

# Sommerlicher Wärmeschutz in Nichtwohngebäude

29.6.2021

Bauzentrum München

ACE - Andrea Costa Engineering  
Pfälzerstr. 75 - D-83109 Großkarolinenfeld  
[andrea@ace-energyconcepts.com](mailto:andrea@ace-energyconcepts.com)

Andrea Costa  
Münchner Gesellschaft für Stadterneuerung mbH  
Haager Str. 5 – 81671 München  
[a.costa@mgs-muenchen.de](mailto:a.costa@mgs-muenchen.de)

## ■ Inhalt

- Grundlagen
- Normen
- Von Planern und Menschen

## ■ Warum sommerlicher Wärmeschutz?

- Behaglichkeit der Nutzer sicherstellen
- Energieeinsparung maximieren

## ■ Wie wird Behaglichkeit „gemessen“?

– In der DIN EN ISO 7730:2006 werden 6 Faktoren festgelegt

- Lufttemperatur
  - Oberflächentemperatur
- 
- Vertikale Temperaturschichtung
  - Asymmetrie Strahlung Wand/Innen
  - Warme und kalte Böden
- Luftgeschwindigkeit
  - Luftfeuchte
  - Menschliche Aktivität
  - Bekleidungsgrad

– Weitere Faktoren:

- Blendschutz
- Luftzug
- Luftqualität VOC (giftige Gase, Gerüche)
- Luftqualität CO<sub>2</sub>

## ■ Wie wird Behaglichkeit „gemessen“?

### – Prozentsatz an Unzufriedenen

Aus der Mischung der 6 Faktoren ergibt sich ein subjektives Gesamttempfinden: das PMV

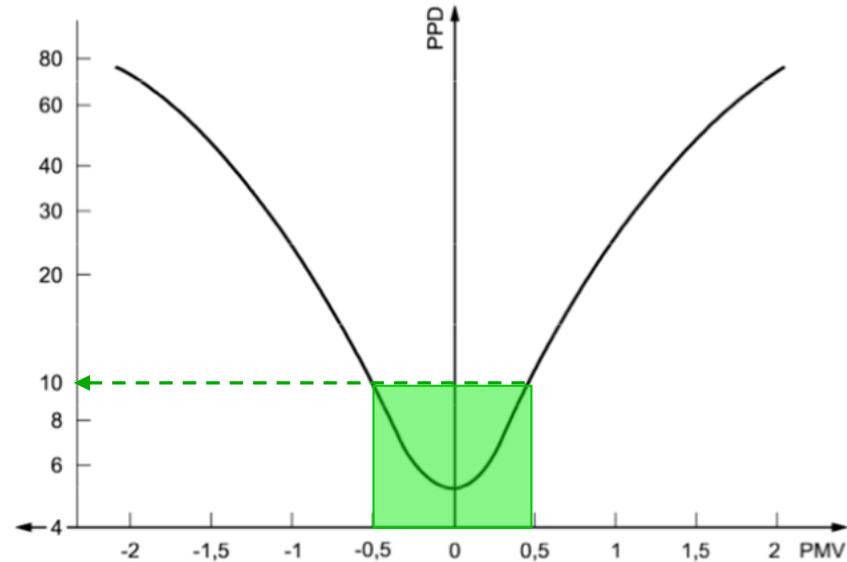
Aus dem PMV ergibt sich statistisch die Anzahl von “Unzufriedenen”: der PPD

Vorausgesagtes  
mittleres Votum (PMV)

+ 3	heiß
+ 2	warm
+ 1	etwas warm
0	neutral
- 1	etwas kühl
- 2	kühl
- 3	kalt



Vorausgesagter  
Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD)



#### Legende

PMV Vorausgesagtes mittleres Votum  
 PPD Vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen, %

- Wie wird Behaglichkeit „gemessen“?
  - In der DIN EN 15251 (ersetzt durch DIN EN 16798-1:2021-04)
    - Thermische Behaglichkeit

## Maschinell beheizte und/oder gekühlte Gebäude

Kategorie	Beschreibung
I	hohes Maß an Erwartungen; empfohlen für Räume, in denen sich sehr empfindliche und anfällige Personen mit besonderen Bedürfnissen aufhalten, z. B. Personen mit Behinderungen, kranke Personen, sehr kleine Kinder und ältere Personen
II	normales Maß an Erwartungen; empfohlen für neue und renovierte Gebäude
III	annehmbares, moderates Maß an Erwartungen; kann bei bestehenden Gebäuden angewendet werden
IV	Werte außerhalb der oben genannten Kategorien. Diese Kategorie sollte nur für einen begrenzten Teil des Jahres angewendet werden

**ANMERKUNG** Auch in anderen Normen wie z. B. EN 13779 und EN ISO 7730 wird eine Einteilung in Kategorien vorgenommen; diese können jedoch unterschiedlich benannt sein (A, B, C oder 1, 2, 3 usw.)

**Angestrebte Kategorie für Neubauten:**  
**Kat. II DIN 15251 entspricht**  
**Kat. B DIN 7730**

**Maximaltemperatur: 26 ° C**

**Eine maximale Überschreitung der Raumtemperatur bei 3 % der Betriebsstunden gilt in der DIN 15251 noch als zulässig.**

**Dies bedeutet ca. 100 h im Jahr über 26 ° C**

Tabelle A.1 — Beispiele empfohlener Kategorien für die Auslegung maschinell geheizter und gekühlter Gebäude

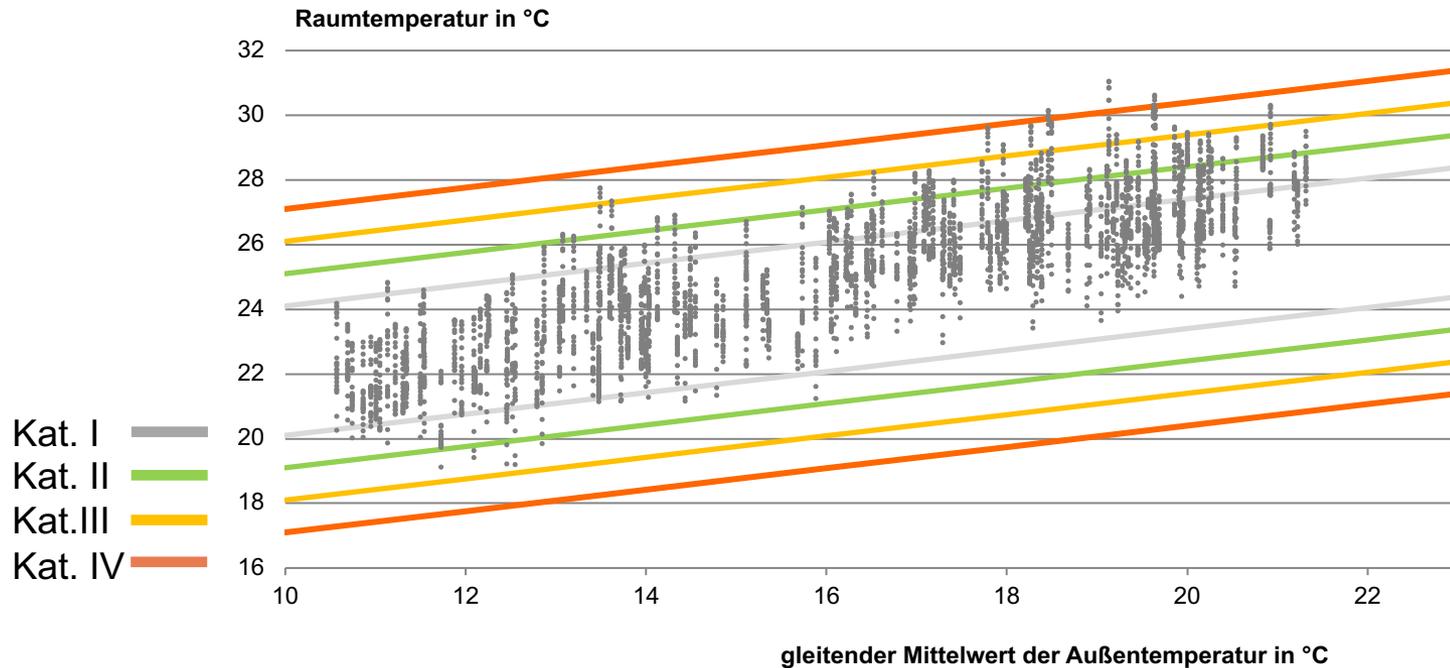
Kategorie	Thermischer Zustand des Körpers insgesamt	
	PPD %	Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)
I	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
II	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
III	< 15	-0,7 < PMV < +0,7
IV	> 15	PMV < -0,7 oder +0,7 < PMV

Gebäude-/Raumtyp	Aktivität Wm <sup>-2</sup>	Kategorie	Operative Temperatur °C		Maximale mittlere Luftgeschwindigkeit <sup>a</sup> m/s	
			Sommer (Kühlungsperiode)	Winter (Heizperiode)	Sommer (Kühlungsperiode)	Winter (Heizperiode)
Einzelbüro Bürolandschaft Konferenzraum Auditorium Cafeteria/ Restaurant Klassenraum	70	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,12	0,10
		B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,19	0,16
		C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,24	0,21 <sup>b</sup>
Kindergarten	81	A	23,5 ± 1,0	20,0 ± 1,0	0,11	0,10 <sup>b</sup>
		B	23,5 ± 2,0	20,0 ± 2,5	0,18	0,15 <sup>b</sup>
		C	23,5 ± 2,5	22,0 ± 3,5	0,23	0,19 <sup>b</sup>
Kaufhaus	93	A	23,0 ± 1,0	19,0 ± 1,5	0,16	0,13 <sup>b</sup>
		B	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0	0,20	0,15 <sup>b</sup>
		C	23,0 ± 3,0	19,0 ± 4,0	0,23	0,18 <sup>b</sup>

5

- Wie wird Behaglichkeit „gemessen“?
  - In der DIN EN 15251 (ersetzt durch DIN EN 16798-1:2021-04)
    - Anzahl der Übertemperaturstunden

Gebäude ohne maschinelle Kühlung => Anpassung an Hitzeperioden

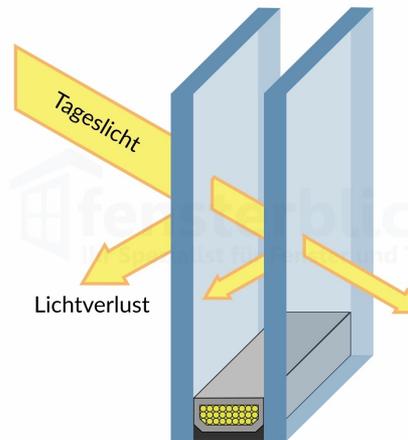


$$\theta_{rm} = (\theta_{ed-1} + 0,8\theta_{ed-2} + 0,6\theta_{ed-3} + 0,5\theta_{ed-4} + 0,4\theta_{ed-5} + 0,3\theta_{ed-6} + 0,2\theta_{ed-7}) / 3,8$$

$\theta_{rm}$  der gleitende Mittelwert der Temperatur für den aktuellen Tag;

$\theta_{ed-1}$  der Tagesmittelwert der Außentemperatur für den vorherigen Tag;

- DIN 4108-2:2013 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
   
 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
  - Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz gelten für beheizte Räume und Gebäude.
  
- Vereinfachtes Verfahren **Sonneneintragskennwerte** (tabellarisch)
  - Sonneneintragswert ist das Verhältnis der durch die Fenster eingetragenen Sonnenenergie zur Netto Raumfläche
  - Nachweis wird erbracht, wenn der berechnete Sonneneintragswert kleiner ist als der zulässige Sonneneintragswert



Zu berücksichtigende Faktoren

- Fensterfläche
- G-Wert (Energiedurchlassgrad)
- Netto-Raumfläche
- Himmelsrichtung

## ■ DIN 4108-2:2013 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

- Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz gelten für beheizte Räume und Gebäude.

## ■ Vereinfachtes Verfahren **Sonneneintragskennwerte** (tabellarisch)

- Sonneneintragswert ist das Verhältnis der durch die Fenster eingetragenen Sonnenenergie zur Netto Raumfläche
- Nachweis wird erbracht, wenn der berechnete Sonneneintragswert kleiner ist als der zulässige Sonneneintragswert

Raum	Bauart	Klima-region	Grund-fläche A_G	Nacht-lüftung	Fensterfläche A_W				Fassadenflächenanteile f_WG			Nachweis erforderlich?			Rechenbeiwerte						Sonneneintragskennwerte S_max und S_vorh						Nachweis erfüllt?
					Neigung	Richtung	Fenster-fläche A_W	Sonnen-schutz g	F_c	g_tot	NW-S-NO	N	Dach-flächen	NW-S-NO	N	Dach-flächen	A_W, gtot0,4	A_W, neig	A_W, nord	f_WG	f_neig	f_nord	S1	S2	S3	S4	
01 - Sporthalle	mittlere	B	1342.5	keine	295.3				9%			NEIN			295.3	124.1	0.22	0.42	0.013	0.005	0.030	0.000	0.042	0.000	0.090	0.019	JA
					90	N	124.1	0.24	0.29	0.07							124.1	124.1	0.09	0.42							
04 G Werkraum G.U. 14 G.U. 15	mittlere	B	72.4	erhöht	29.4				41%			JA			29.4	0.0	0.41	0.00	0.081	-0.017	0.030	0.000	0.000	0.000	0.094	0.040	JA
					90	W	29.4	0.45	0.22	0.10										0.41	0.00						
07 Mensa Speisesaal	mittlere	B	468.5	keine	142.8				15%			JA			142.8	71.4	0.30	0.50	0.013	-0.005	0.030	0.000	0.050	0.000	0.088	0.021	JA
					90	N	71.4	0.24	0.29	0.07							71.4	71.4	0.15	0.50							
08 R Küche	mittlere	B	44.2	keine	6.7				15%			JA			6.7	0.0	0.15	0.00	0.013	0.013	0.030	0.000	0.000	0.000	0.056	0.015	JA
					90	O	6.7	0.45	0.22	0.10										0.15	0.00						
08 R Küche Spülen	mittlere	B	53.6	erhöht	18.1				34%			JA			18.1	0.0	0.34	0.00	0.081	-0.009	0.030	0.000	0.000	0.000	0.102	0.024	JA
					90	S	18.1	0.24	0.29	0.07										0.34	0.00						
09 G Büro GTB	mittlere	B	22.0	erhöht	6.1				28%			JA			6.1	0.0	0.28	0.00	0.081	-0.002	0.030	0.000	0.000	0.000	0.109	0.027	JA
					90	S	6.1	0.45	0.22	0.10										0.28	0.00						
09 G Schulleiter	mittlere	B	28.5	erhöht	26.1				28%			JA			26.1	0.0	0.92	0.00	0.081	-0.075	0.030	0.000	0.000	0.000	0.036	0.064	NEIN
					90	S	26.1	0.24	0.29	0.07										0.92	0.00						

- DIN 4108-2:2013 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden  
Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
  
- Komplexes Verfahren **thermische Gebäudesimulation** mit festgelegten Parametern
  - Auswahl unter 3 Wetterdatensätzen für ganz Deutschland
  - Nutzungszeit Mo. – Fr. von 7:00 Uhr bis 18:00 Uhr.
  - Interne Wärmeeinträge: 144 Wh/(m<sup>2</sup>d) (entspricht 6 W/m<sup>2</sup>)
  - Grundluftwechsel: Tagsüber 4\* A/V (1/h) (entspricht ca. 1,5 (1/h) bei 2,7 m Höhe); Nachts 0,24 (1/h)
  - Erhöhter Luftwechsel: Tagsüber 3 (1/h)  
Nachts 2 (1/h) bei Fensterlüftung bzw.  
5 (1/h) bei geschoßübergreifender Lüftung



Nachweis erbracht wenn Übertemperaturgradstunden < 500 Kh/a  
(Übertemperatur ist je nach Wettersatz mit 25, 26 bzw. 27 ° C definiert)

## ■ Überhitzung stellt sich ein als Summe von Einwirkungen:

- Sonneneintrag  Verschattung, Blendschutz
- interne thermische Lasten  Kühllast
- thermische Speicherkapazität der Masse  Bauphysik?
- Austragung der Lasten  Lüftungskonzept (=> Statik?)  
Kühlkonzept

Maßnahmen entsprechend gewichten! „was bringt wieviel?“

Ist das Gebäude „sonnenlastig“ oder „innenlastig“?

Ein typischer Fall für die Integrale Planung!

## ■ Maßnahmen gewichten, nach der Reihenfolge:

### – Thermische Lasten im Raum vermeiden:

- Verschattung Tageslicht maximieren => Blendschutz nicht vergessen!
- Interne Lasten reduzieren => Beleuchtung, elektrische Wirkungsgrade von Geräten
- Abwärme direkt abführen => z.B. Serverkühlung, Maschinenabwärme

### – Thermische Lasten passiv oder hybrid abführen

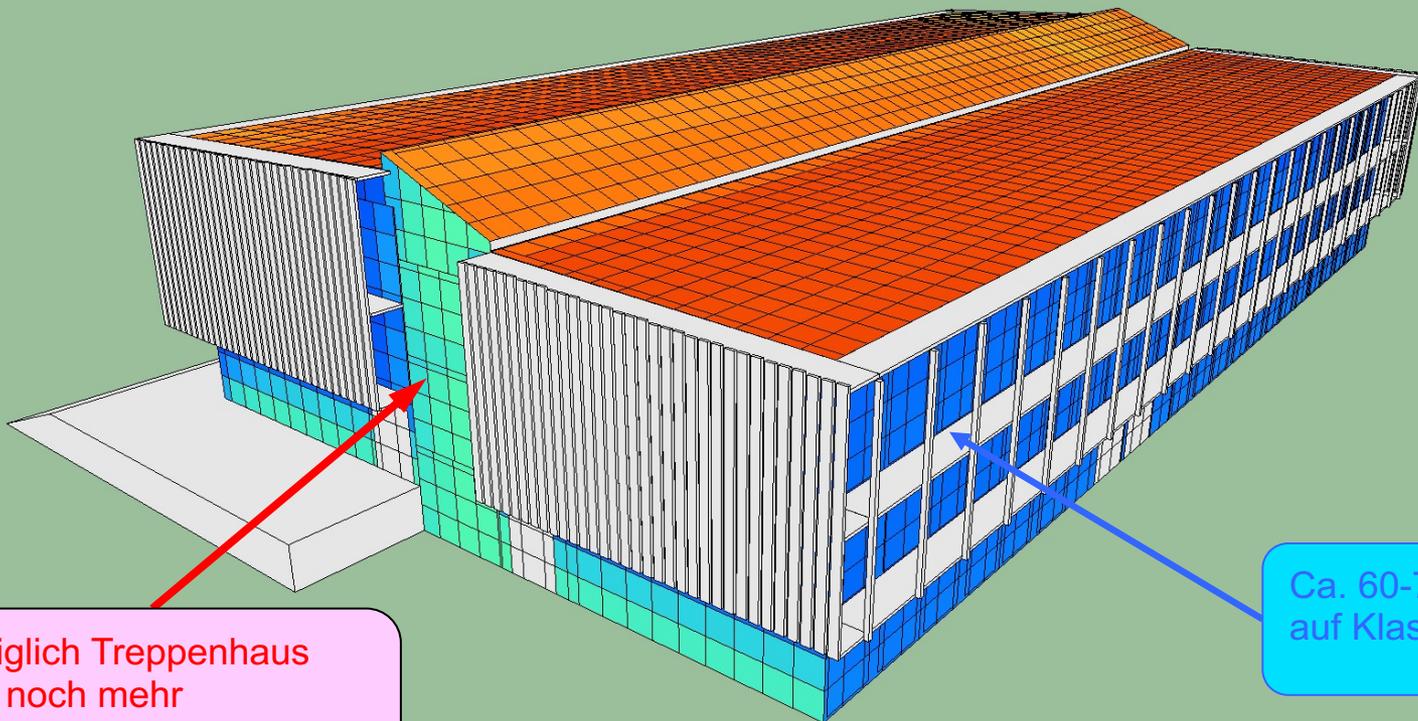
- Nacht-vorkühlung durch Lüftung, Querlüftung, Thermik => nur Stellmotoren oder mit ABL Anlage
- Massentemperierung durch Sole/Grundwasser => nur Pumpenstrom ABER: Investitionen für Brunnen, Erdsonden, Erdkörbe etc.

### – Thermische Lasten aktiv abführen

- Umschliessungsflächen temperieren: Fußbodenkühlung, Betonkerntemperierung, Kühldecken
- Lastspitzen über die Lüftung: schnell-reagierend ABER: Luftwechsel auf hygienischem Niveau => kein großer Umluftbetrieb! Energieeffizienz beachten!

## ■ Lasten vermeiden (passive Maßnahmen)

– Verschattung (oder Sonnenschutzglas?)



Lediglich Treppenhaus  
und noch mehr  
Atriumsdach sind belastet  
(bis 140 kWh/m<sup>2</sup> im Juli)

Ca. 60-70 kWh/m<sup>2</sup>a  
auf Klassenfenster

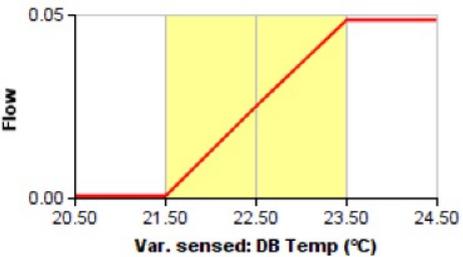






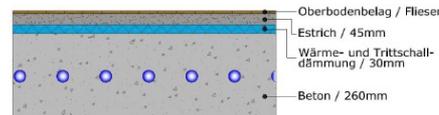
## ■ Lasten passiv / hybrid abführen

- Massentemperierung mit Fußbodenheizung bzw. Betonkernaktivierung
  - durch Erdreich-Sole oder Grundwasser => Pumpenstrom (Hauptanwendung bei Nutzung mit reversibler Wärmepumpe)



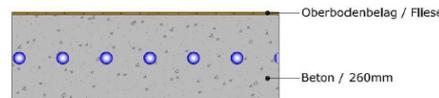
BETONKERNTEMPERIERUNG	
Dicke Beton	0,3 m
Dichte Beton	2400 kg/m <sup>3</sup>
Fläche Loops	12 m <sup>2</sup> (2m * 6m)
<b>Masse Beton</b>	<b>8640 kg</b>
Abschlag tote Flä	20%
Länge loop	58,5 m (Stränge * Länge für 15 cm Abstand)
Durchmesser	0,02 m
Querschnitt	0,000314 m <sup>2</sup>
<b>Wasservolumen</b>	<b>18,4 l</b>
<b>Auslegung Kühlung</b>	
T <sub>in</sub>	16 °C
T <sub>out</sub>	20 °C
T <sub>R</sub>	26 °C
T <sub>slab</sub>	21,5 °C (1/2 K weniger als Mittelwert)
DeltaT <sub>Ref</sub>	3,5 K
Leistung Lowatex	48 W/m <sup>2</sup>
<b>Leistung loop</b>	<b>576 W</b>
Massenstrom	0,034 kg/s

Auslegung einer Betondecke mit Wärme- und Trittschda



	Kühlfall:	Heizfall:
Ausleistung über Decke [W/m <sup>2</sup> ]	43	20
Ausleistung über Fußboden [W/m <sup>2</sup> ]	5	3
gesamte Ausleistung [W/m <sup>2</sup> ]	48	23

Auslegung einer Betondecke ohne Wärme- und Trittschda



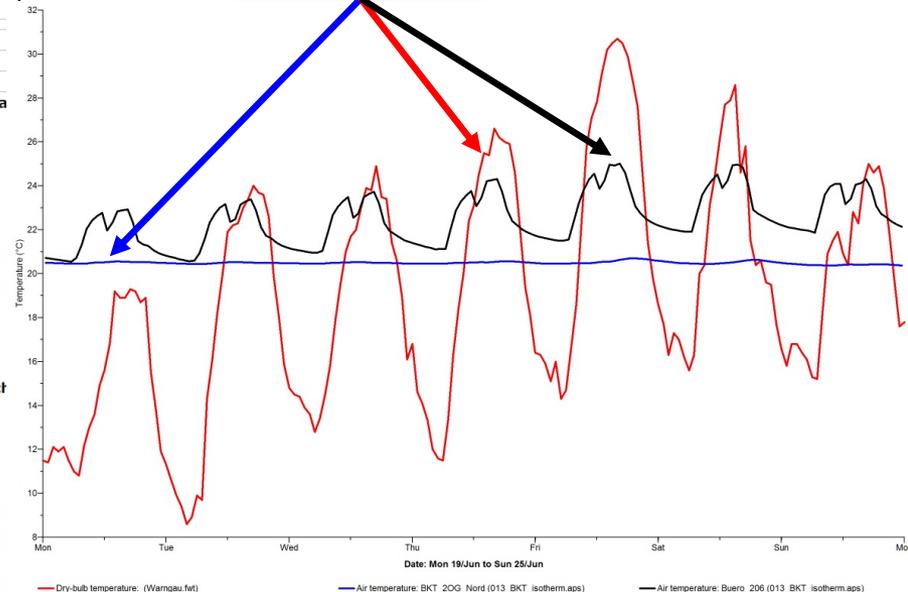
	Kühlfall:	Heizfall:
Ausleistung über Decke [W/m <sup>2</sup> ]	39	16
Ausleistung über Fußboden [W/m <sup>2</sup> ]	25	20
gesamte Ausleistung [W/m <sup>2</sup> ]	64	36

**Kühlen:**  
 Vorlauftemperatur: 16 ° C  
 Rücklauftemperatur: 20 ° C  
 Temperaturspreizung: 4 K

**Regelung Volumenstrom:**  
 0 l/s bei Raumtemp. < 21,5 ° C  
 0,054 l/s pro Kreis bei Raumtemp. > 23,5 C

zwischen 21,5 und 23,5 C Raumluft erfolgt lineare Änderung vom Volumenstrom.

Raumtemperatur  
 BKT-Temperatur  
 Außenlufttempera  
 tur



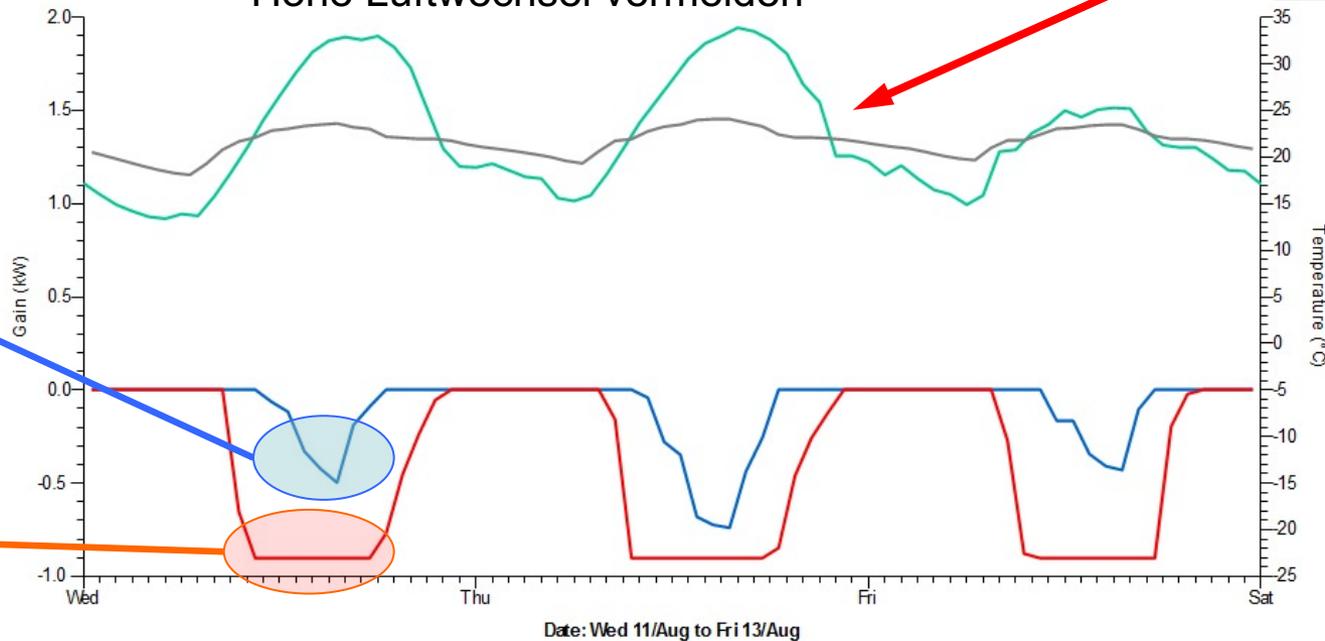
## ■ Lasten aktiv abführen

Nicht mit der Keule : Behaglichkeit beachten!!

- Umschliessungsflächen temperieren (träge)
- Lastspitzen über die Lüftung abführen (schnellreagierend)

Hohe Luftwechsel vermeiden

Außenlufttemperatur  
Raumtemperatur nicht  
über 24 ° C



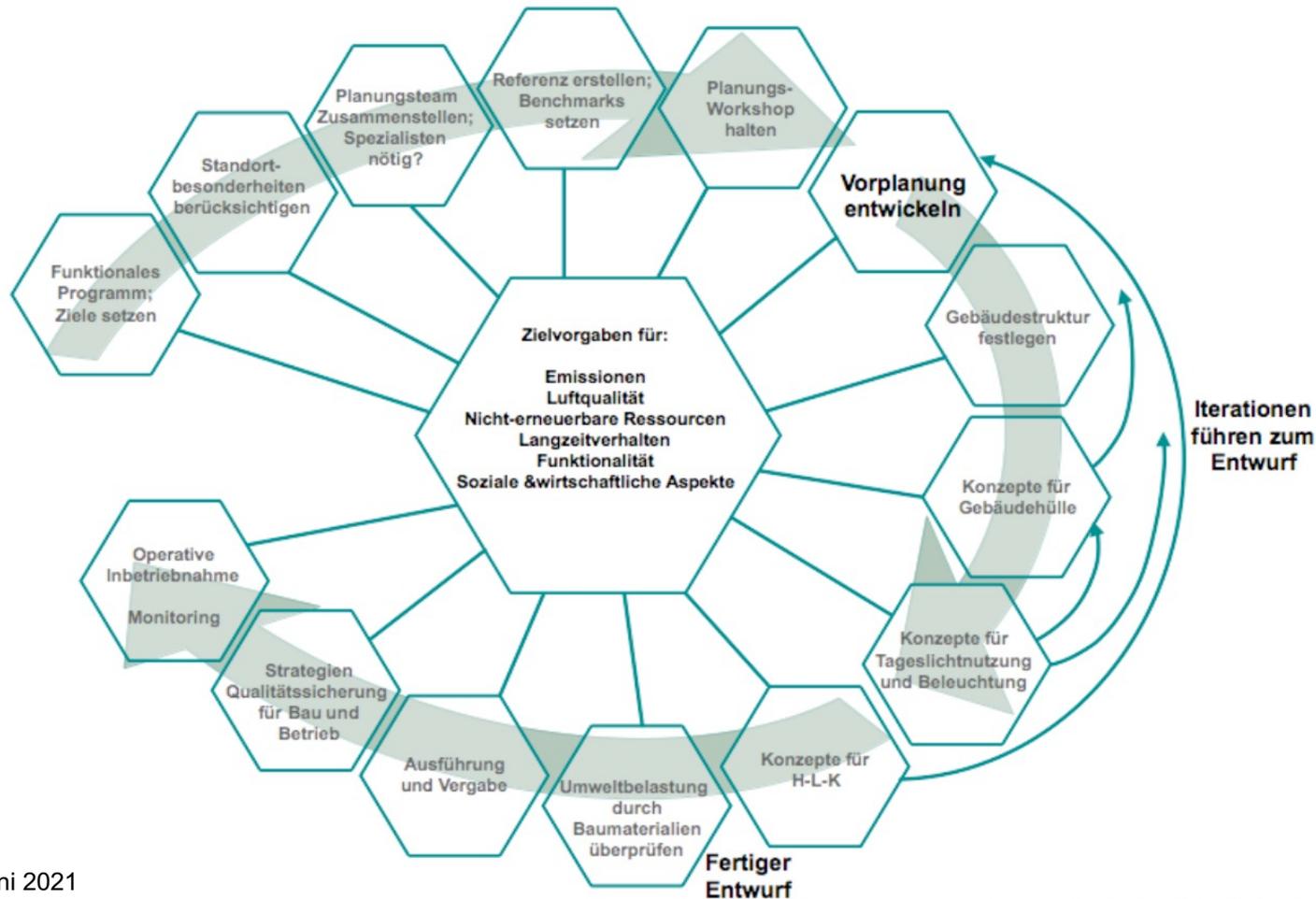
— Equipment gain: Büro 207 (fbk\_umlufkühlung.aps)

— Space conditioning sensible: Büro 207 (fbk\_umlufkühlung.aps)

— Dry-bulb temperature: TRY2010\_13\_Standard.epw(TRY2010\_13\_Standard.epw)

— Dry resultant temperature: Büro 207 (fbk\_umlufkühlung.aps)

- Miteinander reden (manchmal schwierig, ist wahr...)
- Integrale Planung bietet hervorragende Basis
- „kreative“ Gedanken und Lösungsansätze am Besten im Vorentwurf



## Klimaengineering aus einer Hand

Thermisch-dynamische Gebäudesimulation  
Tageslichtsimulation  
Luftströmungssimulation



**Andrea Costa**  
ACE energyconcepts  
Pfälzerstr. 75  
D-83109 Großkarolinenfeld  
Ph.: +49 (0) 8031 352745  
e-mail: andrea@ace-energyconcepts.com