



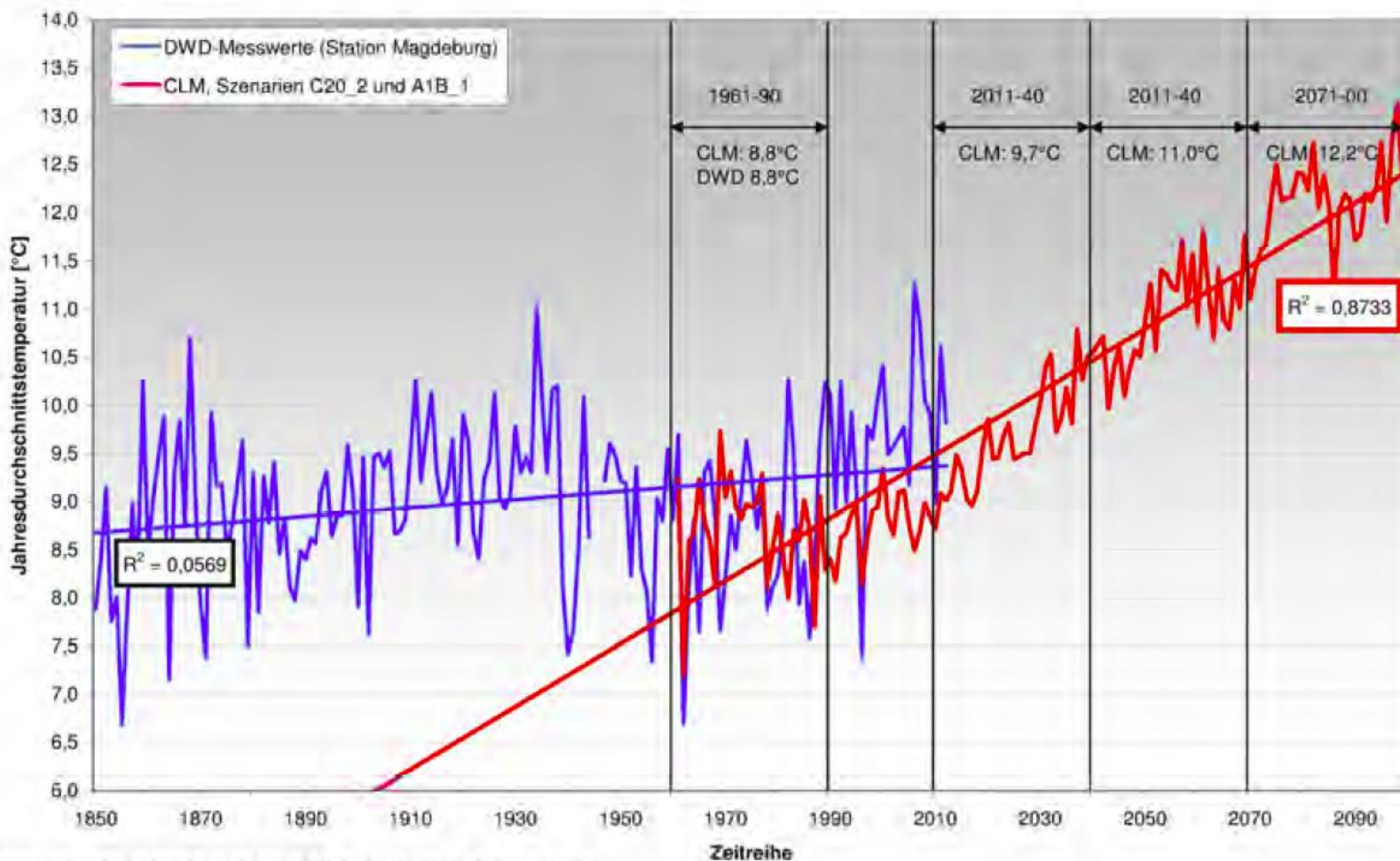
Hochschule Anhalt
Fachbereich Architektur, Facility Management, Geoinformation
Institut für Bauphysikalische Qualitätssicherung, Dessau – Weimar

Dipl.-Ing. Stephan Jörchel

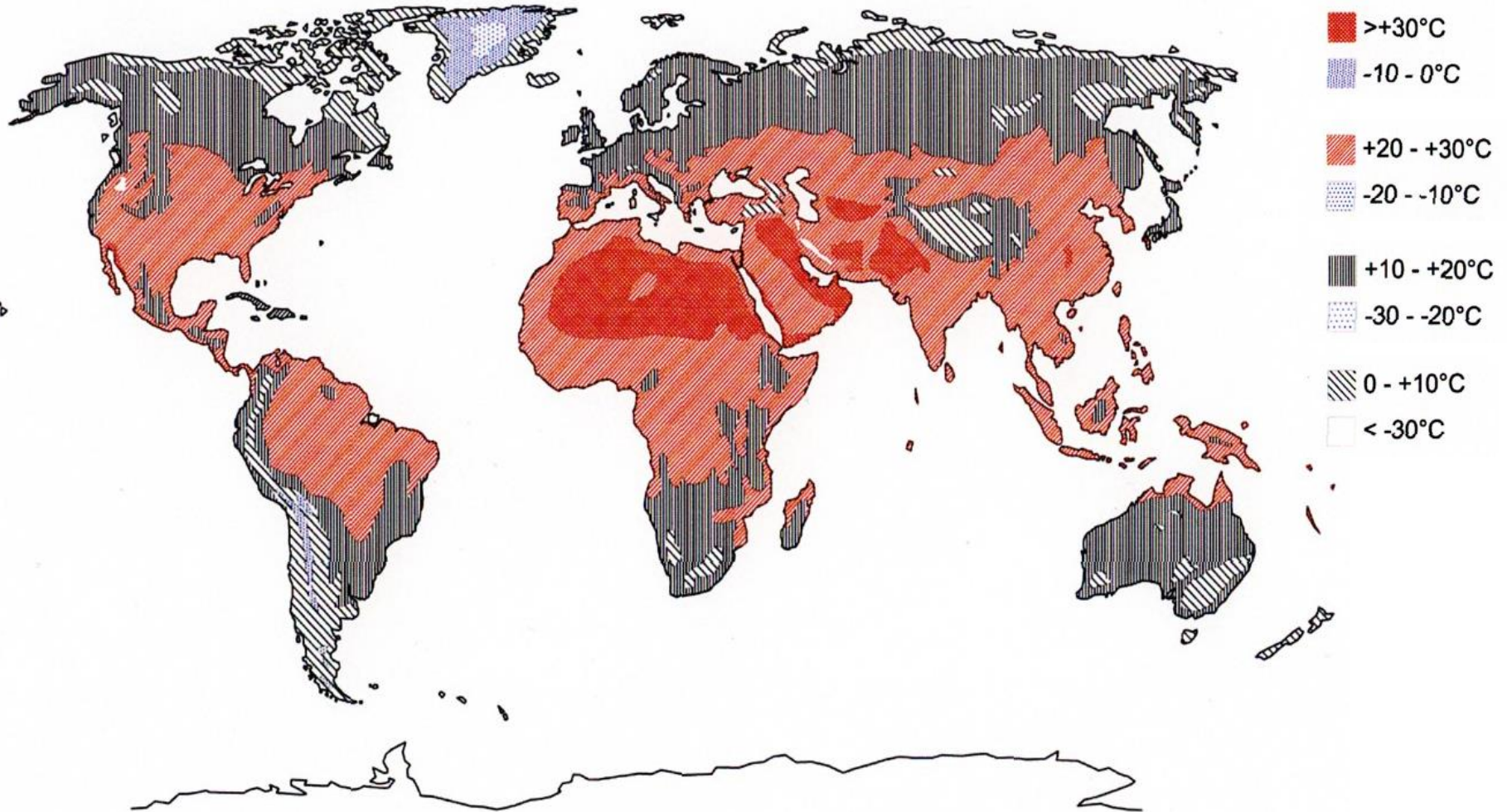
AGENDA

- Konsequenz aus Fachgutachten Klimawandel
- Behaglichkeitskriterien in Gebäuden
- Grundlegende Überlegungen zum sommerlichen Wärmeschutz
- Verschattung, Sonnenschutz, Gebäudekühlung, Wärmespeicherfähigkeit
- Dämmwirkung von Außenflächen, Außendämmung, Innendämmung

Welche Maßnahmen können Gebäudeeigentümer gegen Hitze und Sonneneinstrahlung ergreifen?

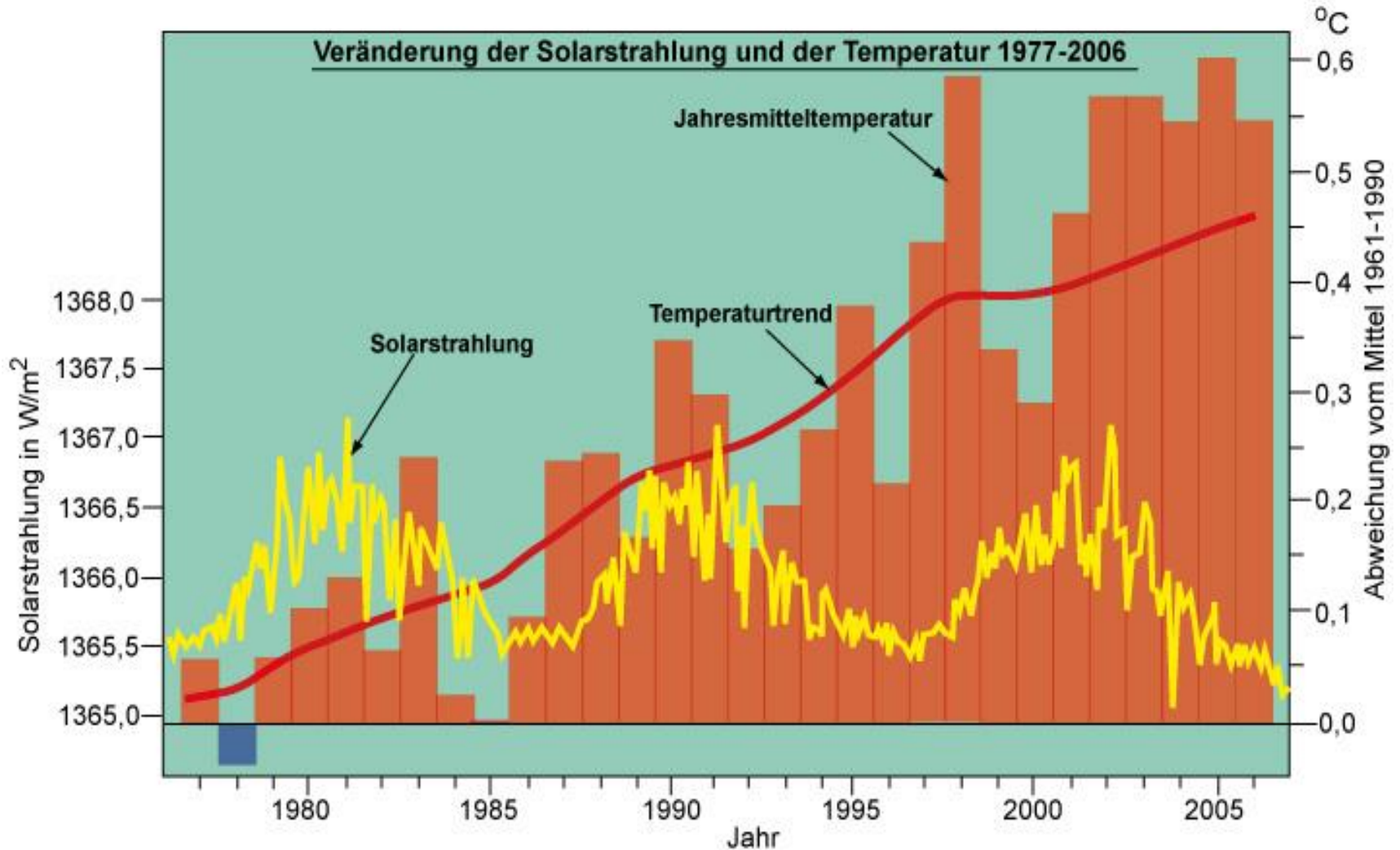


Globale Temperaturverteilung im Juli (aktuell)



Source: ETH Zürich

Entwicklung der Sonnenstrahlung vs. „Treibhauseffekt“



Quelle: Klimawandel:Portal

Sommerklima angepasste Bauweise – zukünftig auch in Magdeburg?



Berber Architektur, Süd Marokko, Sub Sahara Region

Sommerklima angepasste Bauweise – modern und energieautark!



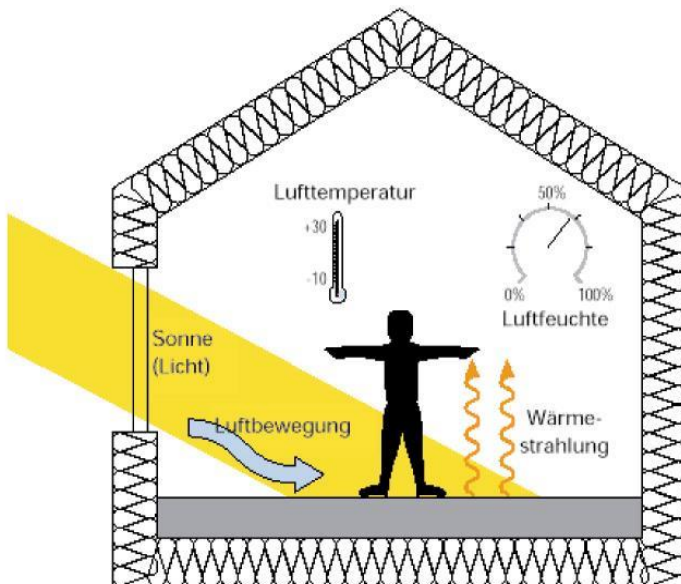
Wohnhaus Prof. Sobeck, Stuttgart

Ziele des sommerlichen Wärmeschutzes

„Im Zusammenhang mit allgemeinen Energie-Einsparmaßnahmen im Hochbau muss darauf geachtet werden, dass durch bauliche Maßnahmen, verbunden mit der Nutzung eines Gebäudes, nicht unzumutbare Temperaturbedingungen in Gebäuden entstehen, die relativ aufwendige apparative und energieintensive Kühlmaßnahmen zur Folge haben. Daher macht es Sinn, dass bereits in der Planungsphase eines Gebäudes der sommerliche Wärmeschutz mit einbezogen wird, damit bereits durch bauliche Maßnahmen weitgehend verhindert wird, dass unzumutbare Innenraumtemperaturen entstehen.“

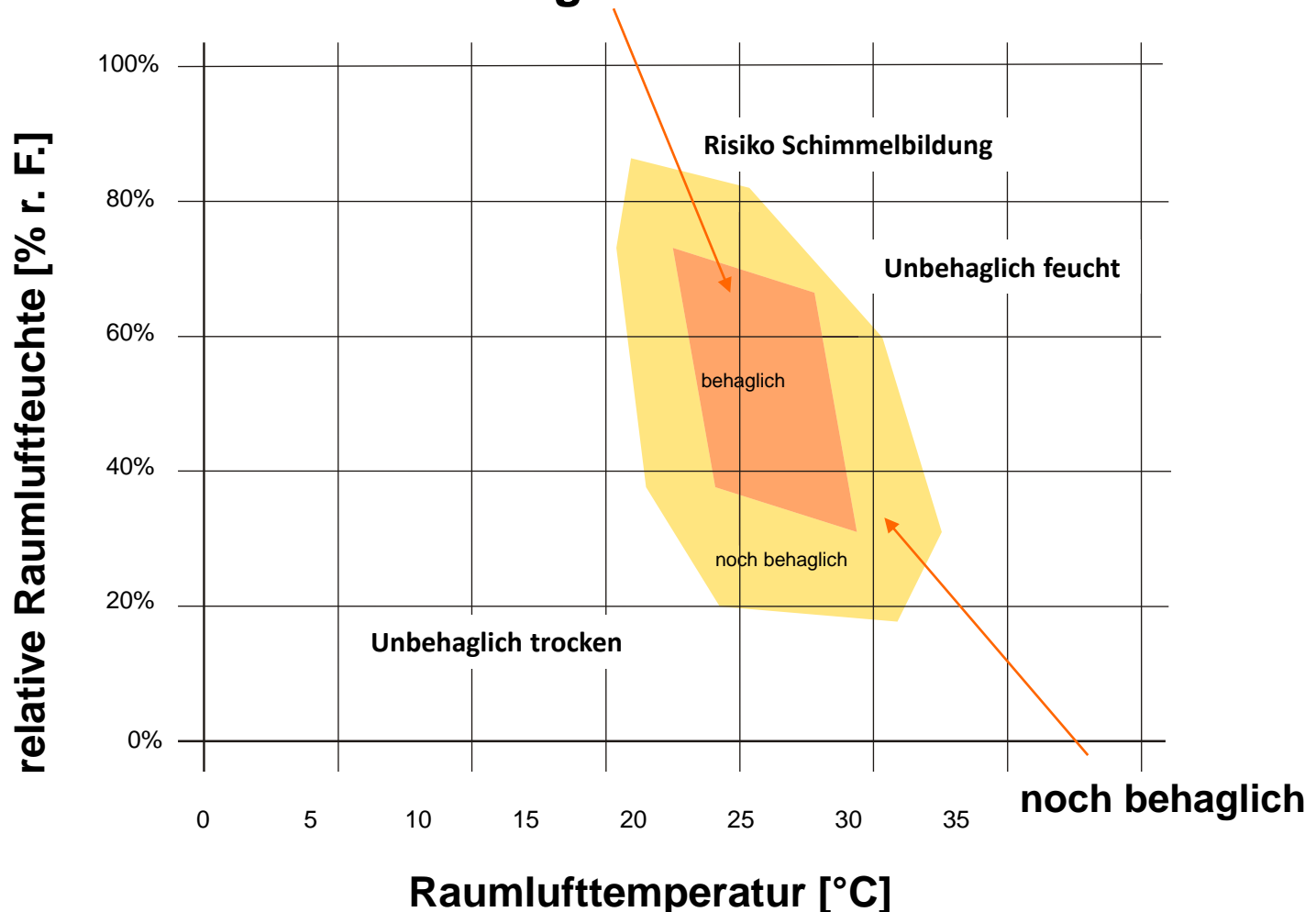
Quelle: DIN 4108-2

**Zweck: akzeptables Raumklima ($\theta_i \approx \leq \theta_e$),
 möglichst ohne RLT-Anlage (Energie)**

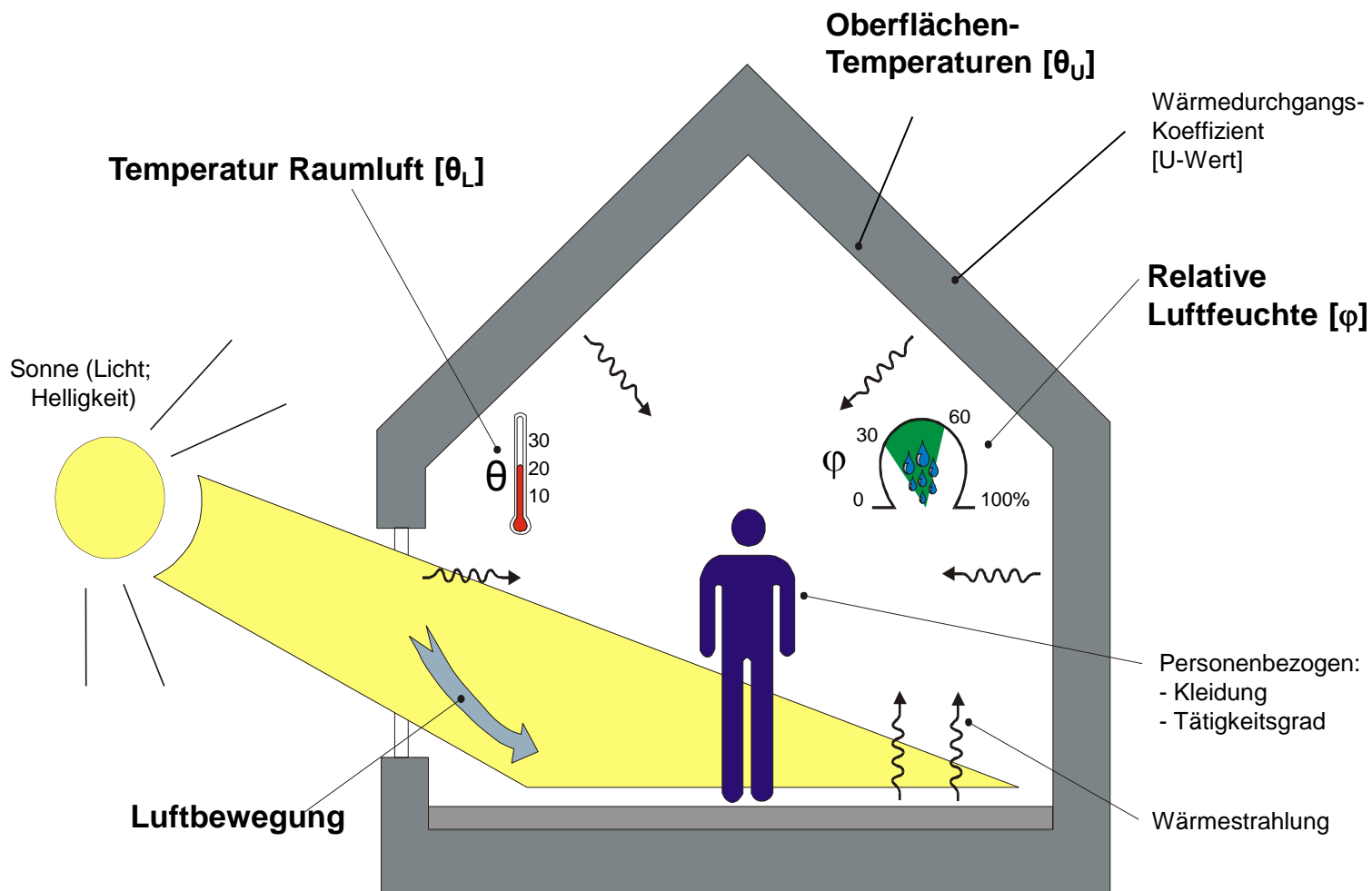


Anforderungen an die thermische Behaglichkeit

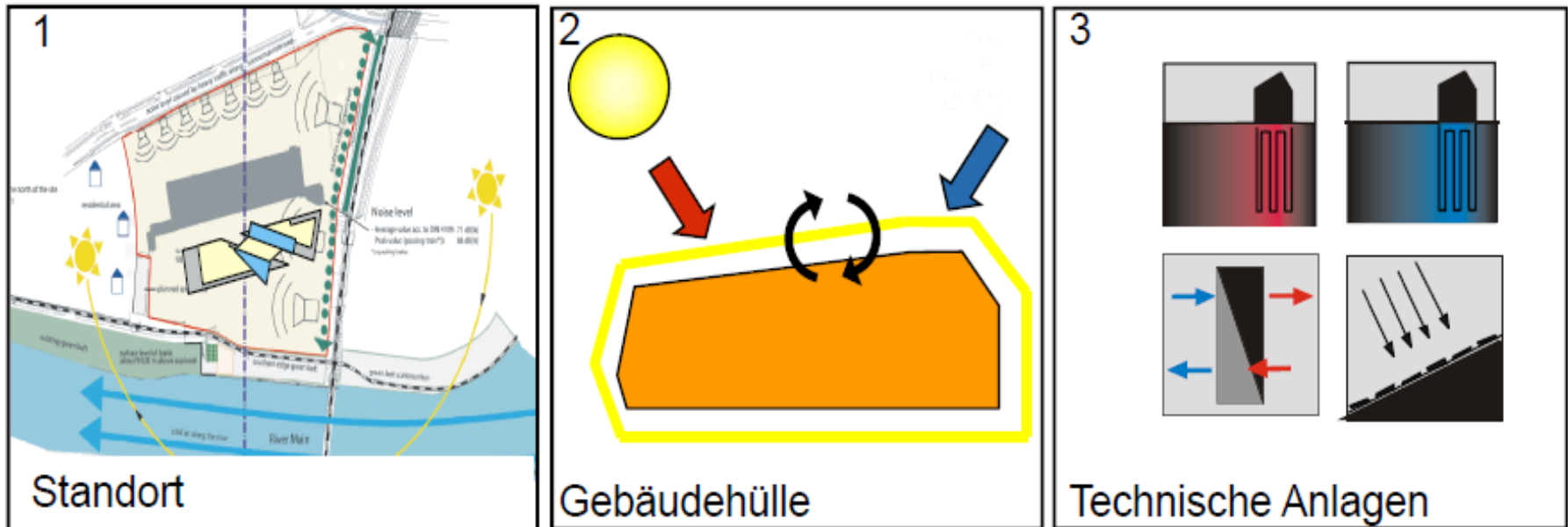
Behaglichkeitsbereich



Einflussgrößen - Thermische Behaglichkeit

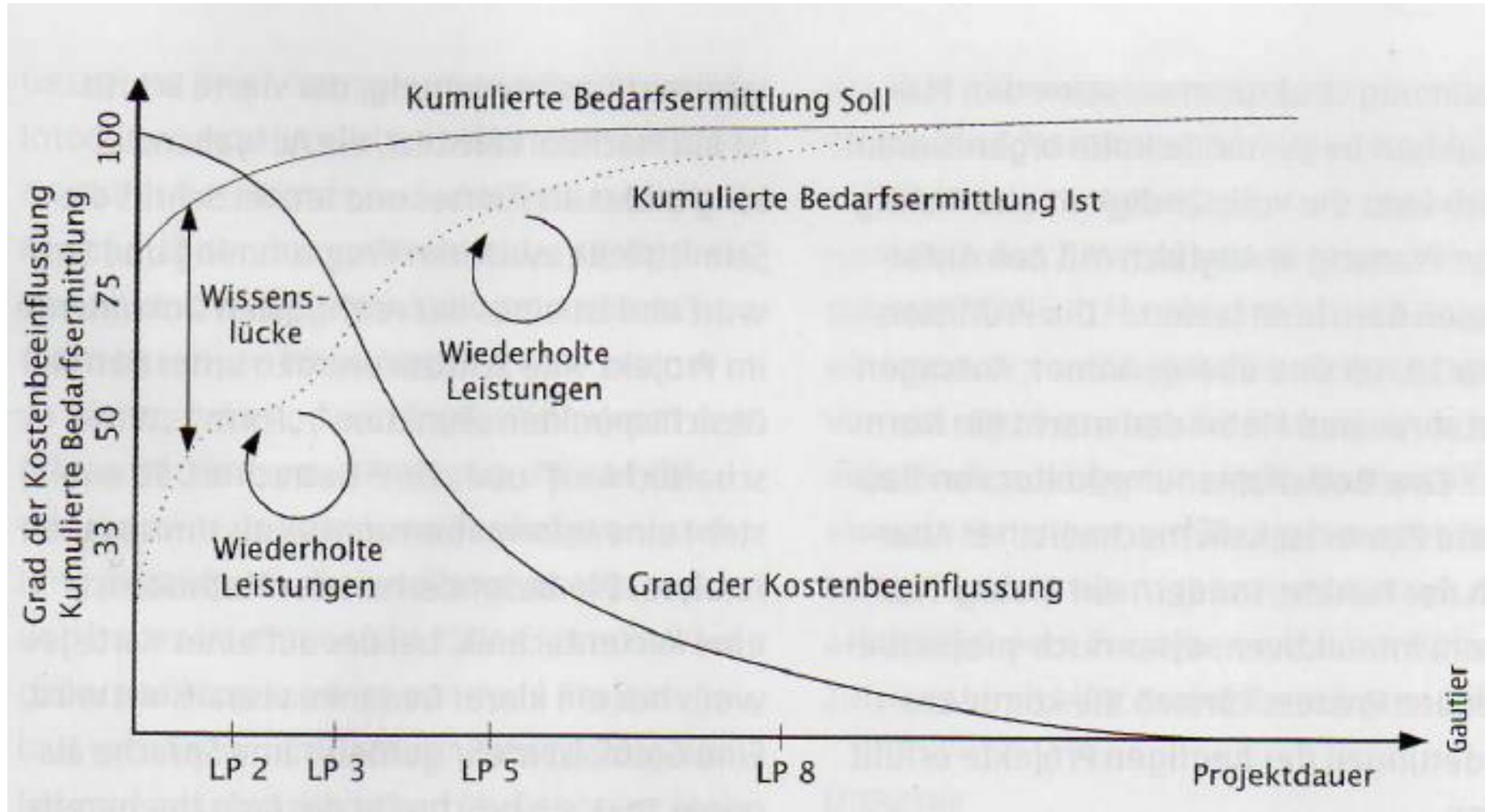


Planung Gebäudeenergie-Konzept



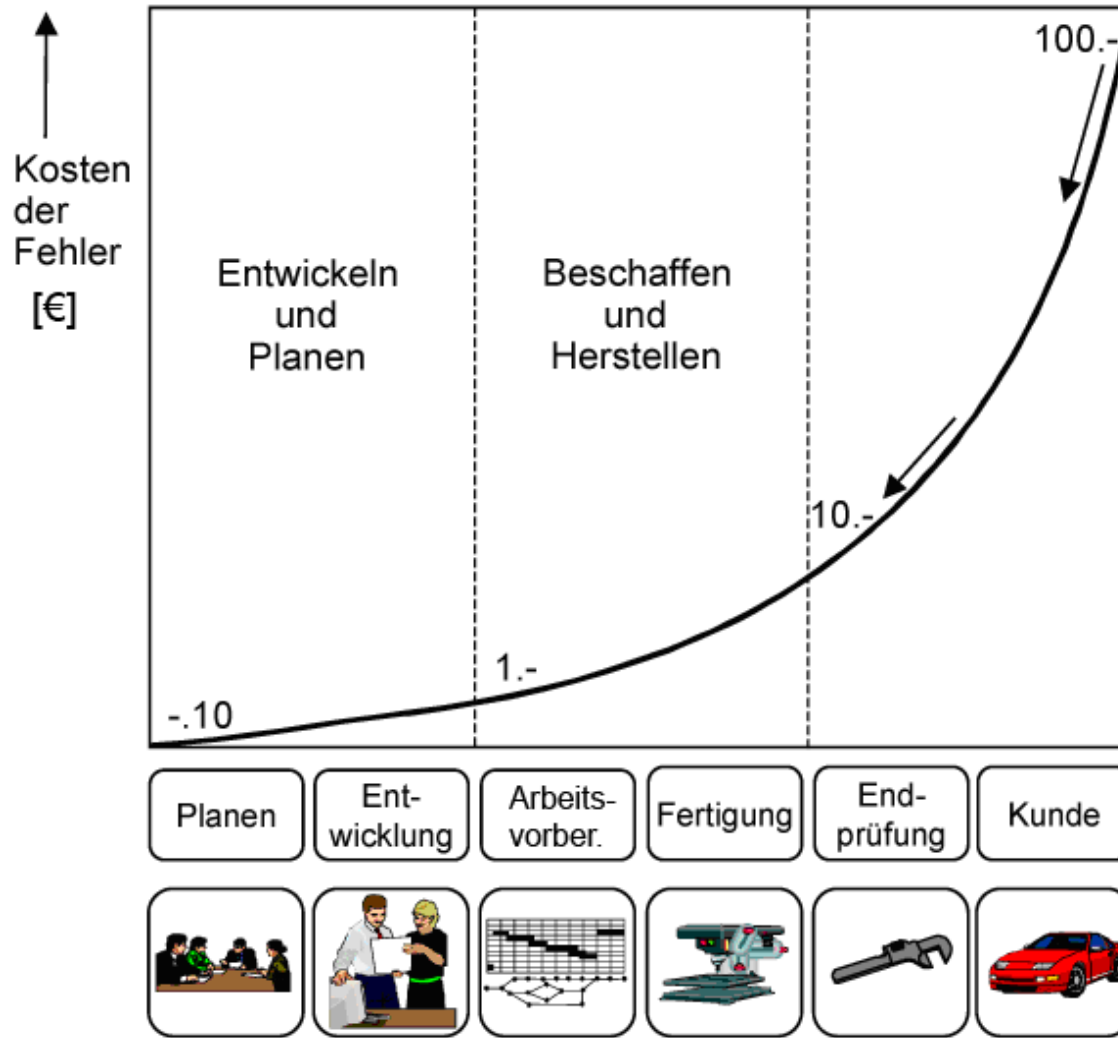
**Ganzheitliches Konzept
(Planung bis Betrieb)**

Wiederholte Leistungen durch rechtzeitige Bedarfsplanung vermeiden!



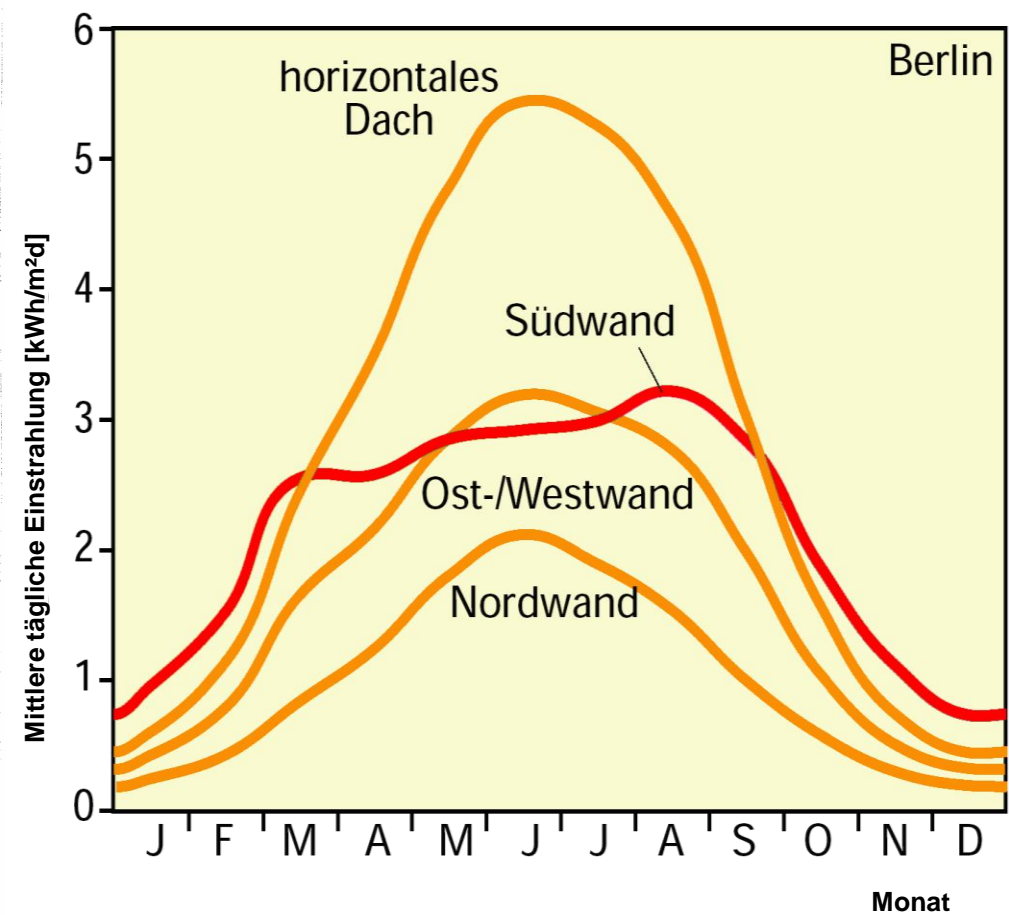
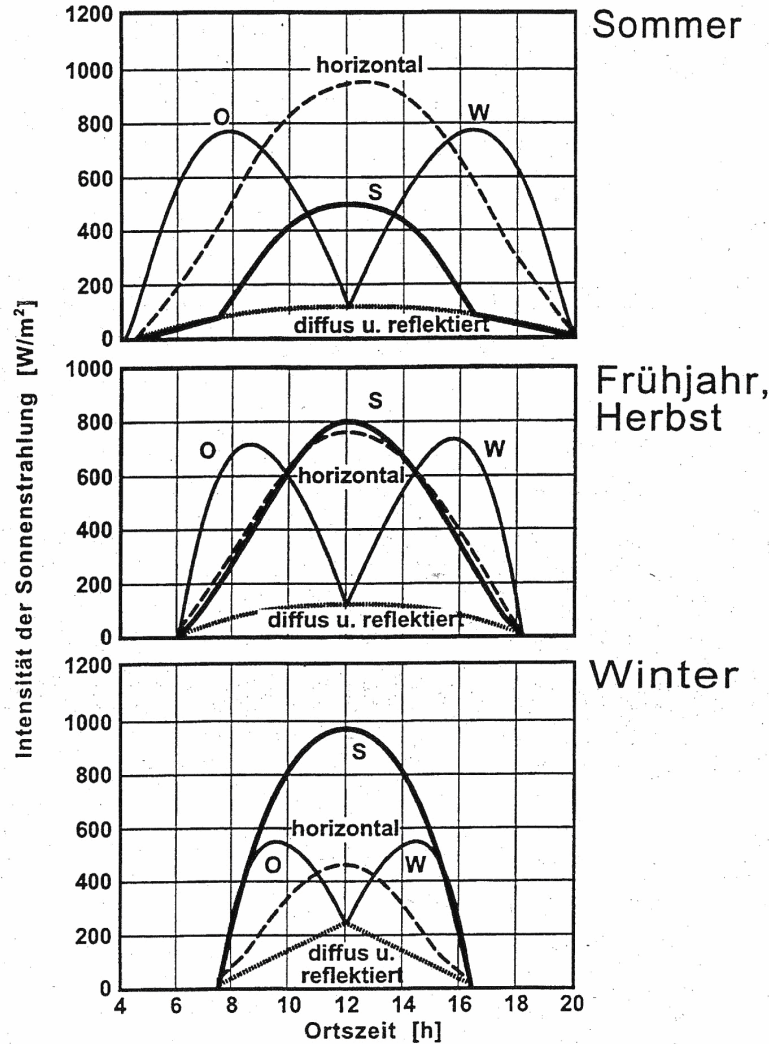
Quelle: DIB 1/2 2014

Analogie zur Automobilindustrie : Fehlerverhütungskosten



Quelle: Pfeifer, Tilo: Qualitätsmanagement – Strategien, Methoden, Techniken

Mittlere Strahlungsintensitäten in Abhängigkeit von Jahreszeit und Orientierung



Einstrahlung auf Gebäudeflächen (Messwerte)

Grundlegende Überlegungen zum sommerlichen Wärmeschutz

Einflussnehmende Faktoren

Standortbezogen:

- Klimastandort
- Urbane und suburbane Windverhältnisse
- Orientierungen
- Verschattungen durch umliegende Verbauungen
- suburbanes Mikroklima (Grünflächen, Oberflächenwasser etc.)



Shed-
 Dächer immer
 nach Norden
 Orientieren!

Analyse Verschattung umliegender Gebäude



Jan-Dec. 10, 10 am



Sept. 10, 10 am



Jan-Dec. 10, 12 pm



Sept. 10, 12 pm

Suburbanes Mikroklima



„Urban Green Intervention“

Suburbanes Mikroklima



VW-AutoStadt
Wolfsburg

Suburbanes Mikroklima

Sony-Center Potsdamer Platz, Berlin



Sommerlicher Wärmeschutz - Einflussnehmende Maßnahmen

konstruktiv:

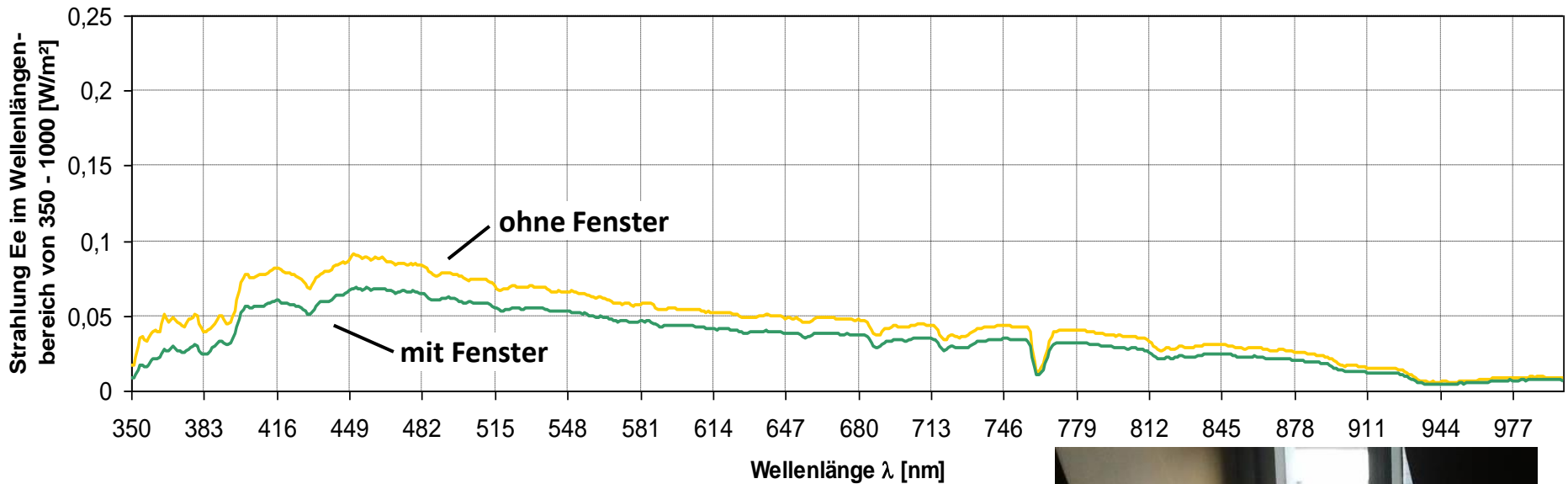
- Verglasung:
- Gesamtenergiedurchlassgrad
 - Flächenanteil
 - Orientierung
 - Neigung
- Sonnenschutz:
- Wirksamkeit (Abminderungsfaktor)
 - Position
 - Art der Verglasung
 - Hinterlüftung
 - Nutzerverhalten
- Lüftung:
- Art
 - Intensität
- Standort:
- Außenklima
 - Umgebung (Bebauung, Bäume)
- Bauweise:
- Wärmespeicherfähigkeit
 - Wärmeleitfähigkeit
 - Raumgeometrie

Beispiele für Verglasungssituationen

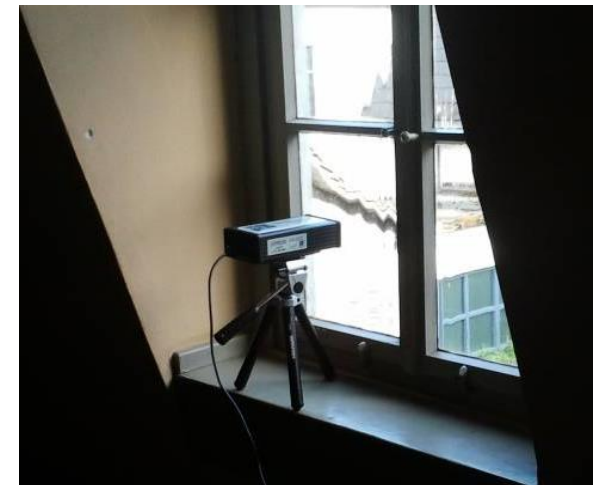


Einflussnehmende Maßnahmen

Spektralverteilung: Einscheiben-Einfachverglasung (alt)

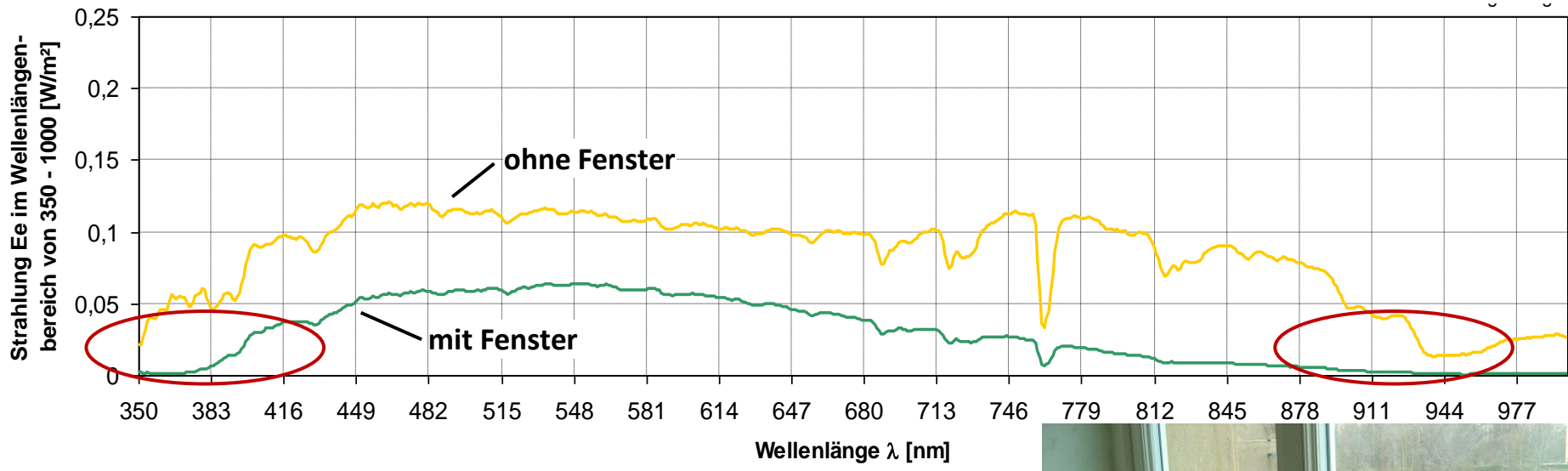


Transmission	VIS	UV-A	R _a
1Scheibe	61%	15%	99



Einflussnehmende Maßnahmen

Spektralverteilung: Einscheiben-Sonnenschutzverglasung (2fach)



Transmission	VIS	UV-A	R_a
1Scheibe	39%	0,6%	93



Einflussnehmende Maßnahmen

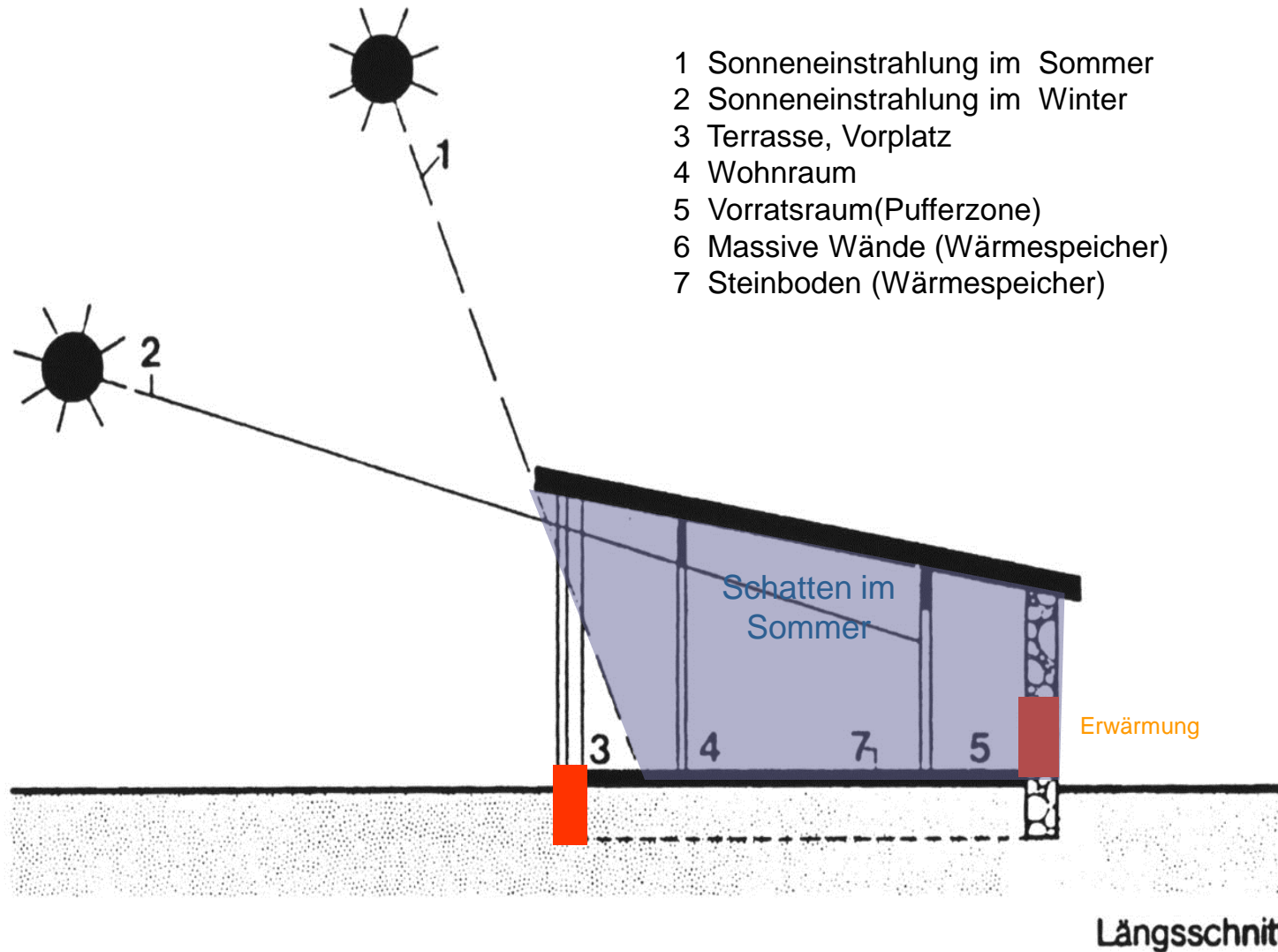
Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren von Sonnenschutzvorrichtungen

Zeile	Sonnenschutzvorrichtung ^a	F_C		
		$g \leq 0,40$ (Sonnen- schutzglas) zweifach	$g > 0,40$	
			dreifach	zweifach
1	ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,00	1,00	1,00
2	Innenliegend oder zwischen den Scheiben ^b			
2.1	weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz ^c	0,65	0,70	0,65
2.2	helle Farben oder geringe Transparenz ^d	0,75	0,80	0,75
2.3	dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
3	Außenliegend			
3.1	Fensterläden, Rollläden			
3.1.1	Fensterläden, Rollläden, $\frac{3}{4}$ geschlossen	0,35	0,30	0,30
3.1.2	Fensterläden, Rollläden, geschlossen ^e	0,15 ^e	0,10 ^e	0,10 ^e
3.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen			
3.2.1	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
3.2.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung ^e	0,20 ^e	0,15 ^e	0,15 ^e
3.3	Markise, parallel zur Verglasung ^d	0,30	0,25	0,25
3.4	Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen ^f	0,55	0,50	0,50

**DIN 4108-2:
2013-02**

Solarhaus des Sokrates (469 - 397 v. Chr.)

- 1 Sonneneinstrahlung im Sommer
- 2 Sonneneinstrahlung im Winter
- 3 Terrasse, Vorplatz
- 4 Wohnraum
- 5 Vorratsraum(Pufferzone)
- 6 Massive Wände (Wärmespeicher)
- 7 Steinboden (Wärmespeicher)



Verschattung durch Verbauungen

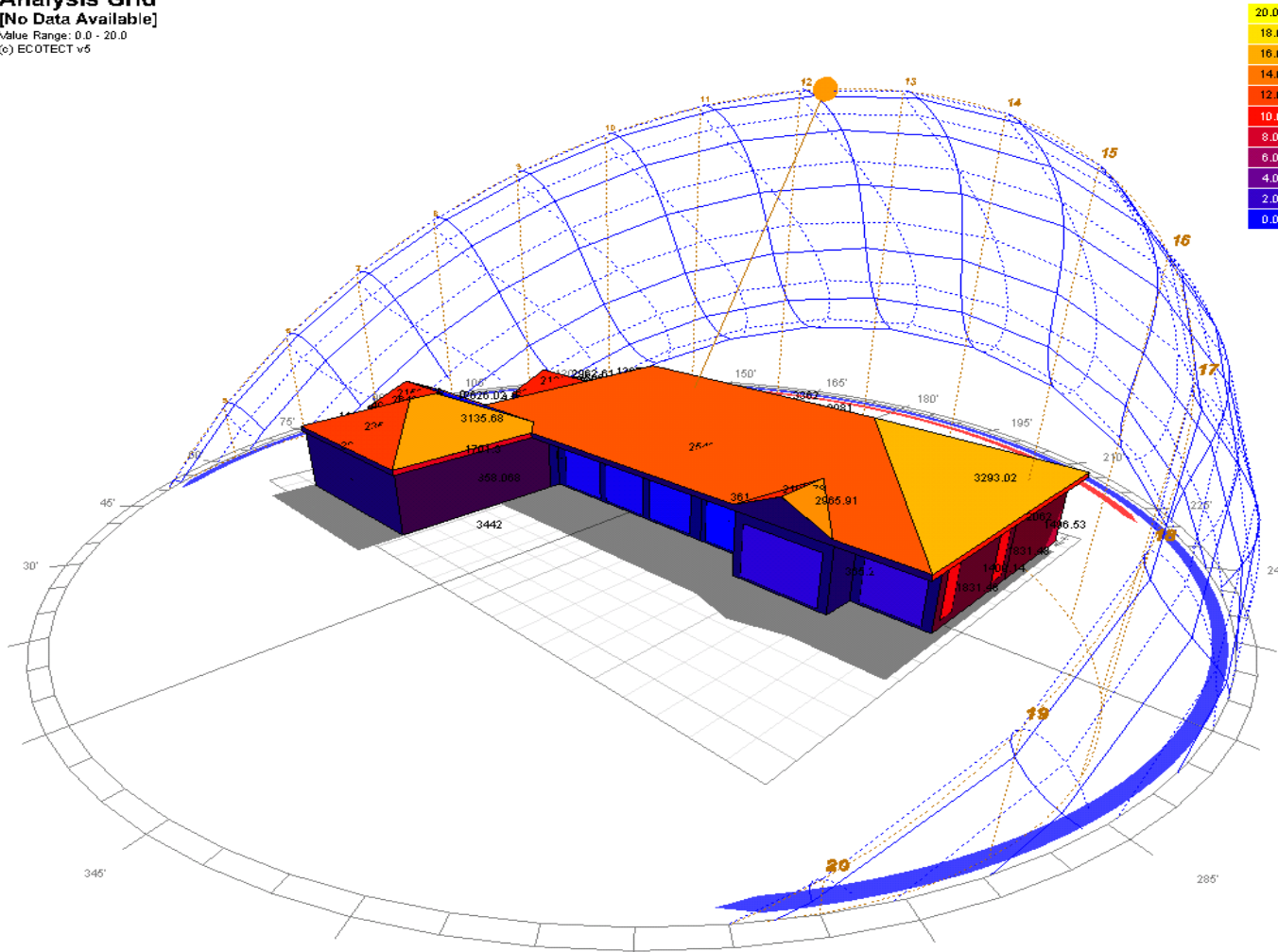


Verschattung durch Verbauungen



Schattenverlaufsanalyse mit Sonnenstandsdiagramm

Analysis Unit
[No Data Available]
Value Range: 0.0 - 20.0
(c) ECOTECT v5



„Historische“ Sonnen- und Strahlenschutzsysteme



Sonnenschutzverglasungen



Außenliegende Jalousien



Windwächter vs. Nutzung?

Gebäudemodernisierung für den Klimawandel

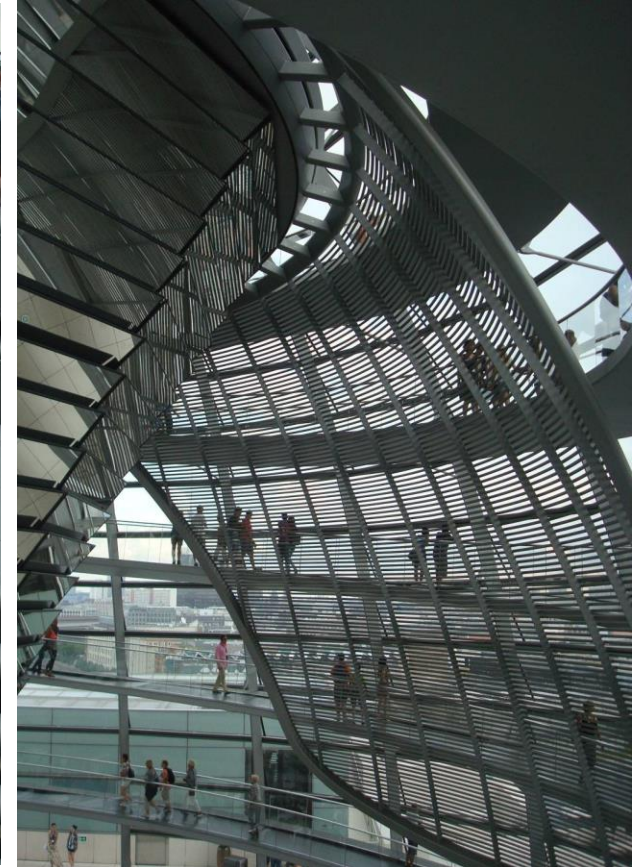
Selektive Verschattungssysteme



Detektion durch
Windwächter und
Strahlungssensor

Nachführende Systeme

Reichstagskuppel, Berlin



„Projizierter Schatten“

Starre Verschattungssystem – Prinzip „projizierter Schatten“

Nordfassade



Südfassade



Verschattungssysteme für Atrien



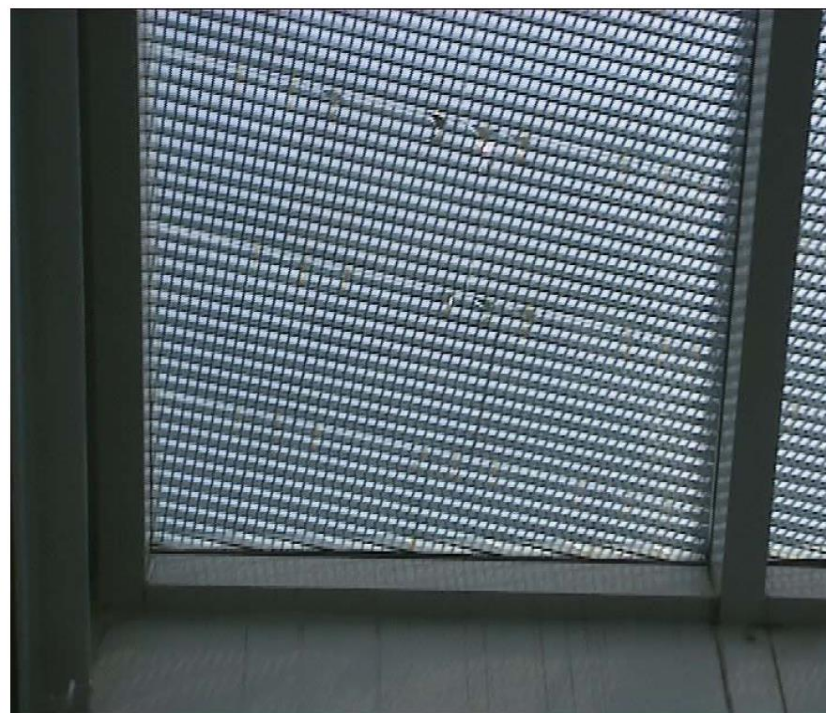
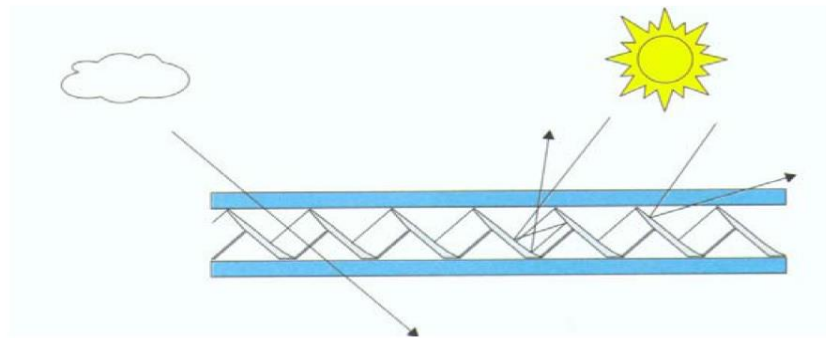
Außenliegende Dachverschattung (starr)



Integrierte Systeme (standortspezifisch)

Spiegelraster

- Ausblenden der direkten Solarstrahlung
- Gleichmäßige Lichtverteilung



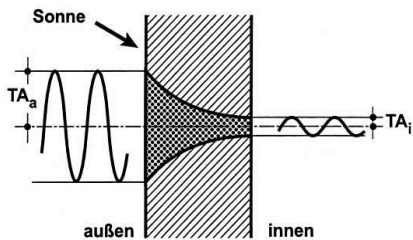
Nutzungsorientierte Belüftungsarten



Hauptbahnhof
Berlin

Instationäres Verhalten Außenbauteile

Amplitudendämpfung



$$TAV = Ta_i / Ta_a$$

TAV = klein (< 0,2)

z.B. 36,5 cm Ziegel-Mauerwerk (beidseitig verputzt):

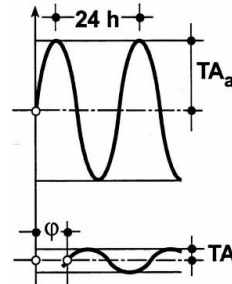
TAV = mittel (0,2 – 0,7)

z.B. 25 cm Leichtbetonwand (beidseitig beschichtet):

TAV = groß (> 0,7)

z.B. Leichtbau – Alu – Paneel (mit Hartschaumfüllung):

Phasenverschiebung



ϕ praktisch 6 bis 12 h

(je nach Masse bzw.
 Dämmschichtanordnung)

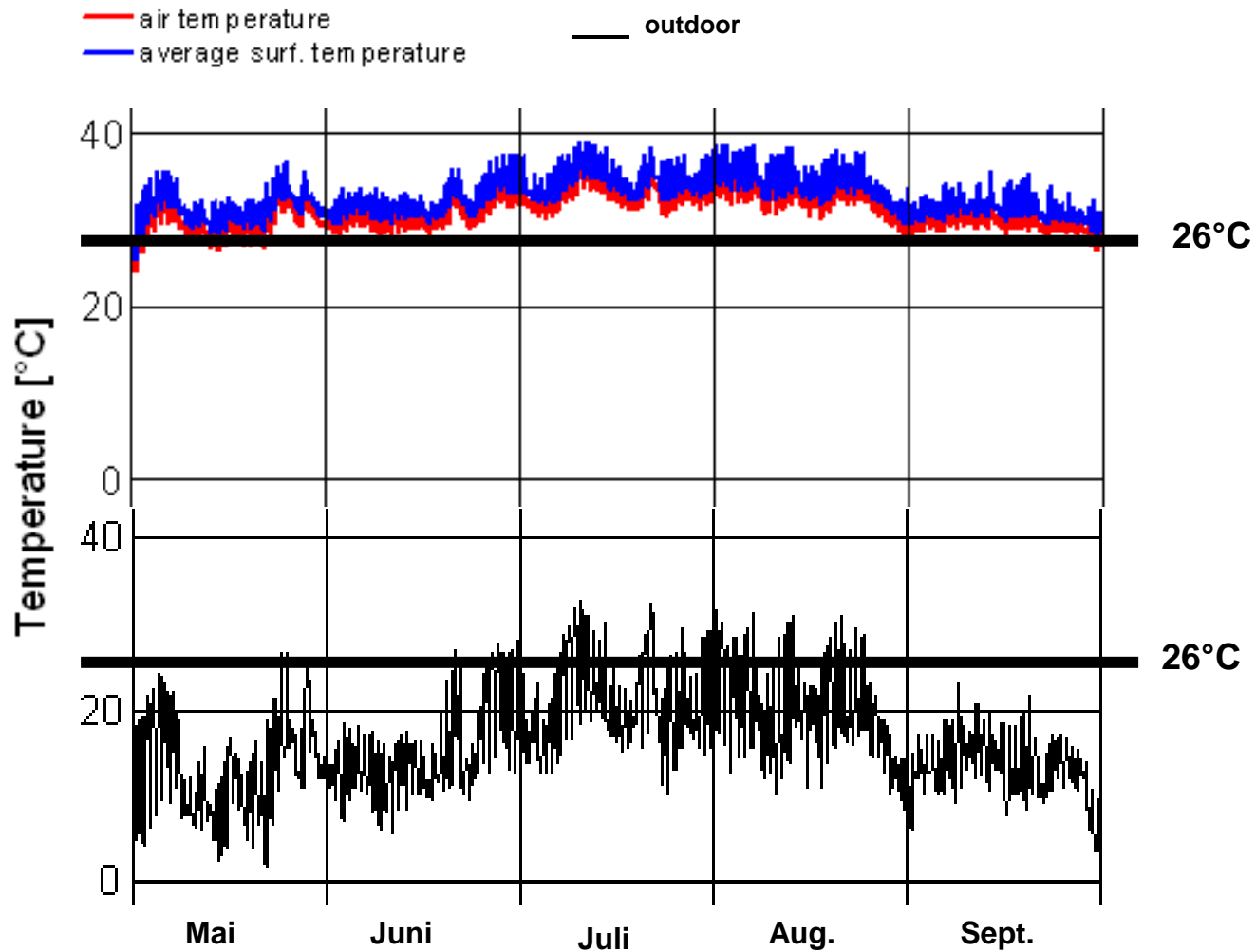
Beispiel : geschlossene, unbeheizte Loggia



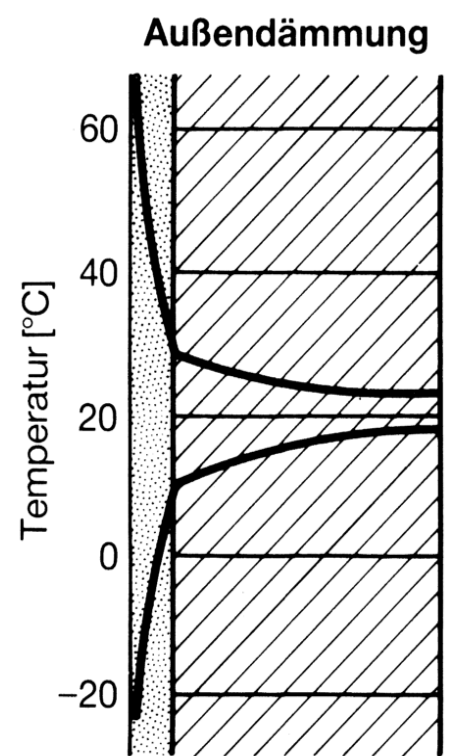
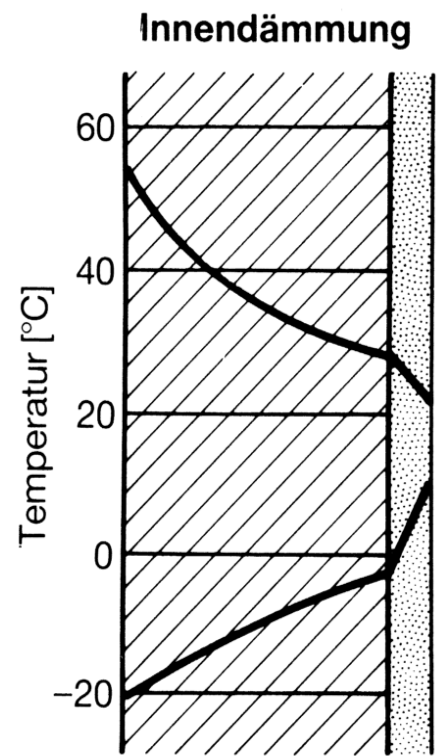
- an beheizten Wohnraum grenzend
- Süd-Orientierung
- Fensterflächenanteil $f_{AG} \approx 100\%$
- Sonnenschutzglas ($g_{total} = 0,25$)
- schwere Bauart
- Luftwechsel $\geq 2h^{-1}$
- Standort: Südthüringen

Quelle: kug-architekten

Simulation



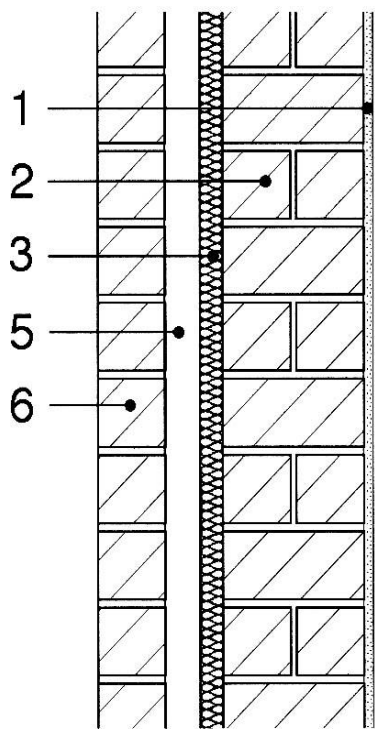
Temperaturverteilungen in der Wand bei Innen- und Außendämmung



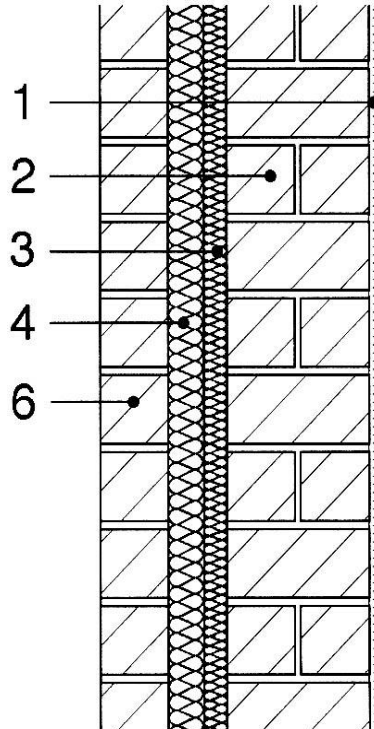
Konsequenzen

Innendämmung	Außendämmung
<ul style="list-style-type: none"> • Frost (Außenschale) • Tauwasser (Querschnitt) • Regenschutz • schnelles Aufheizen 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Wärmebrücke • therm. Spannungen in Putz, falls dunkel ! • Innenschale warm, spannungsfrei, speicherfähig

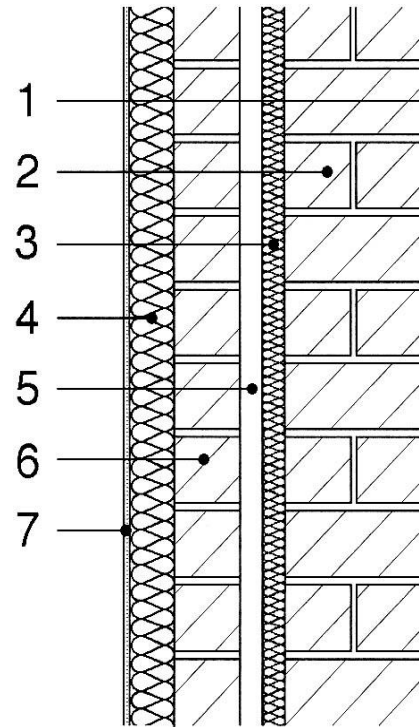
Nachträgliche Wärmedämmung



mit Luftschicht



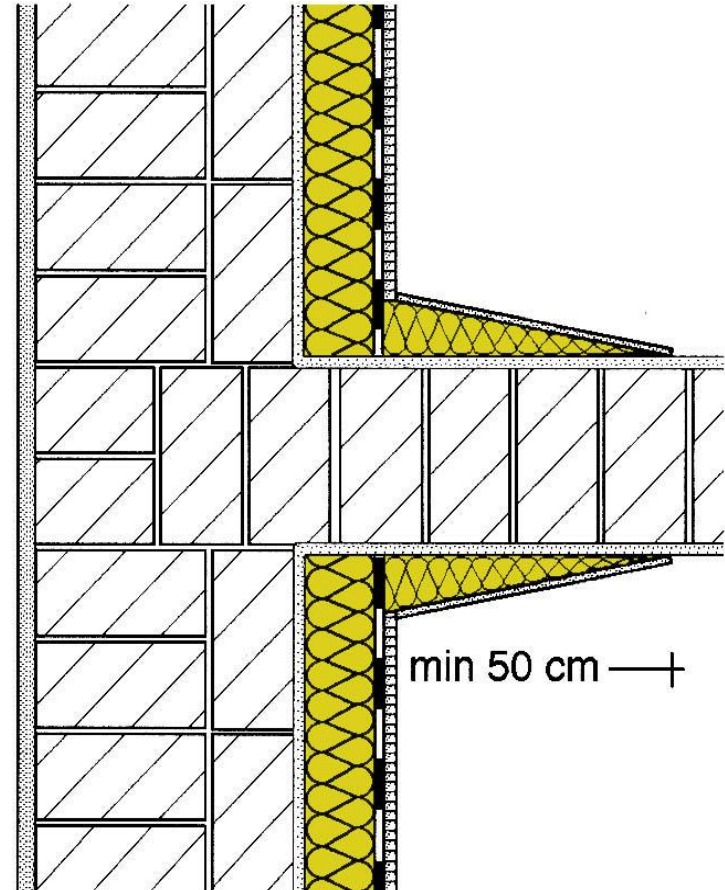
Kerndämmung



mit Luftschicht

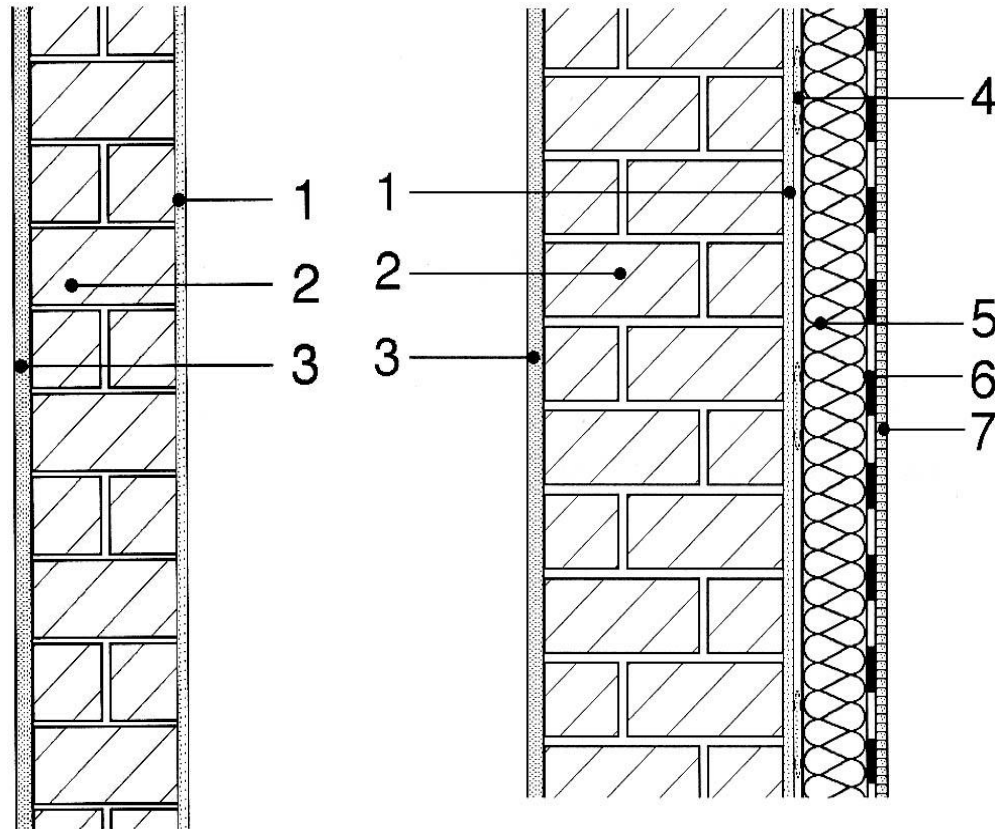
- 1 Innenputz
- 2 Mauerwerk
- 3 Wärmedämmung alt
- 4 Wärmedämmung neu
- 5 Luftschicht
- 6 Vormauerschale
- 7 Außenputz

Innendämmung		
Achtung!	-	Diffusionstechnisches Verhalten
	-	Schallübertragung
	-	Wärmebrücken
	-	Brandschutz
	-	Wohnfläche (Mietverträge)
	-	Mieterbeeinträchtigung
	-	Kosten (Bäder)
	-	Mobiliar
Günstig	+	Bequeme Anbringung
	+	Rasches Wiederanheizen



Innenwandinbindung
 (Wärmebrückenwirkung)

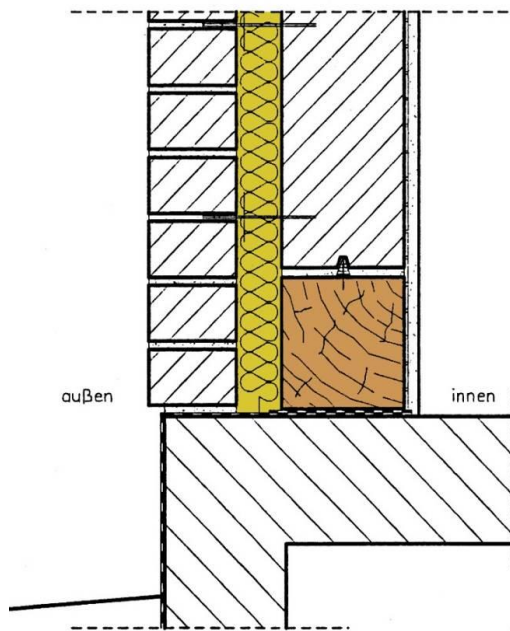
Nachträgliche Wärmedämmung



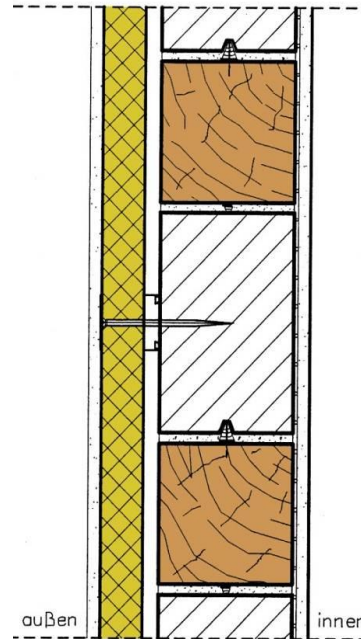
1 Innenputz
 2 Mauerwerk
 3 Außenputz

4 Klebmasse
 5 Wärmedämmung
 6 Dampfbremse
 7 Gipskartonplatte

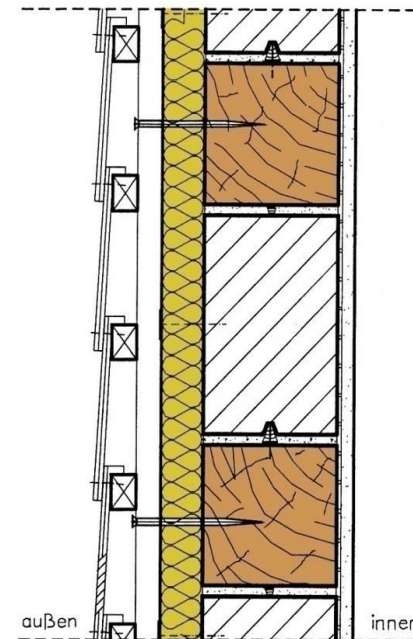
Konstruktionsbeispiele für Kern- und Außendämmsysteme



Vormauerung



WDVS



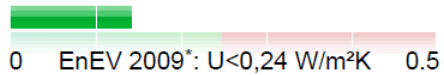
Vorhang

Temperaturverteilungen in der Wand bei Außendämmung

Aussenwand Holzrahmenbau: Außenwand, $U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

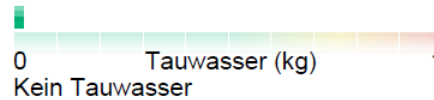
(erstellt am 4.1.2012 16:03)

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



Raumluft: $20^\circ\text{C} / 50\%$
 Außenluft: $-10^\circ\text{C} / 80\%$

Kein Tauwasser
 (Feuchteschutz)



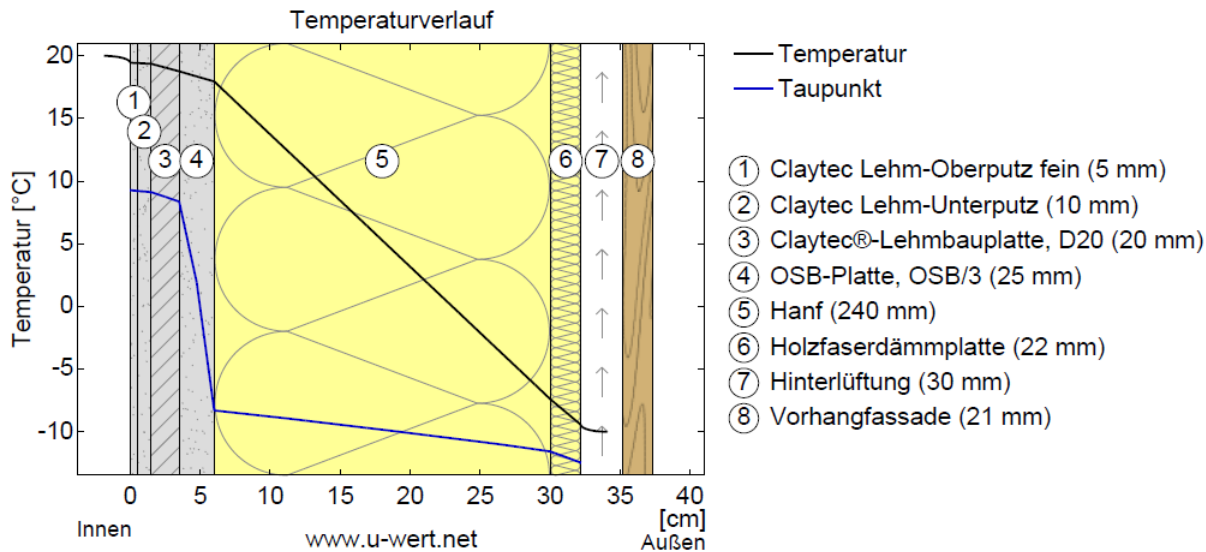
Tauwasser: 0.00 kg/m^2
 sd-Wert: 6.0 m

TA-Dämpfung: 37.5
 (Hitzeschutz)



Gewicht: 76 kg/m^2
 Dicke: 37.3 cm

Temperaturverlauf / Tauwasserzone

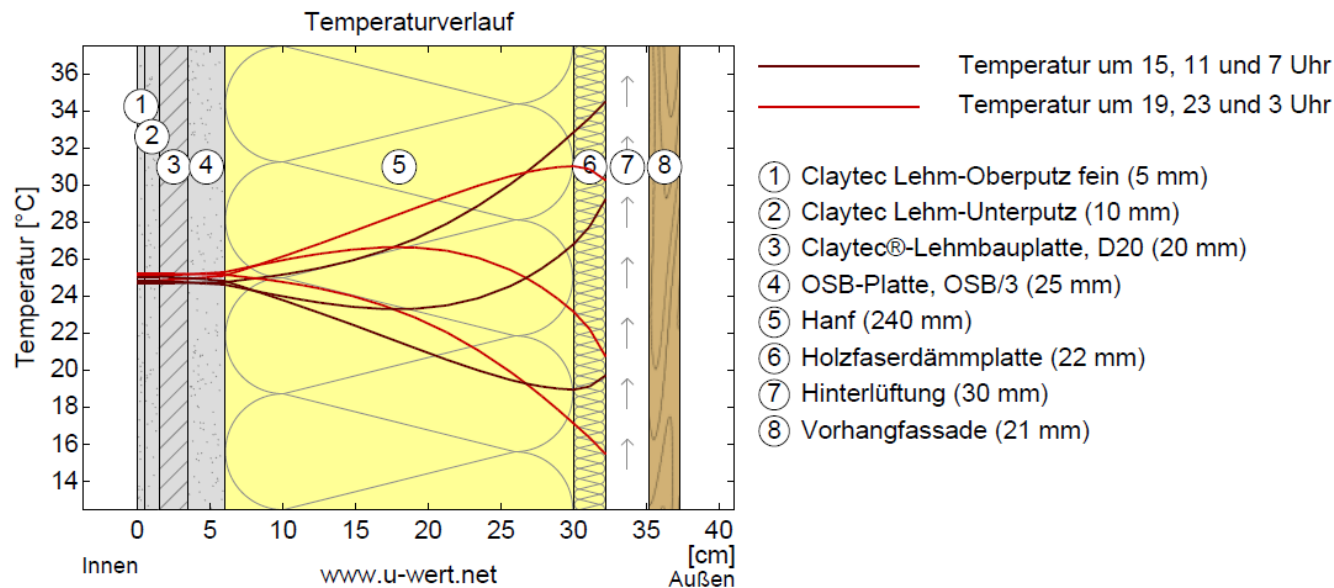


Temperaturverteilungen in der Wand bei Außendämmung

Für die Analyse des sommerlichen Hitzeschutzes wurden die Temperaturänderungen innerhalb des Bauteils im Verlauf eines heißen Sommertages simuliert. Folgende Tabelle enthält die Ergebnisse:

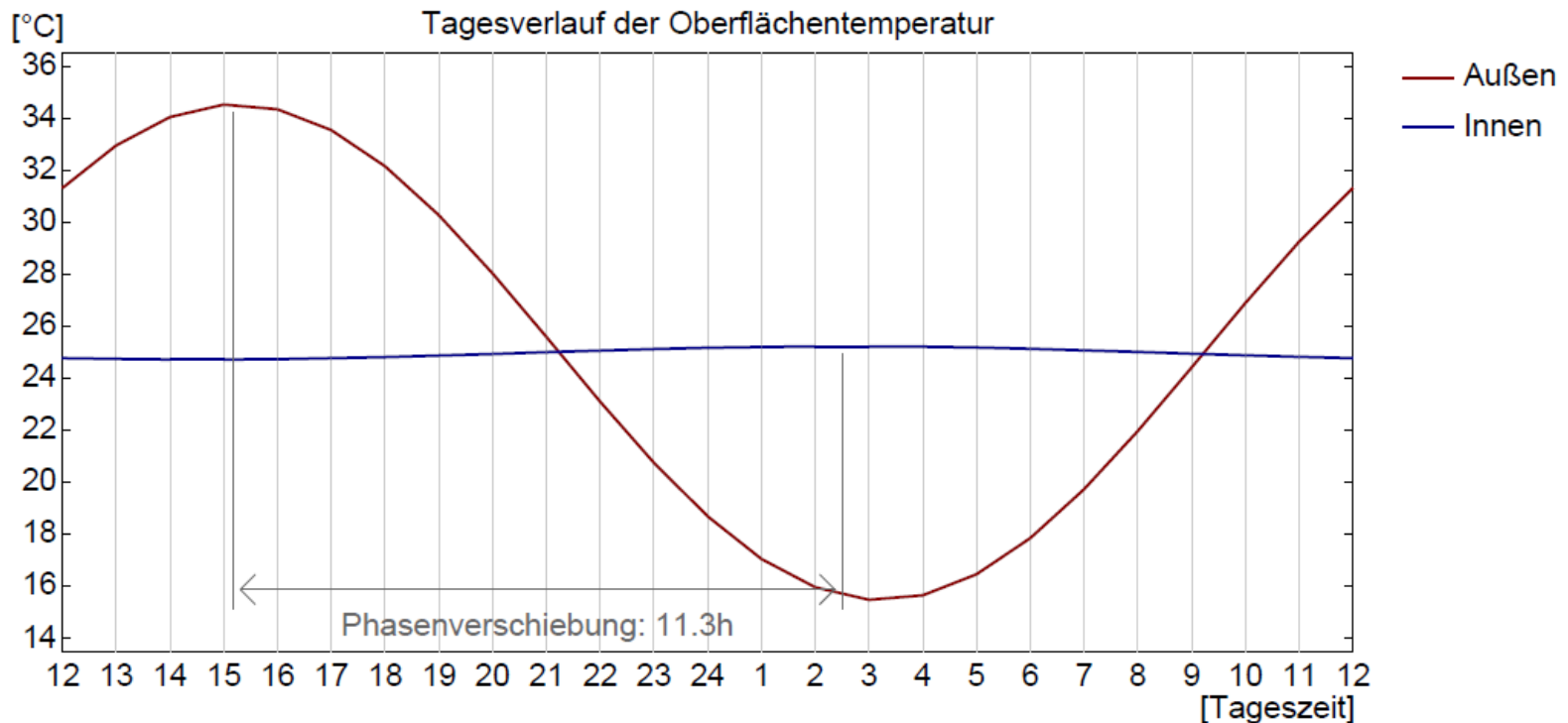
Phasenverschiebung:	11,3h	Zeitpunkt der maximalen Innentemperatur:	2:30
Amplitudendämpfung:	37,5	Temperaturdifferenz auf äußerer Oberfläche:	19,1 °C
TAV:	0,027	Temperaturdifferenz auf innerer Oberfläche:	0,5 °C

(Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht. Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C. Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung)

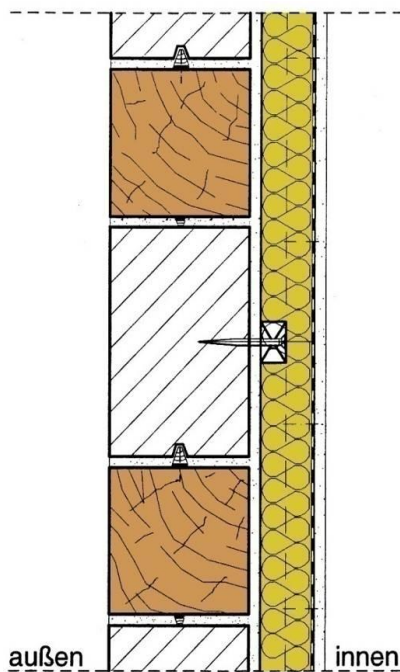


Temperaturverteilungen in der Wand bei Außendämmung

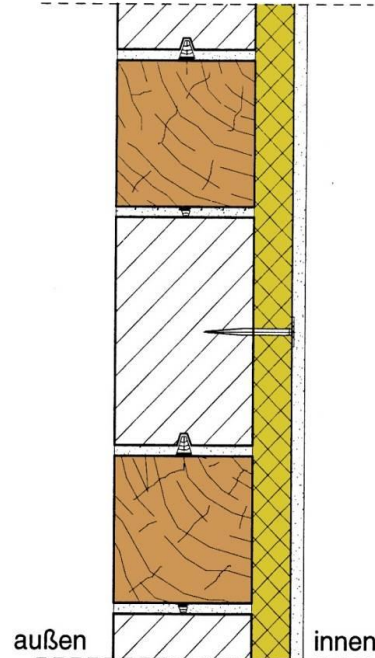
Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.



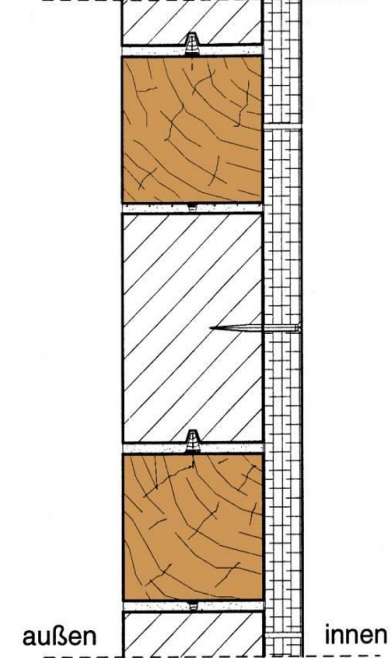
Konstruktionsbeispiele für Innendämmsysteme auf Fachwerk



Zelluloseflocken

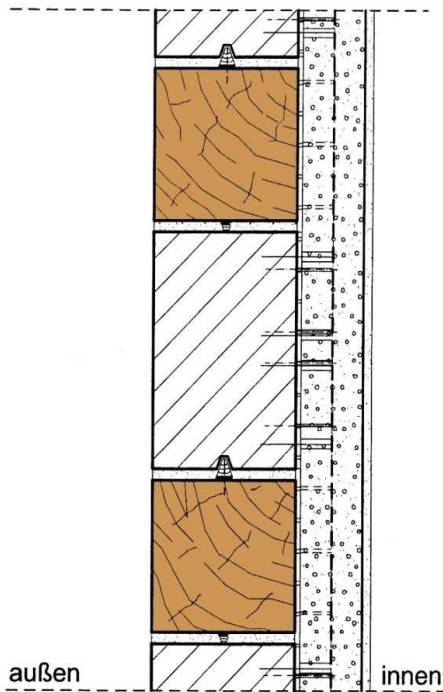


HWL- Platte

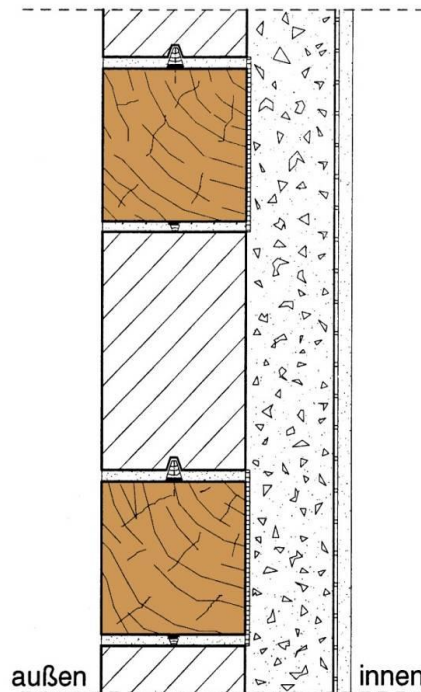


**Kalzium-
Silicat-Platte**

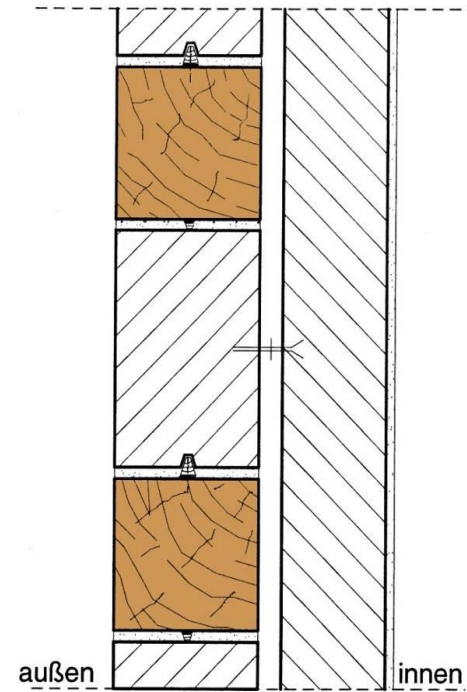
Konstruktionsbeispiele für Innendämmsysteme



Wärmedämmputz



**Leichtlehm oder
 Wärmedämmlehm**



Vorsatzschale

Temperaturverteilungen in der Wand bei Innendämmung

Aussenwand Lehmfachwerk: Außenwand, $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$

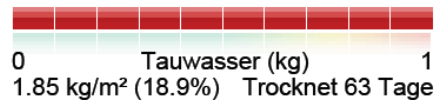
(erstellt am 4.1.2012 16:05)

$U = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$
 (Wärmedämmung)



Raumluft: $20^\circ\text{C} / 50\%$
 Außenluft: $-10^\circ\text{C} / 80\%$

Viel Tauwasser
 (Feuchteschutz)



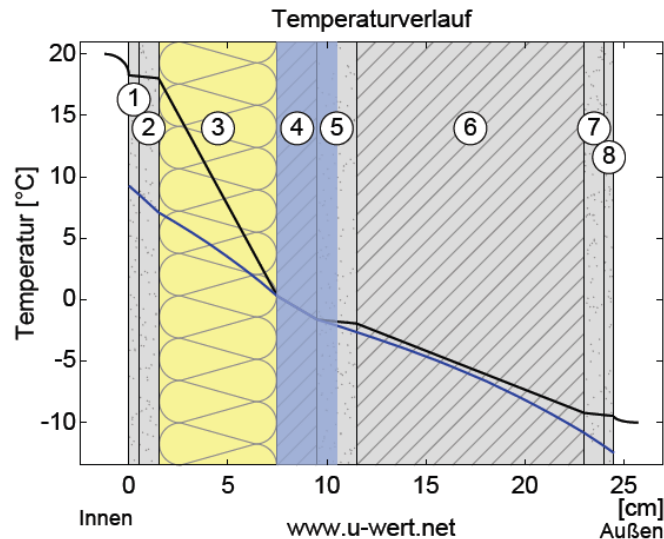
Tauwasser: 1.85 kg/m^2
 sd-Wert: 2.1 m

TA-Dämpfung: 16.4
 (Hitzeschutz)



Gewicht: 189 kg/m^2
 Dicke: 24.5 cm

Temperaturverlauf / Tauwasserzone



— Temperatur
 — Taupunkt
 ■ Tauwasser

- ① Claytec Lehm-Oberputz fein (5 mm)
- ② Claytec Lehm-Unterputz (10 mm)
- ③ Holzfaserdämmplatte (60 mm)
- ④ Claytec®-Lehmbauplatte, D20 (20 mm)
- ⑤ Claytec Lehm-Unterputz (20 mm)
- ⑥ Leichtlehmstein NF 700 von Claytec (115 mm)
- ⑦ Claytec Lehm-Unterputz (10 mm)
- ⑧ Claytec Lehm-Oberputz fein (5 mm)

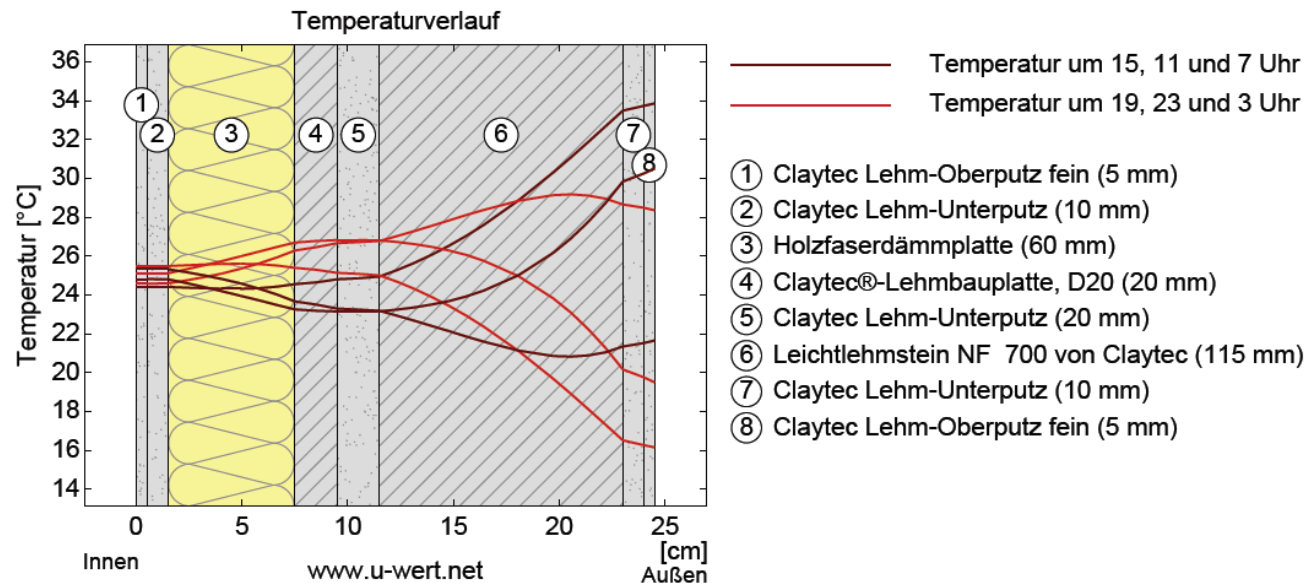
www.u-wert.net

Temperaturverteilungen in der Wand bei Innendämmung

Für die Analyse des sommerlichen Hitzeschutzes wurden die Temperaturänderungen innerhalb des Bauteils im Verlauf eines heißen Sommertages simuliert. Folgende Tabelle enthält die Ergebnisse:

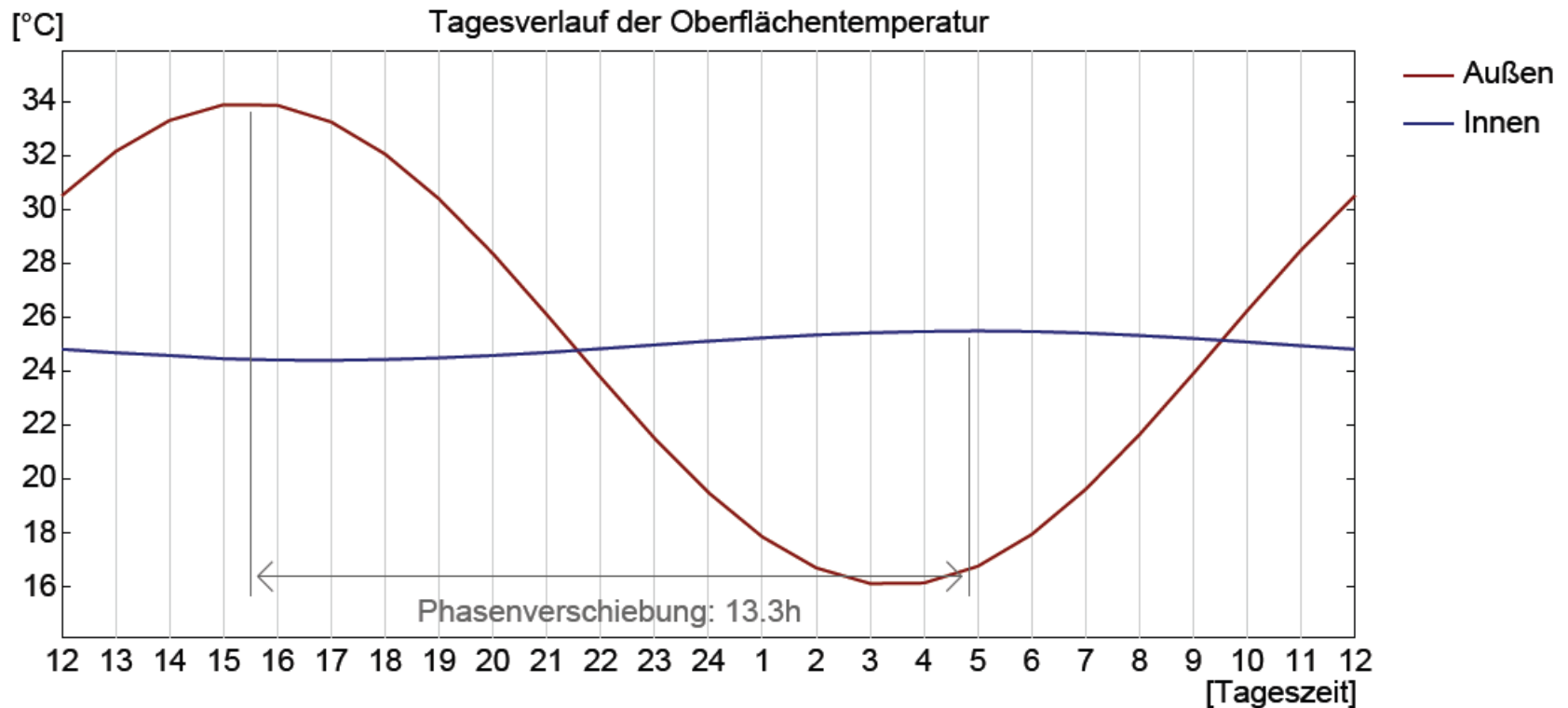
Phasenverschiebung:	13,3h	Zeitpunkt der maximalen Innentemperatur:	4:45
Amplitudendämpfung:	16,4	Temperaturdifferenz auf äußerer Oberfläche:	17,9 °C
TAV:	0,061	Temperaturdifferenz auf innerer Oberfläche:	1,1 °C

(Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht. Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C. Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$)



Temperaturverteilungen in der Wand bei Innendämmung

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.



Kerndämmung



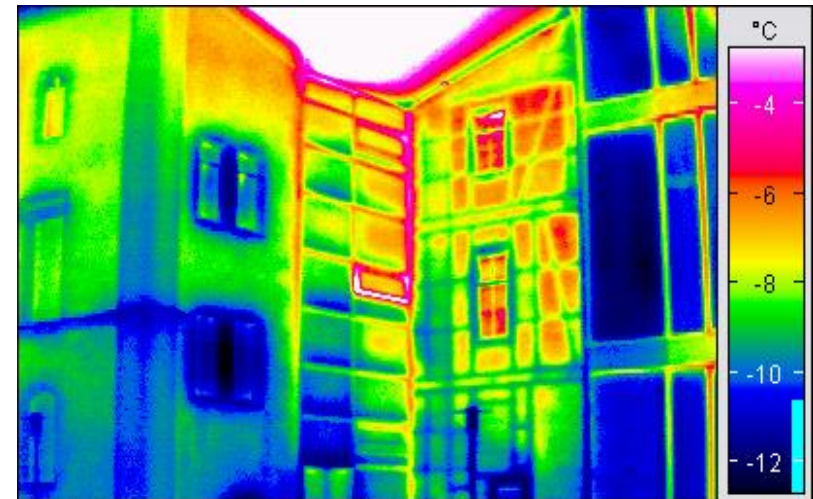
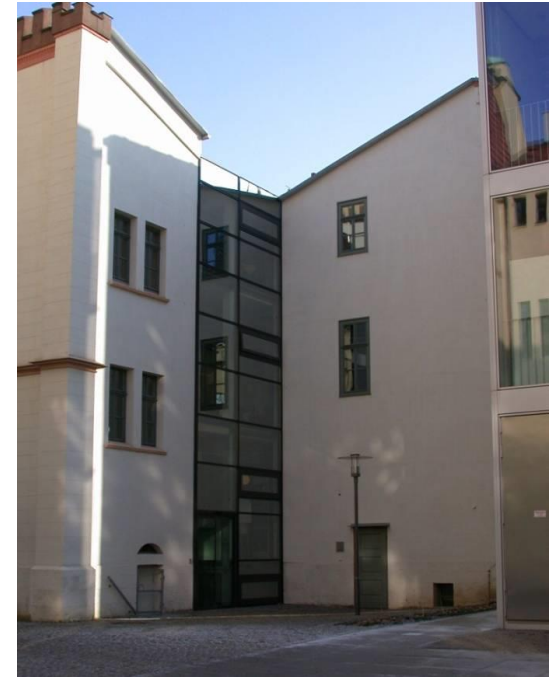
Blähglas, gebunden
(auch als Schüttung möglich)

EPS
oder
XPS

XPS



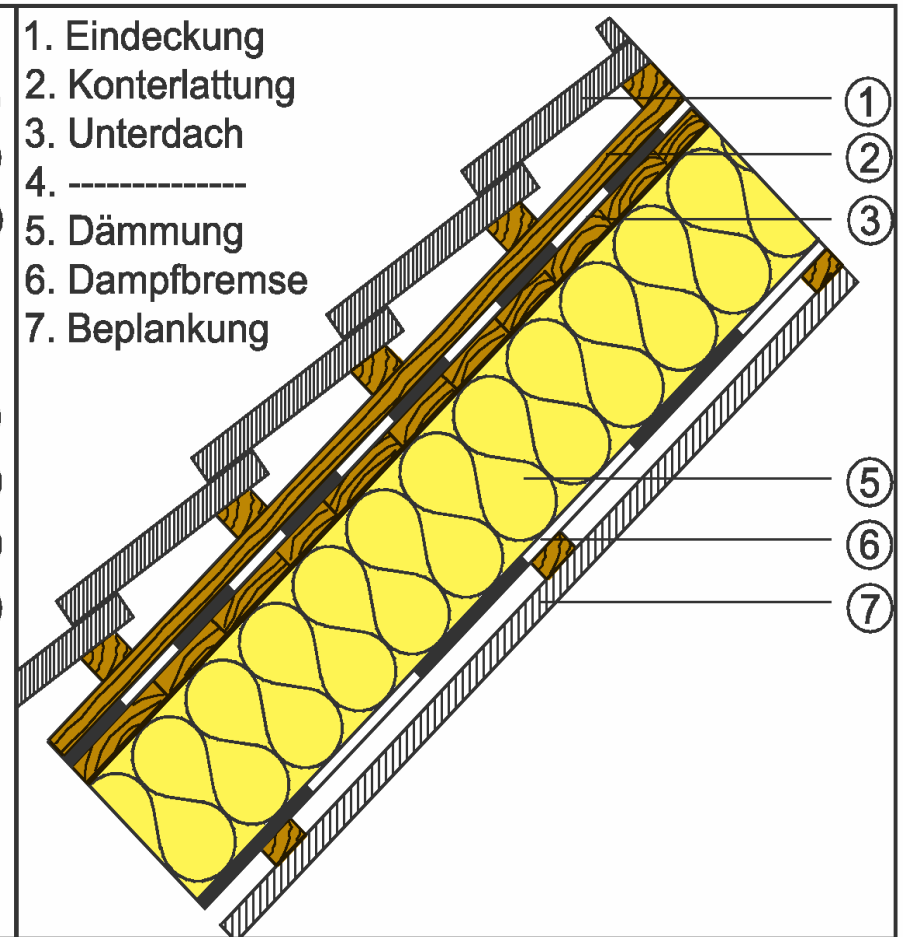
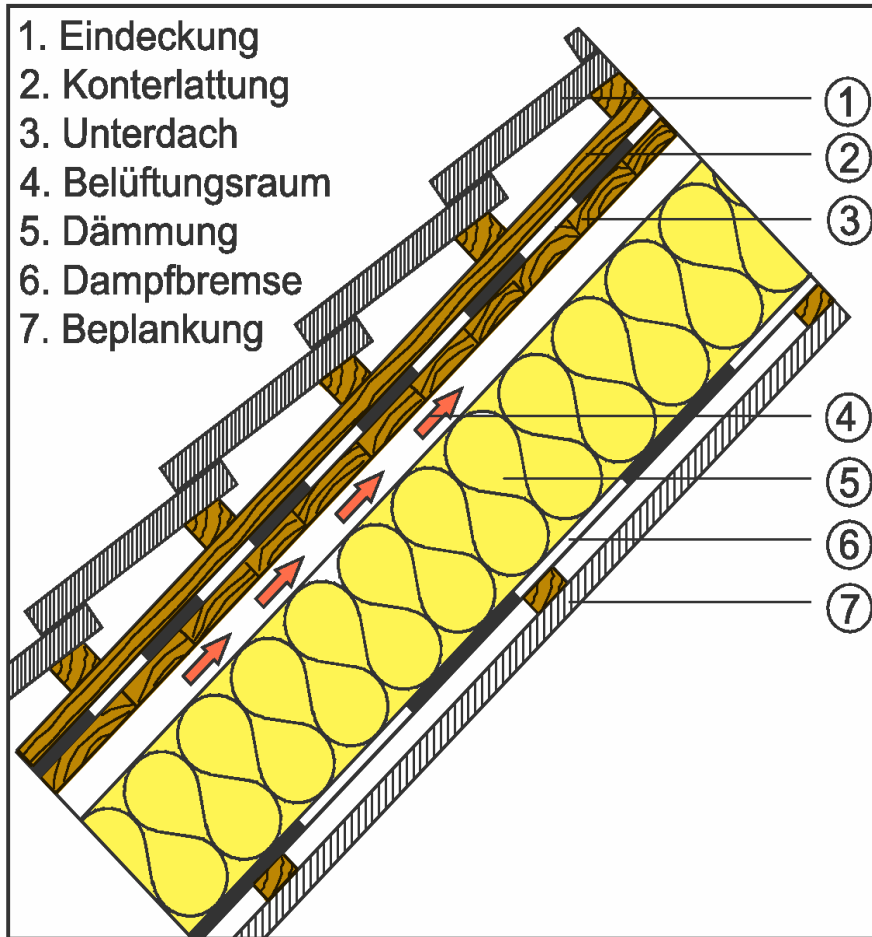
Fachwerkwände



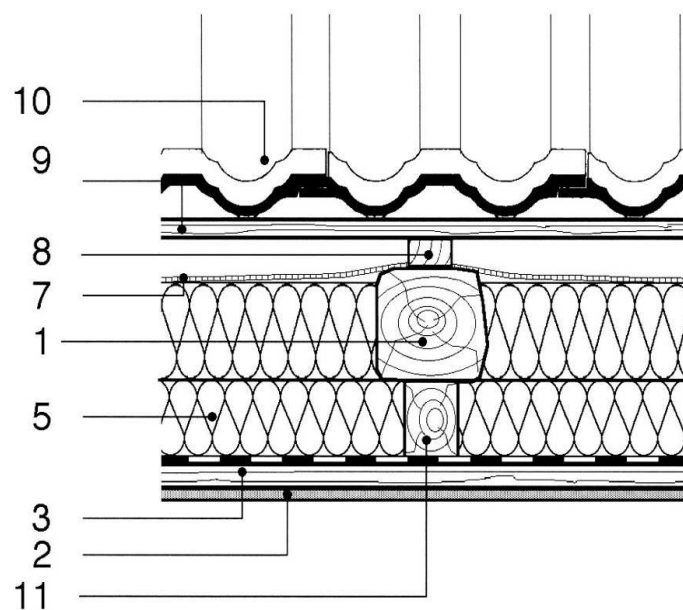
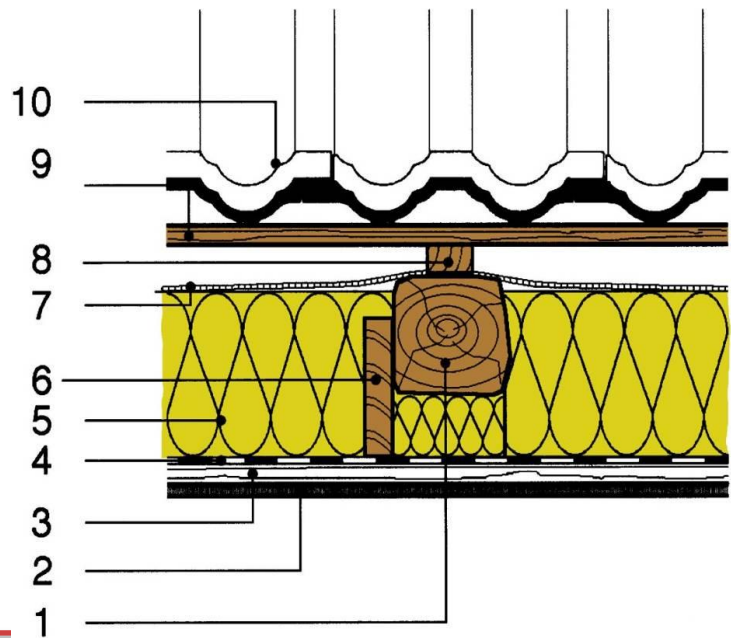
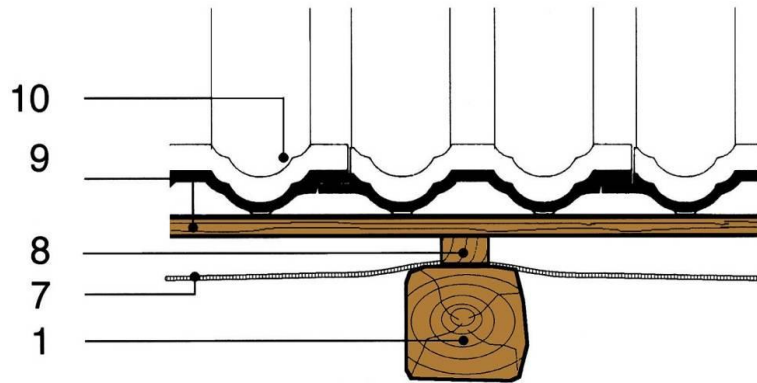
IR-Bild: Belvederer Allee 1 / rückseitig

belüftet

nicht belüftet



Nachträgliche Wärmedämmung



- 1 Sparren
- 2 Gipskartonplatte
- 3 Lattung
- 4 Dampfsperre
- 5 Dämmstoff
- 6 Brett
- 7 Unterspannbahn
- 8 Konterlattung
- 9 Lattung
- 10 Dachdeckung
- 11 Sparrenaufdopplung

Fazit

- Für hohe Energieeffizienz ist baulicher Wärmeschutz im Sommer zwingend notwendig
- Sonneneintragskennwert ist eine physikalisch abstrakte Größe ohne Vorstellung über Größenordnung und relativer Gewichtung
- Nachweisverfahren nach DIN 4108-2 hauptsächlich für Wohn- und Bürogebäude geeignet
- Für andere Gebäudenutzungen thermische Gebäudesimulation empfohlen/notwendig
- Anwendungsgrenzen des Verfahrens nach DIN 4108-2 bei sehr großen Fensterflächen, Glasanbauten, Glasfassaden etc.
- Nur eingeschränkte spezifische Bewertung/Bemessung der einzelnen stofflichen und konstruktiven Maßnahmen möglich
- Alternative zum stationären Nachweisverfahren sind thermische Gebäudesimulationen mit fallspezifischen Randbedingungen