke" ⇔ "SAN-Kellerdecke"

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,17 und R_{se} = 0,17 m²K/W

3.13.1 Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,043
02 XPS 035	10,00	25	2,5	0,035	2,857
03 BisoLIT Perliteschüttung	4,00	82	3,3	0,055	0,727
04 PA-Folie d>=0,05mm	0,05	-	-	-	-
05 Ziegel-MW 1800/Beton opt.	20,00	1800	360,0	0,810	0,247
R_{se}					0,170
	d = 40,05		G = 485,8		R_T = 4,21

3.13.2 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,237 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

3.13.3 Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: Umax-Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

U	0,24 ≤ 0,25 W/(m²K)	OK

3.13.4 Bauteilsanierung (Energieberatung)

Gegenüberstellung "Kellerdecke" ⇔ "SAN-Kellerdecke"
berechnet mit der Gebäudeberechnung "Gebäude", Energiebedarf nach DIN V 18599

4 Energetische Bewertung von Gebäuden

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

.....

4.1 Gebäudeberechnung "Paket1-Sanierung"

Nachweisverfahren
Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten
mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)
mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018
Referenzberechnung: Gebäude-Referenz2020.dwe

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

4.2 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, ϑ_e = 1,0 °C

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m²	V_i m³
<1> Eventhalle	227 Ausstellungs	250	21,0	21,0	579	3579
<2> Atelier	201 Einzelbüro	250	19,9	17,3	784	3480
<3> Lager/Technik	220 Lager, Techn	250	20,1	17,5	95	361
<4> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,1	17,4	187	734
<5> Sanitärräume	216 WC und Sanit	250	19,9	17,8	52	213
					1.698	8.367

Gebäude, A_{NGF} = 1697,8 m², n_G = 2 Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

4.3 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

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

Hüllfläche	Zone	A m²	U W/(m²K)	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
0.07 Halle I EG-OG						
1 F 0103 FD Nord 30°	1:0	173,3	0,141	1,00 F_D	02 57	24,4
2 F 0104 FD Süd 30°	1:0	163,8	0,141	1,00 F_D	02 57	23,1
3 A 0103 DFF 31° Nord	1:0	1,7	0,866	1,00 F_F	57 02 70	1,5
4 A 0104 DFF 32° Süd 3	1:0	1,7	0,866	1,00 F_F	57 02 70	1,5
5 F 0100 FAW Ost	1:0	135,8	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	25,8
6 F 0102 FAW Nord	1:0	87,6	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	16,6
7 F 0106 FAW West	1:0	28,4	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	5,4
8 A 0102 FF Nord	1:0	14,4	0,866	1,00 F_F	57 02	12,5
9 T 0100 FAW Ost , Tür	1:0	2,0	0,995	1,00 F_{AW}	02 57	2,0
10 T 0102 FAW Nord , Tü	1:0	14,6	1,000	1,00 F_{AW}	50	14,6
11 F 0101 FG	1:0	289,9	0,237	0,45 F_{fb}	53 19 25 14	30,9
0.30 Halle II EG						
12 F 0200 FAW Ost	1:0	45,3	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	8,6
13 F 0204 FAW Süd	1:0	48,1	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	9,1
14 A 0204 FF Süd	1:0	13,9	0,866	1,00 F_F	57 02	12,0
15 T 0200 FAW Ost , Tür	1:0	2,0	1,200	1,00 F_{AW}	02 57	2,4
16 F 0201 FG	1:0	158,7	0,247	0,45 F_{fb}	53 19 26 14	17,6
0.28+0.29 Atelier EG-OG						
17 F 0303 FD Nord 30°	2:0	82,1	0,137	1,00 F_D	02 57	11,2
18 F 0304 FD Süd 30°	2:0	84,5	0,137	1,00 F_D	02 57	11,6
19 A 0303 DFF 31° Nord	2:0	1,6	0,866	1,00 F_F	57 02 70	1,4
20 A 0304 DFF 30° Süd 3	2:0	1,6	0,866	1,00 F_F	57 02 70	1,4
21 F 0302 FAW Nord	2:0	6,6	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	1,3
22 F 0305 FAW Süd	2:0	57,7	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	11,0
23 F 0306 FAW West	2:0	31,7	0,190	1,00 F_{AW}	02 57	6,0
24 A 0302 FF Nord	2:0	3,1	0,866	1,00 F_F	57 02	2,7
25 A 0305 FF Süd	2:0	8,6	0,866	1,00 F_F	57 02	7,5
26 A 0306 FF West	2:0	1,8	0,866	1,00 F_F	57 02	1,5

27	T	0305	FAW Süd , Tür	2:0	6,4	0,995	1,00	F_{AW}	02	57		6,4
28	T	0306	FAW West , Tü	2:0	1,8	0,995	1,00	F_{AW}	02	57		1,8
29	F	0301	FG	2:0	145,4	0,237	0,55	F_{fb}	53	19	27 14	19,0
0.25+0.26 Atelier EG-OG												
30	F	0403	FD Ost 30°	2:0	40,5	0,137	1,00	F_D	02	57		5,5
31	F	0404	FD West 30°	2:0	43,8	0,137	1,00	F_D	02	57		6,0
32	F	0405	FD Ost 30°	2:0	40,5	0,137	1,00	F_D	02	57		5,5
33	F	0406	FD West 30°	2:0	43,8	0,137	1,00	F_D	02	57		6,0
34	A	0403	DFF 40° Ost 3	2:0	3,3	0,866	1,00	F_F	57	02	70	2,9
35	A	0405	DFF 40° Ost 3	2:0	3,3	0,866	1,00	F_F	57	02	70	2,9
36	F	0400	FAW Süd	2:0	57,2	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		10,9
37	F	0407	FAW West	2:0	40,5	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		7,7
38	F	0408	FAW Nord	2:0	16,9	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		3,2
39	A	0400	FF Süd	2:0	5,6	0,866	1,00	F_F	57	02		4,9
40	A	0407	FF West	2:0	8,1	0,866	1,00	F_F	57	02		7,0
41	T	0400	FAW Süd , Tür	2:0	2,6	0,995	1,00	F_{AW}	02	57		2,6
42	F	0401	FG	2:0	133,5	0,247	0,55	F_{fb}	53	19	28 14	18,1
0.23+0.24 Technik/Lager												
43	F	0502	FAW Ost	3:0	18,8	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		3,6
44	T	0502	FAW Ost , Tür	3:0	2,2	1,200	1,00	F_{AW}	02	57		2,6
45	F	0500	FG	3:0	30,2	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	3,4
0.22 Durchgang EG												
46	F	0600	FG	4:0	9,5	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	1,1
Lagerraum EG												
47	F	0700	FG	3:0	29,0	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	3,2
0.19 Flur EG												
48	F	0809	FD	4:0	38,1	0,137	1,00	F_D	02	57		5,2
49	A	0809	DFF 0°	4:0	2,7	0,866	1,00	F_F	57	02	70	2,3
50	F	0808	FAW West	4:0	3,1	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		0,6
51	A	0808	FF West	4:0	1,2	0,866	1,00	F_F	57	02		1,0
52	T	0808	FAW West , Tü	4:0	3,0	0,970	1,00	F_{AW}	02	57		2,9
53	F	0800	FG	4:0	40,8	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	4,5
0.18 Abstellraum EG												
54	F	0905	FD	3:0	4,8	0,137	1,00	F_D	02	57		0,7
55	F	0904	FAW S-W	3:0	6,2	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		1,2
56	A	0904	FF S-W	3:0	0,4	0,866	1,00	F_F	57	02		0,3
57	F	0900	FG	3:0	4,8	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	0,5
0.10 WC EG												
58	F	1005	FD	5:0	4,8	0,137	1,00	F_D	02	57		0,7
59	F	1004	FAW S-W	5:0	6,2	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		1,2
60	A	1004	FF S-W	5:0	0,4	0,866	1,00	F_F	57	02		0,3
61	F	1000	FG	5:0	4,8	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	0,5
0.02-0.05, 0.08, 0.09, 0												
62	F	1104	FAW Nord	2:0	58,3	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		11,1
63	F	1105	FAW West	2:0	19,4	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		3,7
64	F	1109	FAW West	2:0	18,4	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		3,5
65	A	1104	FF Nord	2:0	14,3	0,866	1,00	F_F	57	02		12,4
66	A	1105	FF West	2:0	5,7	0,866	1,00	F_F	57	02		5,0
67	A	1109	FF West	2:0	5,7	0,866	1,00	F_F	57	02		5,0
68	F	1100	FG	2:0	204,1	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	22,7
0.01 Flur EG												
69	F	1204	FAW S-W	4:0	6,7	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		1,3
70	A	1204	FF S-W	4:0	3,3	0,866	1,00	F_F	57	02		2,9
71	F	1200	FG	4:0	28,0	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29 14	3,1
0.06/0.12 Treppenraum EG												
72	F	1305	FAW N-W	4:0	21,4	0,190	1,00	F_{AW}	02	57		4,1
73	A	1305	FF N-W	4:0	4,4	0,866	1,00	F_F	57	02		3,8

74 T 1305 FAW N-W , Tür	4:0	1,3	1,200	1,00	F_{AW}	02	57			1,5
75 F 1300 FG	4:0	45,3	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29	14	5,0
0.13-0.17 WC EG										
76 F 1400 FG	5:0	48,3	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29	14	5,4
0.19 Flur EG										
77 F 1505 FD	4:0	12,8	0,137	1,00	F_D	02	57			1,8
78 F 1500 FG	4:0	12,8	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29	14	1,4
0.27 Atelier EG										
79 F 1605 FD	2:0	43,5	0,137	1,00	F_D	02	57			6,0
80 F 1601 FAW Süd	2:0	13,8	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			2,6
81 A 1601 FF Süd	2:0	2,5	0,866	1,00	F_F	57	02			2,2
82 T 1601 FAW Süd , Tür	2:0	2,0	1,200	1,00	F_{AW}	02	57			2,4
83 F 1600 FG	2:0	43,5	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29	14	4,8
0.19 Flur EG										
84 F 1705 FD	4:0	17,5	0,137	1,00	F_D	02	57			2,4
85 F 1700 FG	4:0	17,5	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29	14	1,9
0.19 Flur EG										
86 F 1800 FG	4:0	21,0	0,247	0,45	F_{fb}	53	19	29	14	2,3
1.01-1.04, 1.08-1.09 Ate										
87 F 1903 FD Süd 29°	2:0	133,5	0,137	1,00	F_D	02	57			18,3
88 F 1904 FD Nord 29°	2:0	133,5	0,137	1,00	F_D	02	57			18,3
89 A 1903 DFF 29° Süd 2	2:0	5,0	0,866	1,00	F_F	57	02	70		4,3
90 A 1904 DFF 29° Nord	2:0	5,0	0,866	1,00	F_F	57	02	70		4,3
91 F 1900 FAW West	2:0	46,4	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			8,8
92 F 1902 FAW Süd	2:0	28,7	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			5,5
93 F 1905 FAW Nord	2:0	28,7	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			5,5
94 A 1900 FF West	2:0	3,9	0,866	1,00	F_F	57	02			3,4
1.05/1.06 Treppenraum OG										
95 F 2003 FD Nord 29°	3:0	43,9	0,137	1,00	F_D	02	57			6,0
96 A 2003 DFF 29° Nord	3:0	3,3	0,866	1,00	F_F	57	02	70		2,9
97 F 2004 FAW Nord	3:0	9,8	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			1,9
1.10 Atelier OG										
98 F 2103 FD Süd 29°	2:0	45,5	0,137	1,00	F_D	02	57			6,2
99 A 2103 DFF 29° Süd 2	2:0	1,6	0,995	1,00	F_F	57	02	70		1,6
100 F 2102 FAW Süd	2:0	9,8	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			1,9
1.12/1.13 Atelier OG										
101 F 2205 FD	2:0	62,5	0,137	1,00	F_D	02	57			8,6
102 F 2201 FAW Süd	2:0	27,1	0,138	1,00	F_{AW}	02	57			3,7
103 F 2202 FAW Ost	2:0	15,2	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			2,9
104 A 2201 FF Süd	2:0	6,2	0,866	1,00	F_F	57	02			5,3
zu 0.20 Luftraum OG										
105 F 2305 FD	4:0	28,9	0,137	1,00	F_D	02	57			4,0
106 A 2305 DFF 0°	4:0	1,4	0,866	1,00	F_F	57	02	70		1,2
107 F 2301 FAW Süd	4:0	10,8	0,138	1,00	F_{AW}	02	57			1,5
108 F 2304 FAW West	4:0	2,7	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			0,5
109 A 2301 FF Süd	4:0	4,6	0,866	1,00	F_F	57	02			4,0
110 A 2304 FF West	4:0	6,8	0,866	1,00	F_F	57	02			5,9
0.30 Halle II Luftraum O										
111 F 2403 FD Nord 30°	1:0	92,5	0,137	1,00	F_D	02	57			12,7
112 F 2404 FD Süd 30°	1:0	92,7	0,137	1,00	F_D	02	57			12,7
113 F 2400 FAW Ost	1:0	31,3	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			5,9
114 F 2405 FAW Süd	1:0	16,9	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			3,2
Lichtband										
115 F 2503 FAW Nord	1:0	4,0	0,190	1,00	F_{AW}	02	57			0,8
116 A 2503 FF Nord	1:0	38,0	1,485	1,00	F_F	57	02			56,4

Σ A [m²] =	3.876,1	Σ H_T [W/K] =	746,1

1. Bodenplattenmaß B´ (25) = A_G / (0.5 P) = 289,94 / 24,36 = 11,90 m
2. Bodenplattenmaß B´ (26) = 12,48 = 12,48 m
3. Bodenplattenmaß B´ (27) = 7,77 = 7,77 m
4. Bodenplattenmaß B´ (28) = 7,65 = 7,65 m
5. Bodenplattenmaß B´ (29) = 21,22 = 21,22 m

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_X-Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
19 Temperatur-Korrekturfaktoren Fx für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B´ nach EN ISO 13370.
26 Fx-Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
27 Fx-Tabellenwert für das 3. Bodenplattenmaß.
28 Fx-Tabellenwert für das 4. Bodenplattenmaß.
29 Fx-Tabellenwert für das 5. Bodenplattenmaß.
50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.
57 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,15 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
70 Dachflächenfenster

4.3.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
$H_{T,WB}$ = 390,6 W/K (52,4 %, 0,101 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
<1> Eventhalle	402	49	0	450	0	0
<2> Atelier	481	65	0	545	0	0
<3> Lager/Technik	32	7	0	40	0	0
<4> Verkehrsflächen	72	19	0	92	0	0
<5> Sanitärräume	4	6	0	10	0	0
	991	146		1137		

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient
$H´_{T,vorh}$ = ($H_{T,D}$ + Fx * $H_{T,iu}$ + Fx * $H_{T,s}$) / A = 1.136,7 / 3.876,1 = **0,29 W/(m²K)**

4.3.2 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U_{max}	Ti ≥ 19°C	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{max}	Ti < 19°C	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen T_i ≥ 19°C		0,15	1,02		0,87

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 1,02 W/(m²K) = 1,50 W/(m²K) -32,0%

4.4 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), n_{50} = 1,00 h^{-1}
Nettoraumvolumen > 1.500 m³ $\Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 2*3876 / 8367 = 0,93$ (Gl.68)

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <1> Eventhalle, <2> Atelier, <3> Lager/Technik, <4> Verkehrsflächen, <5> Sanitärräume

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50}	V_A/V_{dc}	Luftwechsel n_{nutz}	n_{inf}	Fenster n_{win}	Lüftungsanlage $n_{m,ZUL}$	$t_{V,m}$
		h^{-1}	$m^3/(m^2h)$	h^{-1}	h^{-1}	h^{-1}	h^{-1}	h/d
<1> Eventhalle	-	1,02	2,00	0,32	0,07	0,10	0,32	24
<2> Atelier	-	1,07	3,55	0,80	0,07	0,10	0,80	13
<3> Lager/Technik	-	0,85	0,15	0,04	0,06	0,10	0,04	13
<4> Verkehrsfläche	-	0,94	0,00	0,00	0,07	0,10	-	13
<5> Sanitärräume	-	0,61	15,00	3,69	0,04	0,10	3,69	13
⇒ WE-Betrieb ...								
<1> Eventhalle			0,00	0,00	0,07	0,10	-	-
<2> Atelier			0,00	0,00	0,07	0,10		
<3> Lager/Technik			0,00	0,00	0,06	0,10		
<4> Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,07	0,10		
<5> Sanitärräume			0,00	0,00	0,04	0,10		

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP/ETA}$ = 1158 / 1158 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert
Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP/ETA}$ = 2784 / 2784 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert
Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 14 / 14 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 0 / 0 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
Zone <5> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 786 / 786 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Transferkoeffizienten Lüftung	V	$H_{V,z,Jan}$	$H_{V,inf}$	$H_{V,win}$	ΣH_V	$H_{V,mech}$	$\vartheta_{V,Jan}$
	m^3	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	°C
<1> Eventhalle	3.579	0	87	122	208	393	2,4
<2> Atelier	3.480	0	88	118	207	513	2,9
<3> Lager/Technik	361	0	7	12	20	3	15,2
<4> Verkehrsflächen	734	0	16	25	41	0	15,2
<5> Sanitärräume	213	0	3	7	10	145	15,2
		0	202	284	486	1053	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> Eventhalle		0	87	122	208		
<2> Atelier		0	88	118	207		
<3> Lager/Technik		0	7	12	20		
<4> Verkehrsflächen		0	16	25	41		
<5> Sanitärräume		0	3	7	10		
		0	202	284	486		

4.5 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.5.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

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

Kollektorfläche	Zone	A_g m²	$I_{S,Jan/Jul}$ W/m²	$g_{eff,Jan/Jul}$ %			$Q_{S,Jan/Jul}$ kWh/d	
3 A 0103 DFF 31° N	1	1,18	16/ 175	36/	36	7100	0,2/	1,8
4 A 0104 DFF 32° S	1	1,18	50/ 208	36/	36	"	0,5/	2,1
8 A 0102 FF Nord	1	10,09	10/ 81	36/	36	"	0,9/	7,1
14 A 0204 FF Süd	1	9,70	59/ 113	36/	36	"	5,0/	9,6
19 A 0303 DFF 31° N	2	1,15	16/ 175	36/	36	"	0,2/	1,8
20 A 0304 DFF 30° S	2	1,15	50/ 208	36/	36	"	0,5/	2,1
24 A 0302 FF Nord	2	2,15	10/ 81	36/	36	"	0,2/	1,5
25 A 0305 FF Süd	2	6,04	59/ 113	36/	36	"	3,1/	6,0
26 A 0306 FF West	2	1,25	17/ 117	36/	36	"	0,2/	1,3
34 A 0403 DFF 40° O	2	2,31	31/ 194	36/	36	"	0,6/	3,9
35 A 0405 DFF 40° O	2	2,31	31/ 194	36/	36	"	0,6/	3,9
39 A 0400 FF Süd	2	3,94	59/ 113	36/	36	"	2,0/	3,9
40 A 0407 FF West	2	5,66	17/ 117	36/	36	"	0,8/	5,8
49 A 0809 DFF 0°	4	1,88	29/ 210	36/	36	"	0,5/	3,5
51 A 0808 FF West	4	0,83	17/ 117	36/	36	"	0,1/	0,8
56 A 0904 FF S-W	3	0,28	40/ 120	36/	36	"	0,1/	0,3
60 A 1004 FF S-W	5	0,28	40/ 120	36/	36	"	0,1/	0,3
65 A 1104 FF Nord	2	10,00	10/ 81	36/	36	"	0,9/	7,1
66 A 1105 FF West	2	4,00	17/ 117	36/	36	"	0,6/	4,1
67 A 1109 FF West	2	4,00	17/ 117	36/	36	"	0,6/	4,1
70 A 1204 FF S-W	4	2,33	40/ 120	36/	36	"	0,8/	2,4
73 A 1305 FF N-W	4	3,10	11/ 95	36/	36	"	0,3/	2,6
81 A 1601 FF Süd	2	1,74	59/ 113	36/	36	"	0,9/	1,7
89 A 1903 DFF 29° S	2	3,47	50/ 208	36/	36	"	1,5/	6,3
90 A 1904 DFF 29° N	2	3,47	16/ 175	36/	36	"	0,5/	5,3
94 A 1900 FF West	2	2,76	17/ 117	36/	36	"	0,4/	2,8
96 A 2003 DFF 29° N	3	2,31	16/ 175	36/	36	"	0,3/	3,5
99 A 2103 DFF 29° S	2	1,15	50/ 208	40/	40	"	0,6/	2,3
104 A 2201 FF Süd	2	4,30	59/ 113	36/	36	"	2,2/	4,3
106 A 2305 DFF 0°	4	0,94	29/ 210	36/	36	"	0,2/	1,7
109 A 2301 FF Süd	4	3,23	59/ 113	36/	36	"	1,7/	3,2
110 A 2304 FF West	4	4,77	17/ 117	36/	36	"	0,7/	4,9
116 A 2503 FF Nord	1	26,60	10/ 81	36/	36	"	2,3/	18,8
		129,60					30/	131

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"
Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = A * F_F * g_{eff} * I_S * 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

4.5.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche		Zone	A	U	α	h_r	$I_{S,Jul}$	$Q_{S,Jul}$
			m²	W/(m²K)		W/(m²K)	W/m²	kWh/d
1	F 0103 FD Nord *N*	1	173,3	0,14	0,50	4,50	175	1,0
2	F 0104 FD Süd 3 *S*	1	163,8	0,14	0,50	4,50	208	1,3
5	F 0100 FAW Ost *O*	1	135,8	0,19	0,50	4,50	138	1,2
6	F 0102 FAW Nord *N*	1	87,6	0,19	0,50	4,50	81	0,3
7	F 0106 FAW West *W*	1	28,4	0,19	0,50	4,50	117	0,2
9	T 0100 FAW Ost *O*	1	2,0	0,99	0,50	4,50	138	0,1
12	F 0200 FAW Ost *O*	1	45,3	0,19	0,50	4,50	138	0,4
13	F 0204 FAW Süd *S*	1	48,1	0,19	0,50	4,50	113	0,3
15	T 0200 FAW Ost *O*	1	2,0	1,20	0,50	4,50	138	0,1
17	F 0303 FD Nord *N*	2	82,1	0,14	0,50	4,50	175	0,5
18	F 0304 FD Süd 3 *S*	2	84,5	0,14	0,50	4,50	208	0,7
21	F 0302 FAW Nord *N*	2	6,6	0,19	0,50	4,50	81	0,0
22	F 0305 FAW Süd *S*	2	57,7	0,19	0,50	4,50	113	0,4
23	F 0306 FAW West *W*	2	31,7	0,19	0,50	4,50	117	0,2
27	T 0305 FAW Süd *S*	2	6,4	0,99	0,50	4,50	113	0,2
28	T 0306 FAW West *W*	2	1,8	0,99	0,50	4,50	117	0,1
30	F 0403 FD Ost 3 *O*	2	40,5	0,14	0,50	4,50	205	0,3
31	F 0404 FD West *W*	2	43,8	0,14	0,50	4,50	188	0,3
32	F 0405 FD Ost 3 *O*	2	40,5	0,14	0,50	4,50	205	0,3
33	F 0406 FD West *W*	2	43,8	0,14	0,50	4,50	188	0,3
36	F 0400 FAW Süd *S*	2	57,2	0,19	0,50	4,50	113	0,4
37	F 0407 FAW West *W*	2	40,5	0,19	0,50	4,50	117	0,3
38	F 0408 FAW Nord *N*	2	16,9	0,19	0,50	4,50	81	0,1
41	T 0400 FAW Süd *S*	2	2,6	0,99	0,50	4,50	113	0,1
43	F 0502 FAW Ost *O*	3	18,8	0,19	0,50	4,50	138	0,2
44	T 0502 FAW Ost *O*	3	2,2	1,20	0,50	4,50	138	0,1
48	F 0809 FD -	4	38,1	0,14	0,50	4,50	210	0,3
50	F 0808 FAW West *W*	4	3,1	0,19	0,50	4,50	117	0,0
52	T 0808 FAW West *W*	4	3,0	0,97	0,50	4,50	117	0,1
54	F 0905 FD -	3	4,8	0,14	0,50	4,50	210	0,0
55	F 0904 FAW S-W *SW*	3	6,2	0,19	0,50	4,50	120	0,0
58	F 1005 FD -	5	4,8	0,14	0,50	4,50	210	0,0
59	F 1004 FAW S-W *SW*	5	6,2	0,19	0,50	4,50	120	0,0
62	F 1104 FAW Nord *N*	2	58,3	0,19	0,50	4,50	81	0,2
63	F 1105 FAW West *W*	2	19,4	0,19	0,50	4,50	117	0,1
64	F 1109 FAW West *W*	2	18,4	0,19	0,50	4,50	117	0,1
69	F 1204 FAW S-W *SW*	4	6,7	0,19	0,50	4,50	120	0,0
72	F 1305 FAW N-W *NW*	4	21,4	0,19	0,50	4,50	95	0,1
74	T 1305 FAW N-W *NW*	4	1,3	1,20	0,50	4,50	95	0,0
77	F 1505 FD -	4	12,8	0,14	0,50	4,50	210	0,1
79	F 1605 FD -	2	43,5	0,14	0,50	4,50	210	0,3
80	F 1601 FAW Süd *S*	2	13,8	0,19	0,50	4,50	113	0,1
82	T 1601 FAW Süd *S*	2	2,0	1,20	0,50	4,50	113	0,1
84	F 1705 FD -	4	17,5	0,14	0,50	4,50	210	0,1
87	F 1903 FD Süd 2 *S*	2	133,5	0,14	0,50	4,50	208	1,0
88	F 1904 FD Nord *N*	2	133,5	0,14	0,50	4,50	175	0,7
91	F 1900 FAW West *W*	2	46,4	0,19	0,50	4,50	117	0,3
92	F 1902 FAW Süd *S*	2	28,7	0,19	0,50	4,50	113	0,2
93	F 1905 FAW Nord *N*	2	28,7	0,19	0,50	4,50	81	0,1
95	F 2003 FD Nord *N*	3	43,9	0,14	0,50	4,50	175	0,2
97	F 2004 FAW Nord *N*	3	9,8	0,19	0,50	4,50	81	0,0
98	F 2103 FD Süd 2 *S*	2	45,5	0,14	0,50	4,50	208	0,4
100	F 2102 FAW Süd *S*	2	9,8	0,19	0,50	4,50	113	0,1
101	F 2205 FD -	2	62,5	0,14	0,50	4,50	210	0,5
102	F 2201 FAW Süd *S*	2	27,1	0,14	0,50	4,50	113	0,1
103	F 2202 FAW Ost *O*	2	15,2	0,19	0,50	4,50	138	0,1
105	F 2305 FD -	4	28,9	0,14	0,50	4,50	210	0,2
107	F 2301 FAW Süd *S*	4	10,8	0,14	0,50	4,50	113	0,0
108	F 2304 FAW West *W*	4	2,7	0,19	0,50	4,50	117	0,0

111 F 2403 FD Nord	*N*	1	92,5	0,14	0,50	4,50	175	0,5
112 F 2404 FD Süd 3	*S*	1	92,7	0,14	0,50	4,50	208	0,7
113 F 2400 FAW Ost	*O*	1	31,3	0,19	0,50	4,50	138	0,3
114 F 2405 FAW Süd	*S*	1	16,9	0,19	0,50	4,50	113	0,1
115 F 2503 FAW Nord	*N*	1	4,0	0,19	0,50	4,50	81	0,0
			2.409,6					16,7

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

4.5.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Eventhalle	780	574	244	158	276	298	623	8.694
<2> Atelier	1.491	1.082	417	277	510	501	1.194	16.110
<3> Lager/Tech	55	29	15	9	13	19	41	724
<4> Verkehrsfl	422	297	113	75	134	135	336	4.533
<5> Sanitärräu	8	6	2	2	3	2	6	79
über opake ...								
<1> Eventhalle	76	29	-	-	3	0	43	1.114
<2> Atelier	123	55	-	-	10	1	64	1.571
<3> Lager/Tech	5	2	-	-	-	-	3	97
<4> Verkehrsfl	12	2	-	-	0	0	4	192
<5> Sanitärräu	1	1	-	-	-	-	1	16
	2.972	2.076	791	520	949	956	2.315	33.130

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

Zone	A_B m²	$q_{I,p}$ kWh/d	$q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
<1> Eventhalle	1698	47,5	-	0,0	47,5
<2> Atelier	784	23,5	33,7	0,0	57,2
<3> Lager/Technik	95	-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	187	-	-	0,0	0,0
<5> Sanitärräume	52	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Eventhalle		-	-	0,0	0,0
<2> Atelier		-	-	0,0	0,0
<3> Lager/Technik		-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<5> Sanitärräume		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/hW	$Q_{I,L}$ kWh/d	$Q_{I,h}$ kWh/d	$Q_{I,w}$ kWh/d	$Q_{I,rv}$ kWh/d
<1> Eventhalle	0,0	9,0	22,3	0,0	0,0
<2> Atelier	0,0	37,1	15,7	0,0	0,0
<3> Lager/Technik	0,0	0,1	1,9	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	0,0	2,0	3,7	0,0	0,0
<5> Sanitärräume	0,0	1,2	1,0	0,0	0,0

4.7 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

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

Zone	Σ H_T W/K	Σ H_V	Σ $H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
<1> Eventhalle	450	208	393	494	90	0,182
<2> Atelier	545	207	513	587	130	0,222
<3> Lager/Technik	40	20	3	32	3	0,088
<4> Verkehrsflächen	92	41	0	69	11	0,157
<5> Sanitärräume	10	10	145	28	3	0,101

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> Eventhalle	50	1052	27,52	2,72	0,992	1,000
<2> Atelier	50	1265	31,01	2,94	0,991	1,000
<3> Lager/Technik	50	62	76,97	5,81	1,000	1,000
<4> Verkehrsflächen	50	133	70,27	5,39	1,000	1,000
<5> Sanitärräume	50	165	15,90	1,99	0,991	1,000

4.8 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"
Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
T_e	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
$T_{i,2}$	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,3}$	°C	20,1	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,1
$T_{i,4}$	°C	20,1	20,1	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1
$T_{i,5}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
$T_{i,2}$	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i,3}$	°C	17,5	17,7	18,2	18,9	19,8	20,3	20,7	20,6	19,8	19,0	18,1	17,5
$T_{i,4}$	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,4
$T_{i,5}$	°C	17,8	18,0	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8

4.8.1 Zone <1> Eventhalle

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.4.7
Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

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

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 21,0 °C und Q_I = 47,5 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 21,0 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,887	0,969	0,989	0,993	0,992	0,991	0,984	0,841
$\eta_{source,WE}$		0,989	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,936
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.558
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.537	4.067	6.816	8.742	8.604	7.324	6.446	49.248
$Q_{h,b,WE}$	kWh	674	1.490	2.330	2.914	2.855	2.441	2.174	17.053
Q_T	kWh	2.172	3.853	5.479	6.734	6.700	5.780	5.461	45.185
Q_V	kWh	2.033	3.806	5.540	6.862	6.826	5.877	5.512	44.624
Q_S^*	kWh	787	590	242	157	277	296	658	7.821
Q_I^*	kWh	1.215	1.546	1.722	1.898	1.878	1.661	1.716	16.107

4.8.2 Zone <2> Atelier

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 19,9 °C und Q_I = 57,3 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 17,3 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,805	0,955	0,988	0,992	0,991	0,990	0,977	0,798
$\eta_{source,WE}$		0,965	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,865
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	413	695	672	695	695	628	695	7.196
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.811
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.153	4.283	7.749	10.055	9.761	8.322	6.931	53.147
$Q_{h,b,WE}$	kWh	29	592	1.527	2.073	1.974	1.656	1.213	9.318
Q_T	kWh	2.383	4.228	6.012	7.389	7.352	6.342	5.992	49.581
Q_V	kWh	1.783	3.796	5.834	7.363	7.251	6.235	5.629	43.816
Q_S^*	kWh	1.380	1.102	413	276	516	498	1.238	12.768
Q_I^*	kWh	1.611	2.085	2.272	2.499	2.466	2.184	2.259	21.208

4.8.3 Zone <3> Lager/Technik

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 20,1 °C und Q_I = 0,0 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 17,5 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,964
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,945
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	48	84	82	84	84	76	84	742
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.811
$Q_{h,b,RE}$	kWh	183	378	515	620	614	528	495	3.879

$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	38	97	136	133	109	84	621
Q_T	kWh	175	310	441	542	539	465	439	3.635
Q_V	kWh	86	156	223	275	273	236	222	1.820
Q_S^*	kWh	59	30	15	9	13	19	44	753
Q_I^*	kWh	12	25	47	64	62	52	42	344

4.8.4 Zone <4> Verkehrsflächen

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 20,1 °C und Q_I = 0,0 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 17,4 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,982	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,852
$\eta_{source,WE}$		0,958	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,831
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	153	166	160	166	166	150	166	1.561
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.864
$Q_{h,b,RE}$	kWh	224	625	1.041	1.291	1.245	1.067	883	7.040
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	34	214	310	289	237	136	1.220
Q_T	kWh	404	717	1.020	1.254	1.247	1.076	1.017	8.412
Q_V	kWh	182	324	460	566	563	485	459	3.795
Q_S^*	kWh	423	299	113	75	135	135	340	3.545
Q_I^*	kWh	57	86	127	164	159	134	117	1.022

4.8.5 Zone <5> Sanitärräume

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 19,9 °C und Q_I = 0,0 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 17,8 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,998	0,984	0,990	0,991	0,991	0,990	0,987	0,740
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	25	42	45	46	46	42	46	398
t_h	h	115	571	720	744	744	672	744	4.817
$Q_{h,b,RE}$	kWh	22	221	409	543	528	448	384	2.757
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	1	18	31	30	24	15	121
Q_T	kWh	43	76	109	134	133	115	108	897
Q_V	kWh	16	191	369	500	486	410	345	2.021
Q_S^*	kWh	9	7	2	2	3	2	7	69
Q_I^*	kWh	30	38	49	59	58	50	47	397

4.8.6 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m²a)
<1> Eventhalle	45.185	44.624	7.821	16.107	66.302	114,5
<2> Atelier	49.581	43.816	12.768	21.208	62.465	79,7
<3> Lager/Technik	3.635	1.820	753	344	4.500	47,3
<4> Verkehrsflächen	8.412	3.795	3.545	1.022	8.260	44,1
<5> Sanitärräume	897	2.021	69	397	2.879	54,9
	107.710	96.076	24.956	39.078	144.405	85,1

4.9 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

4.9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, θ_e = 1,0 °C

Zone	Feuchteanf.	No	Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP,Jan}$ °C
<1> Eventhalle	oT	000	RLT-Anlage	VE	2,4
<2> Atelier	mT	000	RLT-Anlage	VE	2,9
<3> Lager/Technik	-	203	RLT-Anlage	VE rec60	15,2
<4> Verkehrsflächen	-	203	RLT-Anlage	VE rec60	15,2
<5> Sanitärräume	-	203	RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP/ETA}$ = 1158 / 1158 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert
Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP/ETA}$ = 2784 / 2784 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert
Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 14 / 14 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 0 / 0 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
Zone <5> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 786 / 786 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech,m}$ m³/h	$t_V * d_V$ h/m	$p_{V,SUP}$ kW	$p_{V,ETA}$ kW	$W_{V,Jan}$ kWh
<1> Eventhalle	1158	744	0,48	0,32	599
<2> Atelier	2784	276	1,16	0,77	534
<3> Lager/Technik	14	276	0,01	0,00	3
<4> Verkehrsflächen	0	276	0,00	0,00	-
<5> Sanitärräume	786	276	0,33	0,22	151

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<3> Lager/Techn	3	3	3	3	3	2	3	32
<4> Verkehrsflä	-	-	-	-	-	-	-	-
<5> Sanitärräum	146	151	146	151	151	136	151	1.778
	149	154	149	154	154	139	154	1.810

4.9.2 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

4.9.3 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

4.9.4 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

4.9.5 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

.....

4.10 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

4.10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (5), mit Dachoberlichtern (4)
Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m²	A_{RB} m²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Eventhalle » Nord	Nord 1	200	273,1	66,3	mittel	83
3 <2> Atelier » West	West 2	500	163,8	65,5	gut	81
5 <3> Lager/Technik » S-W	S-W 3	100	1,0	0,4	gut	91
7 <4> Verkehrsflächen » W	West 4	100	88,3	20,4	mittel	84
9 <5> Sanitärräume » S-W	S-W 5	200	1,0	0,4	gut	91

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m²	A_{RB} m²	Tageslicht	C_{TL} %
2 <1> Eventhalle »	1	200	305,7	3,4	keine	0
4 <2> Atelier »	2	500	620,4	21,5	keine	0
6 <3> Lager/Technik »	3	100	94,2	3,3	keine	83
8 <4> Verkehrsflächen »	4	100	98,9	4,0	keine	0

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	A_{NGF} [m²]	A_{TL} [m²]	A_{KTL} [m²]
<1> Eventhalle	579	579	-
<2> Atelier	784	784	-
<3> Lager/Technik	95	95	-
<4> Verkehrsflächen	187	187	-
<5> Sanitärräume	52	1	51

4.10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich		C_{TL}	$C_{TL,kon}$	F_{TL} Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Eventhalle » N	1	83	55	61	56	52	49	47	47
2 <1> Eventhalle »	1	0	50	100	100	100	100	100	100
3 <2> Atelier » West	2	81	57	61	55	51	48	46	46
4 <2> Atelier »	2	0	47	100	100	100	100	100	100
5 <3> Lager/Technik	3	91	60	54	47	42	39	37	36
6 <3> Lager/Technik	3	83	50	69	62	56	52	49	49
7 <4> Verkehrsfläche	4	84	55	61	55	51	49	47	46
8 <4> Verkehrsfläche	4	0	50	100	100	100	100	100	100
9 <5> Sanitärräume »	5	91	60	54	47	42	39	37	36

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

4.10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (5)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m²	$f_{Präs}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 <1> Eventhalle	1	200	8-1-1	2,3	1,00	129	1846	154	191
2 <2> Atelier	2	500	8-1-1	7,8	0,85	169	2162	176	1123
3 <3> Lager/Technik	3	100	8-1-1	2,9	0,07	10	175	14	3
4 <4> Verkehrsfläch	4	100	8-1-1	2,0	0,60	106	1526	124	43
5 <5> Sanitärräume	5	200	8-1-1	3,9	0,55	63	1399	114	26
									1386

8-1-1 (0,53): LED-Ersatzlampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.698 m²
Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

4.10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Ql,f

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Eventhalle	177	187	187	200	191	167	181	2.164
<2> Atelier	746	778	761	802	786	703	771	9.111
<3> Lager/Tech	3	3	3	4	3	3	3	32
<4> Verkehrsfl	39	42	42	45	43	37	41	484
<5> Sanitärräu	25	26	25	26	26	24	26	308
	989	1.036	1.018	1.076	1.050	934	1.020	12.099

4.11 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

4.11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Eventhalle	49	102	2,064	50,000	27,52	0,447
<2> Atelier	54	170	3,136	50,000	31,01	0,311
<3> Lager/Technik	4	5	1,073	50,000	76,97	0,821
<4> Verkehrsflächen	10	22	2,309	50,000	70,27	0,430
<5> Sanitärräume	1	2	1,103	50,000	15,90	0,631

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{c,b}$ (Raumklima)								
<1> Eventhalle	4	4	5	15	63	247	567	3.168
<2> Atelier	11	14	15	51	258	917	1.850	9.023
<3> Lager/Tech	-	-	-	-	-	0	4	26
<4> Verkehrsfl	-	-	-	-	8	69	183	748
<5> Sanitärräu	0	0	0	0	1	10	38	227

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

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

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

4.11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Qc,max

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

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{c,max,Juli}$ kW	$Q_{c,max,Sept}$ kW	techn. gekühlt
<1> Eventhalle	24	9,9	4,6	nein
<2> Atelier	13	25,3	16,3	nein
<3> Lager/Technik	13	1,0	0,5	nein
<4> Verkehrsflächen	13	4,6	3,6	nein
<5> Sanitärräume	13	0,2	-0,4	nein
		41,0	24,6	

4.12 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
<1> Eventhalle	nicht relevant			-
<2> Atelier	nicht relevant			-
<3> Lager/Technik	nicht relevant			-
<4> Verkehrsflächen	nicht relevant			-
<5> Sanitärräume	nicht relevant			-

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

4.13 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

4.13.1 Maximal erforderliche Heizleistung Qh,max

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Eventhalle	14,4	3,3	1145	12,5	30,2
<2> Atelier	17,4	3,3	2784	30,3	51,0
<3> Lager/Technik	1,3	0,3	14	0,1	1,6
<4> Verkehrsflächen	2,9	0,7	0	0,0	3,6
<5> Sanitärräume	0,3	0,2	785	3,4	3,9

4.13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Hallenheizung Deckenstrahlplat	100%	1/	66.302	30,2	67,3
2 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		2/3/4/5/	78.103	60,2	147,7
3					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, verbesserte Ausführung, θ_{str} = 0,3 K/m, $\Delta\vartheta_{str}$ = 0,37 °K, P-Regler nicht zertifiziert
<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.211	5.558	9.145	11.657	11.459	9.765	8.620	66.302
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	1.620	6.173	11.571	15.059	14.575	12.392	10.141	78.103

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

4.13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Leitzone <1> Eventhalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t_{h} <1>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.558
$t_{h,rL,d}$ <1>	h/d	24	24	24	24	24	24	24	
$d_{h,rB}$ <1>	d/m	30	31	30	31	31	28	31	315
$t_{h,rL}$ <1>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.558

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t_{h} <2>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.811
$t_{h,rL,d}$ <2>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB}$ <2>	d/m	21	23	24	26	26	23	25	221
$t_{h,rL}$ <2>	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.357

4.13.4 Heizwärmeübergabe

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten
hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, verbesserte Ausführung, θ_{str} = 0,3 K/m, $\Delta\vartheta_{str}$ = 0,37 °K, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce}$ = 0,2+0,3+0,3731+0+1,2 = 2,07°K (T5 Gl.35)
$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} /(T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,1%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Hilfsenergiefaktor, $f_{h,ce,aux}$ =

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce}$ = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80°K (T5 Gl.35)
$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} /(T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (11,9%)

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	2.211	5.558	9.145	11.657	11.459	9.765	8.620	66.302
$Q_{h,ce}$	kWh	683	1.000	1.120	1.200	1.186	1.058	1.095	9.335
(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	1.620	6.173	11.571	15.059	14.575	12.392	10.141	78.103
$Q_{h,ce}$	kWh	459	1.020	1.301	1.423	1.385	1.233	1.182	9.311
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	4.973	13.751	23.137	29.339	28.604	24.448	21.038	163.051

4.13.5 Heizwärmeverteilung

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

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten
System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitunglängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich}$ = 578,8 m², Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.
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 = 33 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)
Korrekturfaktoren $f_{hydr.\ Abgleich}$ = -, $f_{Netzform}$ = 1,00, $f_{d,Pumpenmanagement}$ = 1,00
Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr
System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitunglängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich}$ = 1119,0 m², Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) θ_{VA} = 55 °C / θ_{RA} = 45 °C, $T_{i,Soll,<2>}$ = 21,0 °C
Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 33 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)
Korrekturfaktoren $f_{hydr.\ Abgleich}$ = -, $f_{Netzform}$ = 1,00, $f_{d,Pumpenmanagement}$ = 1,00
Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten			
Leitungslängen l_i	283,5 m	55,3 m	144,7 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 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	437,5 m	138,3 m	279,8 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten									
$\beta_{h,d}$		0,13	0,29	0,47	0,57	0,56	0,53	0,43	
$\theta_{VL,av}$	°C	26,4	32,1	38,2	41,5	41,2	40,2	36,9	
$\theta_{RL,av}$	°C	24,8	28,8	33,1	35,4	35,2	34,6	32,2	
$Q_{h,d}$	kWh	723	1.133	1.499	1.774	1.754	1.525	1.461	11.424
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	207	397	575	701	691	596	552	4.412

Leitungsverluste $Q_{h,d}$ = 7,0 %, ungeregelte Wärmeeinträge $Q_{I,h,d}$ = 2,7 %
Aufteilung $Q_{I,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,05	0,16	0,30	0,37	0,36	0,34	0,25	
$\theta_{VL,av}$	°C	24,3	29,3	34,4	36,8	36,4	35,7	32,8	
$\theta_{RL,av}$	°C	23,3	26,9	30,4	32,1	31,8	31,4	29,3	
$Q_{h,d}$	kWh	366	673	1.173	1.580	1.542	1.298	1.078	8.475
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	110	266	514	712	692	578	461	3.688

Leitungsverluste $Q_{h,d}$ = 5,2 %, ungeregelte Wärmeeinträge $Q_{I,h,d}$ = 2,3 %
Aufteilung $Q_{I,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

4.13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.618	7.691	11.764	14.631	14.399	12.348	11.176	87.060

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	2.444	7.865	14.045	18.062	17.502	14.923	12.401	95.889

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

4.13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten
Speicher: zur Wärmepumpe
Speicher-Nenninhalt V = 639 l, Umgebungstemperatur θ_u = 13,0 °C
Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S}$ = 3,9 kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung f_{con} = 1,20
Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme P_{Pumpe} = 57 W

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

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

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	28	34	39	42	42	41	38	
$Q_{h,s}$	kWh	48	67	82	94	93	82	81	642
$W_{h,s}$	kWh	7	15	22	28	27	23	21	167

4.13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

4.13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1) (2)

(1) Hallenheizung Deckenstrahlplatten
Wärmepumpe 1, Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010
, 33,2 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,3 bei S0/W35
Die Leistungszahlen (COP) werden für die mittleren, monatlichen Vorlauftemperaturen $\theta_{VL}(\beta_h)$
(Gl.14) und für monatsmittlere Soletemperaturen (Erdsonde, B.15) korrigiert
COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr
Wärmepumpe 1, Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010
, 33,2 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,3 bei S0/W35
Die Leistungszahlen (COP) werden für die mittleren, monatlichen Vorlauftemperaturen $\theta_{VL}(\beta_h)$
(Gl.14) und für monatsmittlere Soletemperaturen (Erdsonde, B.15) korrigiert

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

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl$_{Hzg}$ = 3,69

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.666	7.758	11.846	14.725	14.492	12.430	11.257	87.702
COP		4,89	4,81	4,40	4,22	4,25	4,29	4,40	
$t_{ON,g,d}$	h/d	3,2	6,7	10,9	13,3	13,0	12,3	10,0	
$Q_{h,f}$	kWh	750	1.897	3.328	4.293	4.188	3.531	3.153	23.736
$Q_{h,in}$	kWh	2.916	5.862	8.519	10.432	10.303	8.899	8.104	63.966

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl$_{Hzg}$ = 4,40

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.444	7.865	14.045	18.062	17.502	14.923	12.401	95.889
COP		4,89	4,81	4,40	4,22	4,25	4,29	4,40	
$t_{ON,g,d}$	h/d	2,1	6,7	12,8	16,1	15,6	14,7	10,9	
$Q_{h,f}$	kWh	500	1.635	3.192	4.280	4.118	3.479	2.818	21.811
$Q_{h,in}$	kWh	1.945	6.230	10.853	13.782	13.384	11.444	9.582	74.079

4.13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

nicht vorgesehen

4.13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	1.250	3.532	6.520	8.573	8.306	7.010	5.972	45.547
W_h	kWh	7	15	22	28	27	23	21	167
eco-Strom	kWh	1.250	3.532	6.520	8.573	8.306	7.010	5.972	45.547
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	6,9	12,8	19,2	22,6	22,3	21,3	17,8	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	2,6	6,0	12,0	16,1	15,7	14,5	10,4	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,3	0,7	1,5	2,0	1,9	1,8	1,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,6	1,4	2,9	3,8	3,7	3,4	2,5	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,2	0,4	0,8	1,1	1,0	1,0	0,7	

4.14 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

4.14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2024 und DIN V 18599-9:2018
Peakleistung 63,70 kWp, quadratmeterbezogen 63,70 / (1697,8) = 0,038 kWp/m²
350m² PV-Module Süd 30° Standort Deutschland (Potsdam)
$Q_{f,prod,PV} = E_{sol} * P_{pk} * f_{perf} / I_{ref}$, DIN V 18599-9:2018, Gl.64
$Q_{f,nutz,PV}$ durch monatliche Aufrechnung MIN($Q_{f,prod,PV}$ / Q_{Bedarf}) (anrechenbar)

Strombedarf für Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	3.491	5.870	8.805	10.964	10.670	9.129	8.300	72.962
Stromangebot	kWh	4.860	3.519	1.269	832	1.600	1.589	3.871	52.096
anrechenbar	kWh	3.491	3.519	1.269	832	1.600	1.589	3.871	31.905

Jahres-Stromproduktion = 52.097 kWh/a, Strombedarf = 72.962 kWh/a, anrechenbar = 31.905 kWh/a

4.15 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Heizwärme	1/2/3/4/5/	45.547	1,80	1,00	81.984
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	12.099	1,80	1,00	21.778
Strom-Mix	Hilfsenergie		15.317	1,80	1,00	27.570
Strom-Mix	Stromgutschrift		-31.905	1,80	1,00	-57.430
		Σ [kWh/Jahr]	41.057			73.902

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} * f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)
Jahres-Primärenergiebedarf q_P = 73.902 / 1.698 = **43,5** kWh/(m²a) (ΣA_{NGF} = 1.698 m²)
Endenergie brennwertbezogen = 41.057 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen
f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1
Endenergiebedarf: Hilfsenergie 9,0 kWh/(m²a), eco-Strom 26,8 kWh/(m²a), Strom-Mix 7,1 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -18,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
eco-Strom	45.547	560	25.506	
Strom-Mix	12.099	560	6.775	
Strom-Mix	15.317	560	8.577	
Strom aus PV	-	560	-17.867	
	72.963		22.992	13,5

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen
Gutschrift für PV-Strom = - 40858,9 / 72963,0 * 31905 = -17.867 KWh/a (GEG A9, Abs.1g)

4.15.1 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
Zone	m²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
<1> Eventhalle	579	-	2.164	-	-	23.737	25.901
<2> Atelier	784	-	9.111	-	-	17.444	26.555
<3> Lager/Technik	95	-	32	-	-	1.256	1.288
<4> Verkehrsfläch	187	-	484	-	-	2.307	2.792
<5> Sanitärräume	52	-	308	-	-	803	1.110
Gebäude	1.698	-	12.099	-	-	45.547	57.645

4.15.2 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	8,9	7,1	0,0	0,0	85,1	101,1
Endenergiebedarf	8,9	7,1	0,0	0,0	26,9	43,0
Primärenergiebedarf	16,1	12,8	0,0	0,0	48,5	77,4

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

4.16 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude
Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

4.16.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG ´20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte"
Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

4.16.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG ´20, § 18
zul $q_{P,REF}$ = 137,3 kWh/(m²a), aus der Referenzberechnung
zul q_P = 137,3 - 45% = 75,5 kWh/(m²a), geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024
vorh q_P = 73.902 / 1697,8 = 43,5 kWh/(m²a)

vorh q_P = 43,5 ≤ 75,5 kWh/(m²a), **Grenzwert wird eingehalten**

4.16.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis 65% E r n e u e r b a r e
Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71
Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude	183.592 kWh/a	
genutzte erneuerbare Energien		
1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a	
2. aus elektrischen Wärmepumpen	183.592 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	183.592 kWh/a	100 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie DA_{EE} = 183591,8/183592,0*100 = 100% (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

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

4.17 Nutzung von erneuerbaren Energien

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

Nachweis für privat genutzte Gebäude
Wärme- und Kälteenergiebedarf = 45547 + 0 + 138045 = 183.592 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil erzielt	Deckungsanteil gefordert	Nutzungs-anteil
Umweltenergie [Hzg-WP]	183.592	100,0 %	50,0 %	200,0 %
PV-Strom [PV-Strom]	31.905	17,4 %	15,0 %	116,0 %
				316,0 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie
Nachweis mit $HT'_{Grenzwert} = HT'_{Referenzberechnung}$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung erzielt	Unterschreitung gefordert	Nutzungs-anteil
HT´- Wert	W/(m²K)	0,33	0,29	10,5 %	15,0 %	69,7 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 385,7 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

4.18 Variantenbetrachtung

Varianten
v1 - Gebäude (HT´ = 1,44 W/(m²K))
v2 - Paket1-Sanierung (HT´ = 0,29 W/(m²K))

	v1	v2

Endenergie	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	
Heizung	404,1	26,9	-93 %
Warmwasser			
Luftförderung		8,9	+100 %
Klimakälte			
Beleuchtung	15,3	7,1	-54 %
Endenergie	419,4	43,0	-90 %

nach Energieträgern	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	
Erdgas	402,5		-100 %
Strom-Mix	16,9	7,2	-57 %
eco-Strom		26,8	+100 %
Endenergie	419,4	34,1	-92 %

Primärenergie	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	
alle Prozesse	429,3	43,6	-90 %

4.19 Telegramm der Gebäudeberechnungen

Gebäudeberechnung zum Vergleich = "Gebäude"

Zone / Prozess	Endenergiebedarf zum Vergleich kWh/a	aktuelle Berechnung kWh/a	
<1> Eventhalle			
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	4.654	2.164	-53,5 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	4.789	3.168	-33,9 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	185.727	66.302	-64,3 %
Qhce Übergabe	28.121	9.335	-66,8 %
Qhd Verteilung	1.693	11.424	+574,7 %
Qhs Pufferspeicher	-	642	+100,0 %
Qhwp Wärmepumpe	-	23.736	+100,0 %
Qhf Wärmeerzeuger	233.464	-	-100,0 %
<2> Atelier			
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	19.599	9.111	-53,5 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	12.392	9.023	-27,2 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	300.040	62.465	-79,2 %
Qhce Übergabe	41.139	7.447	-81,9 %
Qhd Verteilung	9.021	5.939	-34,2 %
Qhwp Wärmepumpe	-	17.444	+100,0 %
Qhf Wärmeerzeuger	380.487	-	-100,0 %
<3> Lager/Technik			
RLT-Systeme			

QVE Ventilatoren	-	33	+100,0 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	68	32	-53,5 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	142	26	-81,8 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	22.928	4.500	-80,4 %
Qhce Übergabe	3.142	536	-82,9 %
Qhd Verteilung	1.095	721	-34,2 %
Qhwp Wärmepumpe	-	1.256	+100,0 %
Qhf Wärmeerzeuger	29.061	-	-100,0 %
<4> Verkehrsflächen			
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	1.042	484	-53,5 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	1.089	748	-31,3 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	21.221	8.260	-61,1 %
Qhce Übergabe	2.909	985	-66,1 %
Qhd Verteilung	2.154	1.418	-34,2 %
Qhwp Wärmepumpe	-	2.308	+100,0 %
Qhf Wärmeerzeuger	26.901	-	-100,0 %
<5> Sanitärräume			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	-	1.778	+100,0 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	662	308	-53,5 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	14	227	+1543,5 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	10.560	2.879	-72,7 %
Qhce Übergabe	1.449	343	-76,4 %
Qhd Verteilung	602	397	-34,2 %
Qhwp Wärmepumpe	-	803	+100,0 %
Qhf Wärmeerzeuger	13.406	-	-100,0 %

4.20 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für die Sanierung von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"
Bestandsberechnung = "Gebäude"

Endenergieeinsparung	672.084 kWh/a
Primärenergieeinsparung	656.028 kWh/a
CO2-Einsparung	141.066 kg/a

	Primärenergiebedarf		------ mittlere U-Werte ------				
		Qp´´	Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.	
		kWh/(m²a)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	
Referenzberechnung	100 %	137,3					
erreicht Ti >= 19°C	32 %	43,5	0,15	1,02		0,87	
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	219,8					**OK**
Effizienzgebäude 100	100 %	137,3	0,34	1,80	1,80	3,00	**OK**
Effizienzgebäude 70	70 %	96,1	0,26	1,40	1,40	2,40	**OK**
Effizienzgebäude 55	55 %	75,5	0,22	1,20	1,20	2,00	**OK**
Effizienzgebäude 40	40 %	54,9	0,18	1,00	1,00	1,60	

EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)

vorhandene Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäude durch die Prozesse: Umweltenergie [Hzg-WP] + PV-Strom [PV-Strom]

$EE_{genutzt}$ = 156.359 kWh/Jahr
EE_{Soll} = 0,55 * 183592 = 100.976 kWh/Jahr (55% des Wärme- und Kältebedarfs)
$EE_{genutzt}$ >= $EE_{Soll\ (55\%)}$, die Anforderung für das EE-Paket **wird erfüllt**

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

WPB-Bonus

Ein Worst Performing Building WPB (besonders lohnenswertes Gebäude) **liegt vor**

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 55 EE WPB** wird erreicht.

4.21 Erneuerung haustechnischer Anlagen

Gegenüberstellung "Paket1-Sanierung" ⇔ "Gebäude"

modernisierte / erneuerte Anlagenteile:

mechanische Lüftung:
Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP/ETA}$ = 1158 / 1158 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert
Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP/ETA}$ = 2784 / 2784 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert
Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 14 / 14 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 0 / 0 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
Zone <5> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP/ETA}$ = 786 / 786 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Beleuchtung (Kunstlichtversorgung):
LED-Ersatzlampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.698 m²
zuvor: stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät VVG verlustarm, direkt, A_{KL} = 1.698 m²

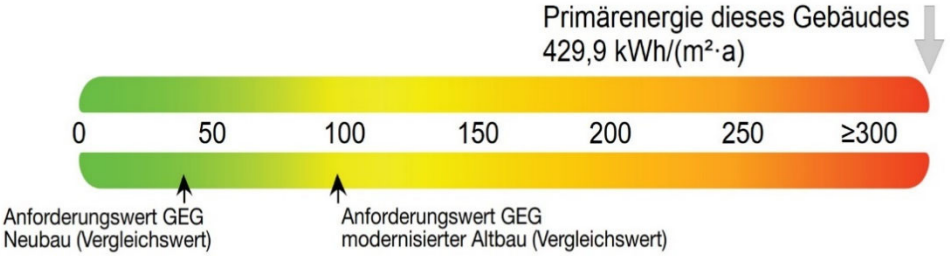
Heizsysteme:
(1) "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Zonen 1 (A_{NGF} = 579 m²)
Heizungswärmepumpe COP 4,3, Sole-Wasser 33 kW
(2) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 2/3/4/5 (A_{NGF} = 1.119 m²)
Heizungswärmepumpe COP 4,3, Sole-Wasser 33 kW
zuvor: Brennwertkessel, verbessert ab 1999, 67 kW
zuvor: Brennwertkessel, verbessert ab 1999, 148 kW

	Gebäude	Paket1-Sanierung	
Nutzfläche A_{NGF}	1.698 m²	1.698 m²	
Endenergie eco-Strom	- kWh/a	45.547 kWh/a	+100,0 %
Endenergie Strom-Mix	28.696 kWh/a	-4.489 kWh/a	-115,6 %
Endenergie Erdgas	684.445 kWh/a	- kWh/a	-100,0 %
CO_2-Emissionen (1)	180.337 kg/a	22.992 kg/a	-87,3 %
Energiekosten	68.445 €/a	14.120 €/a	-79,4 %
Energiekosteneinsparung		54.325 €/a	
Kosten der Modernisierung		0 €	

Kosten-Nutzen-Verhältnis der Modernisierung = 0 : 1 _•_____ sehr gut

(1)Treibhausgas / CO2-Äquivalent nach GEG 2020, Anlage 9.

4.22 Bandtacho Bestand



4.23 Bandtacho Sanierung

