

Prof. Dr. Martin H. Spitzner

Bei Sommerhitze cool bleiben

Berechnung; Nachweis

25.05.2020

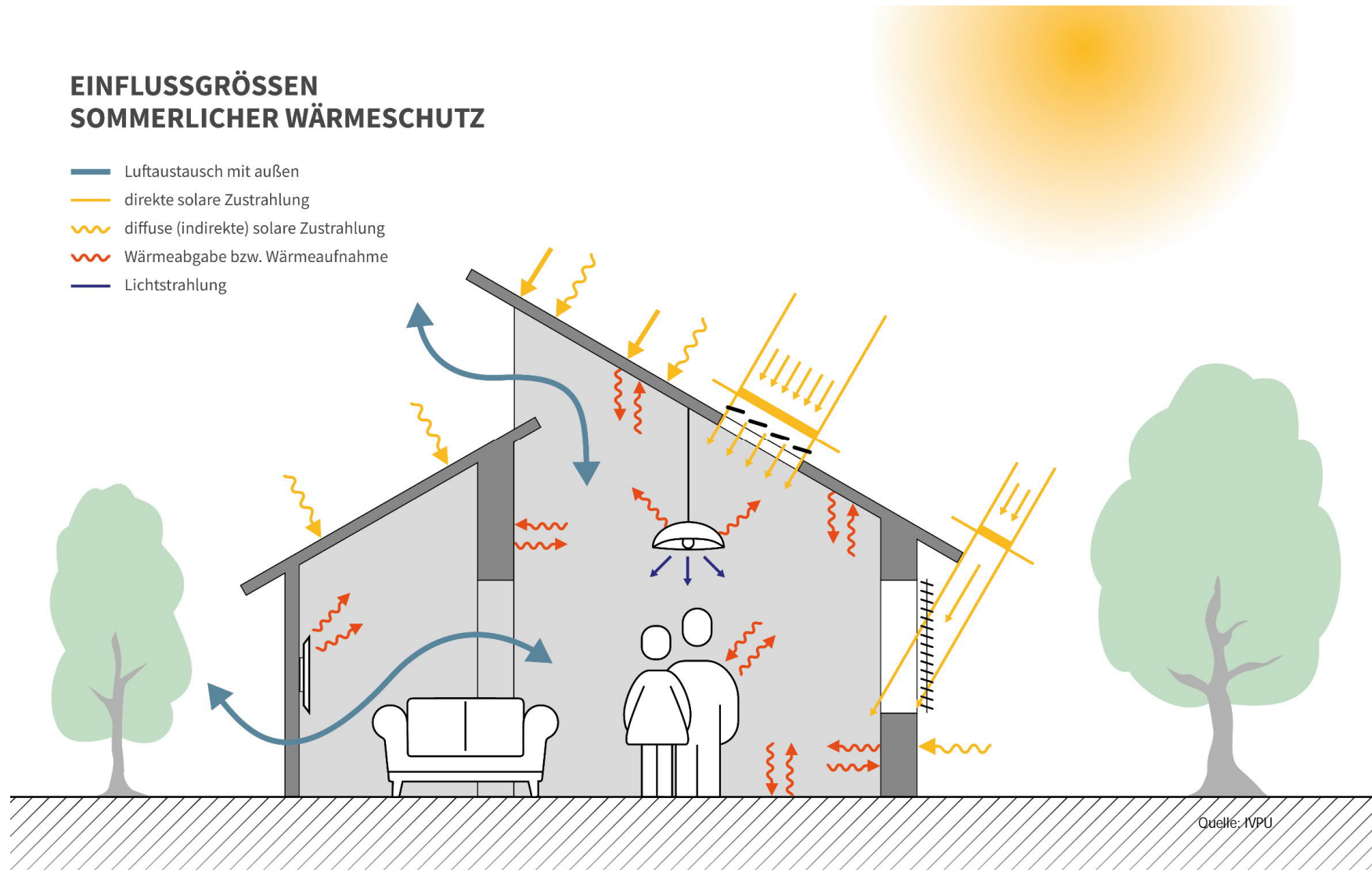
Professur Bauphysik, Baustoffkunde, Baukonstruktion

HBC. Hochschule Biberach

Biberach an der Riß

## EINFLUSSGRÖSSEN SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

- Luftaustausch mit außen
- direkte solare Zustrahlung
- diffuse (indirekte) solare Zustrahlung
- Wärmeabgabe bzw. Wärmeaufnahme
- Lichtstrahlung



Quelle: IVPU

# Sommerlicher Wärmeschutz - Berechnungsverfahren

## 1. Bauteilverfahren

- a. stationär (U-Wert): kann Tagesverlauf nicht abbilden; springt zu kurz  
betrachtet nur das Bauteil und nicht den Raum
- b. analytische Lösung der DGL: diverse Berechnungsprogramme  
ergibt (mit starken Vereinfachungen) TAV, TAD,  $\varphi$   
betrachtet nur das einzelne Bauteil und nicht den Raum

## 2. vereinfachte Raum-Verfahren:

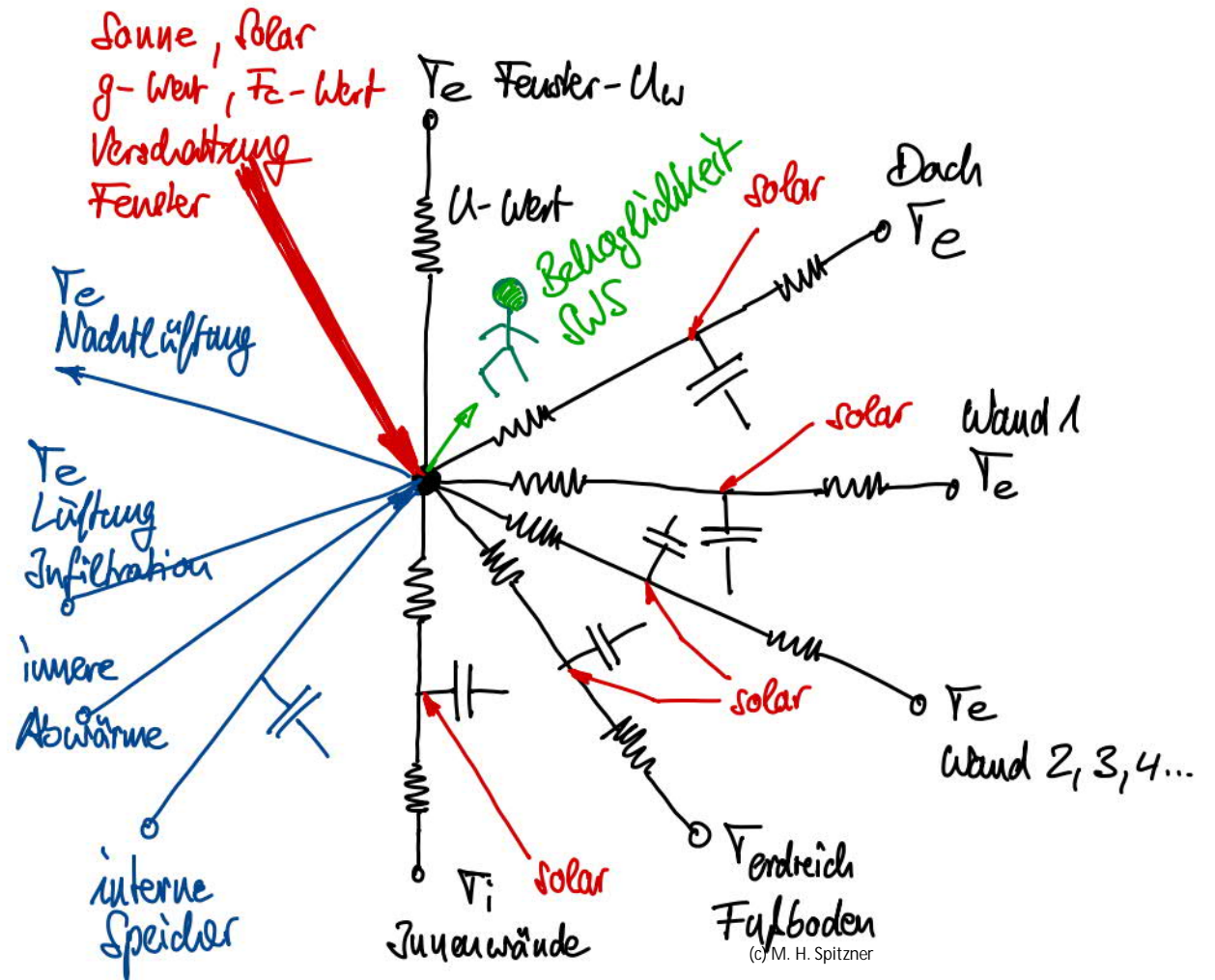
- Sx-Verfahren (DIN 4108-2): erfaßt die wichtigsten Bauteile (Fenster inkl. Verschattung)  
Raumbezug gegeben (Größe, Bauweise, Nutzung, Speichervermögen)

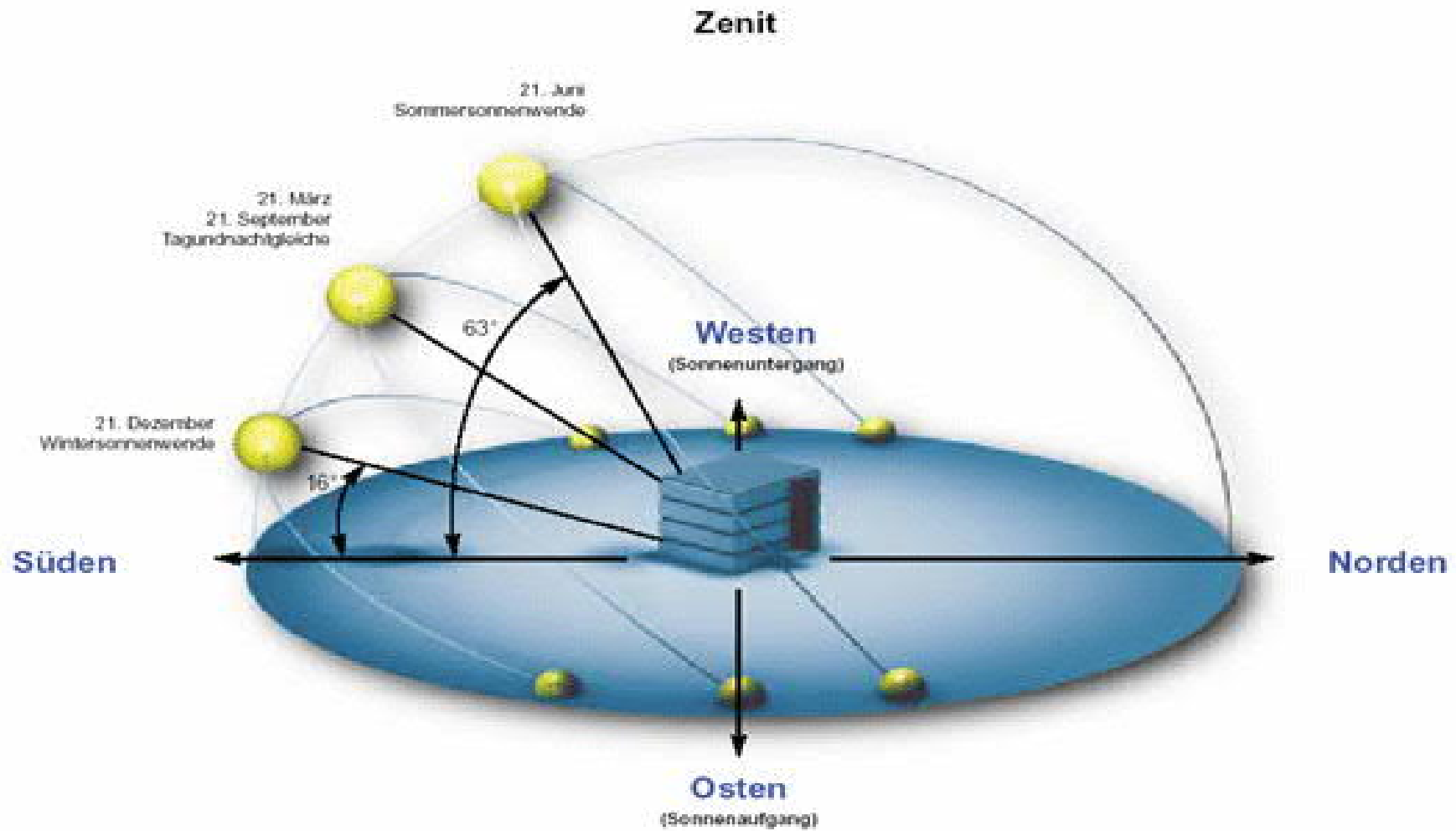
## 3. Raum-Verfahren

- dynamische Gebäudesimulation: aufwendig, aber erprobt  
Randbedingungen für SWS siehe u.a. DIN 4108-2

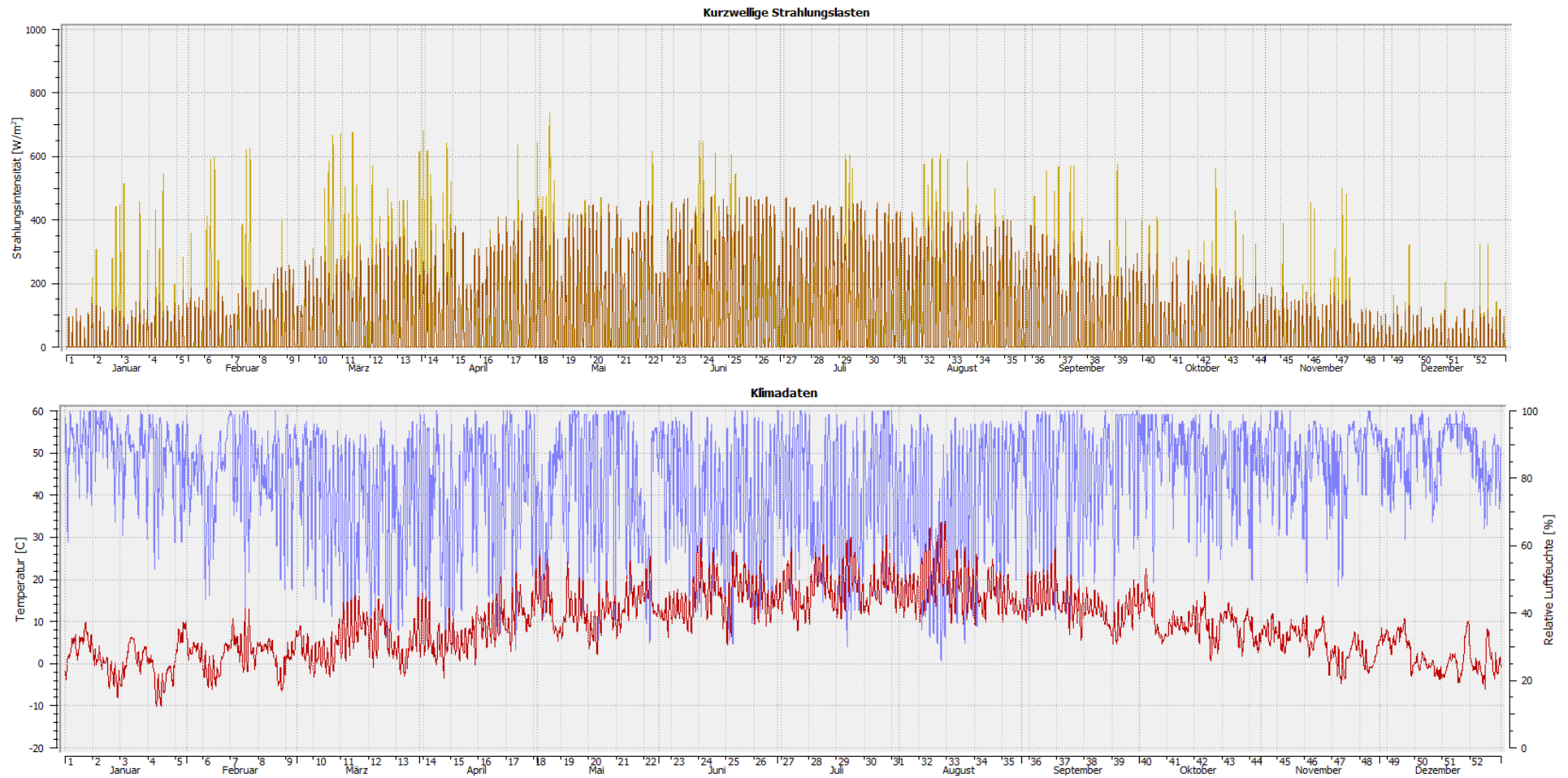
# Einflußgrößen

- Fensterfläche, -orientierung, -neigung
- Verschattung, Sonnenschutz
- Glas
- Raumgröße, Raumsituation
- Bauschwere (Puffer)
- Nachtlüftung
- innere Abwärme, Nutzer
- (Passive Kühlung)
- Dämmniveau
- einzelne Baustoffe





# Klimadaten, 1 Jahr = 8760 Stunden



# ...und in der Wirklichkeit?

Thermische Gebäudesimulationen

Massivbau, Leichtbau

Sommerklimaregion B

verschiedene Sanierungs- und Dämmniveaus

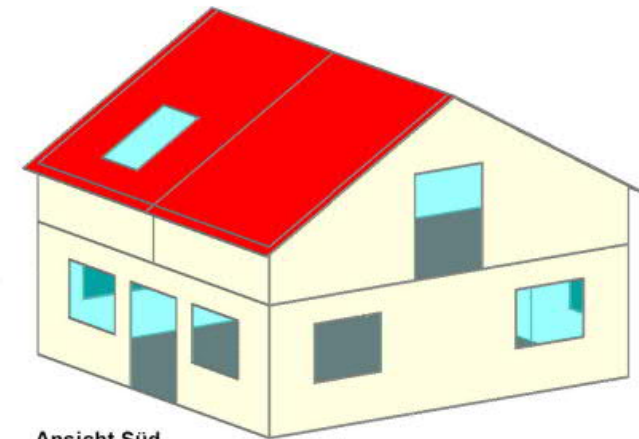
U-Wert von 1,5 (unsaniert) bis 0,18 W/(m<sup>2</sup>K)

TAV von 0,26 bis 0,11

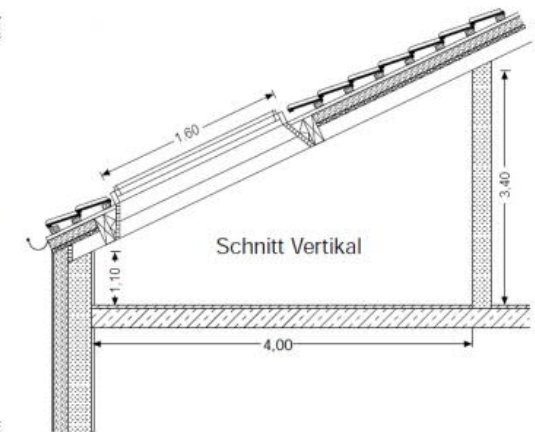
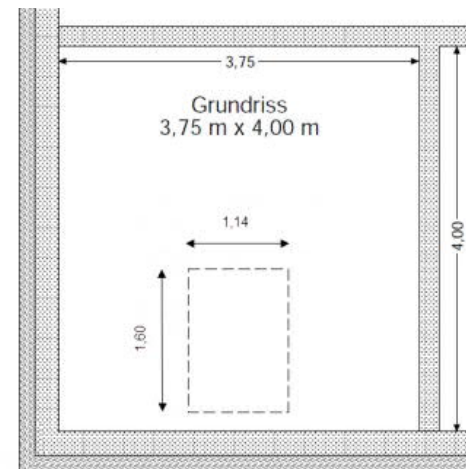
TAD von 3,8 bis 9,5

φ von 5:40 bis 11:30 h

MW, WF, CF, PU, WW



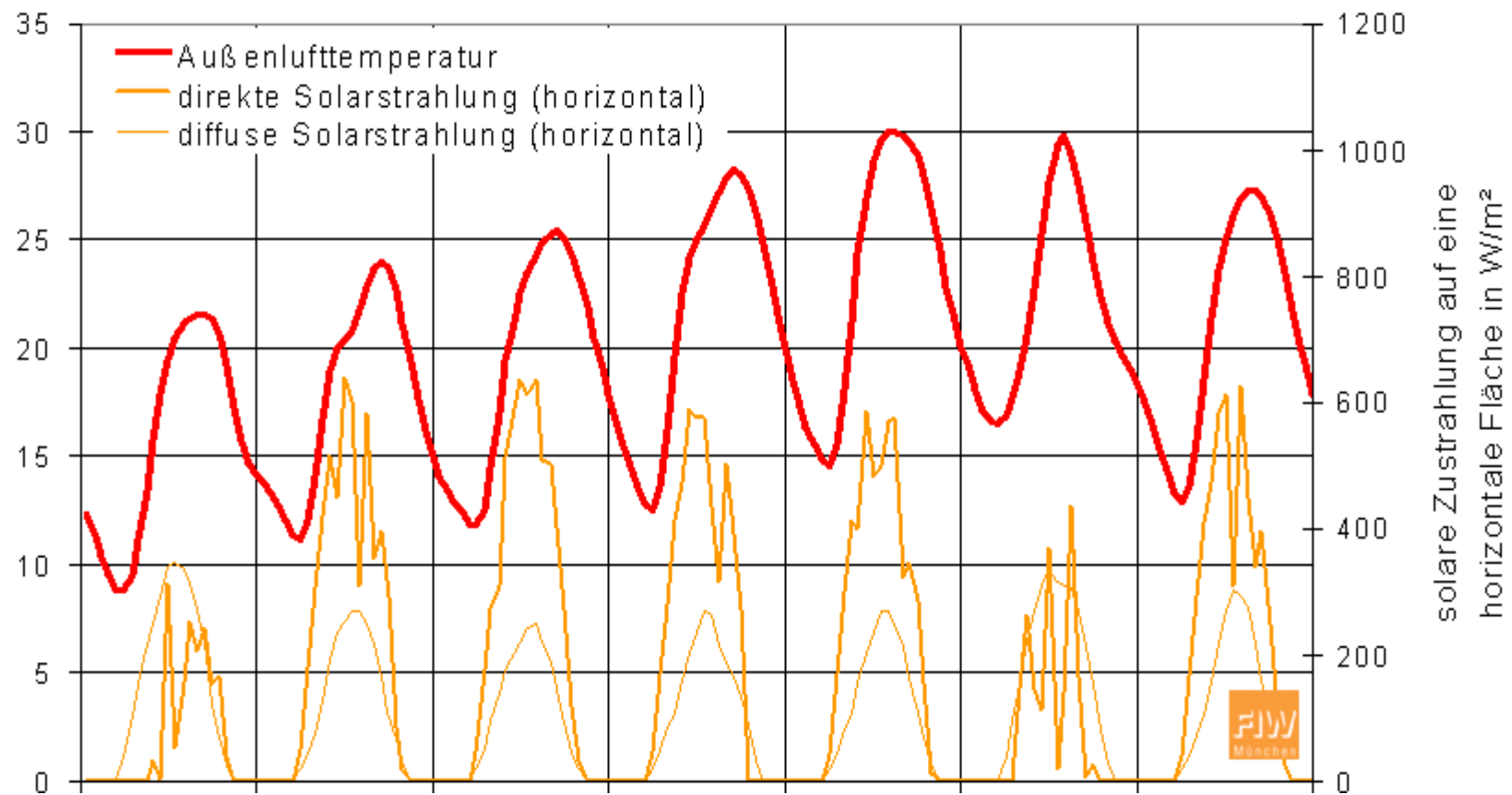
Ansicht Süd



Schnitt Vertikal

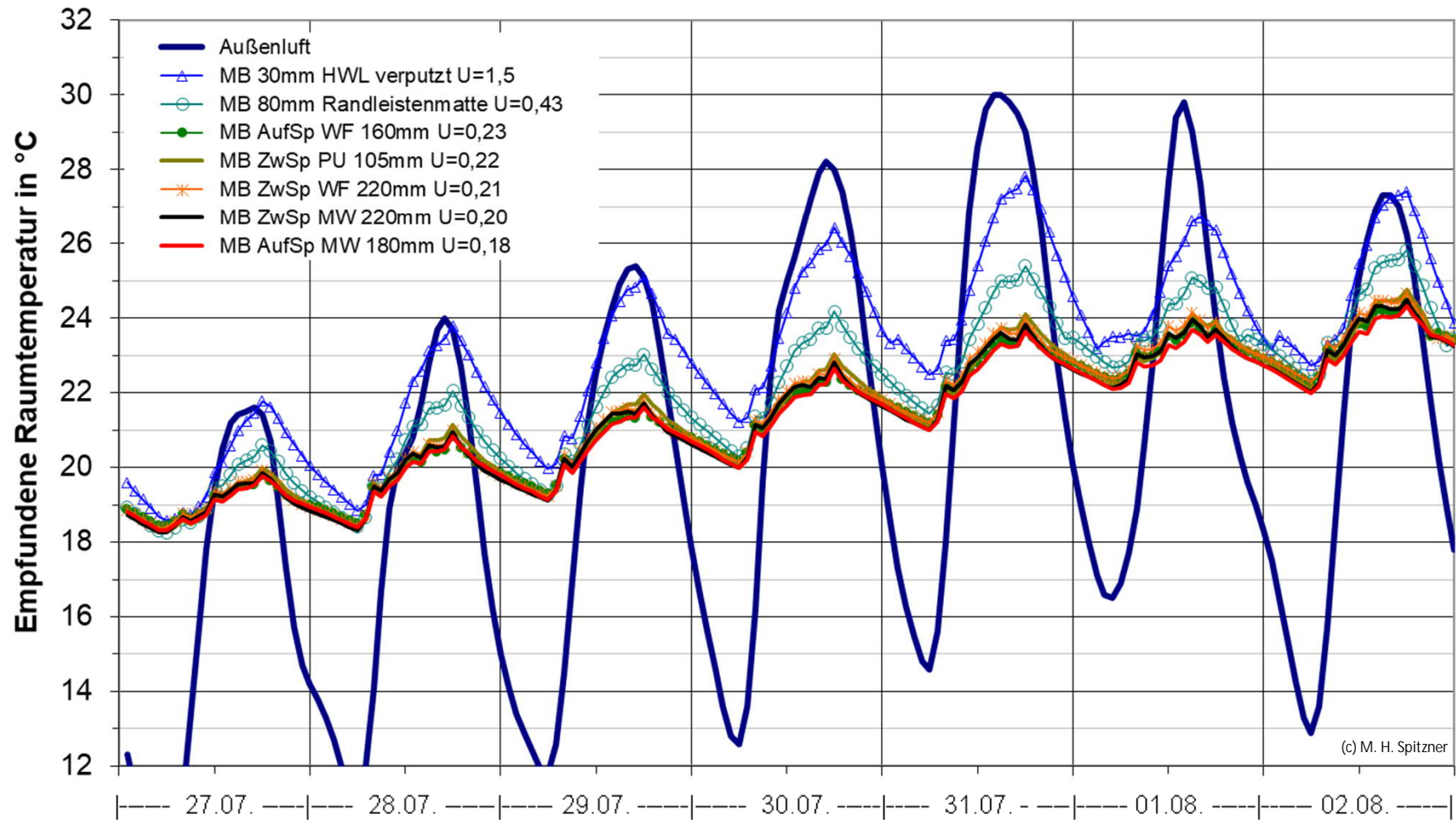
# Thermische Gebäudesimulation

Klima einer heißen Woche im Hochsommer (Juli / August)



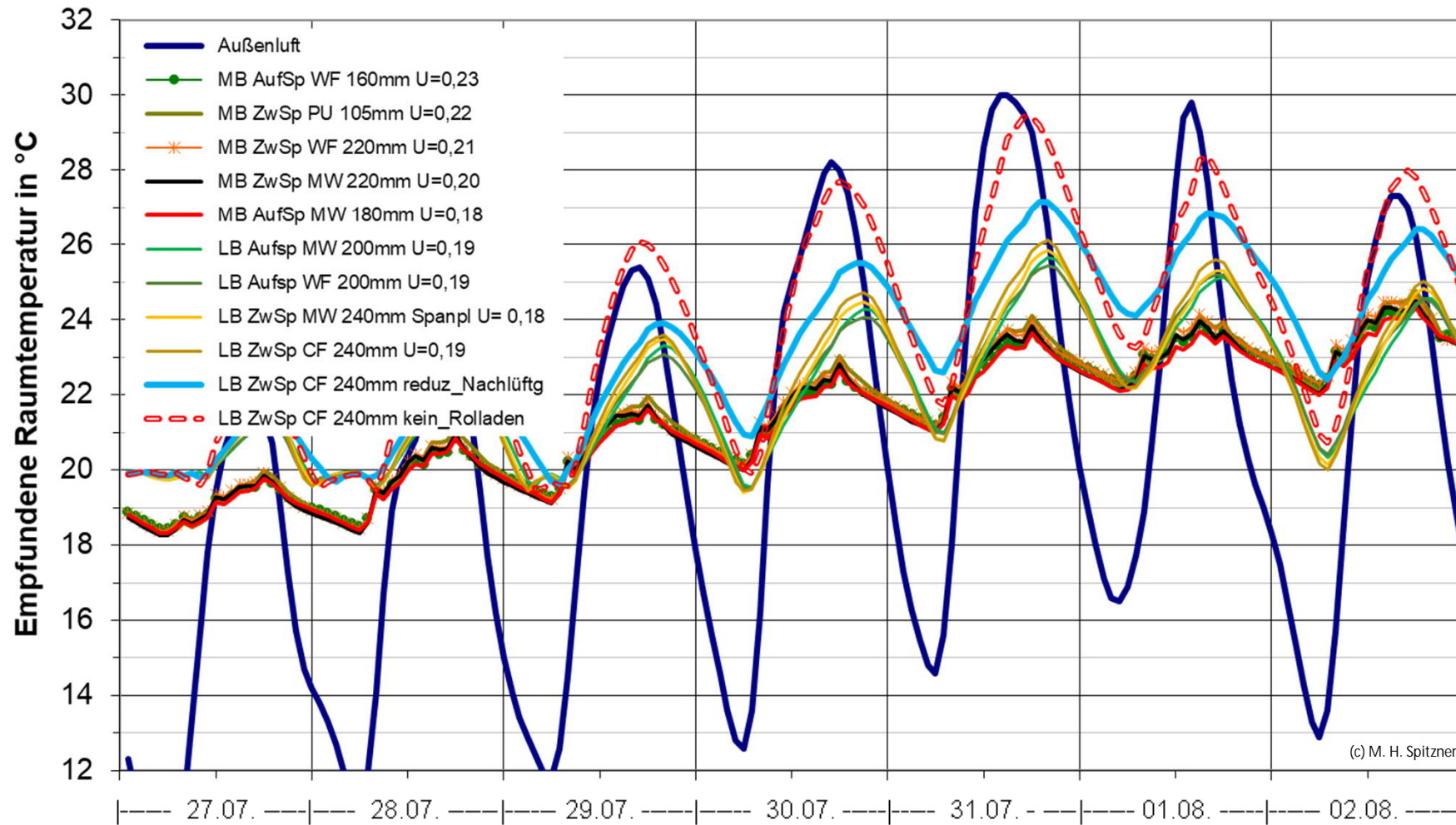


## Raumtemperatur im ausgebauten Dach in einer heißen Sommerwoche

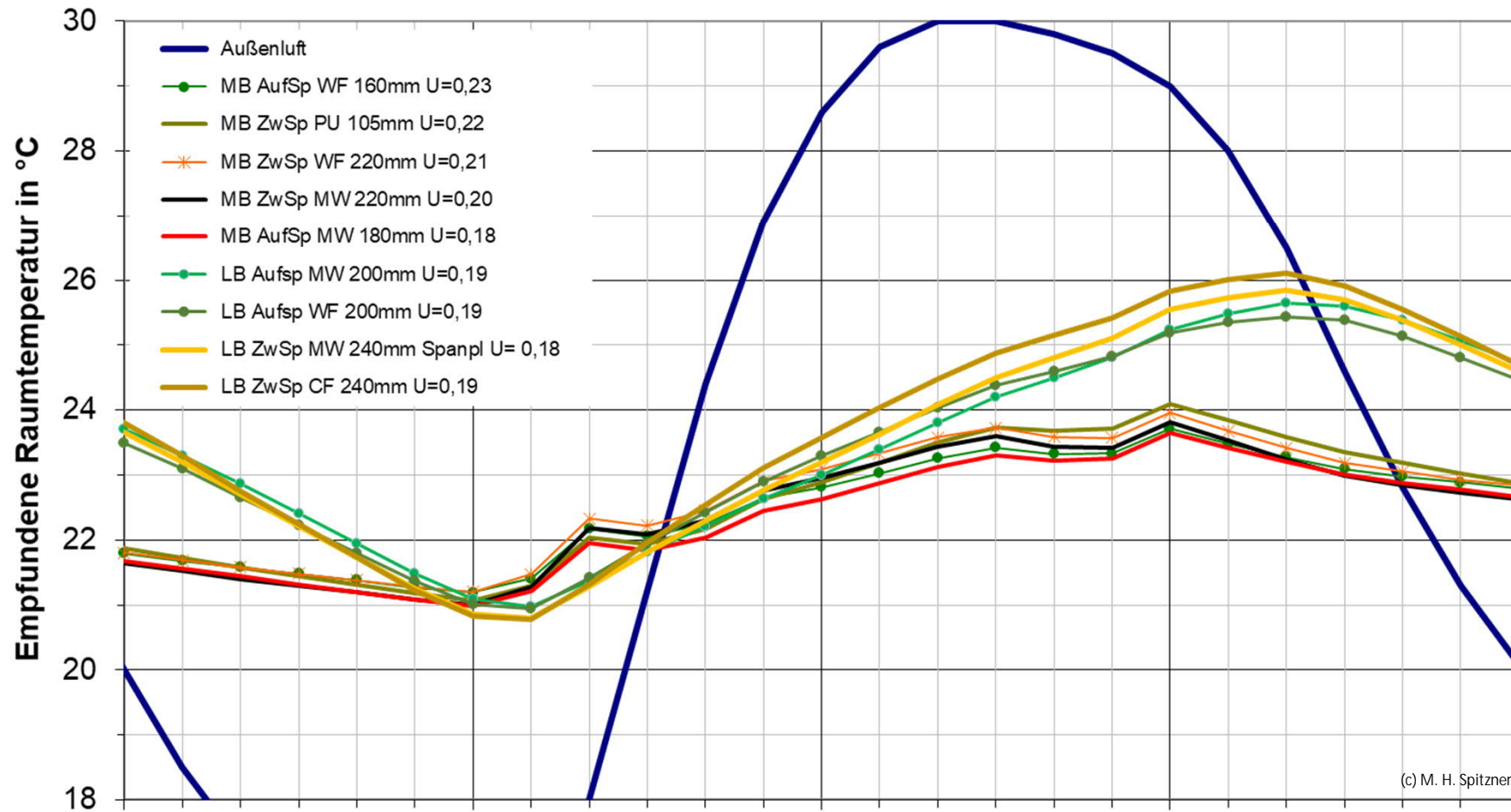


(c) M. H. Spitzner

## Raumtemperatur im ausgebauten Dach in einer heißen Sommerwoche

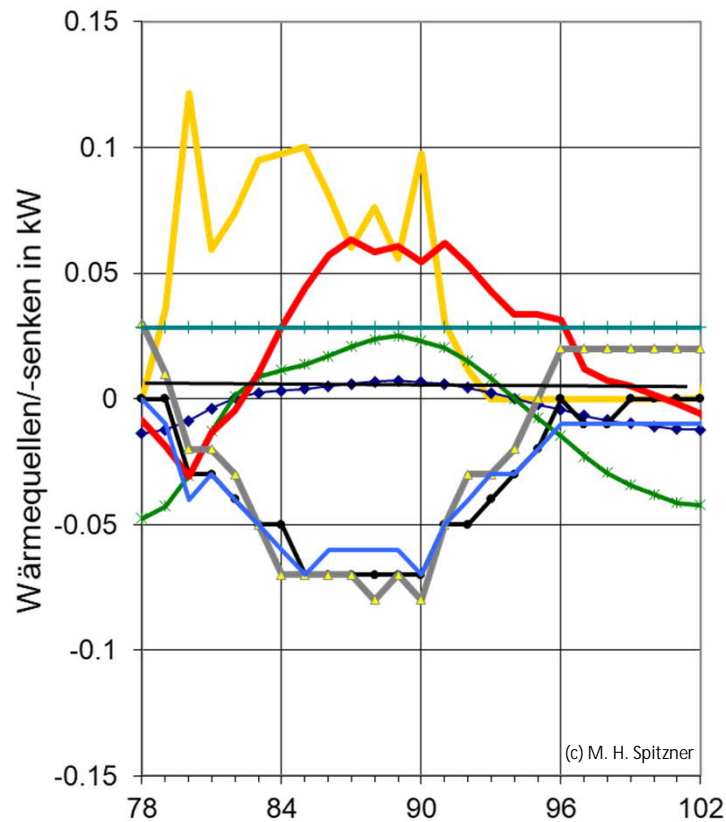


## Raumtemperatur im ausgebauten Dach in einer heißen Sommerwoche

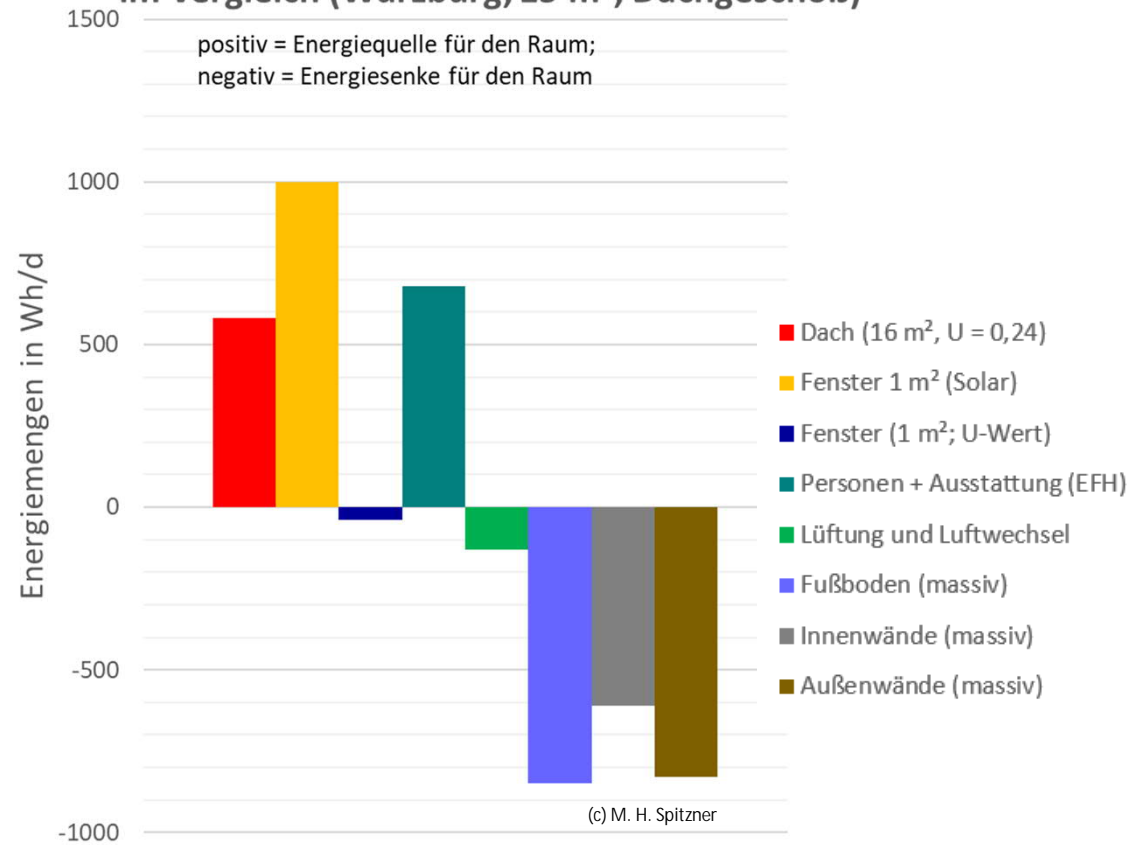


# Energiebeitrag der Bauteile

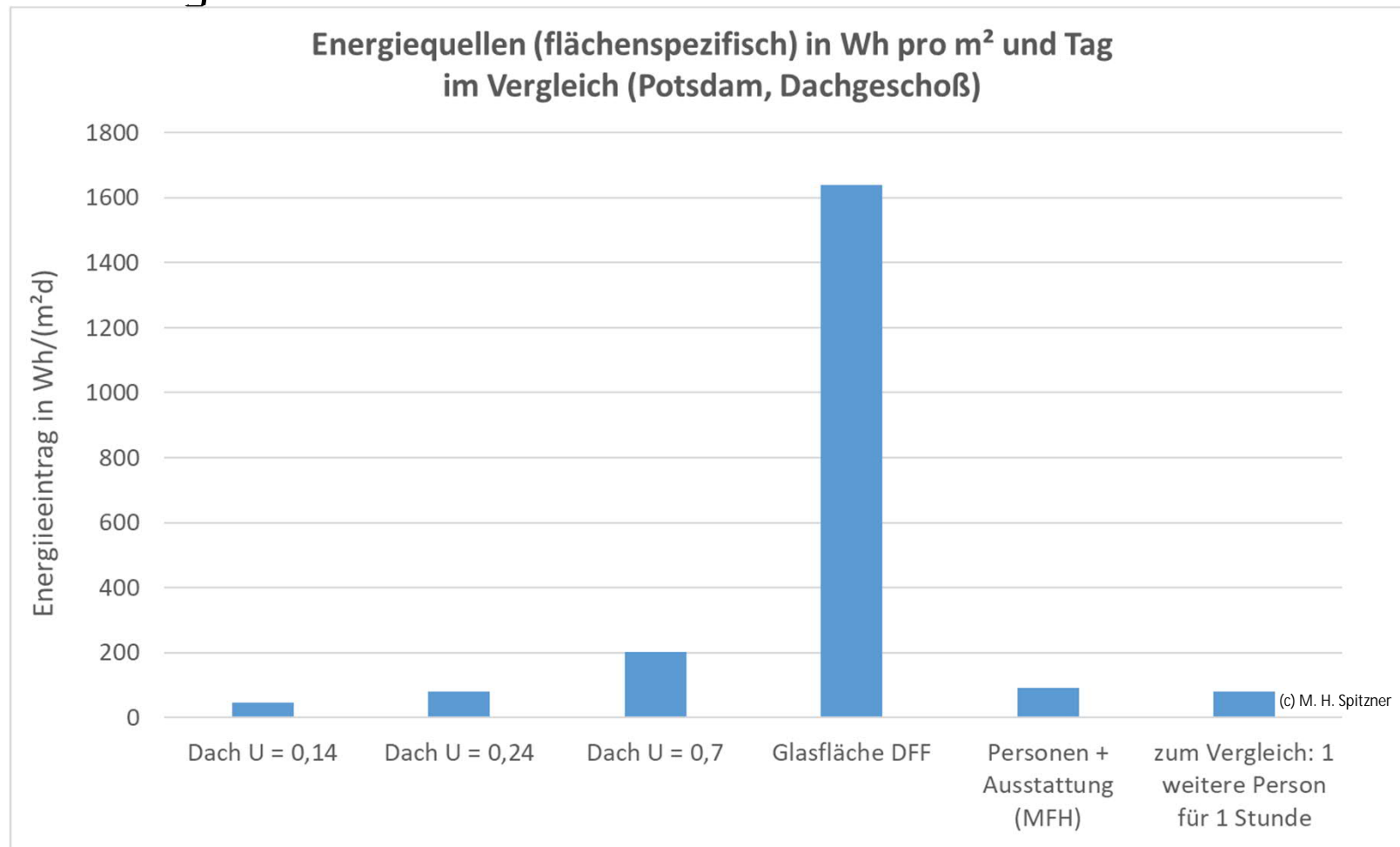
**Wärmequellen/-senken (Leistung)**  
**während der heißesten Sommerwoche**  
 Massivbau, 160 mm MW 035 (20 kg/m<sup>3</sup>, U=0,24)



**Aufsummierte Energiemengen pro Tag**  
**im Vergleich (Würzburg, 15 m<sup>2</sup>, Dachgeschoß)**



# Energiebeitrag der Bauteile



# Vergleich der Energieeinträge durch unterschiedliche Dächer

MW vs. PU,  $U = 0,14$ : Fenster  $\pm 5$  cm breiter/schmäler ( $-0,01$  bis  $+0,05$  m<sup>2</sup> Glasfläche)

Oder: 1 Person mehr im Raum, für  $-12$  bis  $+50$  Minuten.

WF vs. PU,  $U = 0,14$ : Fenster  $\pm 10$  cm breiter/schmäler ( $-0,10$  bis  $+0,15$  m<sup>2</sup> Glasfläche)

Oder: 1 Person mehr im Raum, für  $-3$  h bis  $+3,5$  h. Wird es gerade wärmer, ist WF günstiger; kühlt es gerade wieder ab, ist PU günstiger, weil es schneller abkühlt).

$U = 0,24$  (WF) statt  $U = 0,14$  (PU): zusätzliche 20...40% des Energieeintrags von 1 m<sup>2</sup> Glasfläche

Oder: pro Tag einen Heizlüfter (2000 W) für 10 bis 30 Minuten auf voller Leistung laufen lassen.

Oder: 4 bis 12 Personen mehr im Raum, für 1 Stunde.

$U = 0,7$  (Alt) statt  $U = 0,14$  (PU): zusätzliche 100 ...200% des Energieeintrags von 1 m<sup>2</sup> Glasfläche. Das ist, wie wenn das Fenster zwei- bis dreimal so groß wäre.

Oder: pro Tag einen Heizlüfter (2000 W) für  $\frac{3}{4}$  bis  $2\frac{1}{2}$  Stunden auf voller Leistung laufen lassen

Oder: 16 bis 60 Personen mehr im Raum, für 1 Stunde.



# auf die Ecke kommt es an!

Sonneneintragskennwertverfahren Sx-Verfahren

DIN 4108-2 / EnEV, GEG

vereinfacht (keine Simulation)

nur die wichtigen Parameter

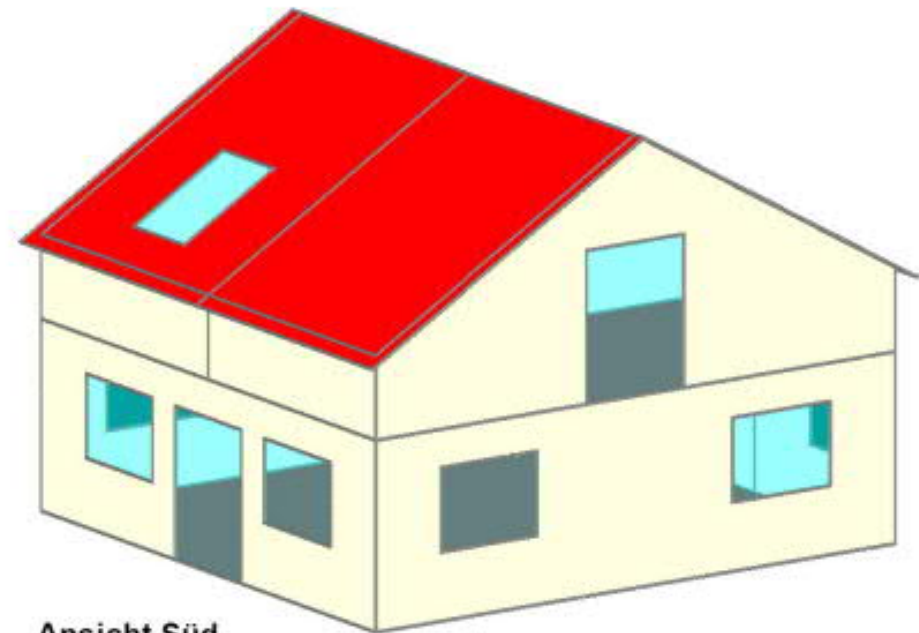
>> 1000 Simulationen

raumbezogen

für den ungünstigsten = kritischen Raum oder Räume

Nachweis, keine Auslegung

Planungsleistung



Ansicht Süd

# Bezugswerte

Bezugswerte

keine Grenzwerte

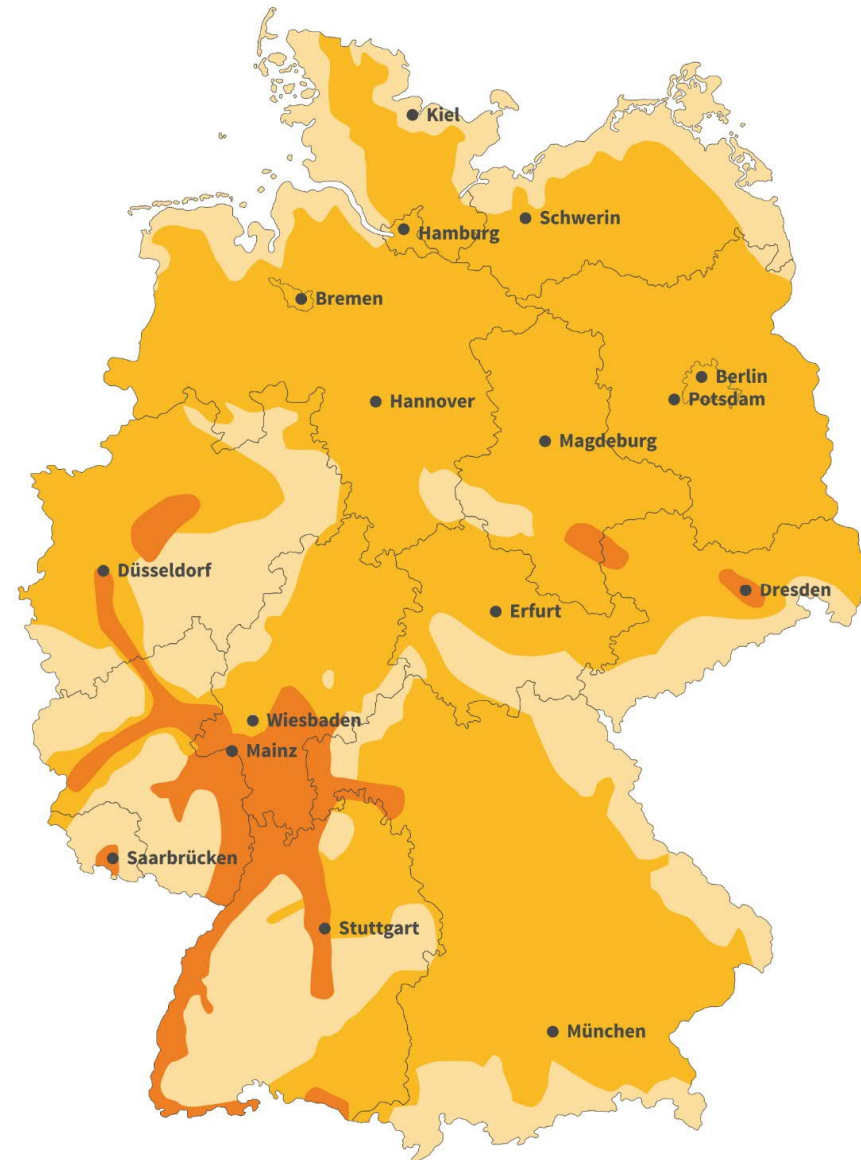
Sonnenschein-intensität & Temperatur

Schwere und Dauer der Überschreitung

Adaption

Wetterdaten: DWD

Sommer- klimaregion	Bezugswert der operativen Innen- temperatur* °C
A	25 °C
B	26 °C
C	27 °C



Quelle: DIN 4108-2:2013-02



und so läuft das ab:

„vorhanden“ hängt ab von:

Fensterfläche

Kombi aus Glas & Verschattung

$$g_{\text{tot}} = g_{\perp} \times F_C$$

Anhaltswerte für  $F_C$  in DIN 4108-2

oder Herstellerwerte für  $g_{\text{tot}}$

lichter Grundfläche

$$S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}$$



„höchstens zulässig“ berücksichtigt:

Sommerklimaregion

Nutzung

Bauschwere

Nachtlüftung

Korrekturen für SSG, Fensterflächenanteil,

Neigung, Nordorientierung

passive Kühlung

$$S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}$$



## Ausnahme:

Wohngebäude,  
 UND kritischer Raum mit  
 $f_{WG} \leq 35\%$ ,  
 UND ALLE O/S/W- Fenster  
 mit Fensterladen,  
 Rolladen, Raffstore oder  
 Markise

➔ bestanden

... nach DIN EN 12913-2:2013-02 Abschnitt 8.3 (Sonneneintragskennwert-Verfahren) für Wohngebäude

Zu Zeile Nr.	1	2 Fläche $A_{G}$ in $m^2$	3 Fläche $A_{W}$ in $m^2$	4 Dir.	5 oder: g	6 $F_c$	7=3-4 7=3-5-6 $A_{G_{Dir}}$ $A_{G_{F_c}}$	8	$S_{\text{ext}}$ , $S_{\text{int}}$ $S_{\text{e}}/1000$
1.1	Kritischer Raum =								
1.2	Grundfläche $A_G =$								
2.1	Fenster/Sonnenschutzkombi 1								
2.2	Fenster/Sonnenschutzkombi 2								
	Fenster/Sonnenschutzkombi 3								
2.2	Summe = $\Sigma A_W$								
2.2	Summe = $\Sigma A_G/A_G =$								
3.3	Ausnahme?								
	Wenn mindestens 1x JA => Ausnahmeerfolg greift; Nachweis ist bestanden und wird beibehalten.								
	a) $f_{WG} \leq 10\%$ ?								
	b) $f_{WG} \leq 7\%$ (bei nur DFF)								
	c) $f_{WG} \leq 35\%$ und alle O/S/W-Fenster mit Fensterladen, Rolladen, Raffstore, Markise? ja/nein								
3.3/2	Bauart: leicht / mittel / schwer ja/nein								
3.3	$S_1, S_2, S_3$ ja/nein								
3.3	Alle Zahlen in dieser Tabelle sind nach Tabelle 3.3 und um den Faktor 1000 vergrößert, damit sie eingetragbar sind, ebenfalls muss in Zeile 3.4 die Zwischensumme durch 1000 geteilt werden.								
3.4	Sommerklima-Region: A / B / C								
3.4	Klima, Bauart, Nachtlüftung, Nutzung (Wohnnutzung => erhöhte Nachtlüftung)								
3.4	Startwert								
3.4	Bauart								
3.4	Sommerklima-Region								
3.4	Summe								
3.4	- Fensterflächenanteil								
3.4	- Sonnenschutzglas								
3.4	- Fensternähe								
3.4	- Nordorientierung								
3.4	- Passive Kühlung								
3.4	Zwischensumme (im Faktor 1000) $S_{\text{int}}$								
4.1	Vergleich $S_{\text{int}} \leq S_{\text{ext}}$ ?								
4.1/2	Ergebnis: Nachweis bestanden? ja/nein								
Datum, Stempel, Unterschrift									

# Bauart leicht – mittel - schwer

## leichte Bauart

ca. Holzbau, Leichtbau,

oder Speicher abgekoppelt (Innendämmung, oder abgehängte Decke, oder hohe Räume > 4,5 m)

## mittlere Bauart

ca. Porenbeton, L-HLz

Innen- und Außenbauteile  $RDK \geq 0,6$  ; Stahlbetondecke

## schwere Bauart

ca. schwere HLz, KS, Beton

Innen- und Außenbauteile  $RDK \geq 1,6$  ; Stahlbetondecke

oder selber genau ausrechnen

(Wirksame Wärmekapazität, DIN EN ISO 13786, Periodendauer 1 d; 3cm-Regel)

# Sommerlicher Wärmeschutz: TAV und $\varphi$

Bauteilverfahren → TAV, TAD,  $\varphi$

aus dem Dämmniveau der 1960er-Jahre

eigentlich für Massivbau-Außenwände versus Leichtbau-Außenwände

unterstellt kleine Fenster, dann ist das schlecht gedämmte Bauteile maßgeblich für die Raumtemperatur

Theoretische Annahmen als RB-Vereinfachungen zwingend erforderlich, u.a.

idealer Sinus, innen und außen gleicher Mittelwert

nur Oberflächentemperaturen, keine Lufttemperaturen; keine (!) Wärmeabgabe auf der Raumseite

TAV = Temperaturschwankung\_innen / Temperaturschwankung\_außen

WF-Konstruktionen laut Hersteller, bei  $U = 0,24 \dots 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ :

TAV = 0,10 ... 0,011 = 1/10 : 1 bis fast 1/100 : 1;

TAD = 10...90 = 1/TAV

Phasenverschiebung  $\varphi = 10 \dots 20 \text{ h}$

# Sommerl. Wärmeschutz: TAV und $\varphi$

TAV = Temp.schwankung\_innen / Temp.schwankung\_außen

Bild: TAV = 2,5 K / 15 K = 0,16  
 das entspricht Dämmdicke von nur ca. 6 cm im Dach.  
 war halt 1960... ; heute irreführend!

in D, 2020: Dämmdicken ca. 20+ cm

$U = 0,24 \dots 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ :

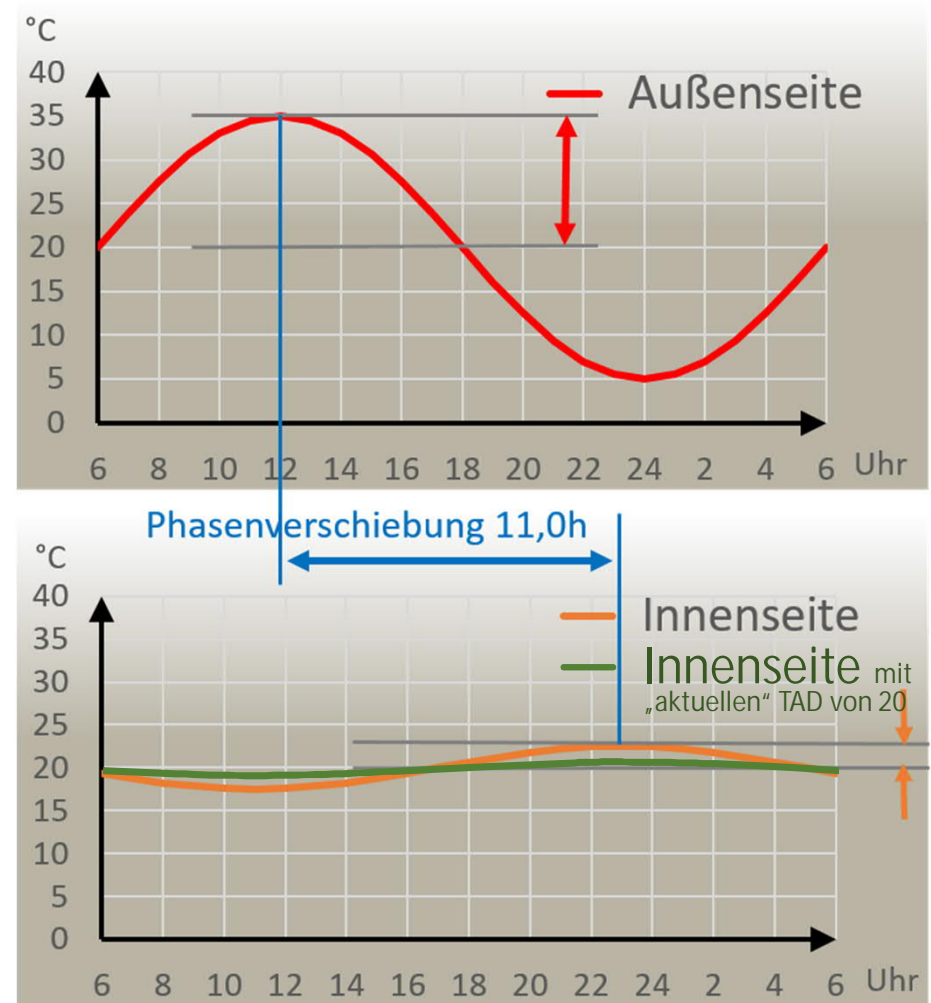
TAV = 0,10 ... 0,011 = 1/10 : 1 bis fast 1/100; TAD = 10...90

$\varphi = 10 \dots 20 \text{ h}$

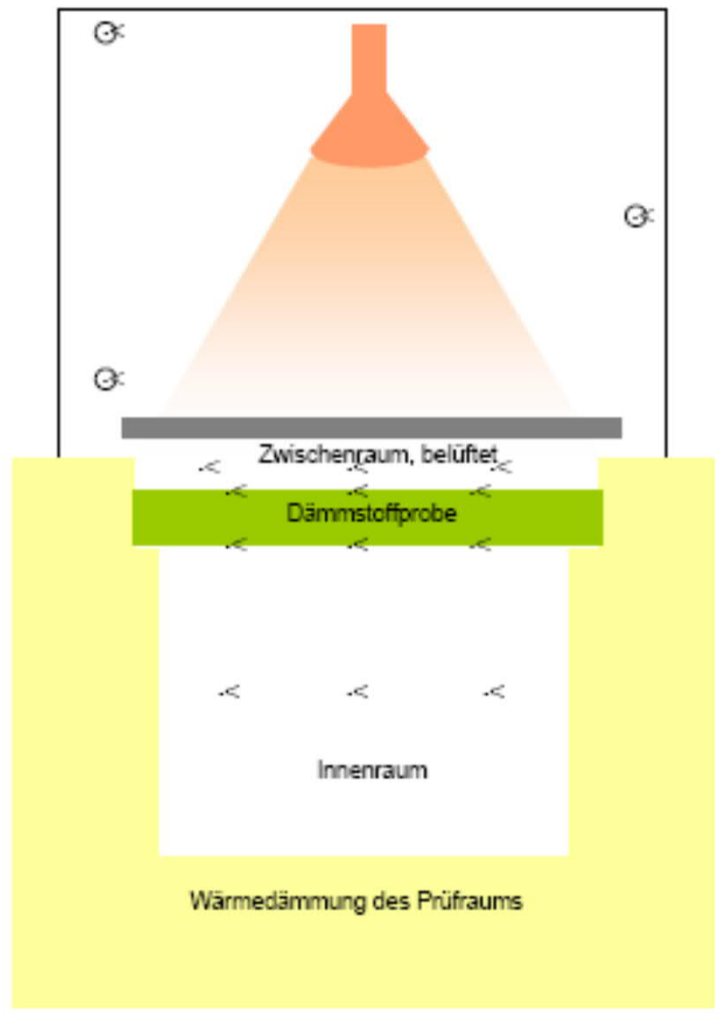
„Aktuelles“ TAD von 20 ==> die Schwankung auf der Innenseite ist  
 kaum noch erkennbar (grüne Linie)

Maßgeblich ist heute nicht mehr das opake Bauteil; die

Aussagekraft von TAV, TAD und  $\varphi$  ist heute minimal!



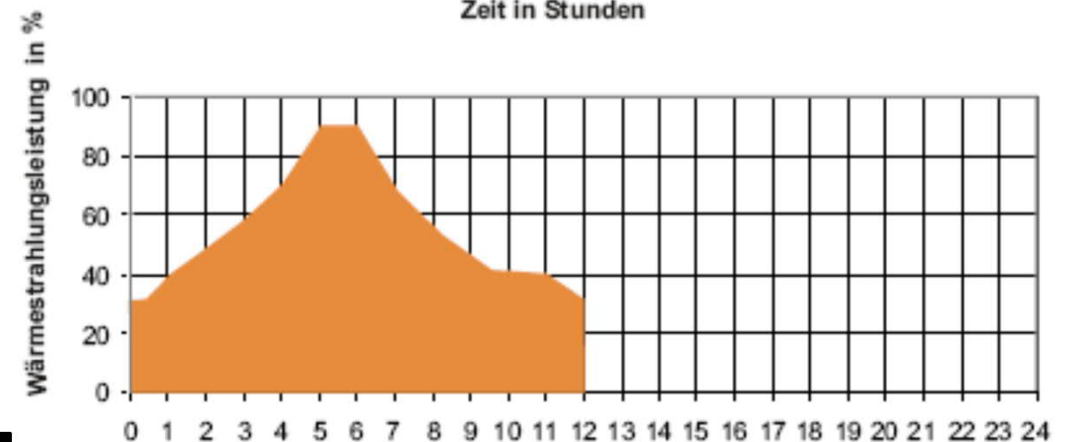
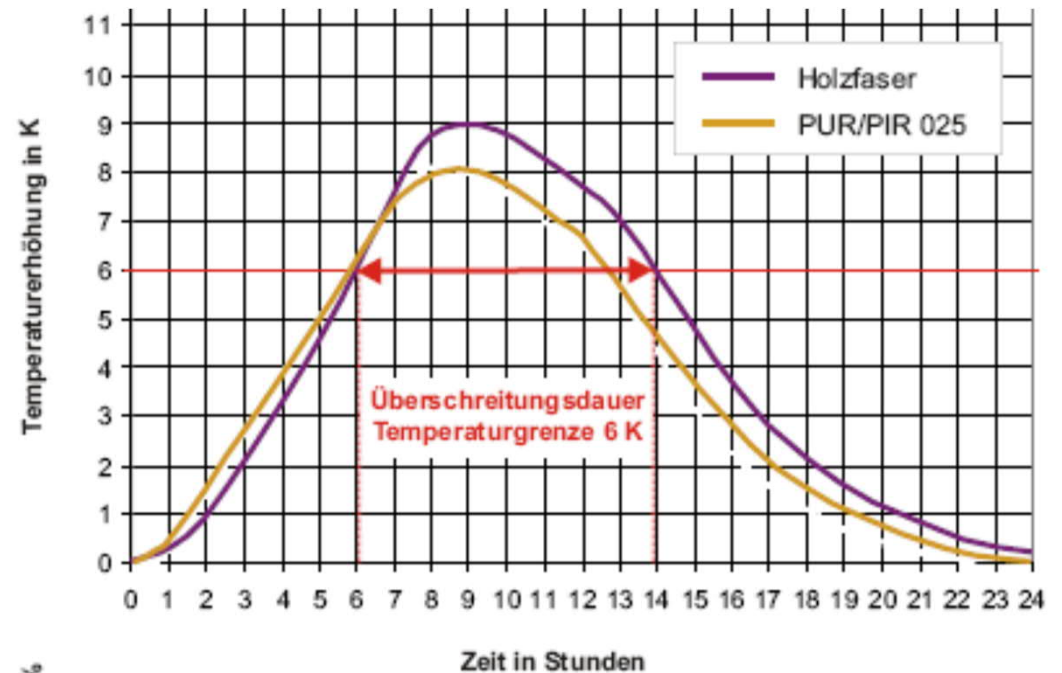
und wie ist das meßtechnisch?



# Meßergebnisse FIW München

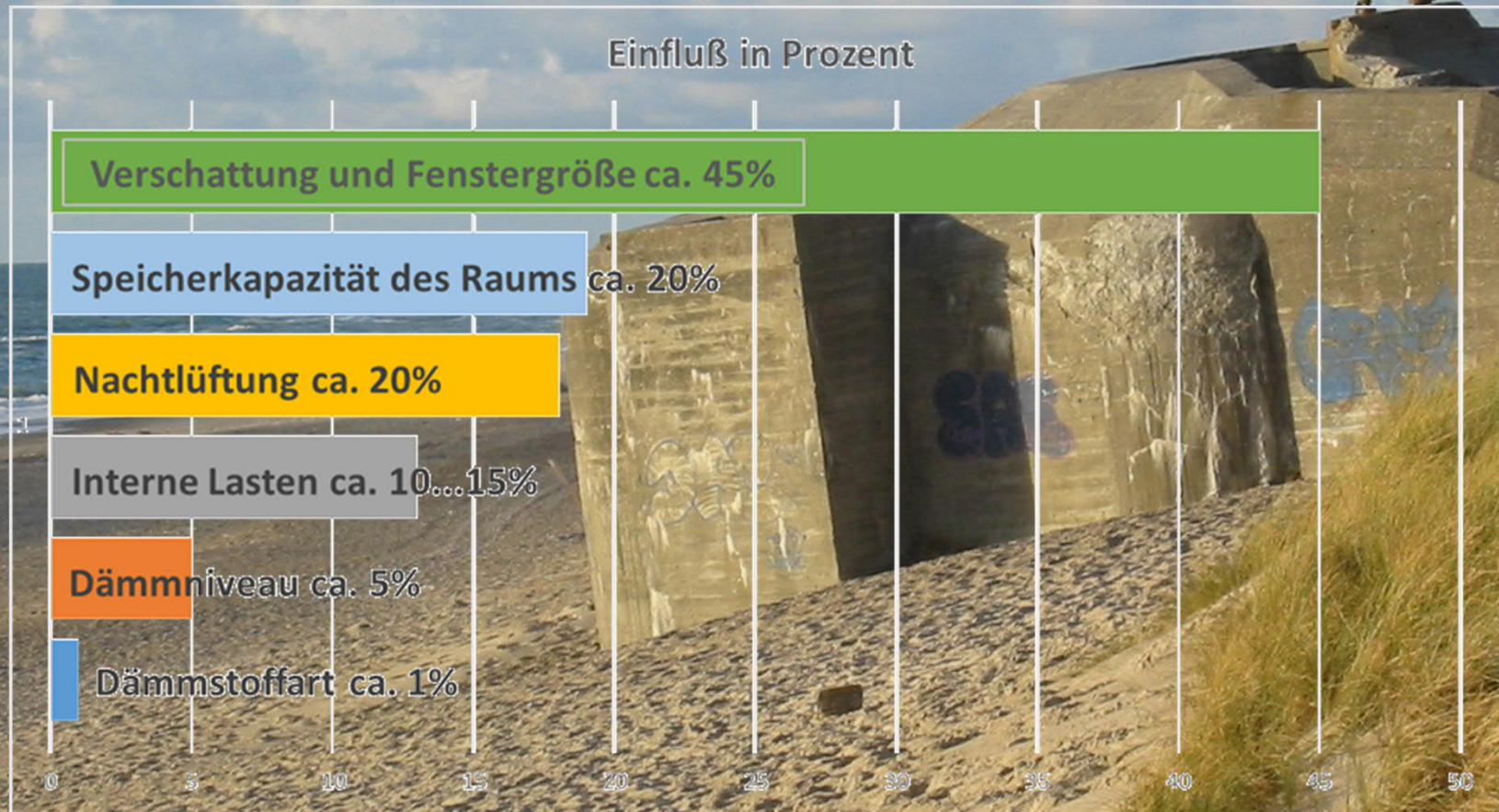
Temperaturverlauf unter einer  
40 mm WF- bzw. 40 mm PU-Dämmplatte  
simulierte Sonne, 12h Sonnenscheindauer,  
Mittagshoch nach 6 h

im Anstieg: WF langsamer als PU  
im Abstieg: WF langsamer als PU  
Energienmenge bei PU kleiner  
Temperaturerhöhung bei PU kleiner



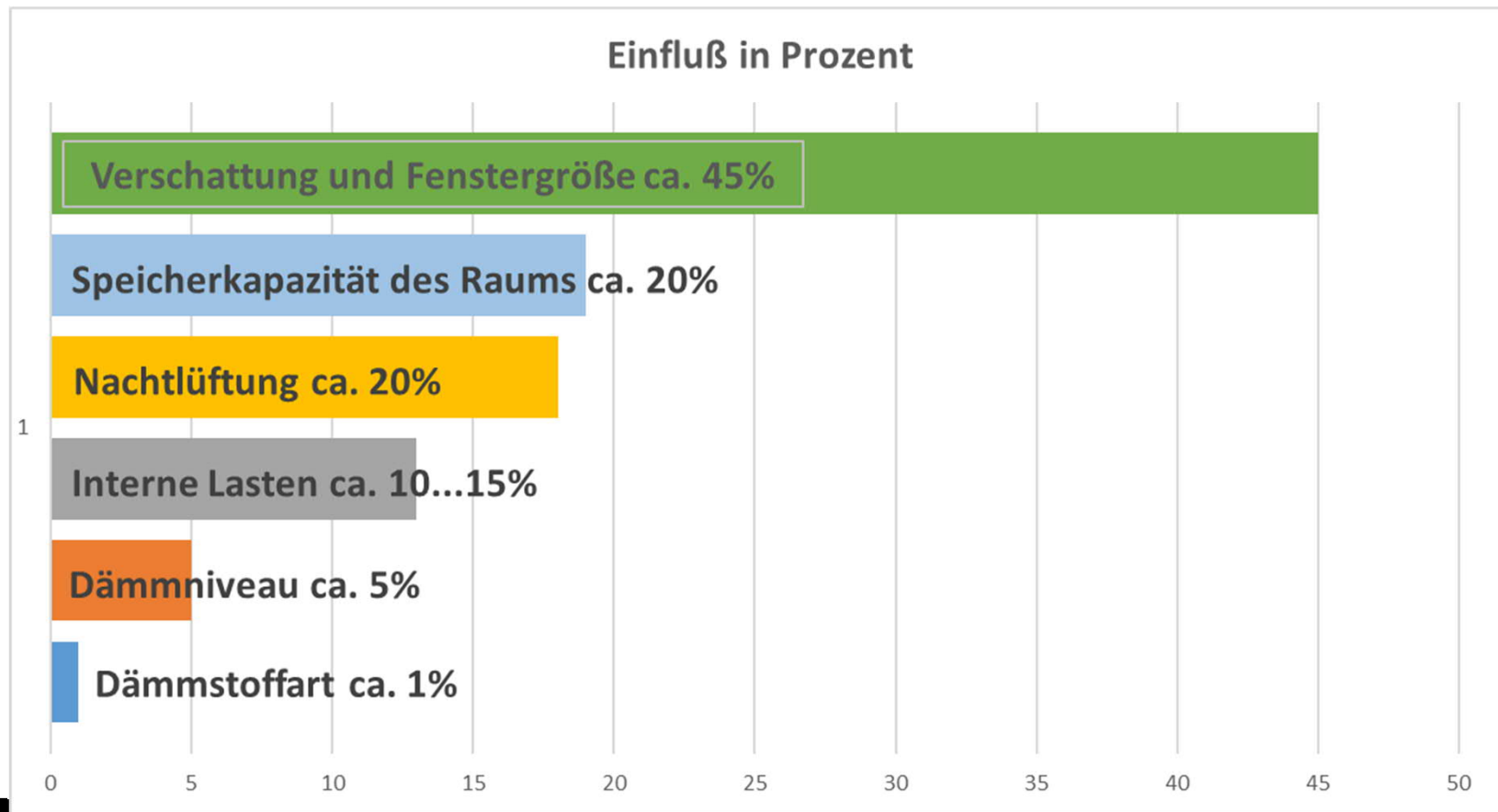


# Zusammenfassung – Darauf kommt's an für den Sommer: Prozentualer Anteil der einzelnen Faktoren am Einflusspotenzial





# Zusammenfassung – Darauf kommt's an für den Sommer: Prozentualer Anteil der einzelnen Faktoren am Einflusspotenzial



Prof. Dr. Martin H. Spitzner  
Professur Bauphysik, Baustoffkunde, Baukonstruktion  
HBC. Hochschule Biberach  
Biberach an der Riß

