

# Möglichkeiten der Beeinflussung der Raumlufttemperatur - Simulationsergebnisse

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke



# Gliederung

1. Problembeschreibung
2. Verwendete Software
3. Randbedingungen
4. Vorgehensweise
5. Ergebnisse
6. Zusammenfassung

# Problem und Lösungsansatz

## 4.1 Operative Raumtemperatur

Die operative Raumtemperatur beträgt ... maximal 26 °C in Abhängigkeit der Außentemperatur. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Nutzer keiner direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt sind. Weitere Festlegungen werden in EN 15251 getroffen.

Kann durch bauliche und organisatorische Maßnahmen die operative Raumtemperatur eingehalten werden?



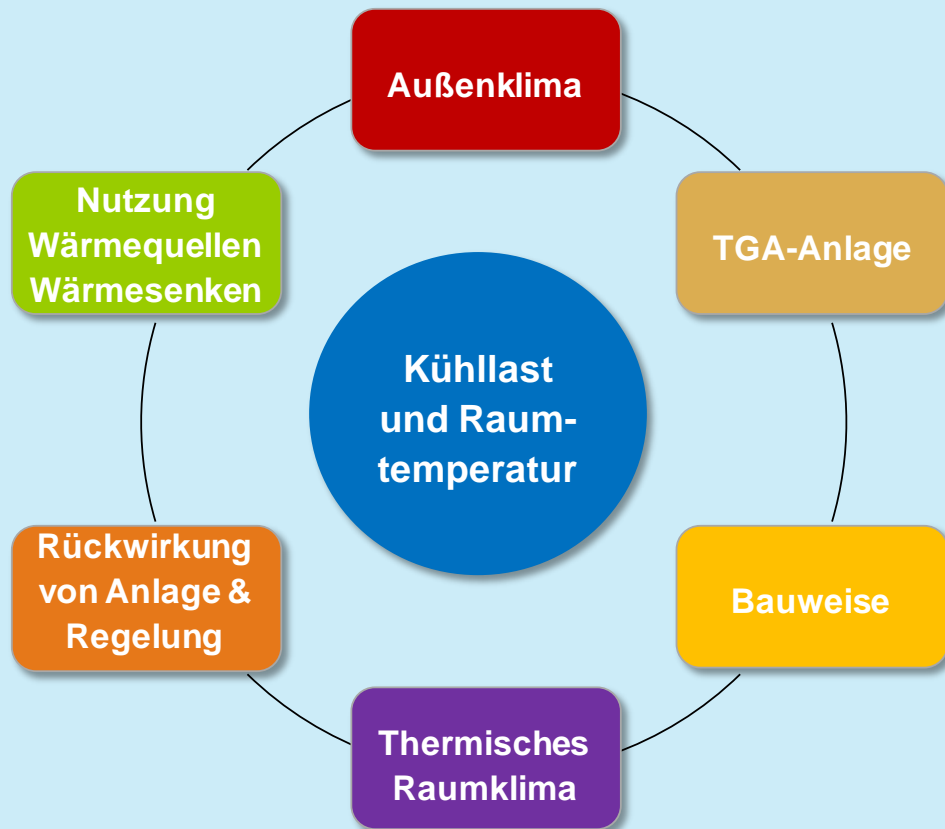
# Vorgehensweise / Varianten

Betrachtete Varianten:

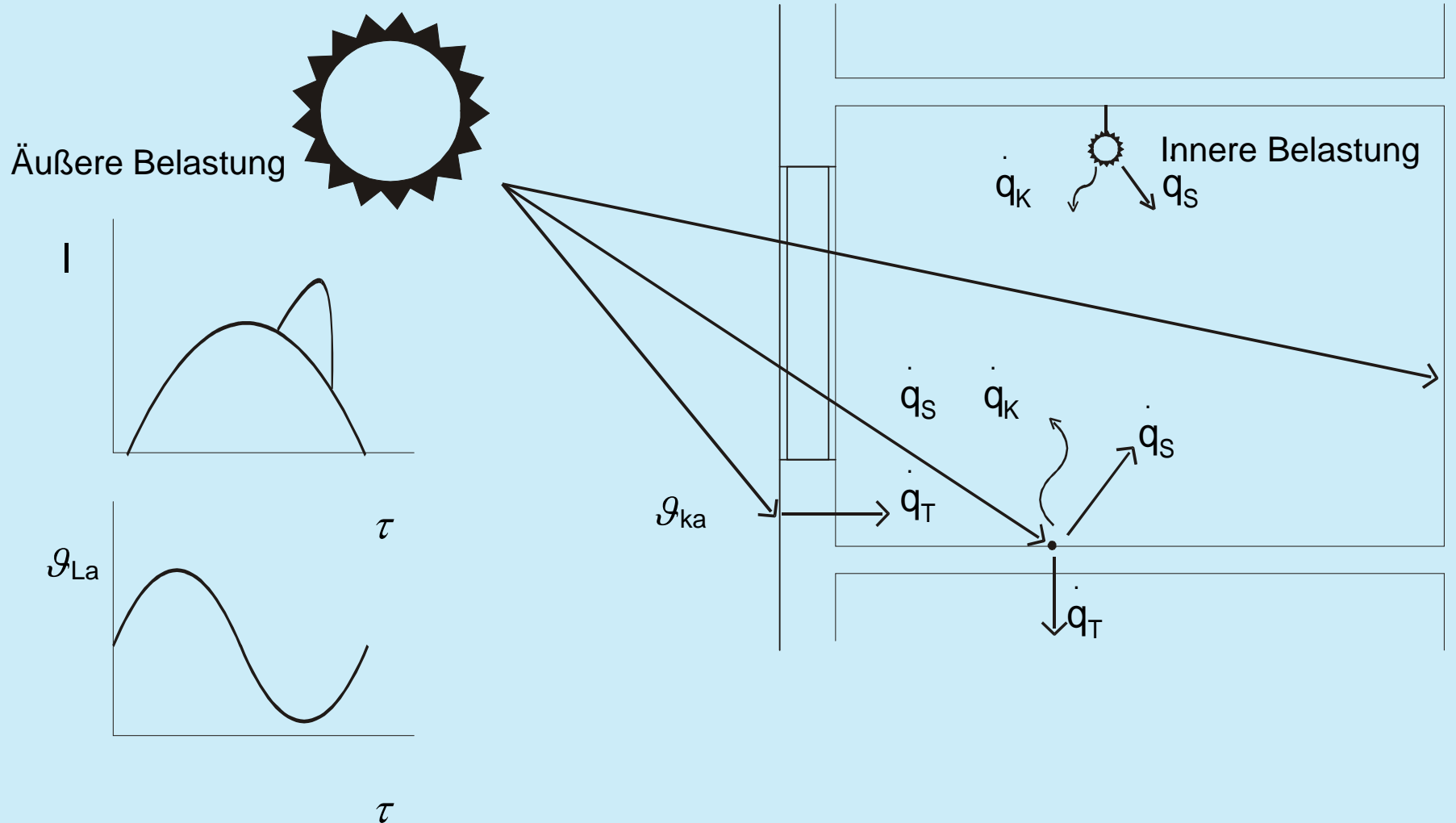
1. Die Reduzierung der Schüleranzahl pro Raum
2. Verlagerung der Nutzungszeit in Abhängigkeit der Außentemperatur
3. Die Verwendung eines effektiven außen liegenden Sonnenschutzes auch außerhalb der Nutzungszeit.
4. Die Nutzung der Lüftungsanlage für eine Nachtlüftung.

# Einflussgrößen

## KÜHLLAST UND RAUMTEMPERATUR



# Kühllast nach VDI 2078



## Physikalischer Ansatz

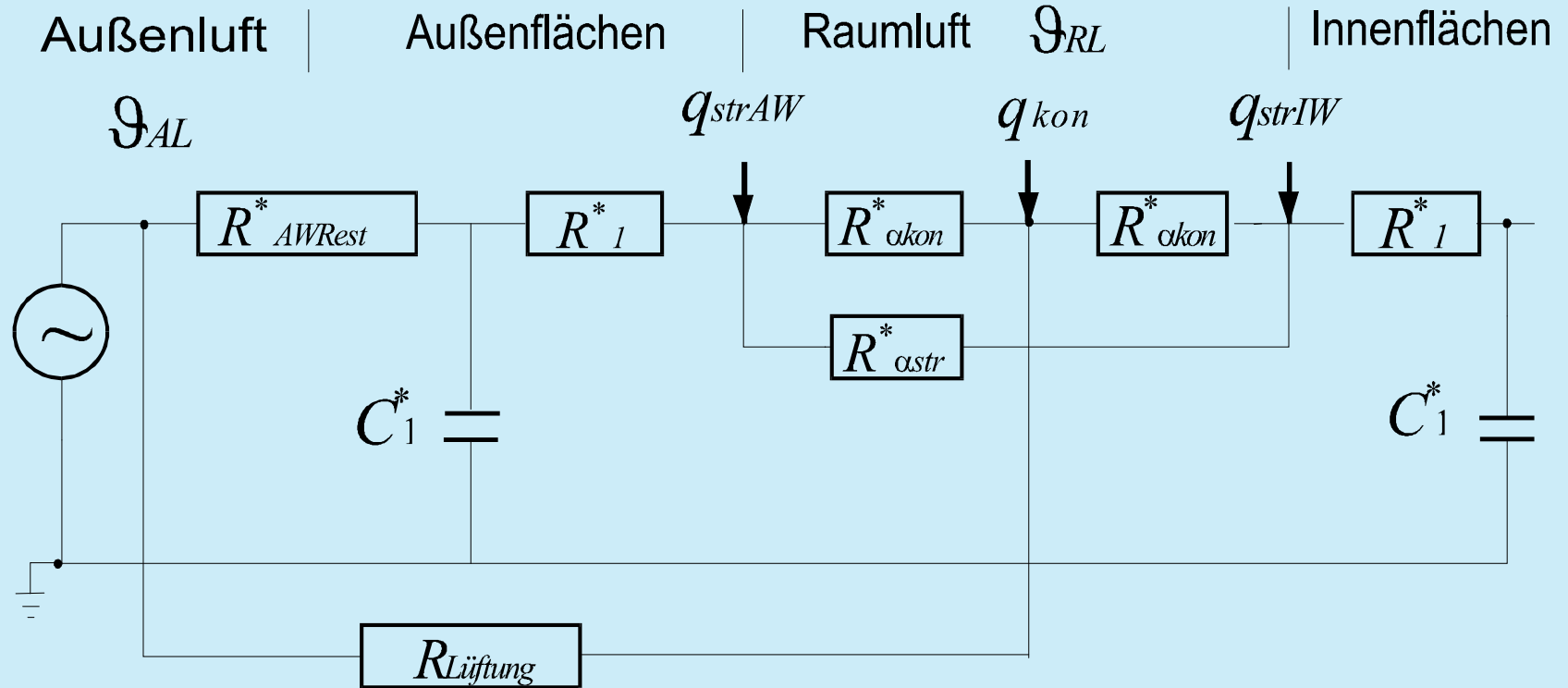
### Differentialgleichung der Wärmeleitung

$$\frac{\partial \vartheta(t, x)}{\partial t} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta(t, x)}{\partial x^2}$$

### Differentialgleichung eines idealisierten elektrischen Leiters

$$\frac{\partial u(t, x)}{\partial t} = \frac{1}{R' C'} \cdot \frac{\partial^2 u(t, x)}{\partial x^2}$$

## Schaltung des 2-K-Modells



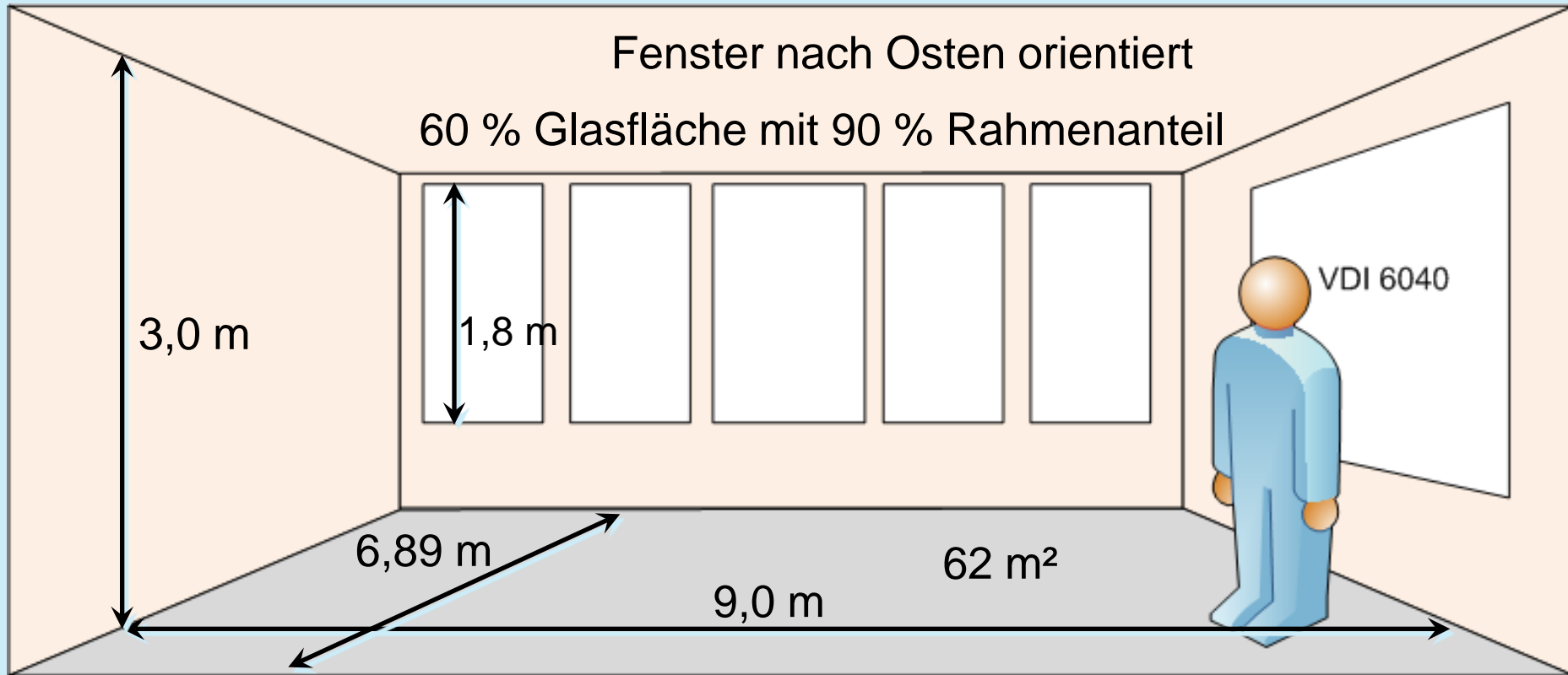
Quelle: Zimmermann



## Schlussfolgerungen

Die Algorithmen des *2-K-Modells* erlauben eine Berechnung in Stundenschritten ohne aufwändige EDV-mäßige Speicherung der Vorgeschichte. Wandaufbauten werden mit allen Schichten in ihrer Wirksamkeit korrekt erfasst, so dass damit eine Bewertung der Bauweise möglich ist.

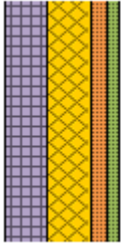
# Annahmen/Randbedingungen



U-Werte:

AW: 0,369 W/m<sup>2</sup> K; FB: 0,782 W/m<sup>2</sup> K; IW: 1,961 W/m<sup>2</sup> K; AF: 1,40 W/m<sup>2</sup> K

# Außenwand



Baustoffschichten (von innen nach außen):	Dicke mm
Beton 2200	80.0
Wärmedämmung 035	80.0
Luftraum	30.0
Fassadenplatte	12.0

Bezeichnung	Dicke	Dichte	Wärmeleitfähigkeit
	mm	kg/m <sup>3</sup>	W/m K
Beton	80	2200	1,65
Wärmedämmung	80	10	0,035
Luft	30	1	0,163
Fassadenplatte	12	1650	0,6

Raum: Speicherfähigkeit M

# Fenster – innenliegender Sonnenschutz

**Verglasung und Sonnenschutz**

Auswahl oder manuelle Eingabe:

Fassadenaufbau:

Art der Verglasung:

Lage des Sonnenschutzes:

Art des Sonnenschutzes:

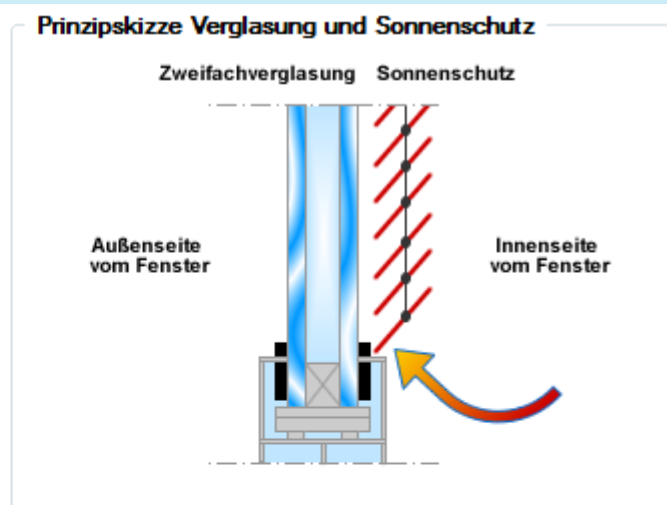
Belüftung des Sonnenschutzes:

---

Glasflächenanteil:

Anzahl der Scheiben:

Sonnenschutz	offen	geschlossen	
		diffuse Strahlung	direkte Strahlung
Gesamtenergiedurchlassgrad:	<input type="text" value="0.40"/>	<input type="text" value="0.45"/>	<input type="text" value="0.33"/>
Lichttransmissionskoeffizient:	<input type="text" value="0.66"/>	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.02"/>
Konvektivanteil:	<input type="text" value="0.05"/>	<input type="text" value="0.57"/>	



**Wärmeeintrag durch geöffnetes Fenster**

Wärmeeintrag bei geöffnetem/gekipptem Fenster und geschlossenem Sonnenschutz berücksichtigen

Abstand Scheibe-Sonnenschutz:

geöffneter/gekippter Anteil:

Öffnungsanteil:  %

Energieeintrag nach VDI 6007-3:

**Raumbelastungsgrad Sonneneinstrahlung**

Raumbelastungsgrad:

# Fenster – außenliegender Sonnenschutz

## Verglasung und Sonnenschutz

Auswahl oder manuelle Eingabe:


Fassadenaufbau:

Art der Verglasung:

Lage des Sonnenschutzes:

Art des Sonnenschutzes:

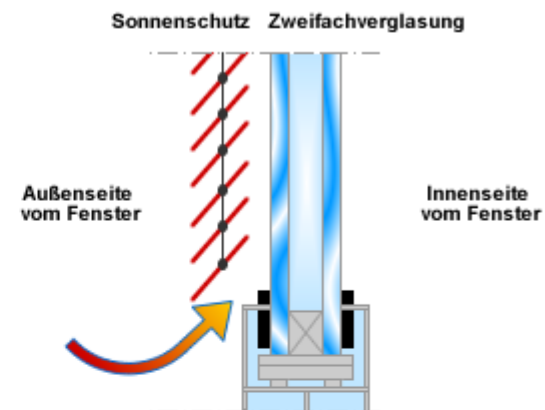
Belüftung des Sonnenschutzes:

Glasflächenanteil:  

Anzahl der Scheiben:

Sonnenschutz	offen	geschlossen	
		diffuse Strahlung	direkte Strahlung
Gesamtenergiedurchlassgrad:	<input type="text" value="0.40"/>	<input type="text" value="0.16"/>	<input type="text" value="0.04"/>
Lichttransmissionskoeffizient:	<input type="text" value="0.66"/>	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.02"/>
Konvektivanteil:	<input type="text" value="0.05"/>	<input type="text" value="0.15"/>	

## Prinzipskizze Verglasung und Sonnenschutz



## Wärmeeintrag durch geöffnetes Fenster

- Wärmeeintrag bei geöffnetem/gekipptem Fenster und geschlossenem Sonnenschutz berücksichtigen

Abstand Scheibe-Sonnenschutz:

geöffneter/gekippter Anteil:

Öffnungsanteil:  %

Energieeintrag nach VDI 6007-3:

## Raumbelastungsgrad Sonneneinstrahlung

Raumbelastungsgrad:

# Bedienung Sonnenschutz

Das Regelkriterium für den äußeren Sonnenschutz wurde auf „ab  $100 \text{ W/m}^2$  geschlossen“ geändert. Die Nutzung des Sonnenschutzes wurde auch auf die Nicht-Nutzungszeiten ausgedehnt, um eine Überhitzung der Räume zu vermeiden.



# Beleuchtung

Hier wurde eine Beleuchtung in Höhe von  $17,5 \text{ W/m}^2$  bei Unterschreitung der Beleuchtungsstärke von 500 Lux angesetzt.

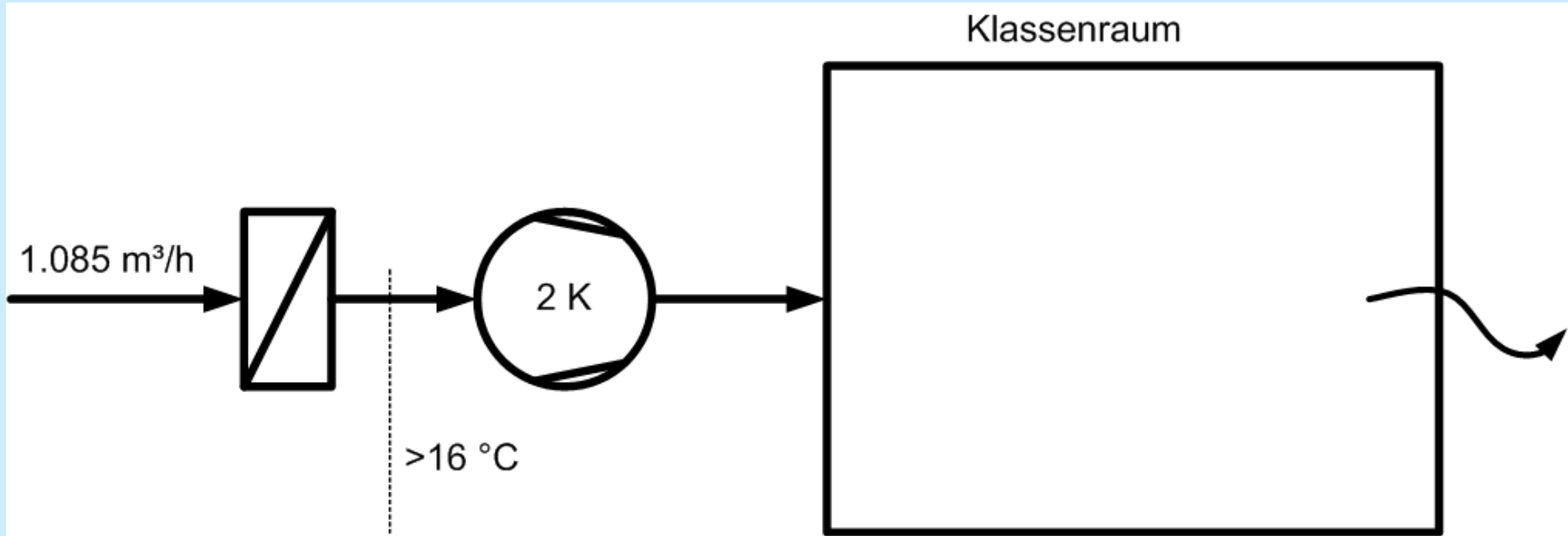
Im Sommer keine Beleuchtung aktiviert.

# Personen

Bezeichnung	Wert
Anzahl der Lehrer	1
Aktivität Lehrer	1,6 met = 93 W/Person sensibel
Anzahl Schüler	30 bzw. 21
Aktivität Schüler	1,2 met = 70 W/Person sensibel
Zuluftstrom	35 m <sup>3</sup> /(h Person) RAL 2
Gesamtvolumenstrom	1.085 m <sup>3</sup> /h
Infiltration außerhalb Nutzungszeit	149 m <sup>3</sup> /h



# Luftvolumenströme



# Nutzung

Betriebs- und Nutzungszeiten vom:

1. Januar - 30. April  
 1. Mai - 30. September  
 1. Oktober - 31. Dezember  
 1. Juli - 15. August

Mo, Di, Mi, Do, Fr  
 Sa, So

Betriebs- und Nutzungszeiten:

beliebige Monatsverläufe (z.B. Sommerfall, Winterfall)  
 ganzjährig gleichbleibende Abfolge von Arbeitstag und Nicht-Arbeitstag (ohne Feiertage und Ferien)

Alle Daten sind für Auslegung und Jahressimulation gleich.

Hauptbetriebszeit: 8 Uhr bis 16 Uhr  
 Nebenbetriebszeit: 16 Uhr bis 8 Uhr

beliebiger Tagesverlauf Betriebszeiten

Nutzungszeit: 8 Uhr bis 18 Uhr

1. Hauptnutzungszeit: 8 Uhr bis 12 Uhr  
 2. Hauptnutzungszeit: 13 Uhr bis 16 Uhr

beliebiger Tagesverlauf Nutzungszeiten

Betrieb	Nebenbetriebszeit (orange)								Hauptbetriebszeit (green)								Nicht-Nutzungszeit (grey)											
Nutzung	Nicht-Nutzungszeit (grey)								1. Hauptnutzungszeit (red)				Nutzungszeit (yellow)				2. Hauptnutzungszeit (red)				Nicht-Nutzungszeit (grey)							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			

Hauptbetriebszeit  
 Nebenbetriebszeit  
 Nutzungszeit  
 Hauptnutzungszeit  
 Nicht-Nutzungszeit



# Nutzungszeiten

<b>Bezeichnung</b>	<b>Wert</b>
Dauer Unterrichtseinheit	45 Minuten
Dauer große Pause	15 Minuten
Belegung in Pause	15 Schüler
Mittlere Wärmemenge pro 60 Minuten	1.907,25 Wh/h



# Definition Heizen

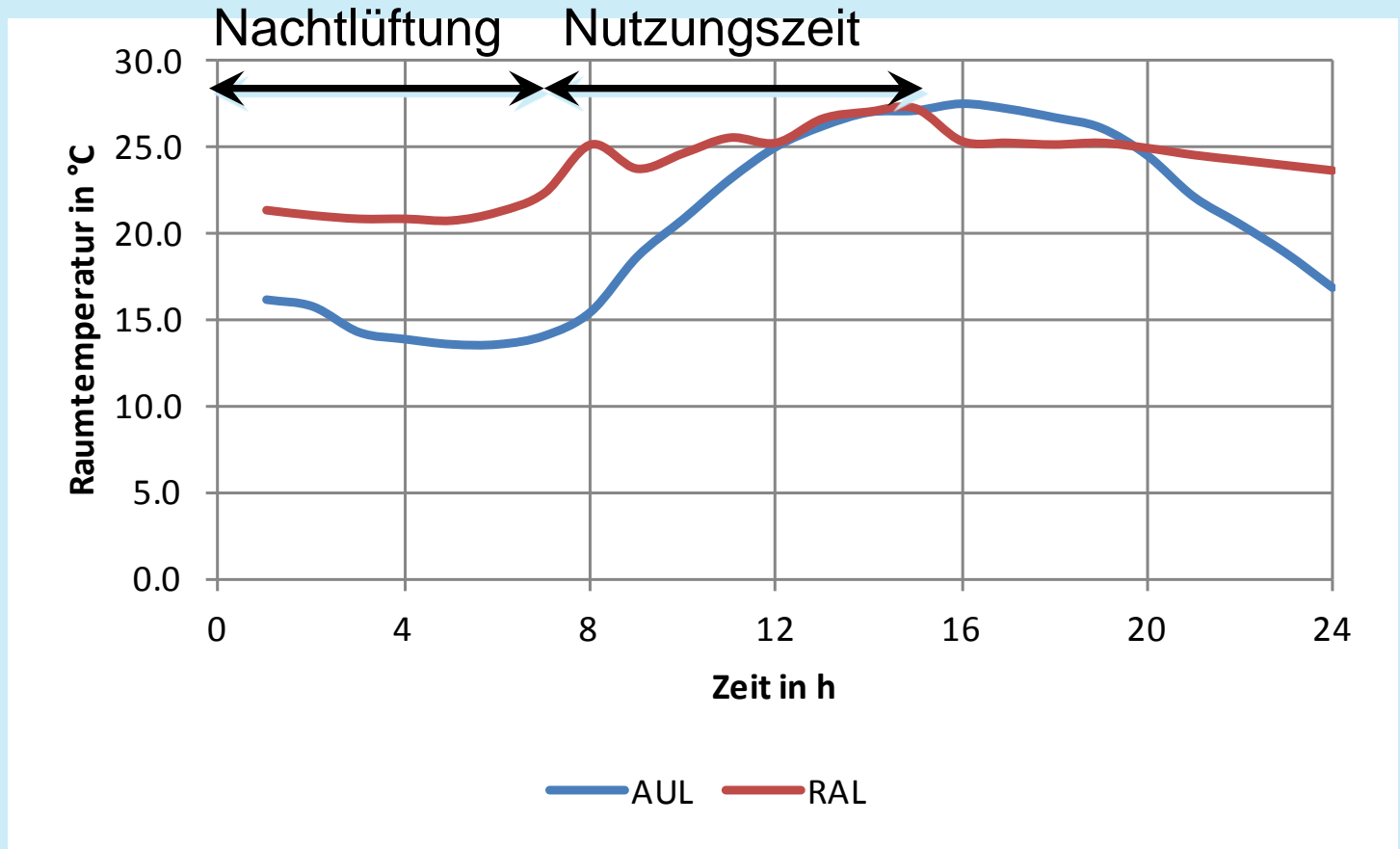
Heizen: Die Solltemperaturen wurden generell auf 20 °C reduziert. Es wurde eine Heizgrenztemperatur von 15 °C neu eingeführt. In den Nicht-Nutzungsstunden erfolgt eine Absenkung auf 18 °C.



# Varianten

Variante	Personenanzahl		Sonnenschutz		Nachtlüftung			Zeitverlegung	
	30	21	Sehr gut	schlecht	Ja - 110 %	Ja - 100 %	Nein	Ja	Nein
1	x			x			x		x
2	x			x			x	x	
3	x			x		x			x
4	x			x		x		x	
5	x			x	x				x
6	x			x	x			x	
7	x		x				x		x
8	x		x				x	x	
9	x		x			x			x
10	x		x			x		x	
11	x		x		x				x
12	x		x		x			x	
13		x		x			x		x
14		x		x			x	x	
15		x		x		x			x
16		x		x		x		x	
17		x		x	x				x
18		x		x	x			x	
19		x	x				x		x
20		x	x				x	x	
21		x	x			x			x
22		x	x			x		x	
23		x	x		x				x
24		x	x		x			x	

# Variante 24



27. Juni

# EN 15251: G.2 Dauer der Abweichung

<b>3 % bzw. 5 % der Zeit</b>	<b>Täglich min</b>	<b>Wöchentlich Stunden</b>	<b>Monatlich Stunden</b>	<b>Jährlich Stunden</b>
Arbeitsstunden	15/24	1/2	5/9	61/108
Stunden insgesamt	43/72	5/9	22/36	259/432

# Ergebnisse

⊕ **Tabelle 3:** Übersicht Ergebnisse der Varianten

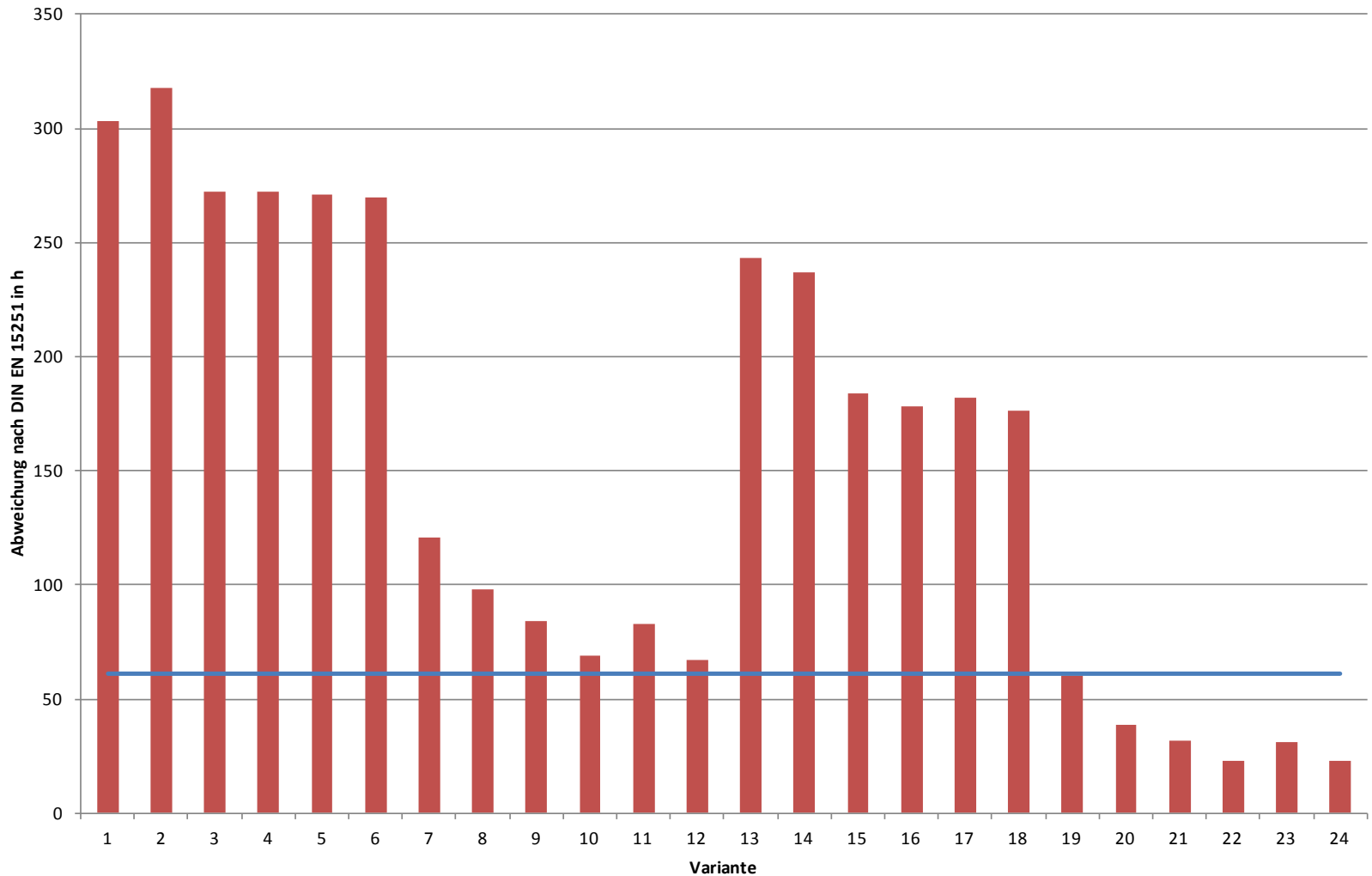
Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stunden > 26 °C <sup>1</sup>	283	288	246	255	245	253	175	152	125	110	123	108
Stunden > tg <sup>2</sup>	303	318	272	272	271	270	121	98	84	69	83	67
Variante	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Stunden > 26 °C <sup>1</sup>	245	244	216	210	215	209	113	95	81	64	80	63
Stunden > tg <sup>2</sup>	243	237	184	178	182	176	60	39	32	23	31	23

<sup>1</sup> Stundenüberschreitung der Temperatur von 26 °C

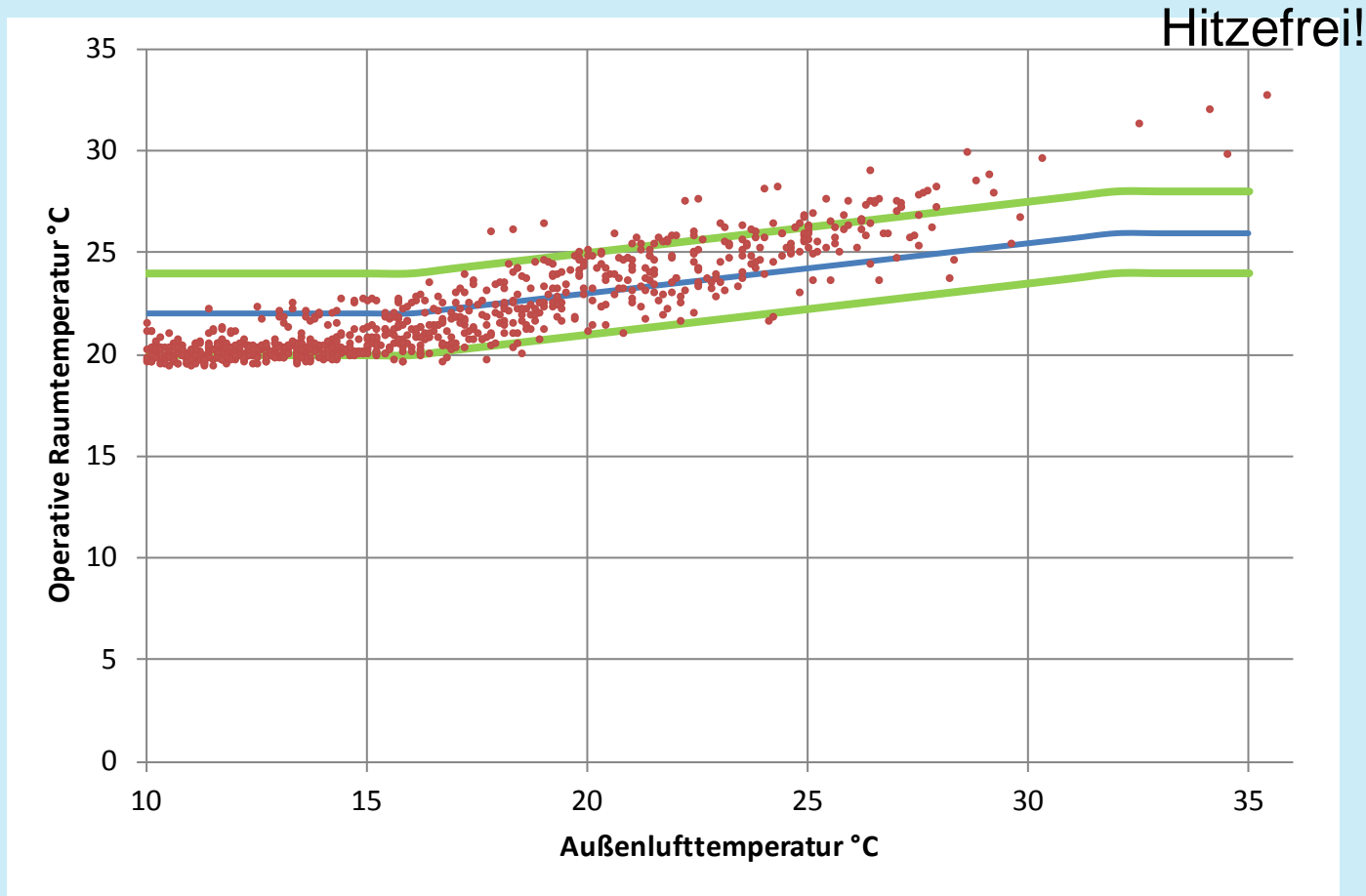
<sup>2</sup> Stundenüberschreitung des Temperaturgrenzwerts in Abhängigkeit der gleitenden Außentemperatur (Verfahren nach DIN EN 15251, A.2)



# Ergebnisse



# Variante 24



# Zusammenfassung

1. Ein außenliegender, gut funktionierender Sonnenschutz ist Grundvoraussetzung
2. Eine intensive Nachtlüftung ist hilfreich
3. Energiesparende Beleuchtung ist bedeutsam
4. Bauliche Maßnahmen zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes sind gerätetechnischen Lösungen vorzuziehen
5. Eine Verschlechterung ist bei Innenstadtlagen zu erwarten
6. Bei extremen Außentemperaturen wird das Thema „Hitzefrei“ kaum zu vermeiden sein