

Thermische Bauphysik

sommerlicher Wärmeschutz SWS

Dimensionierung nach DIN 4108 Teil 2
mittels thermischer Simulation

Genehmigungsplanung

Aachen, 14.05.2025

Bauvorhaben: Feuerwehrrätehaus und Rettungswache
Roder Weg 7
52072 Aachen-Richterich

Bauherr: Stadt Aachen
Gebäudemanagement E26
Lagerhausstr. 20, 52064 Aachen

Architekt: Mescherowsky Architekten GmbH
Bachstraße 22
52066 Aachen

Aussteller: Dipl.-Ing. Stefan Krämer
staatlich anerkannter Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz
INTEGRAL INGENIEURE
Oranienstraße 9
52066 Aachen

Unterschrift:

St. Krämer



Dipl.-Ing. Stefan Krämer

Inhalt

1	Aufgabenstellung	3
2	Grundlagen.....	4
2.1	Gebäudemodell	5
2.2	Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2.....	7
2.3	Klimadaten – Äußere Einflüsse auf das Gebäude	8
3	Randbedingungen	11
3.1	Konstruktionen	11
3.2	Nutzungsrandbedingungen – thermische Zonen.....	13
3.3	Zonierung.....	14
4	Ergebnisse Sommerlicher Wärmeschutz	16
4.1	Basis	16



1 Aufgabenstellung

Die Stadt Aachen plant den Neubau einer Feuer- und Rettungswache für den Bezirk Aachen-Richterich.

Das geplante Gebäude umfasst zwei Vollgeschosse. Im Erdgeschoss befinden sich die Räume der freiwilligen Feuerwehr, im Obergeschoss sind die Räumlichkeiten des Rettungsdienstes verortet.

Für das Gebäude soll der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes mittels Thermischer Gebäudesimulation erbracht werden.



Bild 1: Luftbild Roder Weg 7 (Quelle: Google 2023)

2 Grundlagen

Die thermische Gebäudesimulation ist ein Rechenverfahren, bei dem mit Hilfe eines 3D-Modells das thermische Verhalten eines Gebäudes in Stundenschritten für ein Jahr simuliert wird.

Mit Hilfe dieses Rechenverfahrens werden Planungsprozesse unterstützt, indem beispielsweise die Wirksamkeit bestimmter Baumaterialien auf den Energiebedarf untersucht wird.

In die Simulation gehen ein:

- Gebäudegeometrie
- Materialeigenschaften und Aufbau der Gebäudehülle
- Klimadaten am Standort des Gebäudes
- Interne Wärmelasten (z.B. Personen, Geräte, Beleuchtung)
- Art der Konditionierung

Mögliche Ergebnisse:

- Verlauf der Temperaturen, Temperaturhäufigkeit
- Oberflächentemperaturen
- Kondensation
- Heiz- bzw. Kühlenergiebedarf
- Erforderliche Heiz- bzw. Kühlleistung

Die Untersuchung wurde mittels dynamischer Gebäudesimulation durchgeführt (Software TAS, Version 9.5.6, Firma EDSL, England).

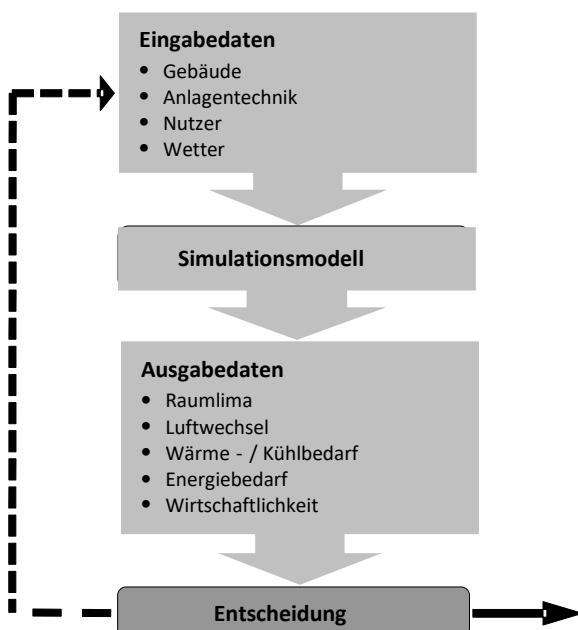


Bild 2: Ablaufschema – Untersuchung mittels Gebäudesimulation

2.1 Gebäudemodell

Mittels Gebäudesimulation wurde ein 1:1 Modell des Gebäudes aufgebaut. Das Modell hat alle thermodynamischen Eigenschaften (z.B. Lichtdurchlässigkeit, Wärmespeichervermögen, Oberflächentemperaturen, usw.) wie ein reales Gebäude.

Die folgenden Abbildungen zeigen das 3D-Modell des Gebäudes (Planstand 11.03.2025).

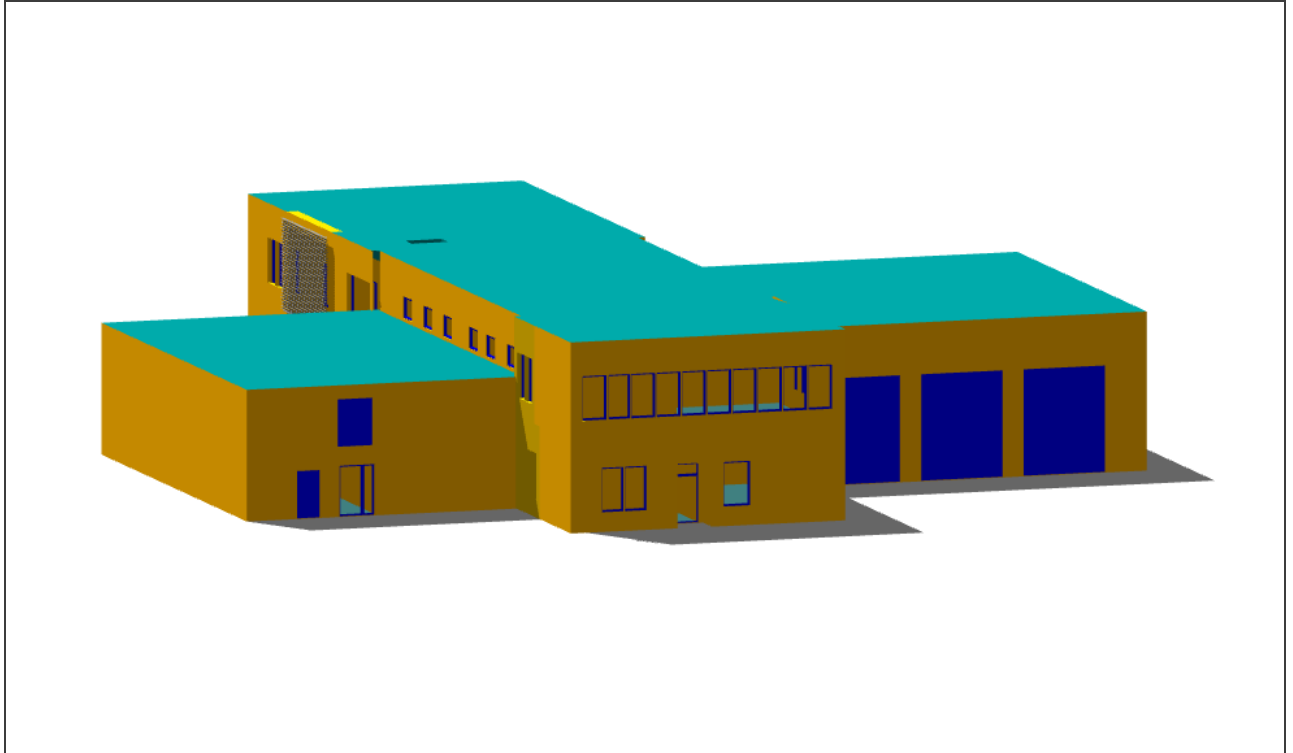


Bild 3: Nordansicht

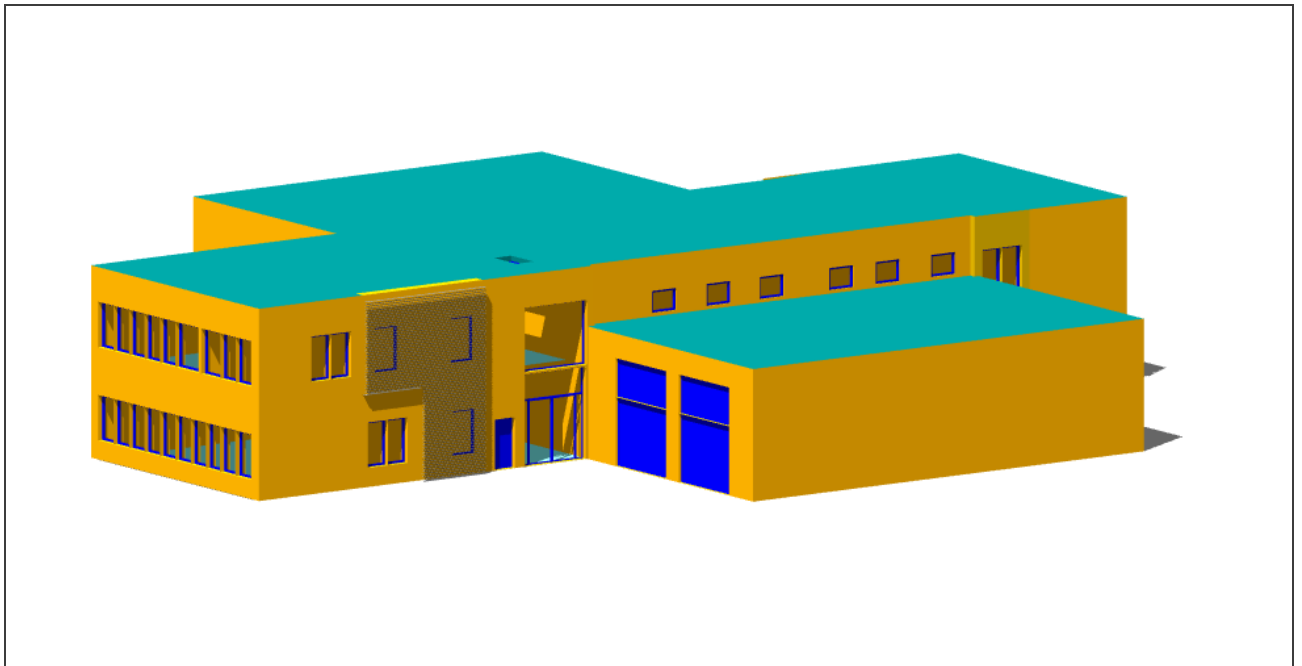


Bild 4: Ostansicht

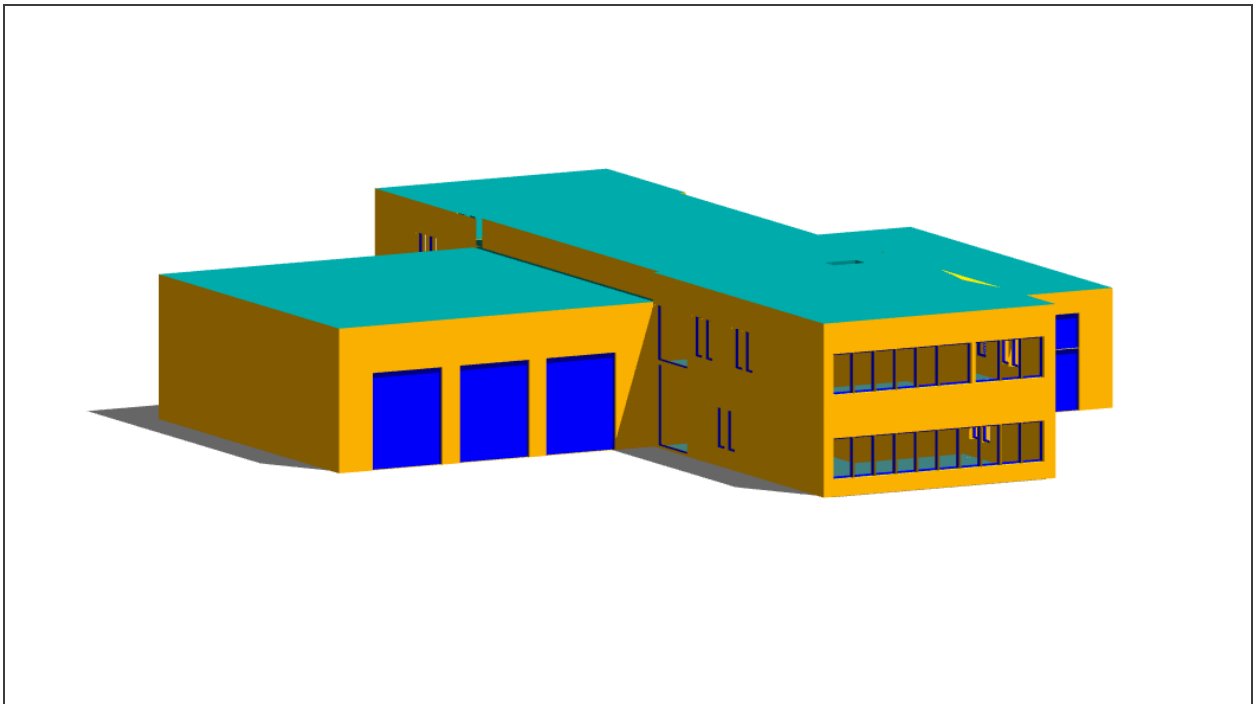


Bild 5: Südansicht

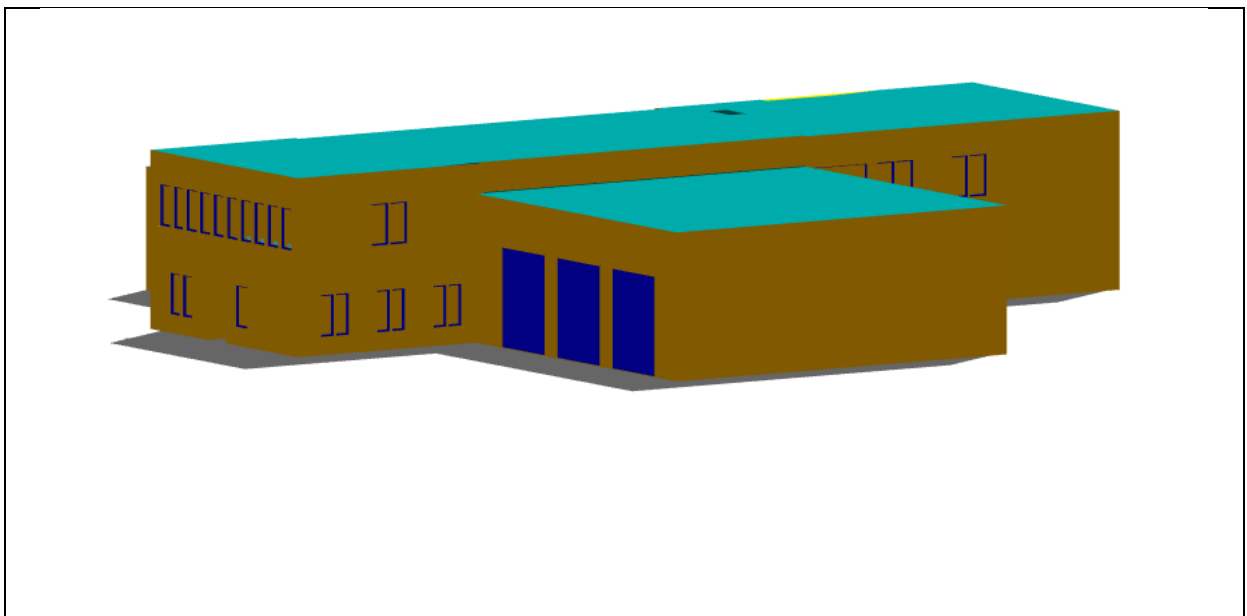


Bild 6: Westansicht

2.2 Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2

Zielwerte und Berechnungsrandbedingungen zur Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes mittels Gebäudesimulation sind in DIN 4108 Teil 2:2013-02 festgelegt.

Bewertungskriterium ist die Anzahl der Übertemperaturgradstunden¹ in Kh/a, welche im Auswertezeitraum von Montag bis Freitag zwischen 07.00 Uhr und 18.00 Uhr auftreten.

Die Grenzwerte der Empfindungstemperatur (operative Innentemperatur) zur Berechnung der Übertemperaturgradstunden sind in Abhängigkeit von den drei Sommerklimaregionen (A, B und C) vorgegeben.



Sommerklimaregion	Bezugswert $\theta_{b,op}$ der Innentemperatur in °C	Anforderungswert Übertemperaturgradstunden in Kh/a	
		Wohngebäude	Nichtwohngebäude
A	25	1.200	500
B	26	1.200	500
C	27	1.200	500

Bild 7: DIN 4108 Teil 2 2013, Tabelle 9: Bezugswerte der operativen Innentemperatur² für die Sommerklimaregionen und Übertemperaturanforderungswerte.

Der Gebäudestandort Aachen-Richterich wird der Sommerklimaregion A zugeordnet.

- Klimaregion A: Normaljahr TRY - Zone 02 (mittlere Klimarandbedingungen)

Kriterium zur Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108 Teil 2:

- Anzahl der Übertemperaturgradstunden Gh25 mit Innentemperaturen über 25°C kleiner als 500 Kh/a

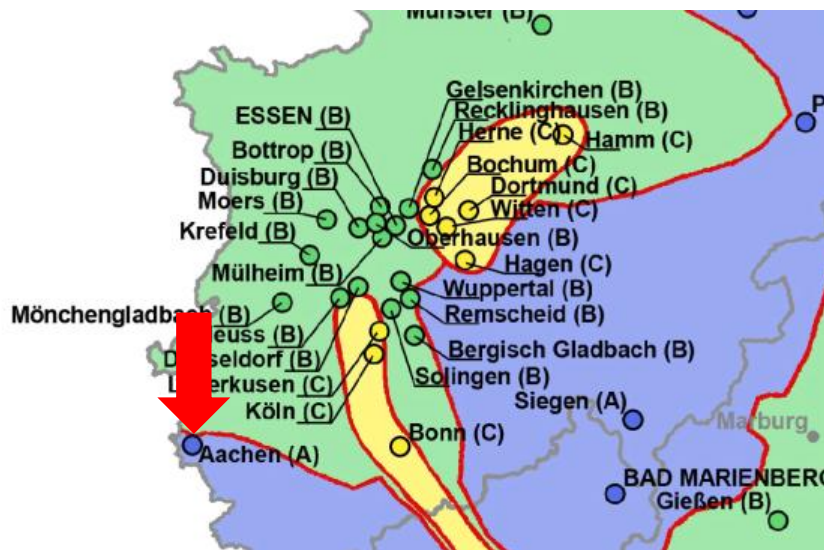


Bild 8: Sommerklimaregion des Standortes

¹ Eine Übertemperaturgradstunde entsteht, wenn die Empfindungstemperatur für die Dauer von einer Stunde genau 1 °K über der zulässigen Raumtemperatur liegt.

² Operative Innentemperatur = Empfindungstemperatur

2.3 Klimadaten – Äußere Einflüsse auf das Gebäude

In die Simulationsberechnungen gehen Stundenwerte der meteorologischen Daten für den Standort des Gebäudes ein.

Es werden gemäß DIN 4108 Teil 2 die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) bereitgestellten Testreferenzjahre in der Version 2010 verwendet.

- Mittlere Klimaverhältnisse (Normaljahr)
Dieser Datensatz repräsentiert das mittlere Klima der Region.

Folgende meteorologische Daten wurden bei der Simulation berücksichtigt:

- Außenlufttemperatur
- Global- und Diffus-Strahlung
- Relative Luftfeuchte
- Bedeckungsgrad
- Windrichtung und Windstärke

In den folgenden Grafiken werden die Klimadaten des TRY - Zone 02 detailliert dargestellt

TRY - Zone 04 - mittlere Klimarandbedingungen

Außenlufttemperatur

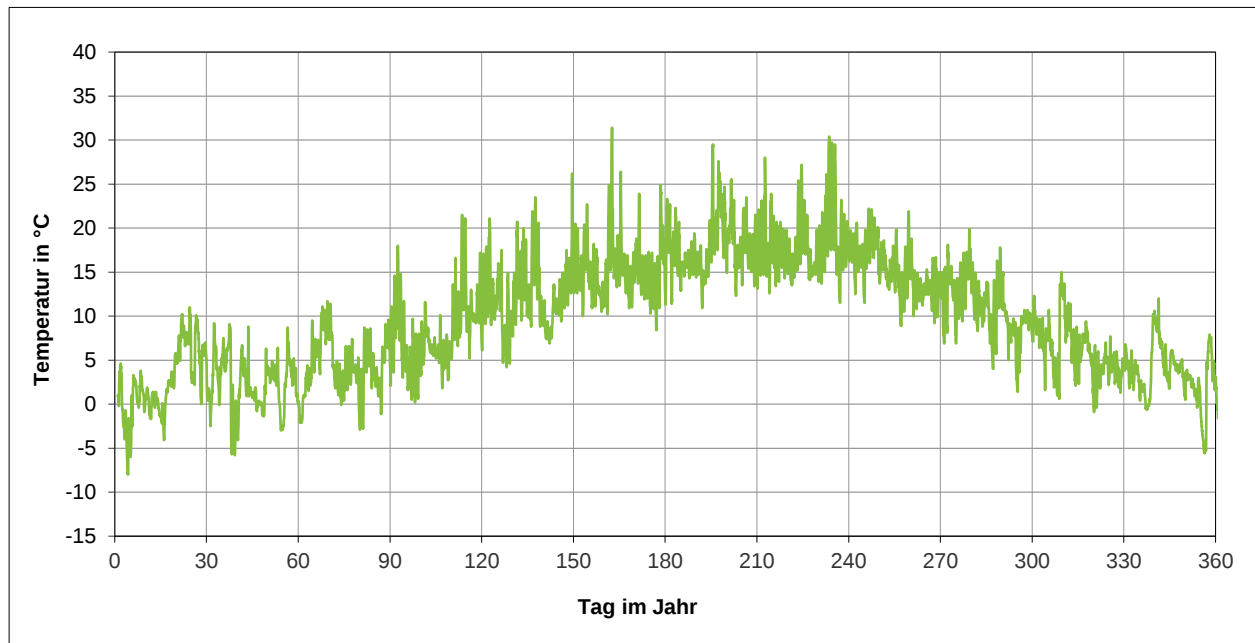


Bild 9: Außentemperatur TRY 02

Außentemperatur, Monatsmittelwerte

	T_{mittel} [°C]	Gradtagszahl ³ [K*d]	Kühlgradtage ⁴ [K*d]	Statistische Auswertung	
Januar	2,3	549	0	$t_{\text{min}} = -8,0^{\circ}\text{C}$	Tag 4
Februar	2,4	493	0	$t_{\text{max}} = 31,4^{\circ}\text{C}$	Tag 162
März	4,3	488	0		
April	8,0	355	0		
Mai	12,4	211	0		
Juni	15,6	100	5		
Juli	18,0	11	25		
August	18,0	0	22		
September	14,7	123	3		
Oktober	10,2	299	0		
November	5,5	436	0		
Dezember	2,6	541	0		
Jahr	9,5	3604	54		

Anzahl Stunden		
unter	15°C	6.551 h/a
über	20°C	457 h/a
über	25°C	69 h/a
über	30°C	5 h/a

Bild 10: Außentemperatur TRY 02

³ Gradtagszahl nach VDI 2067 (Heizgrenztemperatur 15°C, Innentemperatur 20°C)⁴ Kühlgradtage nach ASHRAE (Kühlgrenztemperatur 18,3°C)

Solare Einstrahlung

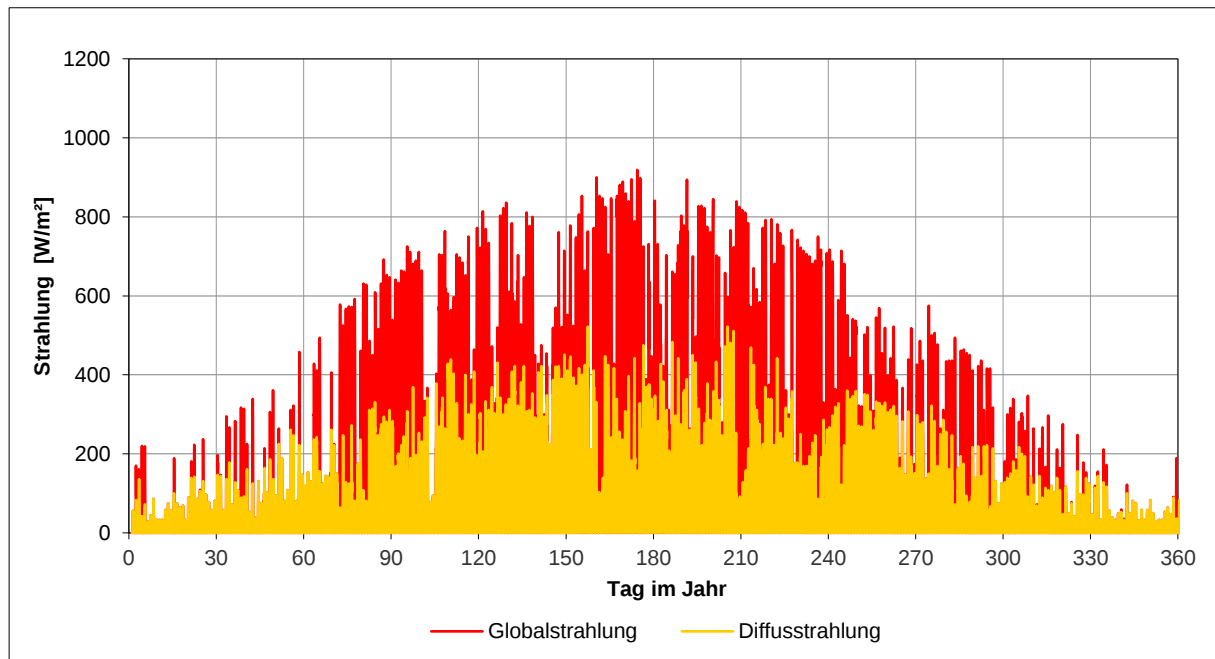


Bild 11: Global- und Diffus-Strahlung TRY 02

Strahlung, Monatsmittelwerte

	G_{diffus} [W/m ²]	G_{global} [W/m ²]	Statistische Auswertung	
Januar	18,9	14,5	$G_{\text{global, max}} = 919 \text{ W/m}^2$	Tag 174
Februar	39,9	27,7	$G_{\text{diffus, max}} = 522 \text{ W/m}^2$	Tag 157
März	110,6	50,4		
April	179,6	86,5		
Mai	189,4	113,7		
Juni	246,7	109		
Juli	221,1	102,9		
August	191,2	83,5		
September	116,3	78,5		
Oktober	77,7	39,8		
November	30,2	21,2		
Dezember	11,6	10,2		
Jahr	119,4	61,5		

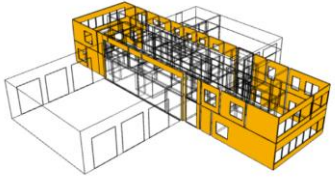
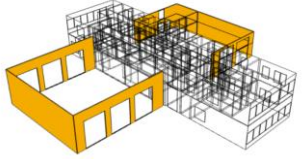
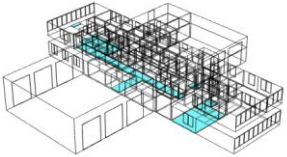
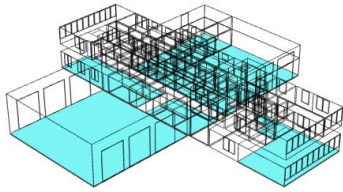
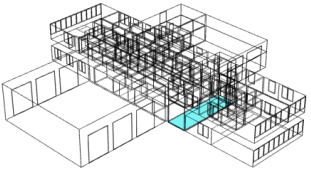
Bild 12: Strahlung, Monatsmittelwerte TRY 02

3 Randbedingungen

Im nachfolgenden Kapitel werden die Randbedingungen beschrieben, die für die thermische Gebäudesimulation berücksichtigt wurden.

3.1 Konstruktionen

In der nachfolgen Tabelle sind die Konstruktionen für die Basisvariante dargestellt:

Opake Bau- teile	Schichtaufbau (von innen nach außen bzw. unten nach oben)	U-Wert [W/m²K]	Position
AW01	Feldbereich 12.5 mm Gipskarton 15 mm OSB-Platten 240 mm WDV5 040 60 mm Holzfaserdämmplatte 043 Balkenbereich 12.5 mm Gipskarton 15 mm OSB-Platten 240 mm Holz 60 mm Holzfaserdämmplatte 043	0,147	
AW02 Fahrzeug- halle	12.5 mm Gipskarton 15 mm OSB-Platten 140 mm Holzständer/WLS 040 60 mm Holzfaserdämmplatte 043	0,212	
FB01	4 mm Linoleum 65 mm Estrich (Zement) 30 mm Trittschalldämmung 60 mm WDV5 035 250 mm Normalbeton 160 mm WDV5 040	0,147	
FB02	11 mm Fliesen 65 mm Estrich (Zement) 30 mm Trittschalldämmung 60 mm WDV5 035 250 mm Normalbeton 160 mm WDV5 040	0,147	
FB03	15 mm Naturstein 65 mm Estrich (Zement) 30 mm Trittschalldämmung 60 mm WDV5 035 250 mm Normalbeton 160 mm WDV5 040	0,147	

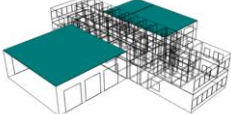
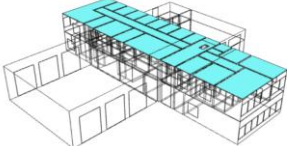
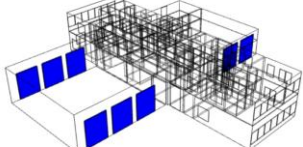
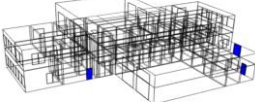
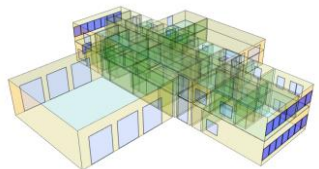
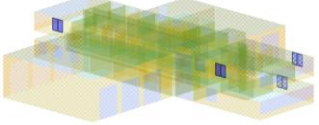
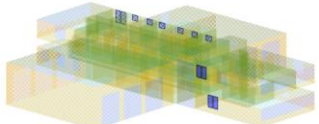
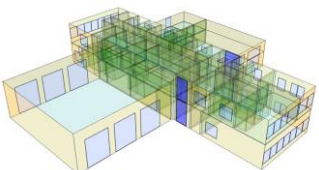
Opake Bauteile	Schichtaufbau (von innen nach außen bzw. unten nach oben)	U-Wert [W/m²K]	Position
DA01 Fahrzeug- halle	Trapezblech 0,3 mm PE-Folie 80 mm WDVS 040 120 mm WDVS 040 10 mm Bitumendachbahn	0,192	
DA02	160 mm Brettsper Holz 0,3 mm PE-Folie 80 mm WDVS 040 280 mm WDVS 040 10 mm Bitumendachbahn	0,096	
Tor		2,5	
AT01		1,5	

Bild 13: Konstruktionen der Basisvariante, opake Bauteile

Transparente Bauteile		g-Wert [-]	U _w - Wert [W/m²K]	Position
FE01	mit Sonnenschutzverglasung, mit Sonnenschutz außen (Raffstore) $f_c = 0,27$ Nord- und Südseite	0,30	0,95	
FE02	mit Wärmeschutzverglasung mit Sonnenschutz außen (Raffstore) $f_c = 0,24$ Ost- und Westseite	0,50	0,95	
FE03	mit Wärmeschutzverglasung mit Sonnenschutz außen (Rollläden) $f_c = 0,30$ Ost- und Westseite	0,50	0,95	
FE04- Treppenhaus	mit Sonnenschutzverglasung	0,30	0,95	

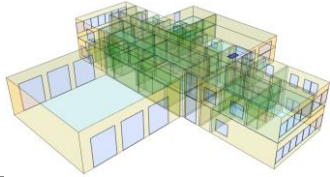
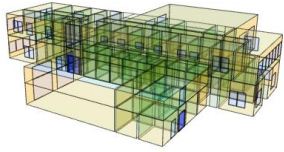
Transparente Bauteile		g-Wert [-]	U _w -Wert [W/m²K]	Position
Oberlicht	Polykarbonat	0,38	1,60	
AT02		0,58	1,60	

Bild 14: Konstruktionen der Basisvariante, transparente Bauteile

Die außenliegende Raffstore weist in Kombination mit einer 3-fach-Sonnenschutzverglasung einen berechneten f_c -Wert von 0,27 auf. Der daraus resultierende g_{tot} beträgt ca. 0,08. Wird die Raffstore hingegen mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung kombiniert, ergibt sich ein f_c -Wert von 0,24 und ein entsprechender g_{tot} von ca. 0,12. Der außenliegende Rollladen erreicht in Verbindung mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung einen f_c -Wert von 0,30, woraus ein g_{tot} von ca. 0,15 resultiert.

Der Sonnenschutz hat einen motorischen Antrieb und wird gemäß DIN 4108 angesteuert:

■ Ausrichtung Nord	Grenzbestrahlungsstärke	150 W/m²
■ Ausrichtung Ost	Grenzbestrahlungsstärke	200 W/m²
■ Ausrichtung Süd	Grenzbestrahlungsstärke	200 W/m²
■ Ausrichtung West	Grenzbestrahlungsstärke	200 W/m²

3.2 Nutzungsrandbedingungen – thermische Zonen

Randbedingungen für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes mittels Gebäudesimulation nach DIN 4108 Teil 2.

Für die Basis wurden entsprechend der DIN 4108 Teil 2 die Nutzungsrandbedingungen für Nichtwohngebäude mit einer erhöhten Taglüftung für Räume mit Fenstern berücksichtigt.

Nutzungstyp	Nichtwohngebäude DIN 4108-2		Nutzungszeiten
Interne Lasten	144 Wh/(m²d)	13,09 W/m²	Mo-Fr 07:00-18:00 Uhr
Temperatur	Soll-Lufttemperatur - Winter	≥ 21 °C	Mo-So 00:00-24:00 Uhr
Lüftung	Fensterlüftung - Taglüftung - erhöhte Taglüftung ⁵	4 x A _G / V LW 3,00 h ⁻¹	Mo-Fr 07:00-18:00 Uhr 07:00-18:00 Uhr

Bild 15: Nutzungsrandbedingungen – Nichtwohngebäude DIN 4108 Teil 2

⁵ wenn $\theta_{i, \text{Luft}} > 23^\circ\text{C}$ und $\theta_{i, \text{Luft}} > \theta_{\text{außen, Luft}}$

3.3 Zonierung

Die Zonennamen und die Zonennummer wurden den Plänen vom 11.03.2025 entnommen.

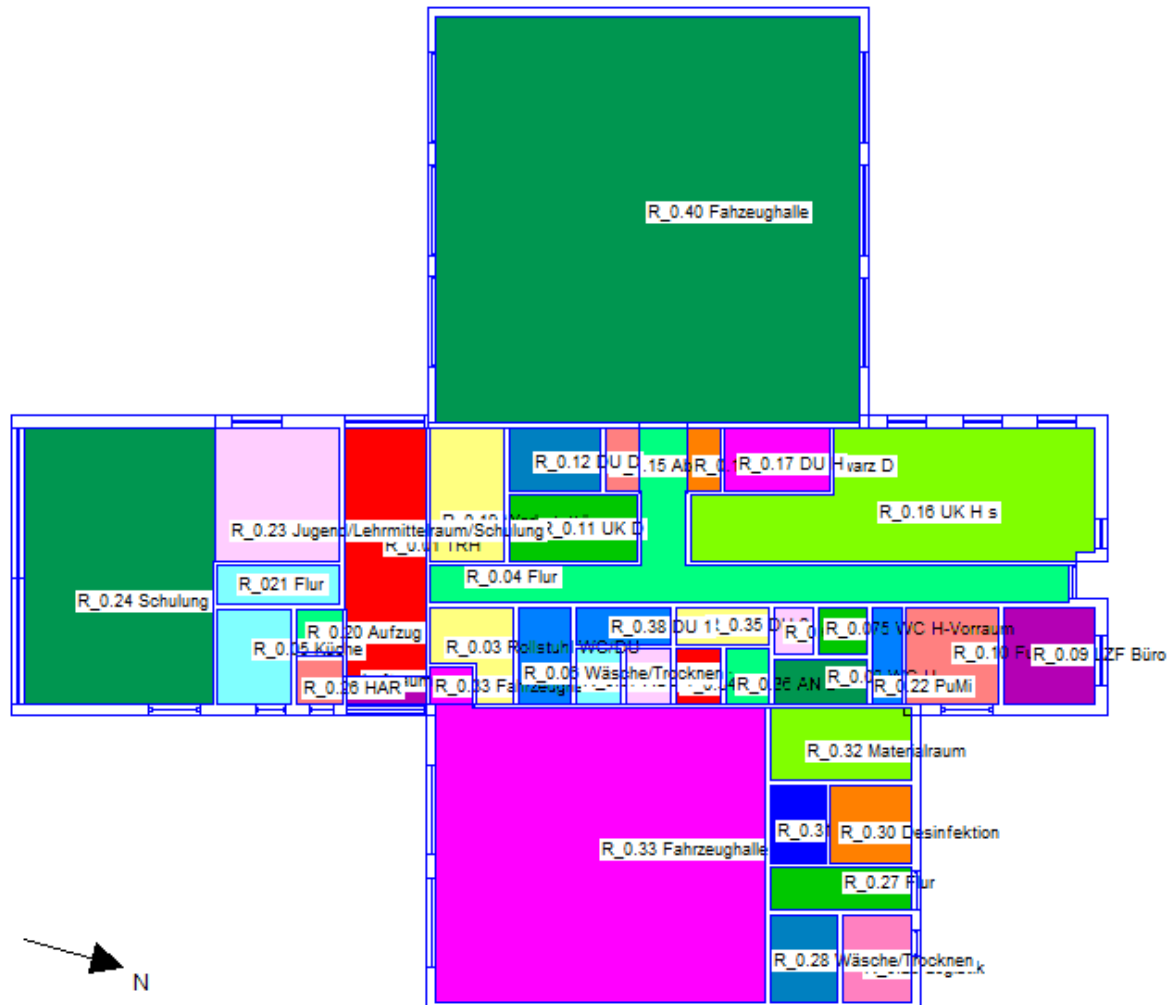


Bild 16: Zonierung Erdgeschoss

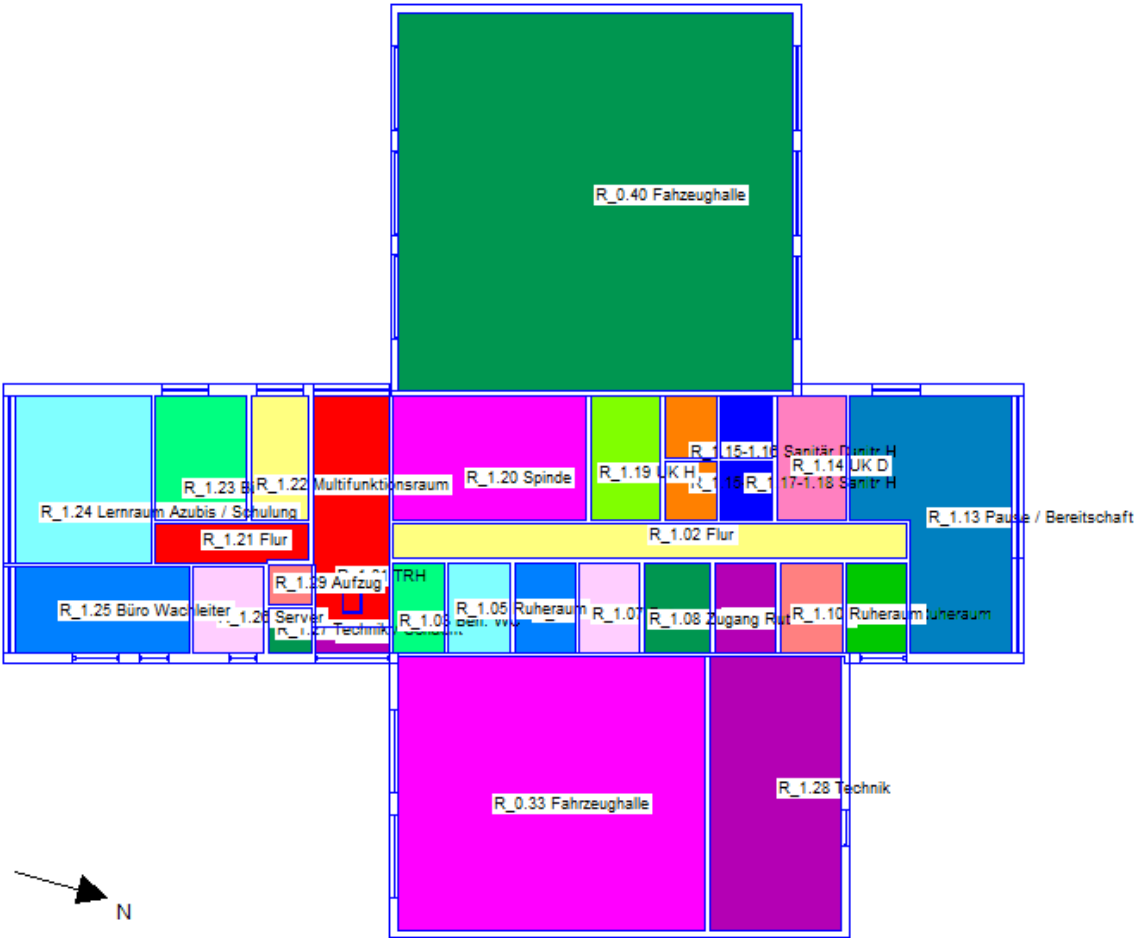


Bild 17: Zonierung 1. Obergeschoss



4 Ergebnisse Sommerlicher Wärmeschutz

Bewertungskriterium für den sommerlichen Wärmeschutz ist die Anzahl der Übertemperaturgradstunden⁶ in Kh/a, welche im Auswertezeitraum von Montag bis Sonntag zwischen 07:00 Uhr und 18:00 Uhr auftreten.

■ Übertemperaturgradstunden nach DIN 4108 Teil 2

In die Berechnung der Übertemperaturgradstunden gehen die Anzahl der Überschreitungen des zulässigen Grenzwertes von 25 °C sowie die Höhe der Überschreitungen ein.

Der sommerliche Wärmeschutz ist erfüllt, wenn die Anzahl der Übertemperaturgradstunden in allen beheizten Räumen kleiner als 500 Kh/a ist.

4.1 Basis

Häufigkeit der Überhitzungsstunden												
Thermische Zone	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	SUM > 25	Kh ₂₅ /a	Maxi- mal- tempe- ratur °C
TRY 02 - DIN 4108-T2 Klimaregion A	54	29	14	6	7	10	9	8	5	45	137	31,4
R_0.05 Küche	252	364	270	147	56	54	21	0	0	278	349	29,0
R_0.09 LZF Büro	230	396	182	64	34	14	0	0	0	112	112	27,9
R_0.10 Funk	205	315	300	167	86	49	47	28	0	377	615	29,9
R_0.19 Werkstatt/Lager	208	204	206	171	34	11	5	0	0	221	158	28,2
R_0.24 Schulung	313	367	202	65	29	10	14	0	0	118	145	28,6
R_0.33 Fahrzeughalle	331	119	46	16	9	13	7	0	0	45	76	28,2
R_0.40 Fahrzeughalle	231	79	28	12	8	17	0	0	0	37	61	27,9
R_1.05 Ruheraum	246	384	228	90	25	14	9	0	0	138	136	28,3
R_1.06 Ruheraum	275	413	207	74	23	13	9	0	0	119	131	28,2
R_1.07 Ruheraum	281	414	207	67	34	13	11	0	0	125	147	28,5
R_1.09 Ruheraum	265	416	219	76	27	13	9	0	0	125	135	28,2
R_1.10 Ruheraum	251	412	230	71	44	14	9	0	0	138	153	28,4
R_1.11 Ruheraum	222	316	310	158	98	50	39	18	0	363	553	29,9
R_1.13 Pause / Bereitschaft	241	393	202	76	41	13	15	1	0	146	178	29,0
R_1.22 Multifunktionsraum	227	340	323	179	70	35	15	13	0	312	380	29,6
R_1.23 Büro EBE	262	427	238	120	45	16	16	1	0	198	216	29,0
R_1.24 Lernraum Azubis / Schulung	260	404	200	76	36	12	14	0	0	138	160	28,8
R_1.25 Büro Wachleiter	232	320	290	137	86	53	18	19	0	313	465	29,9
R_0.23 Jugend/Lehrmittel- raum/Schulung	296	382	226	74	32	10	14	0	0	130	152	28,7

Bild 18: Basis, erhöhte Taglüftung

Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2 **werden nicht erfüllt**.

⁶ Eine Übertemperaturgradstunde entsteht, wenn die Empfindungstemperatur für die Dauer von einer Stunde genau 1 °K über der zulässigen Raumtemperatur liegt.

4.2 Zusammenfassung und Empfehlung

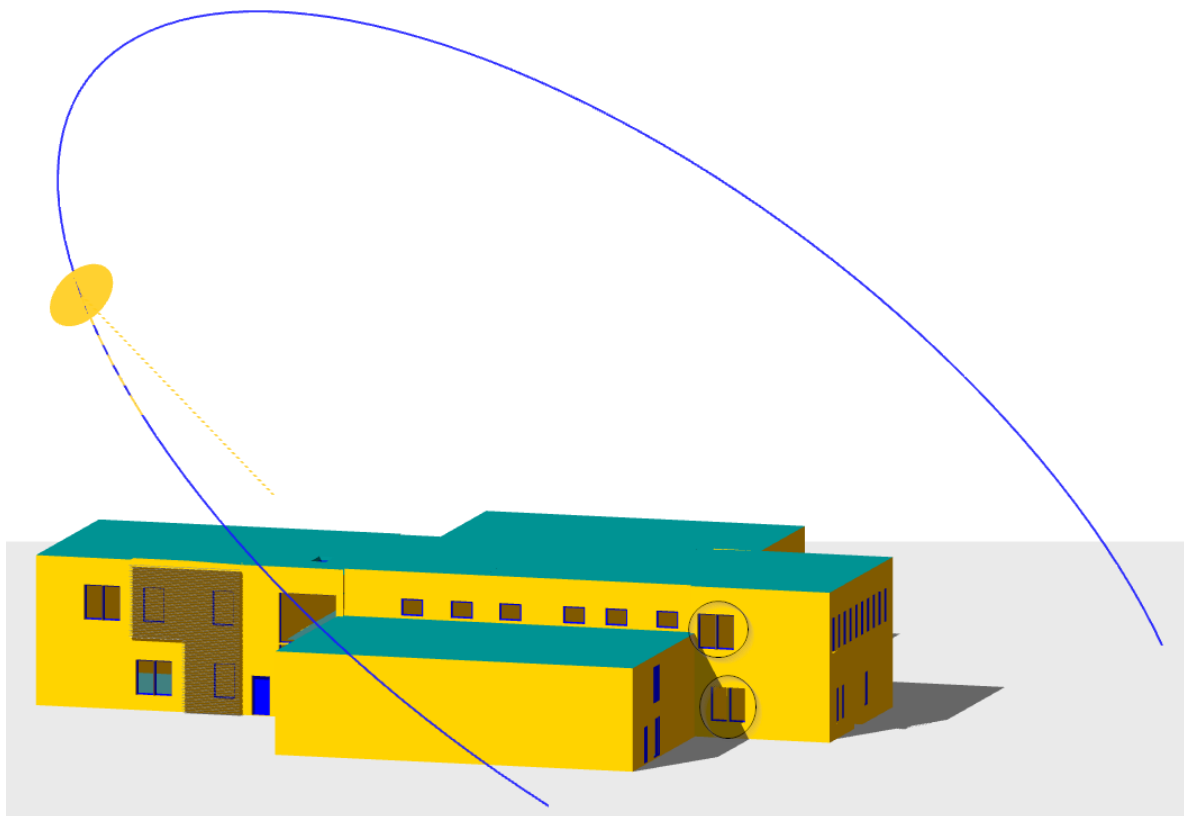


Bild 19: Schattenverlauf Tag 178, 09:00 Uhr (Ostansicht)

Im Rahmen der thermischen Gebäudesimulation wurde der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2 überprüft. In zwei Räumen, R_0.10 Funk/Multifunktion sowie R_1.11 Ruheraum, wird der zulässige Grenzwert von 500 Übertemperaturgradstunden überschritten.

Die Hauptursache für die kritischen Werte in Raum R_0.10 liegt darin, dass keine außenliegende Verschattung vorgesehen ist. Die Verschattung durch die angrenzende Fahrzeughalle wirkt sich zwar in den frühen Vormittagsstunden aus, ist insbesondere im Hochsommer jedoch nicht ausreichend, wie die Verschattungsanalyse deutlich zeigt (Bild 19). Für diesen Raum wird daher empfohlen, eine wirksame außenliegende Verschattung vorzusehen, um die solaren Wärmegewinne signifikant zu reduzieren.

Im darüberliegenden Raum R_1.11 wird auch hier der Grenzwert überschritten, was in erster Linie auf die große Fensterfläche im Verhältnis zur Raumfläche zurückzuführen ist. Zur Reduktion des solaren Eintrags wird empfohlen, die Fensterfläche zu verkleinern, analog zu den angrenzenden Ruheräumen mit besseren Flächenverhältnissen. Alternativ sollten die vorhandenen Rollläden durch außenliegende Raffstore ersetzt werden, um durch einen geringeren Fc-Wert die Effektivität der Verschattung weiter zu verbessern.

Durch Umsetzung dieser baulichen Maßnahmen kann die sommerliche Überhitzung in den beiden betroffenen Räumen wirksam reduziert und somit der Nachweis gemäß DIN 4108-2 erbracht werden.