

# Tageslichtnutzung und thermische Behaglichkeit

Integrale Betrachtung  
von lichttechnischen und thermischen Aspekten  
bei der Lichtplanung

# Übersicht

## Einführung

- Projektbeispiel Palucca Tanzschule

## Grundlagen

- Zielkonflikt Licht + Wärme
- Solare Einstrahlung + Behaglichkeit
- Solares Spektrum
- Anforderung an die Helligkeit in Innenräumen
- Solare Einstrahlung durch das Fenster: Primäre und sekundäre Einspeicherung
- Solare Einstrahlung durch das Fenster: Treibhauseffekt
- Einflussgrößen für die Behaglichkeit
- Thermische Behaglichkeit + Bewertung
- Solare Einstrahlung auf ein Fenster
- Lichttechnische und energetische Kennwerte von Verglasungen

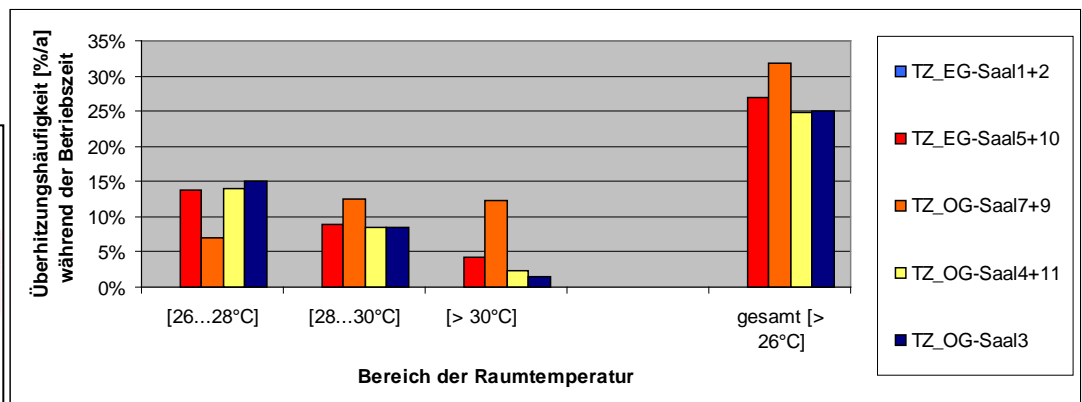
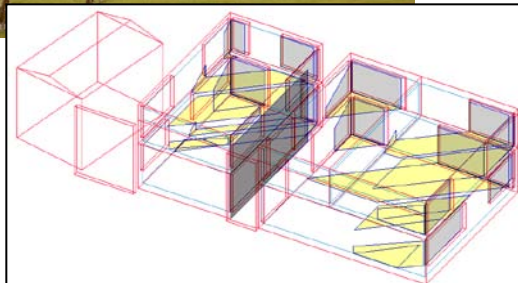
## Praxisbeispiele

- BiW-Werkhalle, Frankfurt
- Machbarkeitsstudie Deichmann

# 1. Einführung

## Projektbeispiel Palucca Tanzschule

- Die Palucca Hochschule für Tanz ist eine staatliche Hochschule in Dresden. Die Bestandsgebäude für den Schulneubau am Basteiplatz wurden 1955 fertig gestellt. 2007 wurde nach dreijähriger Bauzeit ein neuer Campus mit modernem Erweiterungsbau an der Wiener Straße fertig gestellt.  
Besonderheit: **Tanzsäle mit großen Verglasungsflächen**
- Obwohl das Gebäude nach DIN ausgelegt war, traten nach Inbetriebnahme des Erweiterungsbaus im Sommer starke **Überhitzungen** auf, die einen Tanzbetrieb unmöglich machten. [1] Ein halbes Jahr nach Einweihung war eine **Sanierung nötig**.
- Resümee: Lichtplanung durchgeführt, ohne den thermischen Aspekt ausreichend zu berücksichtigen  
Bei einer integralen Untersuchung (Licht + Wärme) im Planungsprozess hätte eine Sanierung wegen aufgetretener hoher Überhitzungen vermieden werden können.



# 1. Einführung

## Zielkonflikt

„Optimale Lichtplanung“ bedeutet nicht notwendigerweise „so viel Tageslicht wie möglich“.

### Ziele Licht

- möglichst hohe Tageslichtmenge im Innenraum
- Hohe Tageslichtautonomie (Anteil der Nutzungszeit, über den der Raum ausreichend mit Tageslicht versorgt werden kann)
- Blendfreiheit für den Nutzer
- Außenbezug für den Nutzer
- Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung im Innenraum

### Ziele thermischer Komfort

- Sommerlicher Wärmeschutz: Überhitzung der Raumtemperatur durch zu viel Sonne vermeiden
- Winterlicher Wärmeschutz: Wärmeverluste reduzieren

→ Zielkonflikt: Hohe Tageslichtausbeute vs. Schutz vor Überhitzung

→ Lösung: Wechselseitige Berücksichtigung von lichttechnischen und thermischen Aspekten bei der Lichtplanung

## 2. Grundlagen

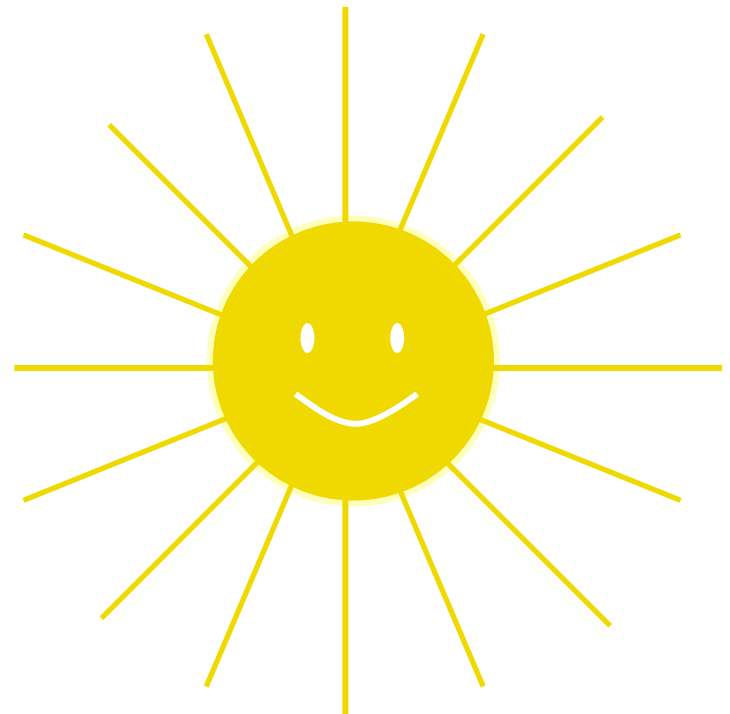
### Solare Einstrahlung und Behaglichkeit

#### Kriterien für die visuelle Behaglichkeit

- ausreichende Helligkeit
  - Der Raum darf nicht zu dunkel wirken.
- Vermeidung von Blendung
  - Direktblendung und Reflexblendung

#### Kriterium für die thermische Behaglichkeit

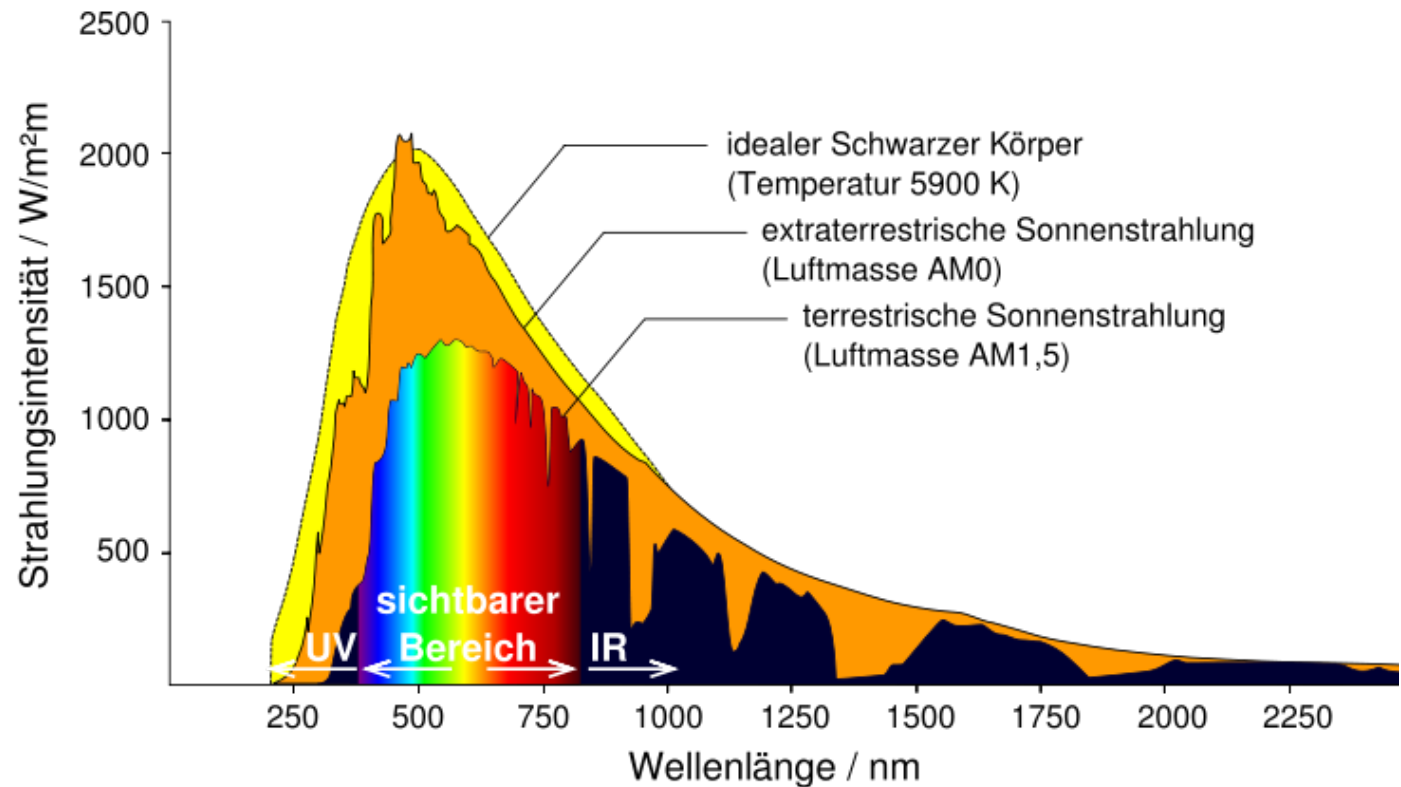
- angenehme empfundene Raumtemperatur
  - Temperaturmittelwert aus Luft- und Umgebungsoberflächen



## 2. Grundlagen

### Solares Spektrum

- Einstrahlung der Sonne auf die Erde



Solare Energie:

5 % UV

50 % Licht

45 % IR

Sichtbares Licht:

0,380  $\mu\text{m}$  – 0,780  $\mu\text{m}$

## 2. Grundlagen

### Anforderung an die Helligkeit in Innenräumen

#### Beleuchtungsstärke E

- Feinstarbeit: 1000 - 2000 Lux
- Büroarbeitsplatz: 300 - 500 Lux
- Verkehrsflächen: 50 - 100 Lux
- Wohnräume: variabel, ab 100 Lux

#### Tageslichtquotient D

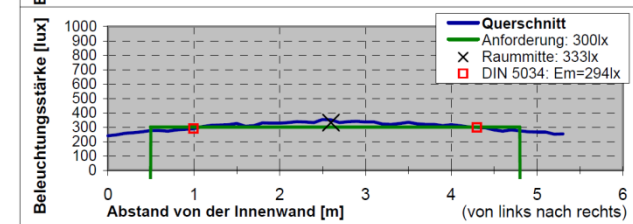
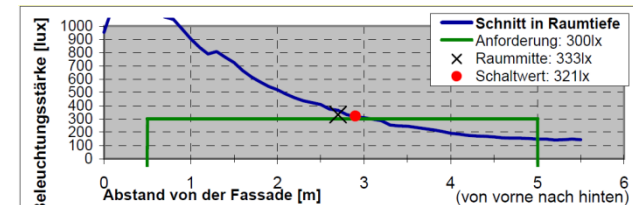
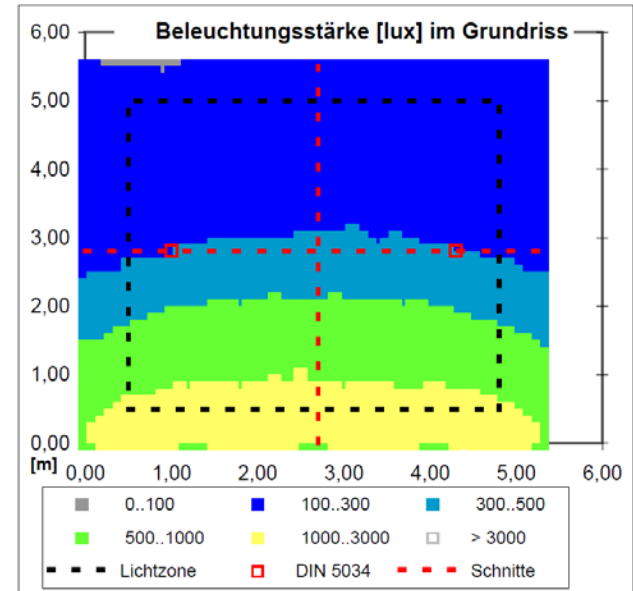
Verhältnis Beleuchtungsstärke innen / Beleuchtungsstärke außen

Räume mit Seitenlicht:

- 0,95 % (min. nach DIN 5034)
- 2,00 % (DIANE Schweiz)
- 3,00 % sehr gut

Hallen mit Oberlichtern:

- 4,00 - 10 % (VDI 6011)



## 2. Grundlagen

### Solare Einstrahlung durch das Fenster

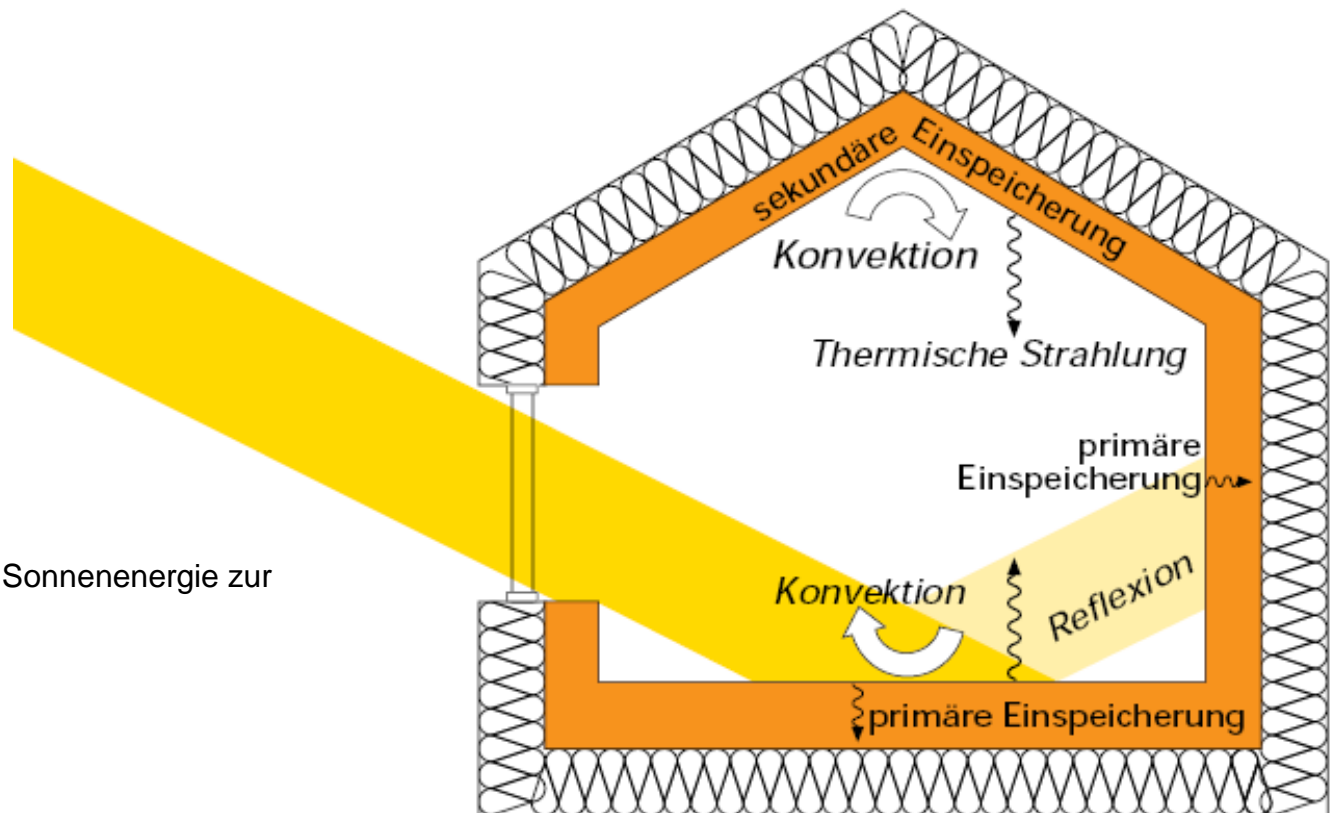
- Primäre und sekundäre Einspeicherung

Im Winter:

- passive Nutzung der Sonnenenergie zur Raumheizung

Im Sommer:

- Überhitzungsgefahr





## 2. Grundlagen

### Solare Einstrahlung durch das Fenster

- Treibhauseffekt

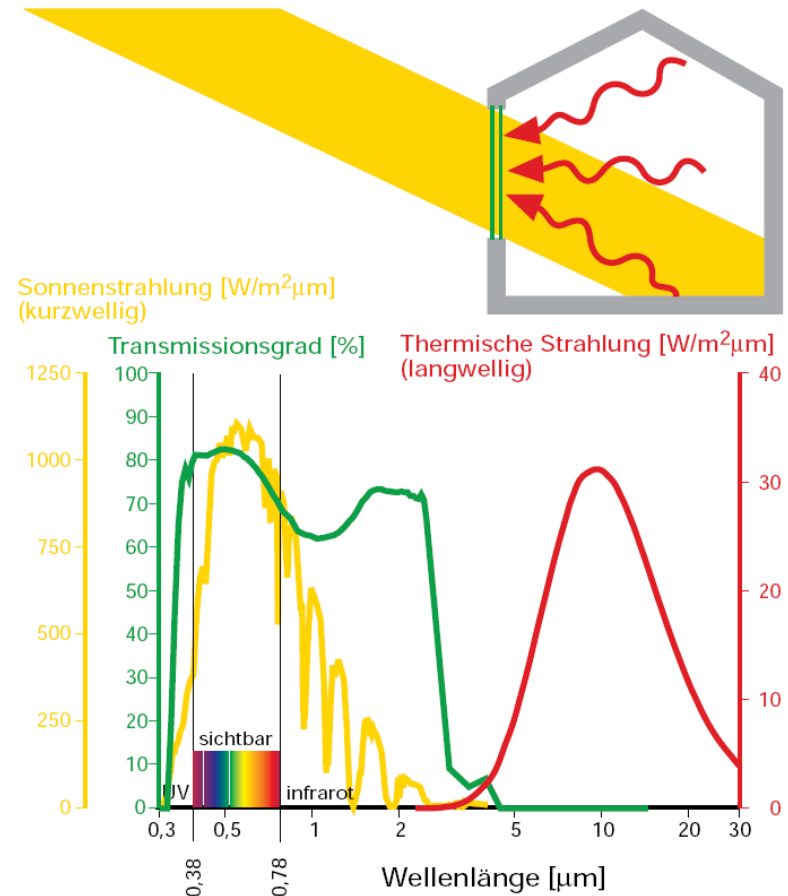
Solarer Eintrag durch das Fenster (6000 K)

Speicherung der Energie in den Bauteilen im Rauminnen

Abgabe der Energie von Raumbooberflächen als Wärmestrahlung (20 °C)

Kein Durchlass der Wärmestrahlung durch das Fenster (Transmissionsgrad der Verglasung)

>>> Aufheizung des Innenraums



## 2. Grundlagen

### Einflussgrößen für die Behaglichkeit

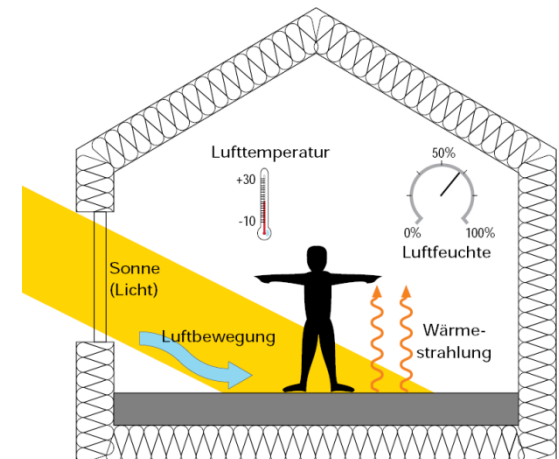
#### Licht > visuelle Behaglichkeit

- Beleuchtungsstärke
- Leuchtdichte
- Wahrnehmung



#### Wärme > thermische Behaglichkeit

- Raumlufttemperatur
- Temperatur der Umgebungsflächen (> Wärmestrahlung)
- Luft (Luftbewegung, Zug)
- Bekleidung / Aktivitätsgrad
- ferner: Luftfeuchtigkeit



## 2. Grundlagen

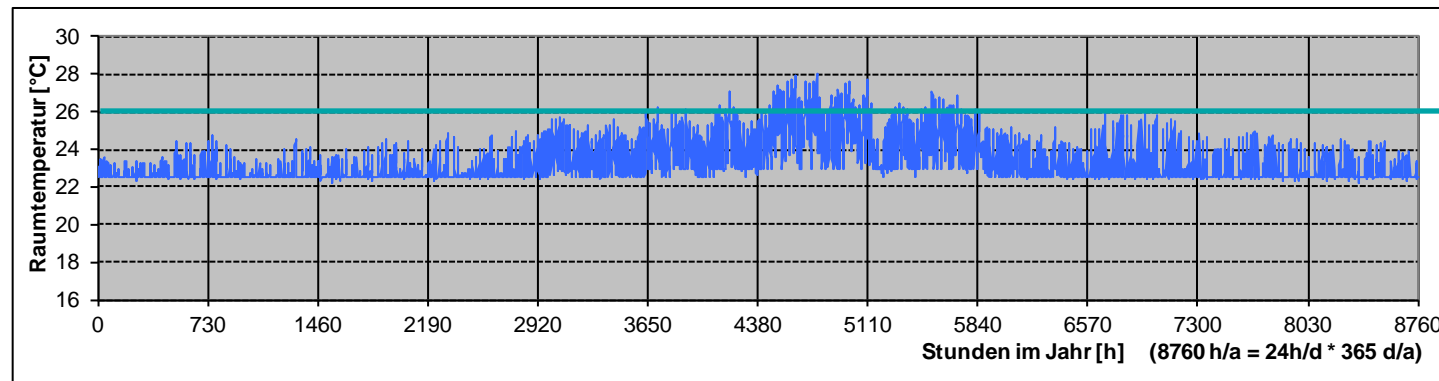
### Thermische Behaglichkeit und Bewertungskriterien

Thermische Behaglichkeit (Wärmeabgabe des menschlichen Körpers im Gleichgewicht mit seiner Wärmeproduktion) ist abhängig von:

- Aktivität (z.B. Schlafen, Laufen,...)
- Lufttemperatur
- Temperatur der umgebenden Flächen (Strahlungstemperatur)
- Luftgeschwindigkeit
- Luftfeuchtigkeit

### Bewertung der thermischen Behaglichkeit nach Bewertungskriterien

- z.B. nach DIN 4108, sommerlicher Wärmeschutz: Raumtemperatur in max. 10% der Betriebszeit über 26 C



} Überhitzungen über  
26 C Raumtemperatur  
In 6,2% der Betriebszeit  
(174 h)  
→ Thermischer Komfort  
ist eingehalten

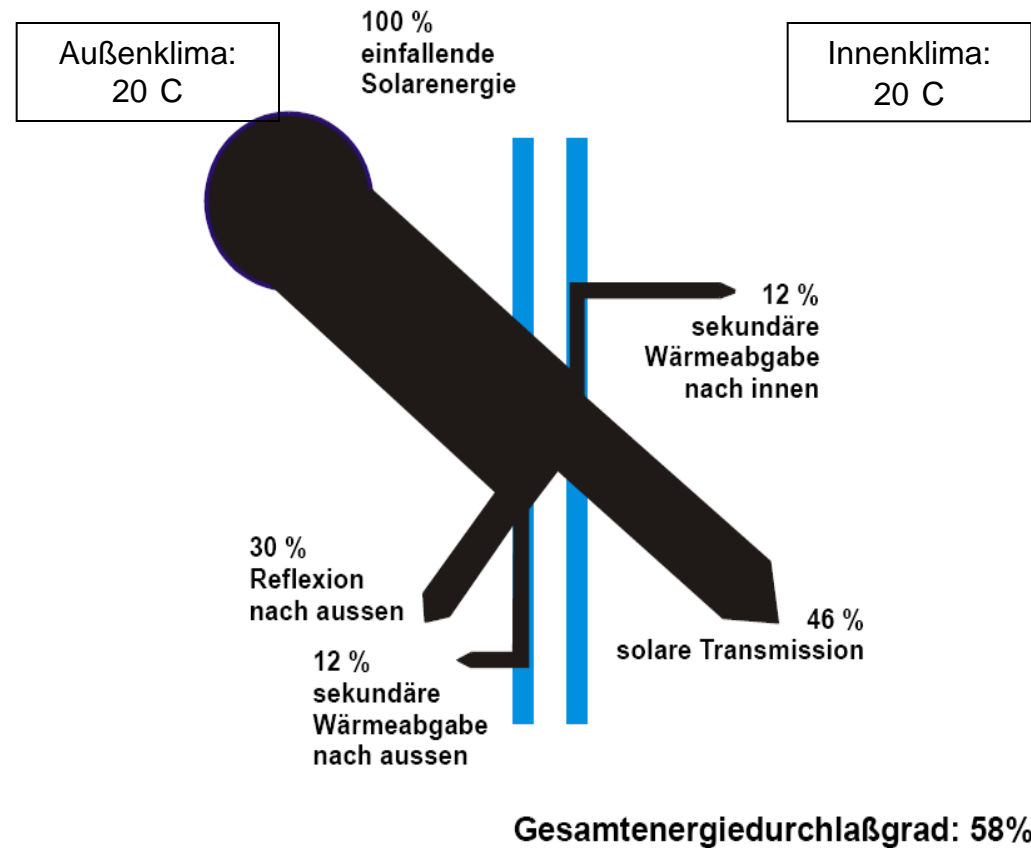
Abb.: Raumtemperatur in einem Büroraum im Jahresgang

## 2. Grundlagen

### Solare Einstrahlung auf ein Fenster

- Einstrahlung (von außen)
- Reflexion (nach außen)
- Absorption (im Bauteil)
  - Emission und Konvektion (nach innen)
- Transmission (nach innen)

der einfallenden Solarenergie



## 2. Grundlagen

### Lichttechnische und energetische Kennwerte von Verglasungen

- $\tau_{\text{vis}}$ : Lichttransmissionsgrad
- $U$ -Wert: Wärmedurchgangskoeffizient
- $g$ -Wert: Gesamtenergiedurchlassgrad

#### Isolierverglasung

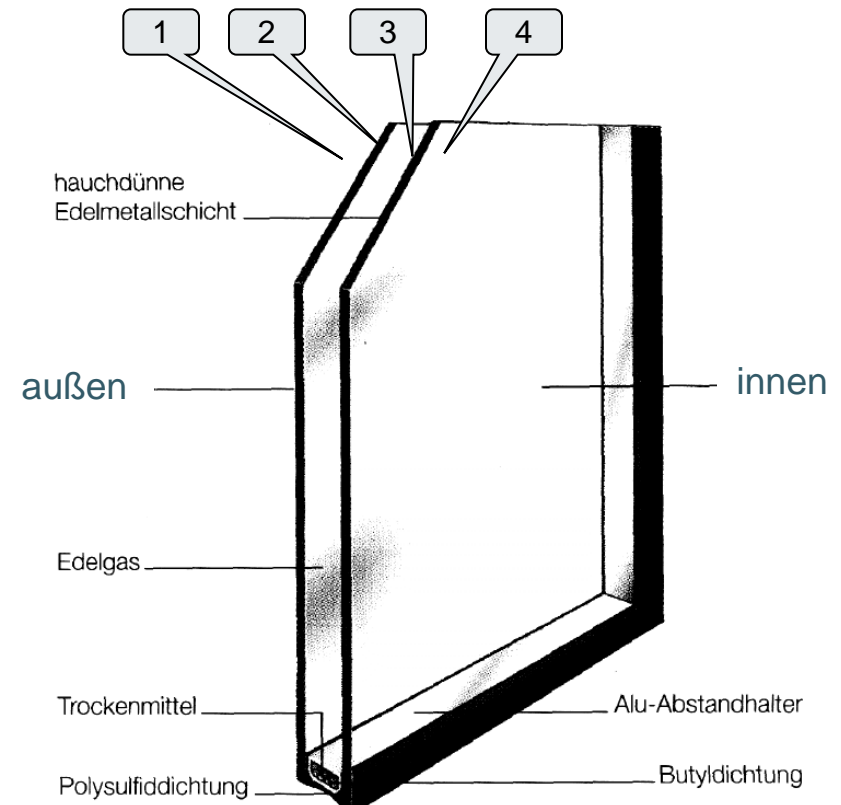
- $\tau_{\text{vis}} = 0,85$
- $U = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- $g = 0,80$

#### Wärmeschutzverglasung

- $\tau_{\text{vis}} = 0,75$
- $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- $g = 0,60$
- Low- $\epsilon$ -Beschichtung auf Position 3

#### Sonnenschutzverglasung

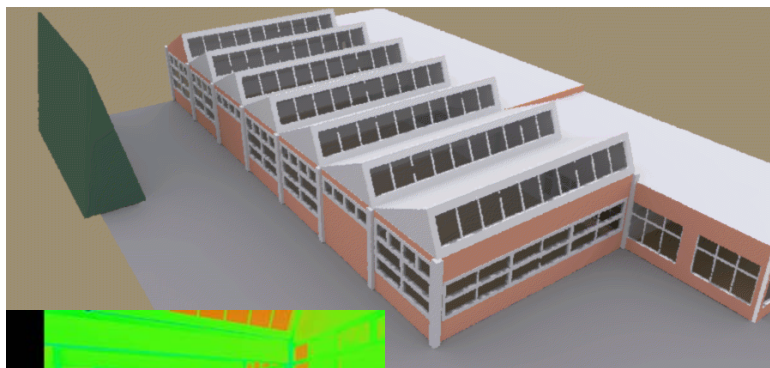
- $\tau_{\text{vis}} = 0,60$
- $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- $g = 0,30$
- Low- $\epsilon$ -Beschichtung auf Position 2



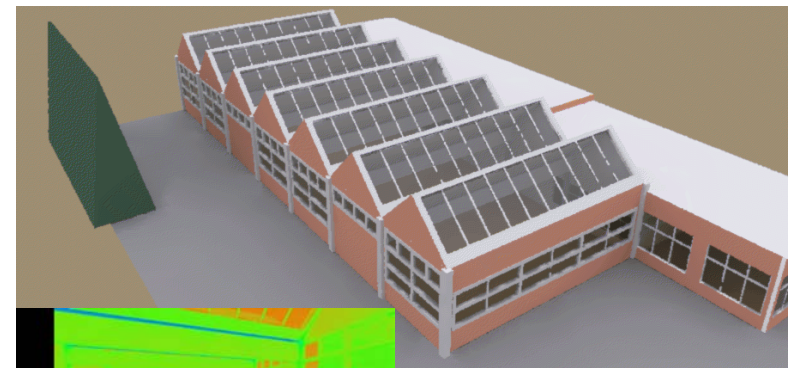
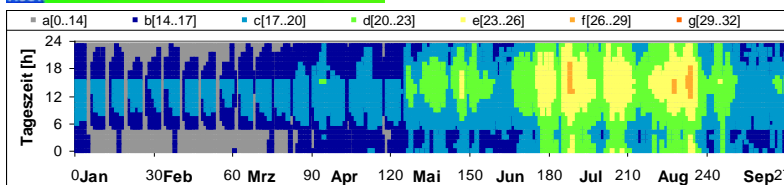
# 3. Praxisbeispiele

## Werkhalle in Frankfurt

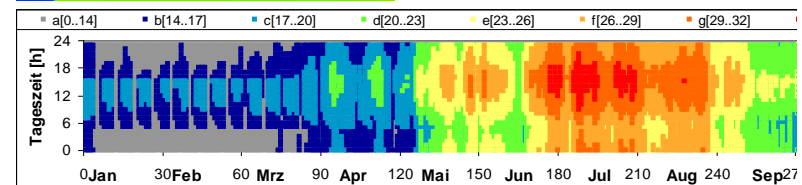
- Die Werkhalle des BiW (Bildungswerk BAU Hessen-Thüringen e.V.) für Bildungsmaßnahmen in Frankfurt sollte saniert werden. Dafür wurden **zwei Entwürfe** mit Seitenfenstern und unterschiedlichen Sheddächern erarbeitet, ein Entwurf mit sieben Dachsheds mit 28 /62 -Neigung, der andere mit sieben Dachsheds mit 45 -Neigung.
- alware hat für beide Varianten der Werkhalle die Tageslichtnutzung und das thermische Raumverhalten untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass der Entwurf mit dem **28 /62 -Sheddach** mit verschatteten und verkleinerten Seitenfenstern die bessere Lösung ist. Die Werkhalle mit dem 45 -Sheddach führt zu stärkeren Überhitzungen im Sommer, hat keinen geringen Heizenergiebedarf und nur eine unwesentlich höhere Tageslichtnutzung.



Shed-28 /62



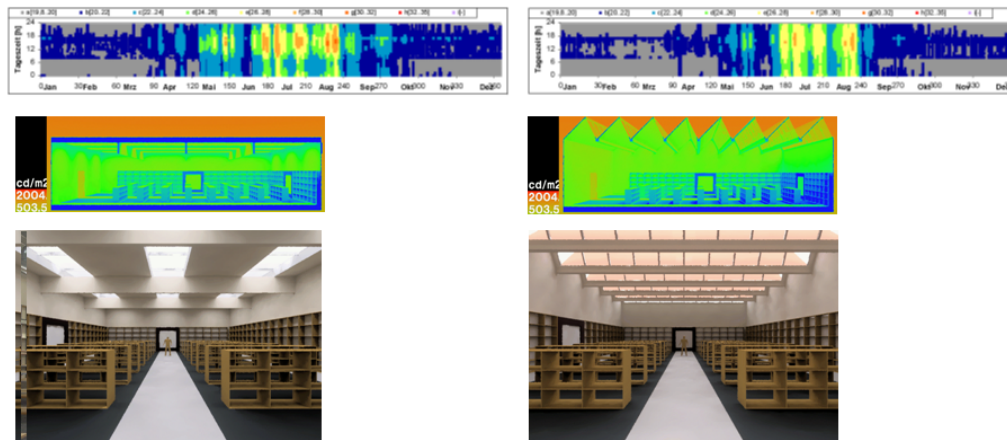
Shed-45



## 3. Praxisbeispiele

### Machbarkeitsstudie Deichmann

- Für eine typische Deichmann-Verkaufsstelle hat alware eine Machbarkeitsstudie zur Tageslichtnutzung durchgeführt. In der Untersuchung ging es um die Auswirkung des Einsatzes von Dachoberlichtern zur Beleuchtung des Verkaufsraumes mit Tageslicht anstatt wie üblich wie Kunstlicht.
- Dazu hat alware mittels Tageslichtsimulationen für drei Oberlicht-Varianten der Verkaufsstelle (Lichtband, schräges Sheddach, senkrechtes Sheddach) das Tageslicht im Innenraum bewertet, die Tageslichtnutzung ermittelt und das energetische Einsparungspotential hinsichtlich künstlicher Beleuchtung berechnet. Über die thermische Gebäudesimulation wurde das thermische Raumverhalten für die Oberlichtvarianten untersucht (z.B. Überhitzungshäufigkeiten).



	'Lichtband'		'Shed_schräg'	
	Energiebedarf [kWh/a]	Betriebskosten [€/a]	Energiebedarf [kWh/a]	Betriebskosten [€/a]
<b>Beleuchtung*</b>	15176	3.035,29 €	15176	3.035,29 €
<b>Heizung**</b>	14579	874,76 €	30785	1.847,08 €
<b>Kühlung***</b>	- nicht gewollt -	0,00 €	- nicht nötig -	0,00 €
<b>Summe</b>		<b>3.910,05 €</b>		<b>4.882,38 €</b>

Ferner: Als Ergebnis der Machbarkeitsstudie konnte ermittelt werden, dass durch den Einsatz von Oberlichtern erhebliche Einsparungen von Energiekosten erzielt werden können. Die Betriebskosten für künstliche Beleuchtung werden reduziert und auf den Einsatz einer Kühlung kann vollständig verzichtet werden. Der visuelle Komfort (Tageslichtversorgung) wird verbessert.



## 8. Kontaktinformationen



Ingenieurbüro für  
Bauphysik und Gebäudesimulation

alware GmbH  
Rebenring 37  
38106 Braunschweig

Geschäftsführung  
Dipl.-Phys. Ing. Andreas Lahme,  
Hans-Joachim Nehring

Telefon	0531 25072-80
Fax	0531 25072-81
E-Mail	info@alware.de
Internet	www.alware.de

alware ist Gründungsmitglied der



### Mitgliedschaften



Exportinitiative Energieeffizienz vom BMWi



FiTLicht  
(Fördergemeinschaft innovative Tageslichtnutzung e.V.)



Fachausschuss zur VDI Richtlinie 6011 Blatt 2  
(Optimierung Tageslicht und künstl. Beleuchtung)