Dämmung von Gebäuden – Notwendigkeit für das Wohlfühlklima

Prof. Wolfgang Sorge

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK
Beratende Ingenieure VBI

beraten
planen
prüfen

Bauphysik
- Wohlfühlklima aus einer Hand

Energieeffizienz – Wärme- und Feuchteschutz - Tageslicht

Schallschutz – Raumakustik – Erschütterungsschutz

www.ifbSorge.de

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK
Beratende Ingenieure VBI

beraten
planen
prüfen

Inhalt

Wärmedämmung eines Gebäudes

Muss ich das? Lohnt sich das? Nützt es was?

Dämmung
– freiwillig und verordnet
– für Behaglichkeit und Bauschadensfreiheit
– Luftdichtheit und atmen
– Planungsprinzipien

Motivation
individuelle Ansprüche an das Gebäude

Mehr als ein

- „Dach über dem Kopf“

National geographic.de

- Behaglichkeit und Komfort
- Nachhaltigkeit
- Schadensfreiheit
- Werterhalt
- Bezahlbarkeit

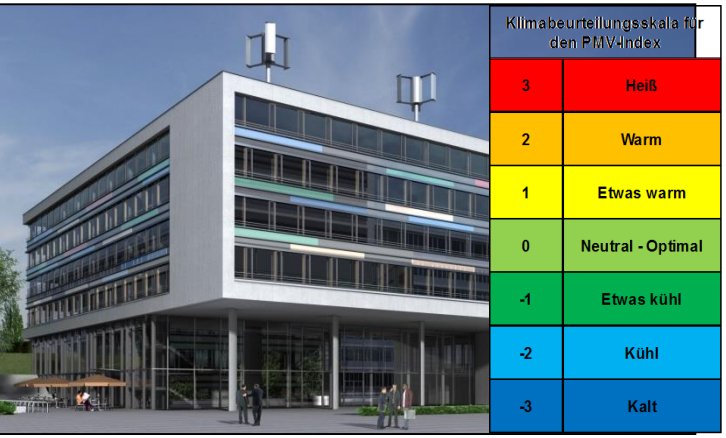
© Prof.Wolfgang Sorge ifb

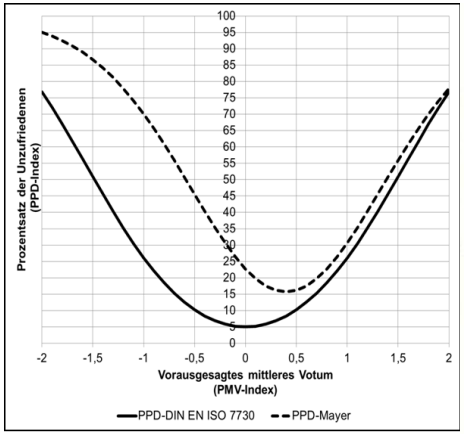
Motivation

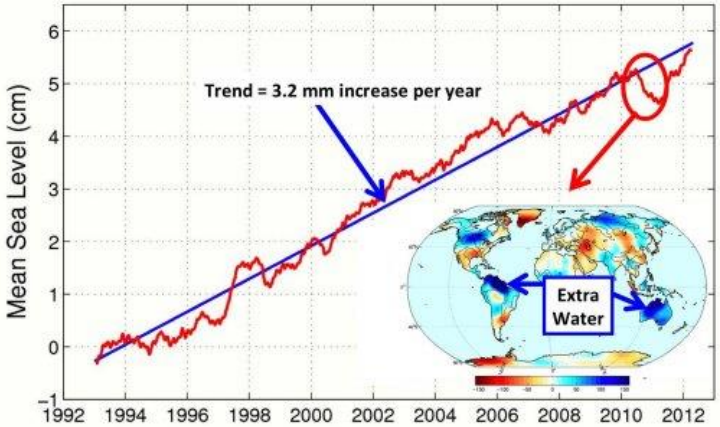
Gebäude und Energie - die Herausforderung und Chancen

- marktfähige, nachhaltige Immobilien
- Behaglichkeit und Komfort
- Nutzung lokaler Ressourcen und regenerativer Energien
- Stärkung der lokalen Wirtschaft
- weniger Konflikte in Gebieten mit konventionellen Ressourcen
- Umweltauswirkung reduzieren,

  wie Temperaturanstieg und Anstieg der Meeresspiegel
- Aufgaben für jeden Bauherren, für Architekten und Ingenieure







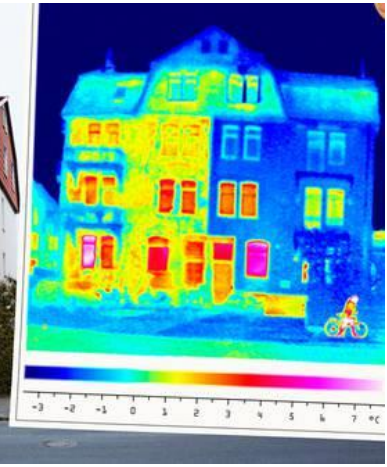
© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Motivation

Gebäude und Energie - die Herausforderung

Gebäudeentwurf und energetischer Entwurf

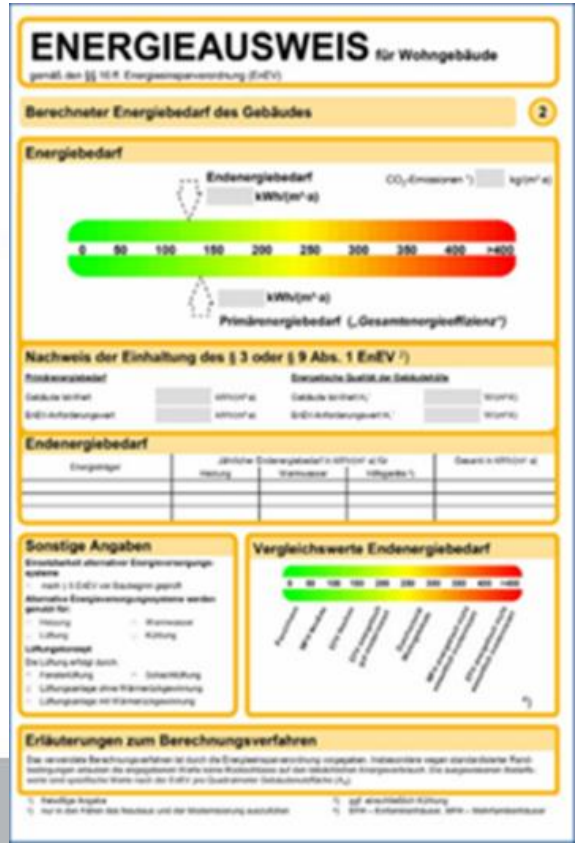
Beispiele zwischen unzureichend und gut



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Energieausweis als Marketinginstrument

Niedrigenergiehäuser
Effizienzhäuser

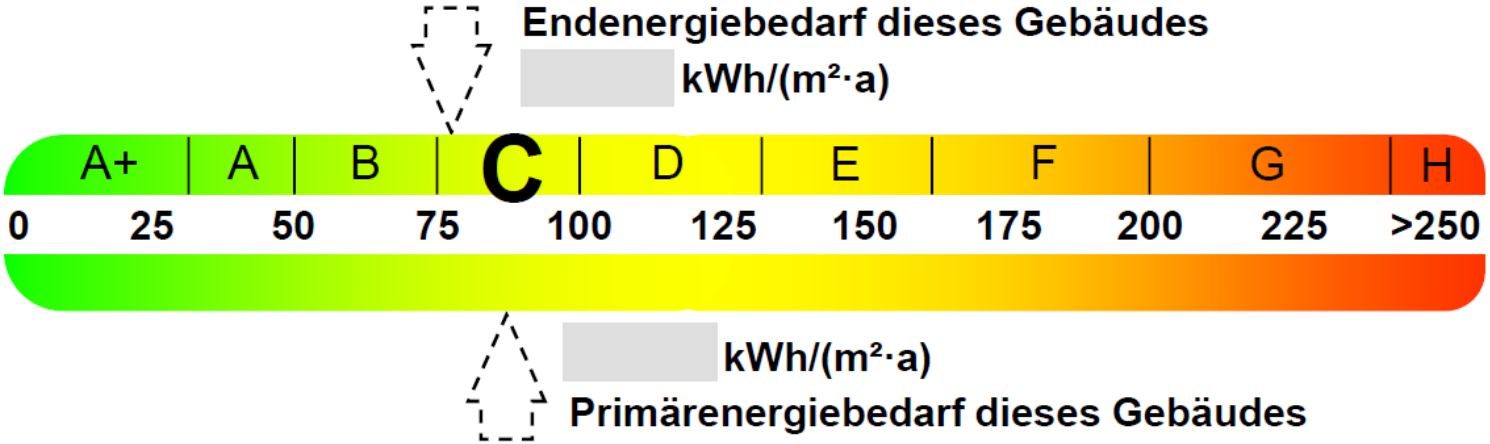


Quelle: dena

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Wärmedämmung und Energieeffizienz

Ziele und Verordnungen



Motivation
verordnete Anforderungen an Gebäude

- Europäische Gebäuderichtlinie 2010
- Energieeinsparungsgesetz, zuletzt geändert 2013
- Energieeinsparverordnung 2014
- Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung, 2016
- DIN 4108-2:2013 Wärmeschutz und Energieeinsparung im Hochbau

- ´zukünftig
  Gebäudeenergiegesetz GEG 2017 (Entwurf, vorr. Neuauflage 2018)
  - Zusammenfügung des Energieeinsparungsgesetzes
  - der Energieeinsparverordnung und des
  - Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

14. November 2016

Klimaschutzplan 2050

Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung

- Zusammenfassung -

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Nationale Ziele

Nationaler Klimaschutzplan

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

14. November 2016

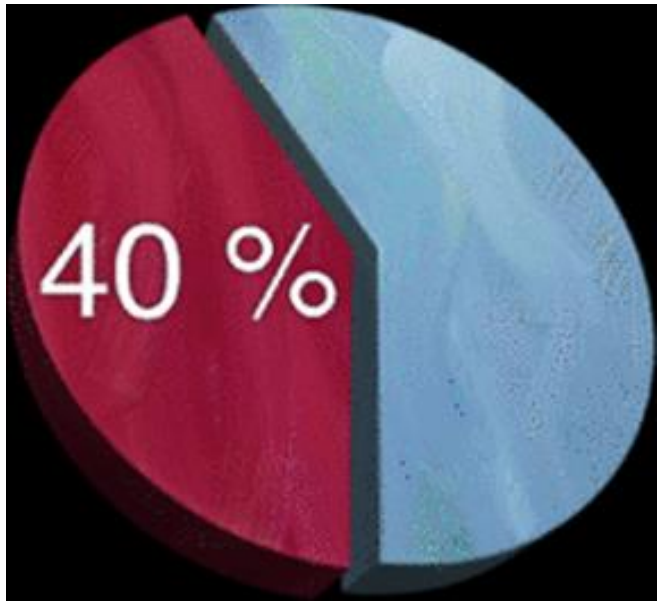
Klimaschutzplan 2050

Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung

- Zusammenfassung -

EnEV 2014 -Zweck und Anwendungsbereich

- nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis 2050
- Niedrigstenergiegebäude
    - 2019 für öffentliche Gebäude
    - 2021 für alle Gebäude
- Modernisierungsoffensive
- Förderpolitik
- Sanierungsfahrplan



GEG –Gebäudeenergiegesetz (vorr. 2018)

- Energieeinsparungsgesetz,
  EnEV und EEWärmeG zusammenführen

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Energetische Anforderungen –Entwurf GEG 2017

- Gebäudeenergiegesetz GEG

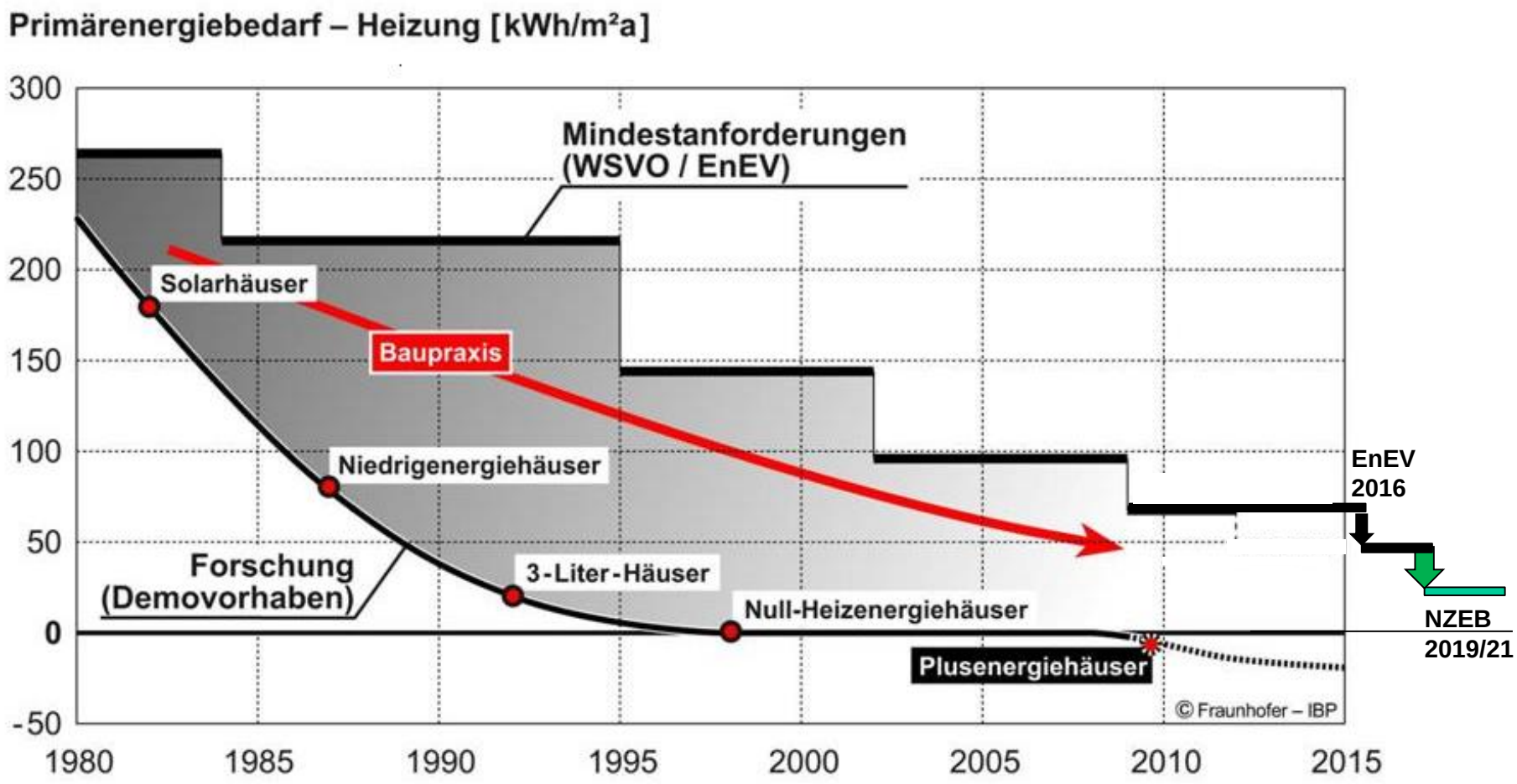
  Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme und Kälteerzeugung in Gebäuden

➢ im Februar 2017 im Bundeskabinett. zurückgestellt, vorr. Neuauflage 2018

- Zusammenführung des Energieeinsparungsgesetzes, der Energieeinsparverordnung und des erneuerbare Energien Wärmegesetzes
  - einheitliches Anforderungssystem für Neubauten, Integration von Energieeffizienz und erneuerbare Energien
  - geringer Primärenergiebedarf durch energetisch hochwertigen baulichen Wärmeschutz, damit effiziente Energienutzung und Deckung des Energiebedarfs durch regenerative Energien
  - Niedrigstenergiegebäude (für neu zu errichtende Gebäude der öffentlichen Hand ab 2019 einzuhalten) entspricht dem KfW 55 Standard
  - ab 1.1.2019 für öffentliche Gebäude: Verschärfung gegenüber 2016 26% bez. Jahresprimärenergiebedarf, 12% baulicher Wärmeschutz

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Energieeinsparung – Entwicklung EnEV 2013



Ziel: weniger Verbrauch – mehr Effizienz – Nutzung regenerativer Energien
2019/2021 NZEB: nearly zero energy building nach europäischer Gebäuderichtlinie

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Höherer energetischer Standard – mehr Energieverbrauch?

Ursachen

Wohnfläche

- innerhalb der letzten 60 Jahre
  Anstieg der Wohnfläche pro Person von 10m² auf 40m²
  Verdoppelung der Wohnfläche pro Person innerhalb von 25 Jahren

Ausnutzung von Flächen

- keine kalten „Pufferräume“, wie unbeheizte Dachräume, Keller, unbeheizte Treppenräume

Anstieg der mittleren Raumtemperatur

- 1K höhere Temperatur in Wohnungen führt zu etwa 5% mehr Verbrauch

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Verordnete Anforderung: Entscheidung für Effizienz

Strategien zur Energieeinsparung

Suffizienz und Effizienz

1973 - 2012

Suffizienz:
Askese oder Konsumverzicht

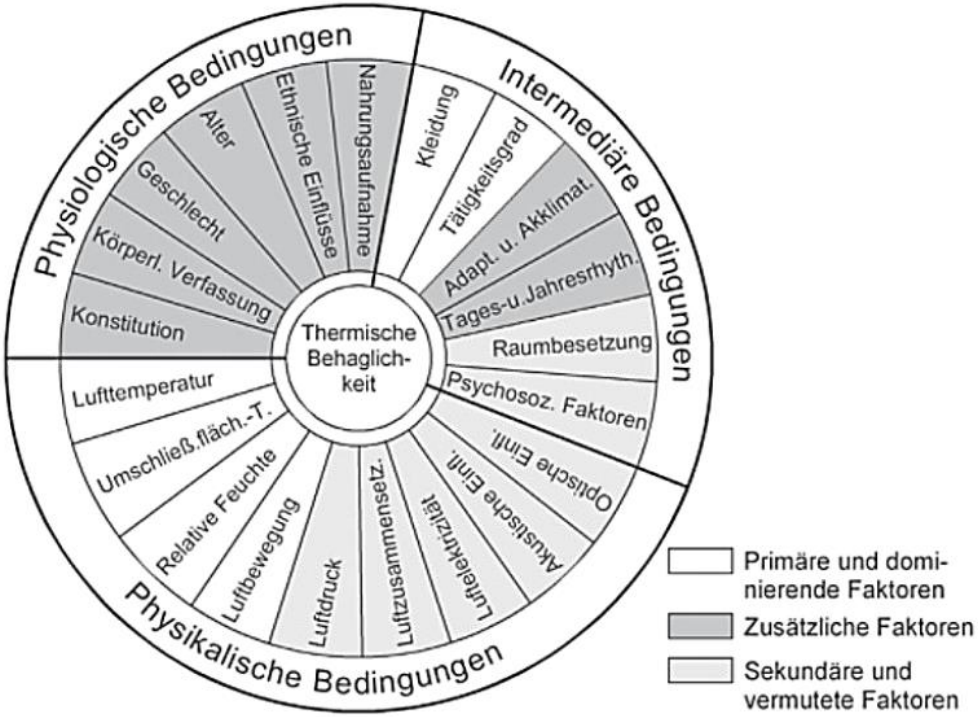
Effizienz:
Verhältnis von
Energieausbeute zu Energieeinsatz

Strategie:
wenig Verbrauch – effiziente Technik – Nutzung regenerativer Energien

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Behaglichkeit

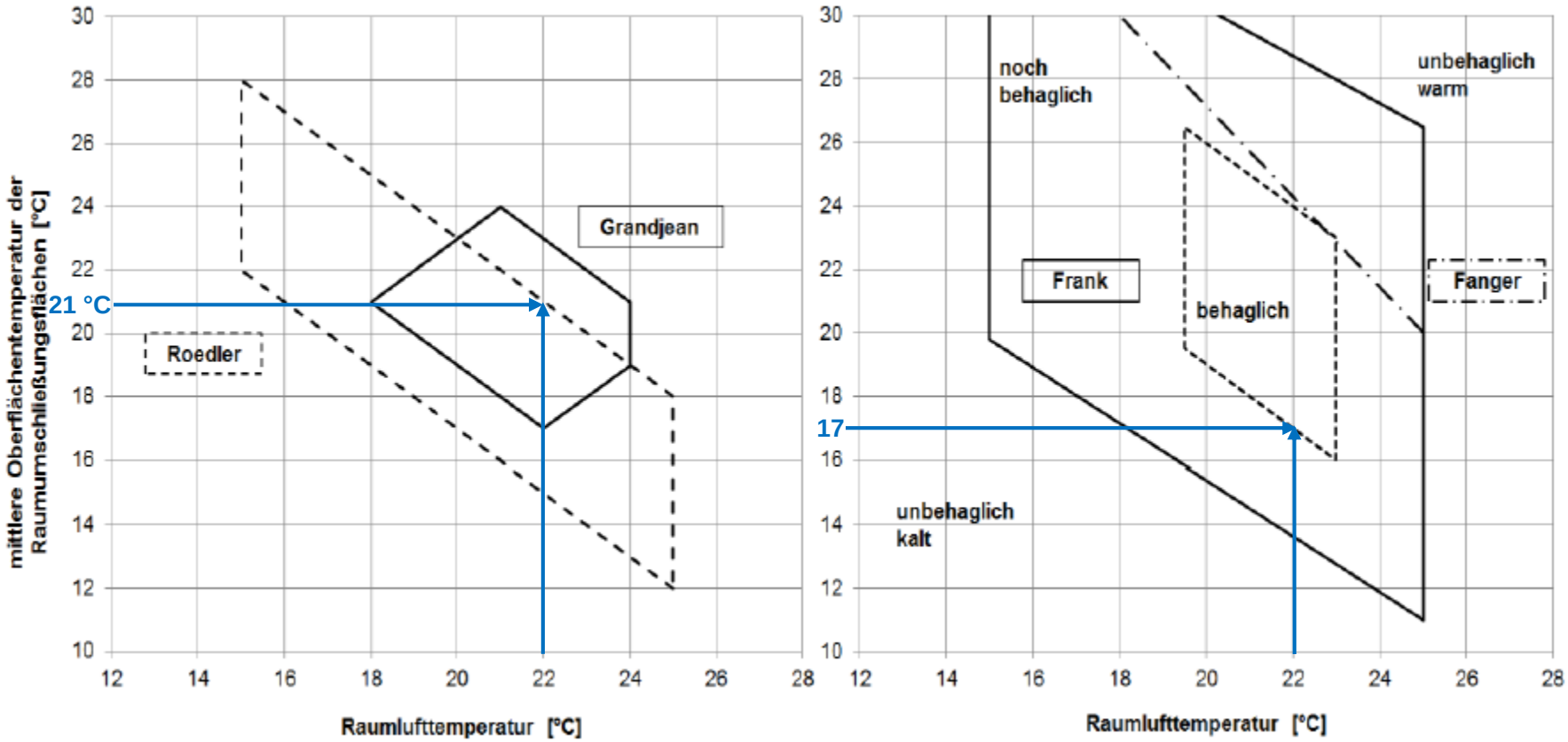
Lufttemperatur – Oberflächentemperatur - Luftfeuchte



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Behaglichkeit -Winter

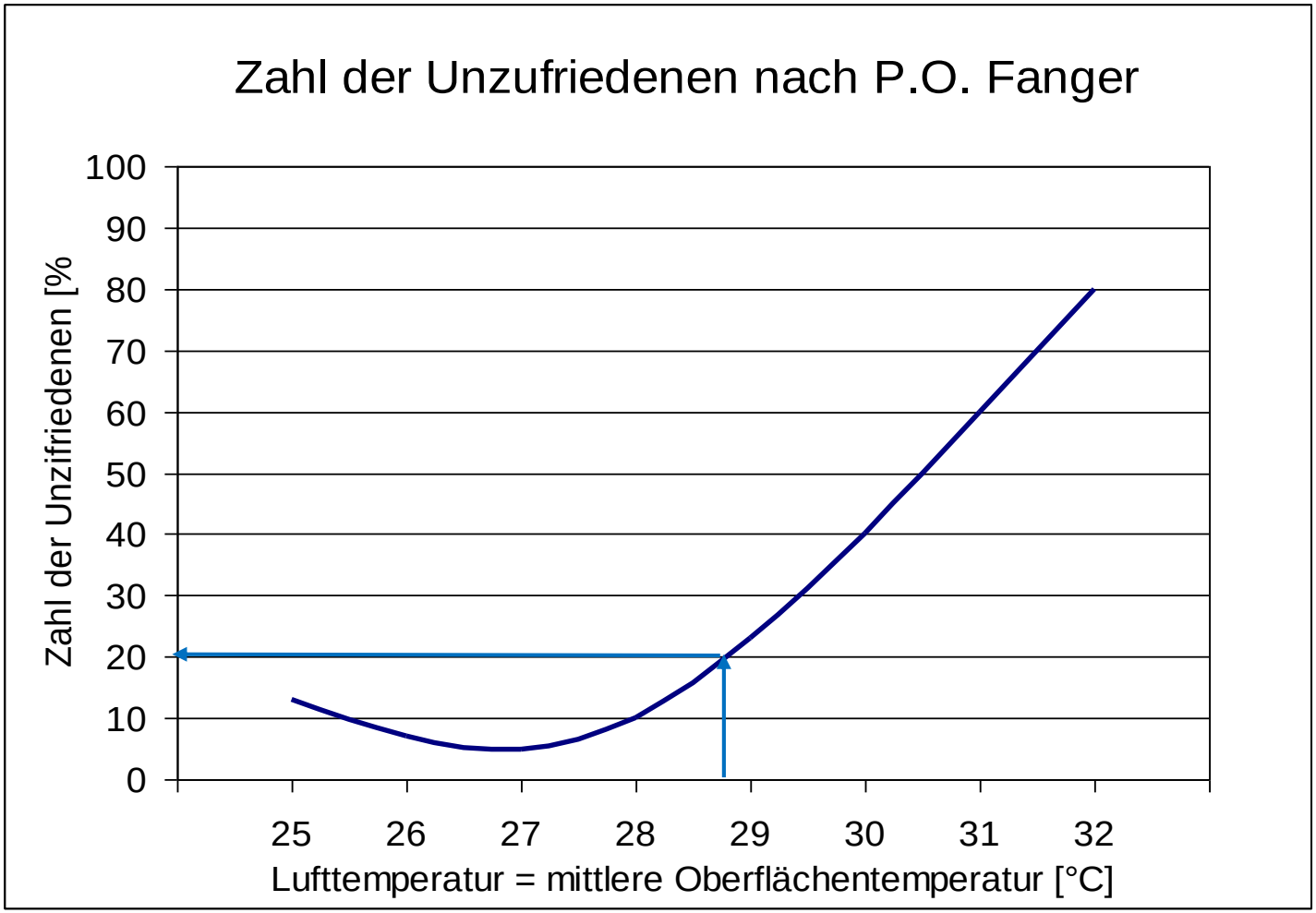
Oberflächentemperatur und Raumlufttemperatur



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Behaglichkeit -Sommer

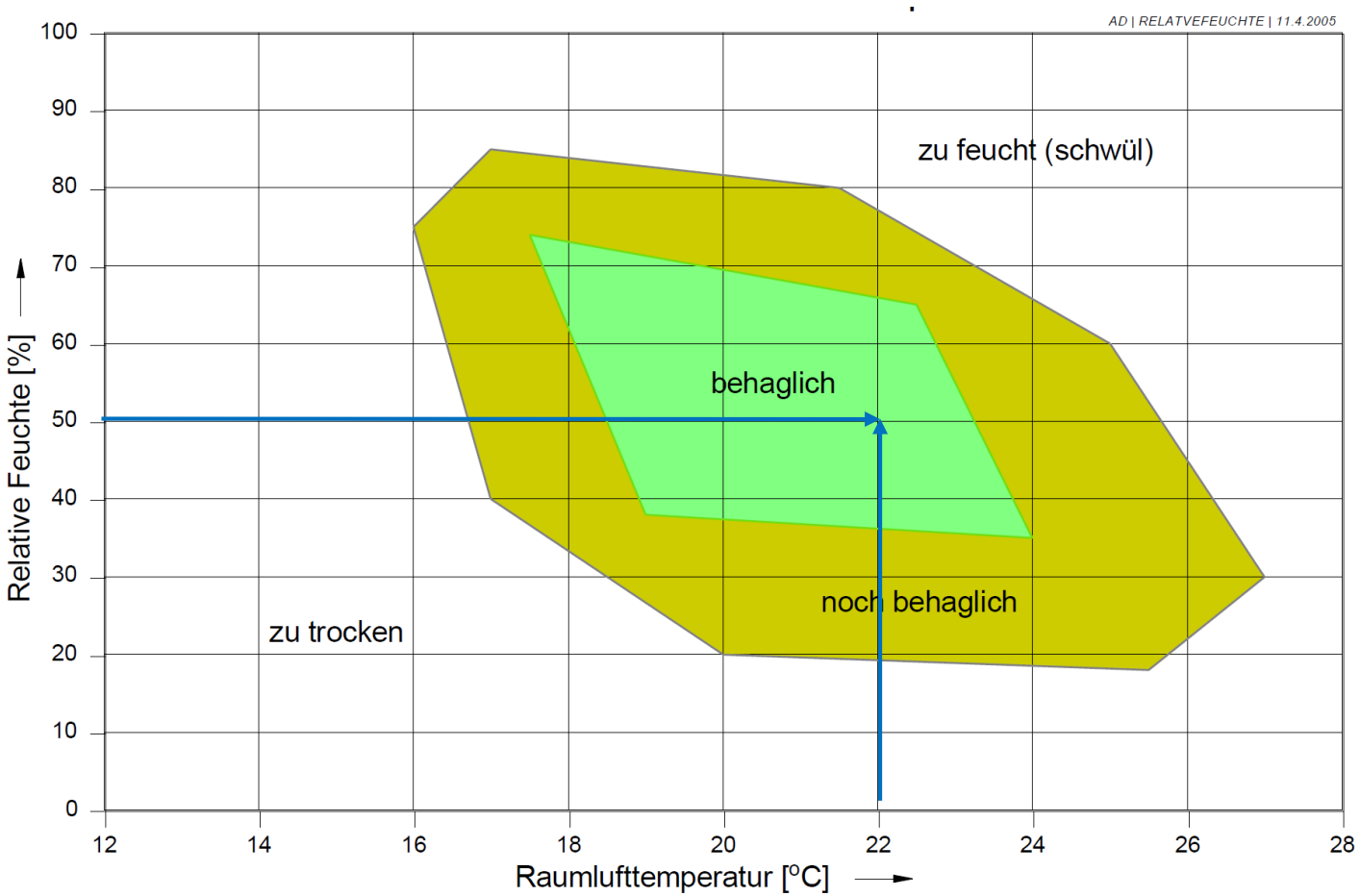
sommerlicher Wärmeschutz



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Behaglichkeit –

Raumlufttemperatur und relative Feuchte

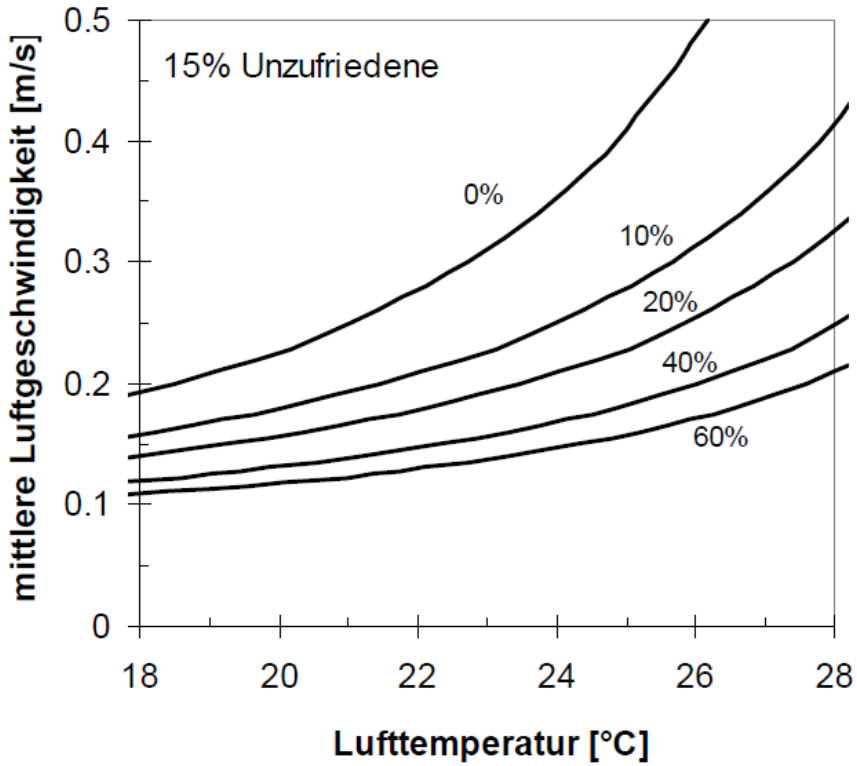


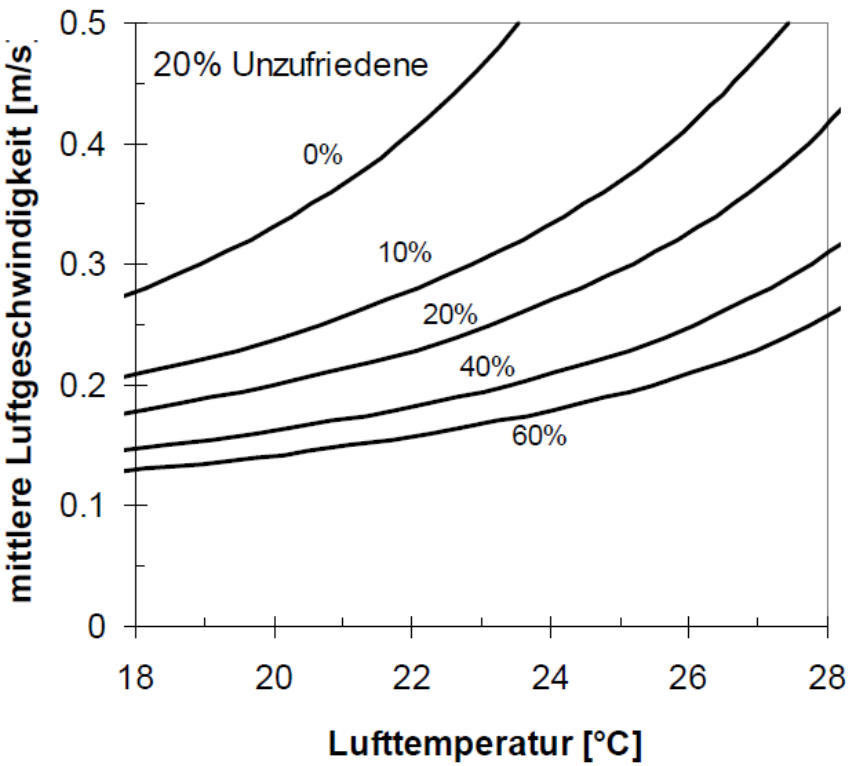
Frank W. Berichte aus der Bauforschung – Raumklima und Thermische Behaglichkeit. Berlin-München-Düsseldorf: Ernst & Sohn KG.

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Behaglichkeit –

Raumlufttemperatur und Luftbewegung





Zusammenhang zwischen mittlerer Luftgeschwindigkeit, lokaler Lufttemperatur und Turbulenzgrad für Zugluft-Unzufriedenheitsraten von 15 % bzw. 20 % für 1,2 met und 0,75 clo

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

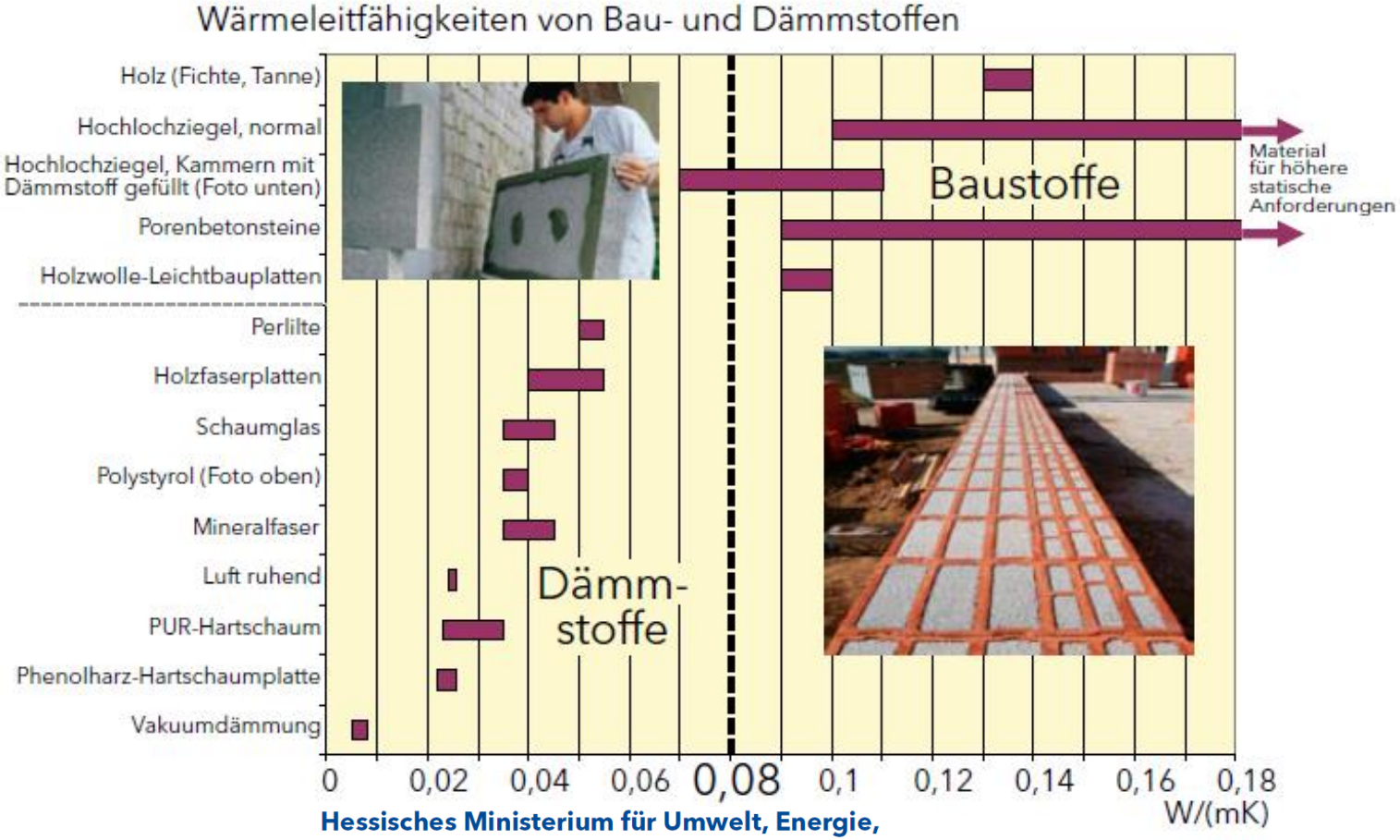
Die Gebäudehülle

Energieeinsparung und Schadensfreiheit

- Dämmung macht Sinn

Wärmetechnische Kennwerte
Baustoffe und Baukonstruktionen

- Wärmeleitfähigkeit λ (Baustoffeigenschaft)
  i.A. gilt: je leichter der Baustoff ist,
  umso geringer ist dessen Wärmeleitfähigkeit und
  umso höher ist die Dämmwirkung



Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Wärmetechnische Kennwerte
Baustoffe und Baukonstruktionen

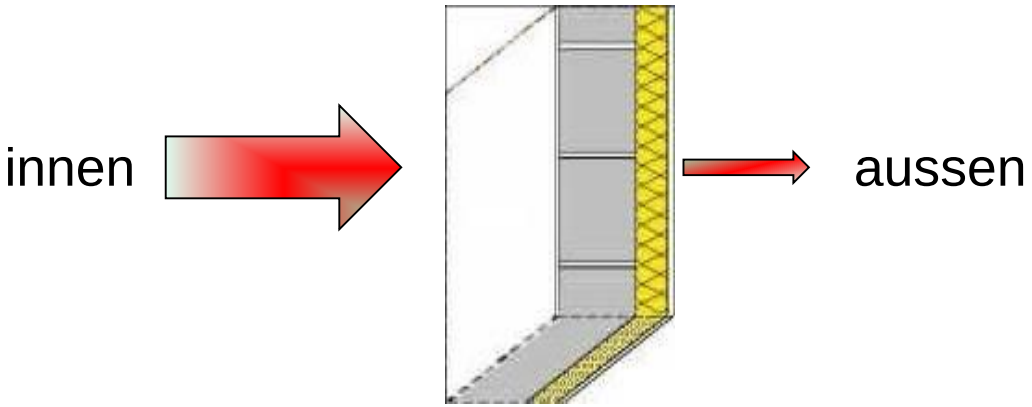
Bauteileigenschaft

- Wärmedurchlasswiderstand $R = d/\lambda$
  abhängig von der Dicke und der Wärmeleitfähigkeit

Eigenschaft eines Bauteils zwischen „innen“ und „außen“

- Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert

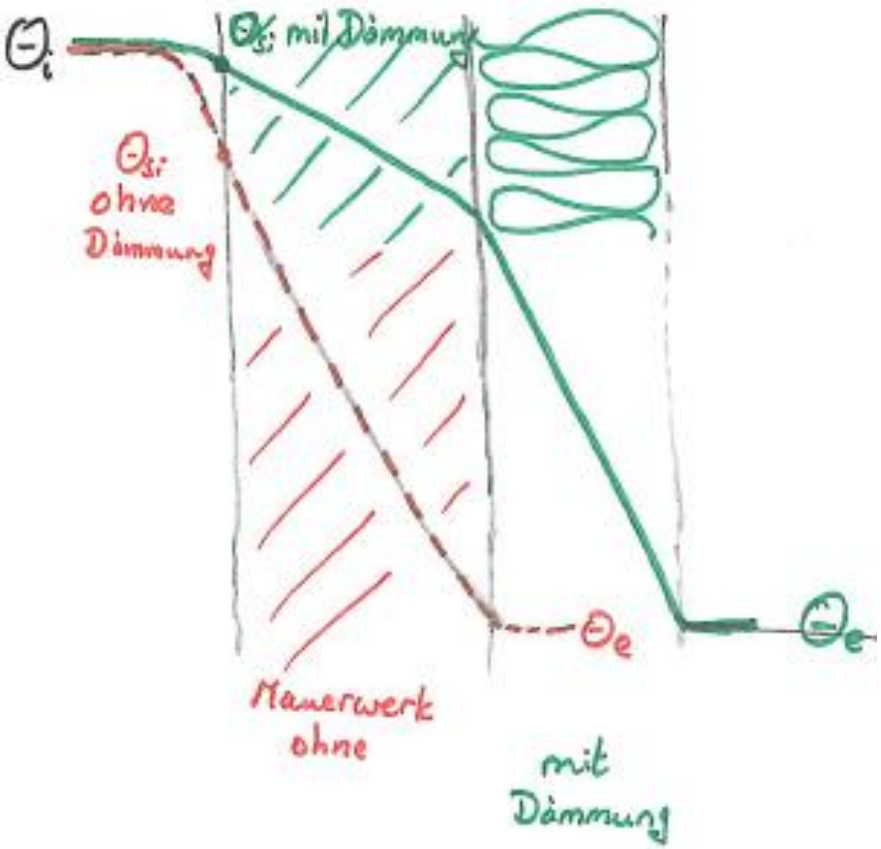
Heizwärmeleistung in W je m² Bauteilfläche bei 1 K Temperaturdifferenz



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Oberflächentemperatur
– Behaglichkeit und kein Schimmel

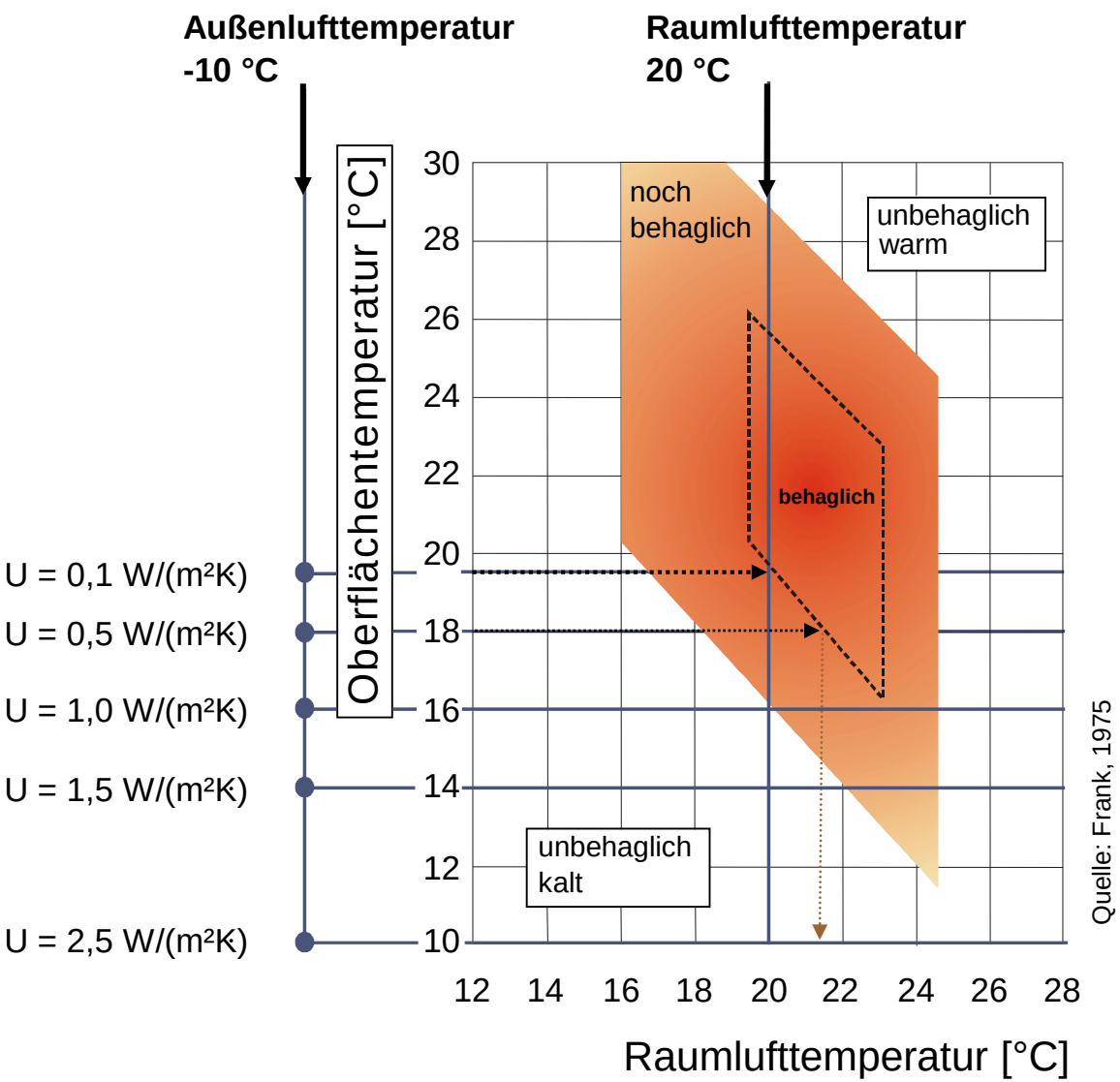
Temperaturverlauf zwischen innen und außen



Behaglichkeit:
empfundene Temperatur ist
Mittelwert aus Luft- und Oberflächentemperatur

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Oberflächentemperatur und Behaglichkeit



Thermische Behaglichkeit

Raumlufttemperatur θ_L

Raumumschließungs-flächentemperatur θ_U

Behaglichkeit:
empfundene Temperatur

Mittelwert aus Luft- und Oberflächentemperatur

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Dämmqualität im Bestand

BMWi Bekanntmachung 2015 Regeln zur Datenaufnahme

Bauteil	Konstruktion	Baualtersklasse [1]							
		bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
		Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²·K)							
Dach (auch Wände zwischen beheiztem und unbeheiztem Dachgeschoss)	massive Konstruktion	2,1	2,1	2,1	1,3	1,3	0,6	0,4	0,3
	Holzkonstruktion	2,6	1,4	1,4	1,4	0,8	0,7	0,5	0,3
oberste Geschossdecke (auch Geschossdecke nach unten gegen Außenluft, z. B. über Durchfahrten)	massive Decke	2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,6	0,3	0,3
	Holzbalkendecke	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3
	Zweischalige Wandaufbauten ohne Dämmschicht	1,3	1,3	1,3	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Dämmqualität im Bestand

BMWi Bekanntmachung 2015 Regeln zur Datenaufnahme

Bauteil	Konstruktion	Baualtersklasse [1]							
		bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
		Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²·K)							
Außenwand massive Konstruktion (auch Wände zum Erdreich oder zu unbeheizten (Keller-) Räumen	Massivwand aus Vollziegeln, wenig oder nicht porösem Naturstein, Kalksandstein, Bimsbetonvollsteinen oder vergleichbaren Materialien bis 20 cm Wandstärke (ggfs. einschl. Putz)	2,8	2,8	2,8					
	wie vorstehend, jedoch 20 bis 30 cm Wandstärke (ggf. einschl. Putz	1,8	1,8	1,8					
	wie vorstehend, jedoch über 30 cm Wandstärke (ggf. einschl. Putz)	1,5	1,5	1,5					
	Massivwand aus Hochlochziegeln, Bimsbeton-Hohlsteinen oder vergleichbaren porösen oder stark gelochten Materialien	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5
	Sonstige massive Wandaufbauten bis 20 cm Wandstärke über alle Schichten	3,0	3,0	3,0	1,4	1,0	0,8	0,7	0,7

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Auswahlkriterien

Bewertungskriterien für die Dämmstoffe und Konstruktionen

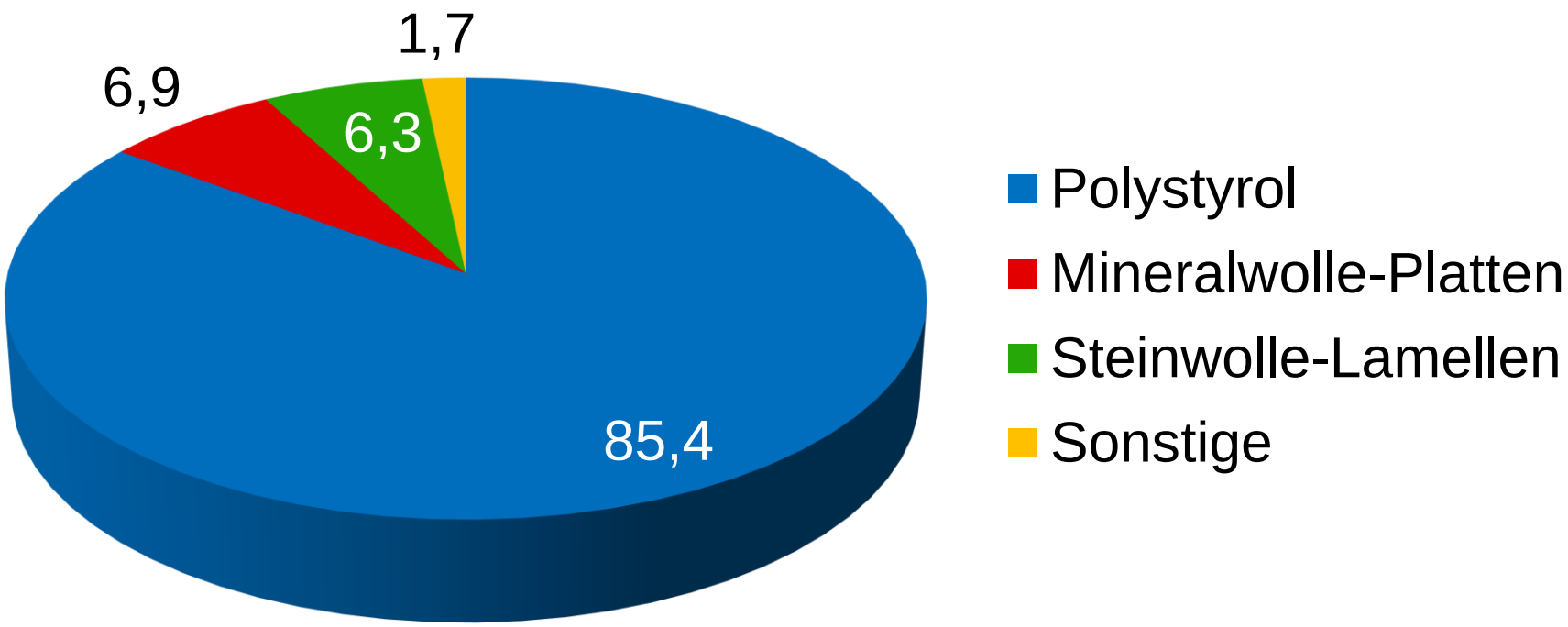
- Energieeffizienz - gesamtheitlich
- Nachhaltigkeit
  - Verfügbarkeit
  - Ökologie
  - Wiederverwertbarkeit
  - Wirtschaftlichkeit
  - Risiken
- Schadensanfälligkeit / Langlebigkeit
- Ausführung
- Schallschutz
- Raumklima
- Komfort der Bewohner

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Dämmstoffe

Marktanteile der Dämmstoffe von WDVS im Gebäudebestand

Achtung: Diskussion um Polystyrol als Wärmedämmung ist häufig einseitig, daher Diskussion kritisch verfolgen



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Welche Alternativen?

Alternativen zu Polystyrol-WDVS

- WDVS
  - Mineralfaser
  - Mineralschaum
  - Polyurethan
  - Schaumglas
  - Holzfaser
- Hinterlüftete Fassaden
- Kerngedämmte Fassaden
- Monolithische Bauweise
  - Gefüllte und porosierte Hochlochziegel
  - Porenbeton-Mauerwerk
  - Gefüllte Leichtbetonsteine
  - Verbund-Mauerwerk aus Tragschale, Dämmkern und Außenschale
- Holz-Rahmenbauweise

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

speichern oder dämmen?

Speichern

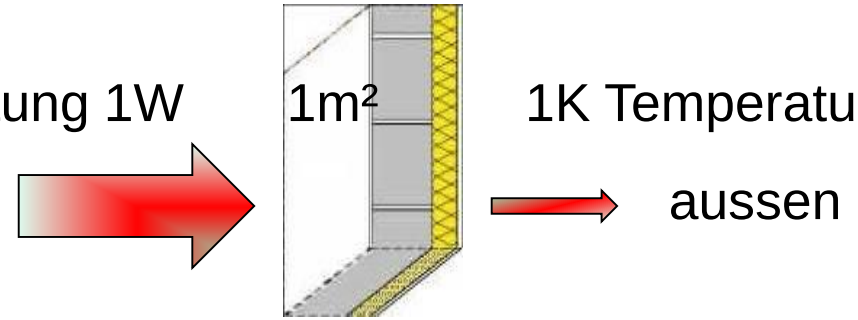
- im jahreszeitlichen Wechsel
  mit Gebäuden nicht möglich
- im Tag- Nachtwechsel
  mit oberflächennahen schweren Bauteilschichten möglich
  → wichtig im Sommer, weniger von Bedeutung im Winter

Dämmen

- Verminderung der Transmissionswärmeverluste
  Kennzeichnung durch den U-Wert
  Wärmeleistung 1W je m² Bauteilfläche bei 1 K Temperaturdifferenz

U= 1,4 W/m²K, 20°C innen, 0°C außen: q= 28 W/m²
U= 0,2W/m²K q= 4 W/m²

U-Wert
Heizleistung 1W

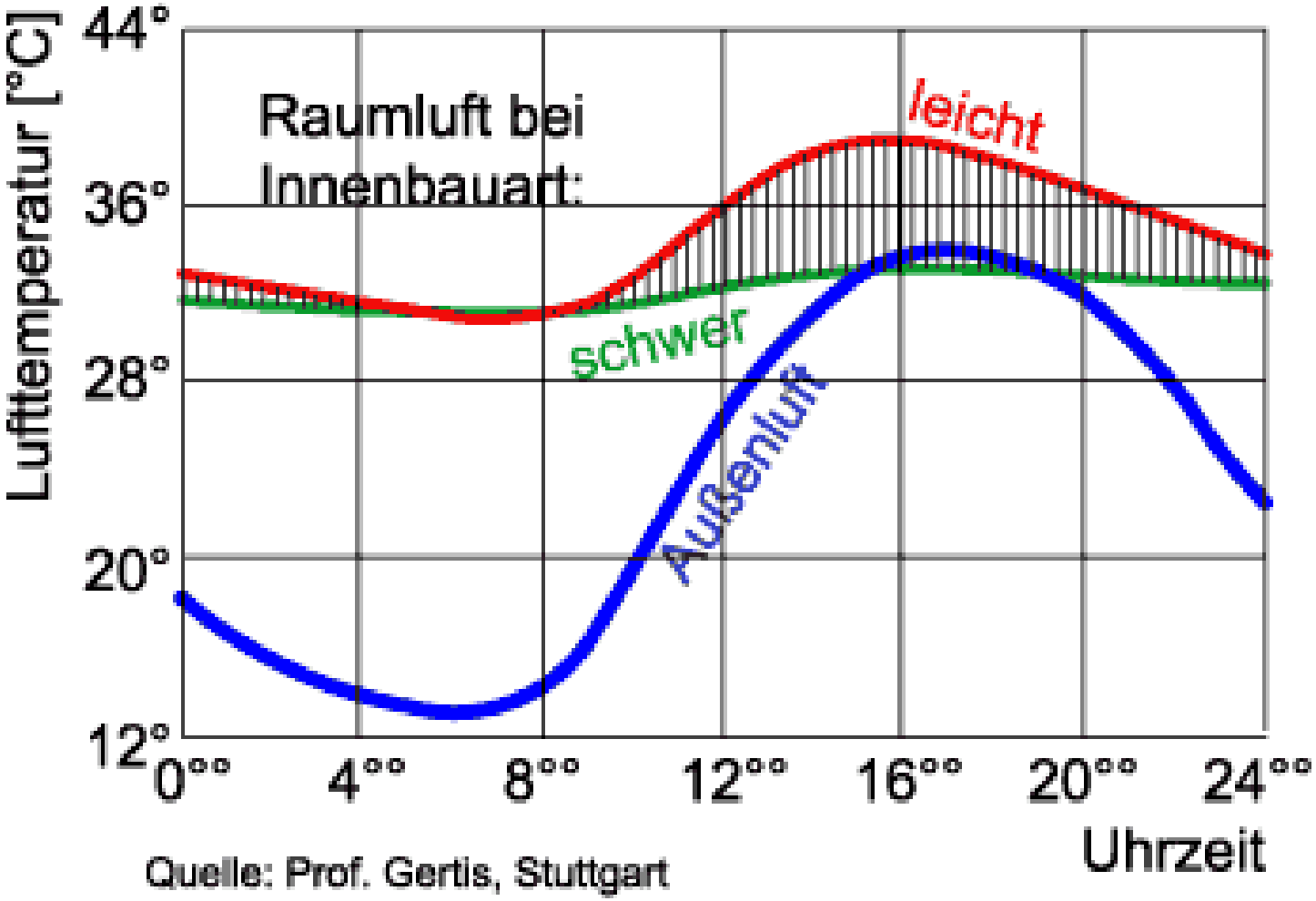


1K Temperaturdifferenz

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

sommerlicher Wärmeschutz

Temperaturverlauf außen und innen



Für den sommerlichen Wärmeschutz ist das Wärmespeichervermögen entscheidend, nicht primär die Dicke der Wärmedämmung

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

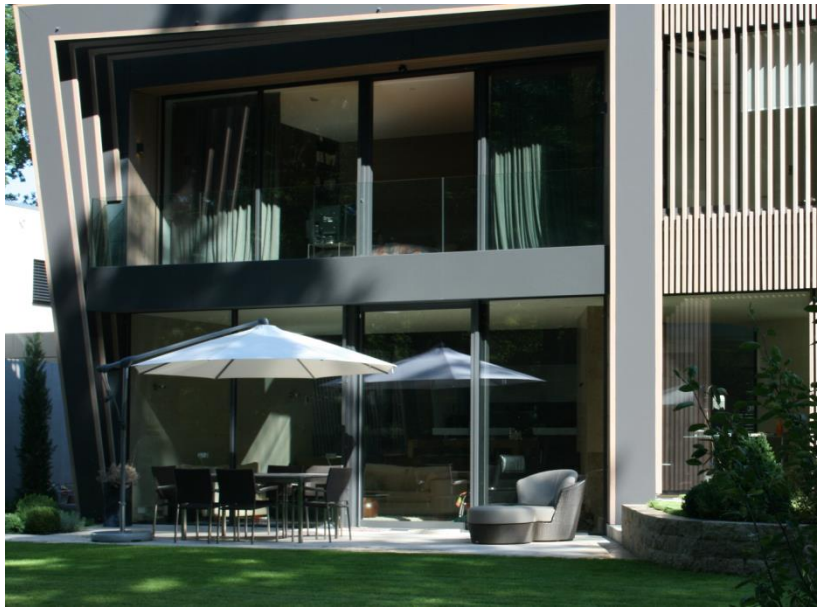
Sonne wärmt
–auch die opaken (nichttransparenten) Flächen?

Fenster

- Abminderung Solarstrahlung durch das Glas: 40% bis 60%
  Wärme bleibt im Raum

Wände und Dächer

- Abminderung Solarstrahlung: 100% aber Aufheizung des Bauteils
  bei Massivbauten weniger als 1% im Raum nutzbar
  Ein Teil der Wärme geht nachts durch Abstrahlung verloren



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Sonne wärmt
–auch die opaken (nichttransparenten) Flächen?

Beispiel
Darstellung der Ergebnisse einer Musterberechnung

Südfassade im Januar

U-Wert Ziegelmauerwerk	1,40 W/(m²K)
U-Wert Ziegelmauerwerk mit 16 cm WDVS	0,24 W/(m²K)
Wärmeverlust ohne WDVS	716 Wh/m²d
Wärmeverlust mit WDVS	123 Wh/m²d
Einsparung	593 Wh/m²d
Solarer Gewinn Fenster	564 Wh/m²d
Solarer Gewinn weiße Wand	-0,13 Wh/m²d
Solarer Gewinn schwarze Wand	30 Wh/m²d

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

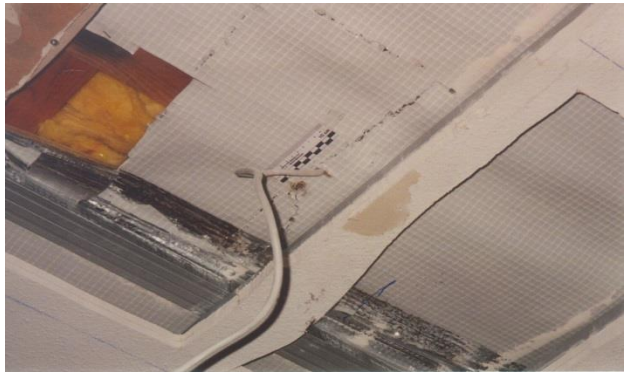
Gebäude atmen?
Baustoffe und Wasserdampfaustausch

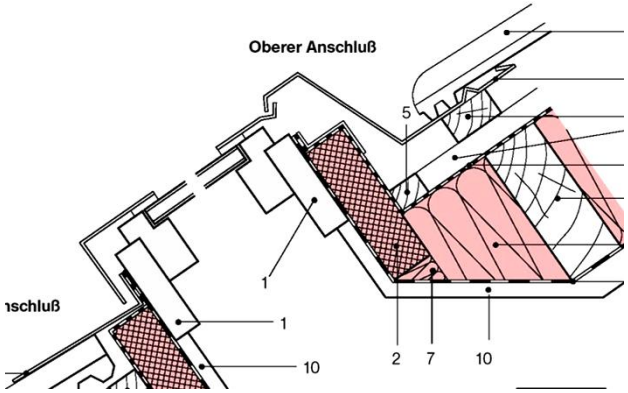
Luftwechsel gezielt nach Anforderung
- Fenster öffnen
- Lüftungsanlage

Gebäudehüllen müssen luftdicht sein
- keine unkontrollierten Lüftungswärmeverluste
- keine Bauschäden durch Feuchte
- keine Zugerscheinungen

Feuchteaustausch durch Lüftung
- 100 mal mehr als durch Wasserdampfdiffusion

wichtig:
- sorptionsfähige (feuchteaufnahmefähige) Oberflächen





© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Beispielberechnung

Schlafzimmer 5 m x 4 m x 3 m = 60 m²

innen: 20°C / 50 %RF

außen: -10°C / 80 % RF

Feuchtelast 1 ruhende Person	m' =	40 g/h
nach 8 Stunden, 2 Personen	m =	640 g

Wasserdampfdiffusion durch die Außenwand

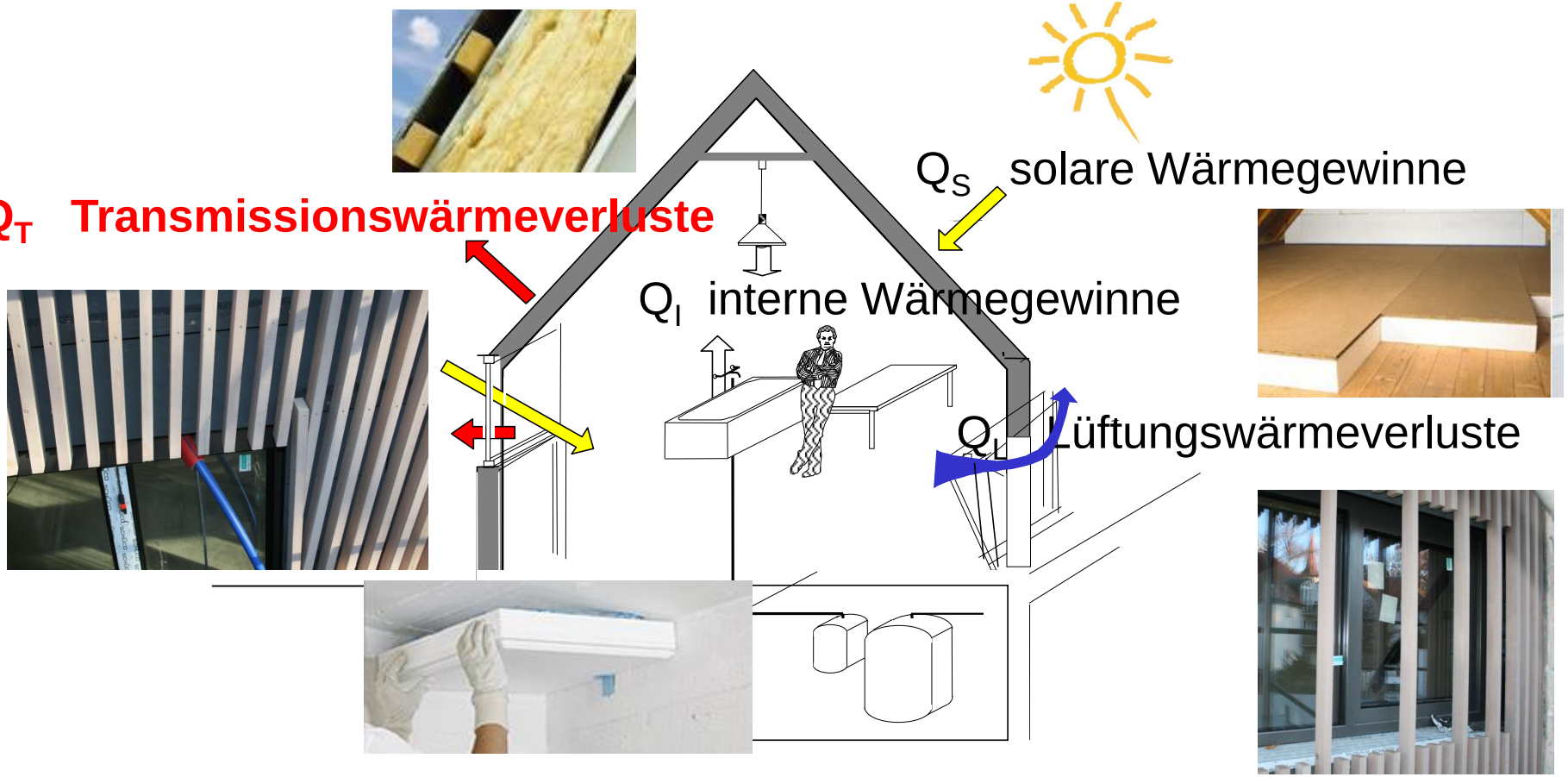
Hochlochziegel	m' =	5 g/h
Hochlochziegel + Polystyroldämmung	m' =	1 g/h

Lüftung

Luftwechsel 0,5 1/h (Mindestluftwechsel)	m' =	207 g/h
10 Minuten Fenster ganz geöffnet	m ≈	700 g

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Planungsprinzipien für energieeffiziente Gebäude

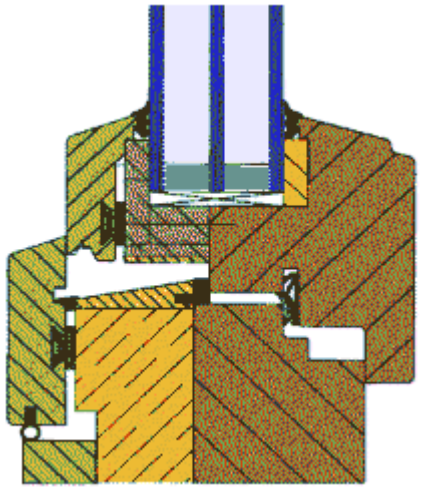


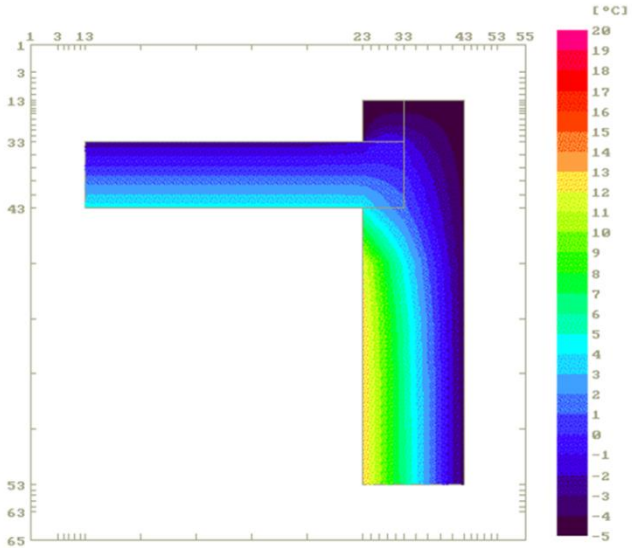
© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Energieeffiziente Gebäude -Planungsprinzipien

Verlustminimiert Dämmen

Wärmebrücken vermeiden





© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Energieeffiziente Gebäude -Planungsprinzipien

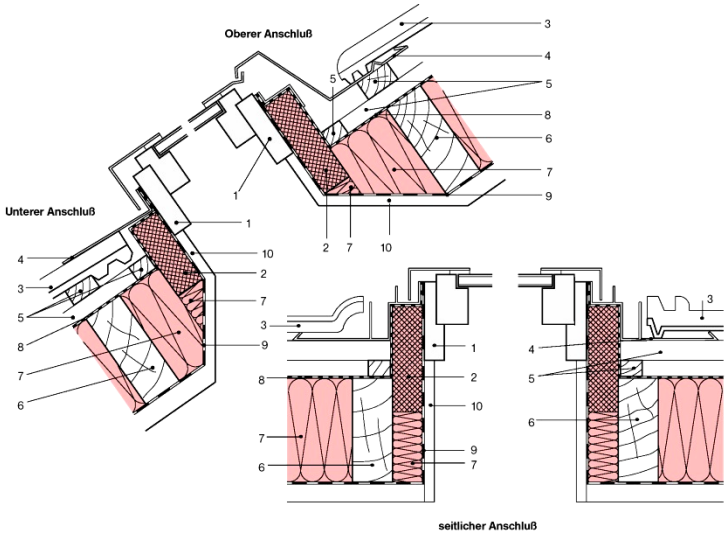
Energetische Sanierung gesamtheitlich betrachten

- erst analysieren, dann sanieren

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

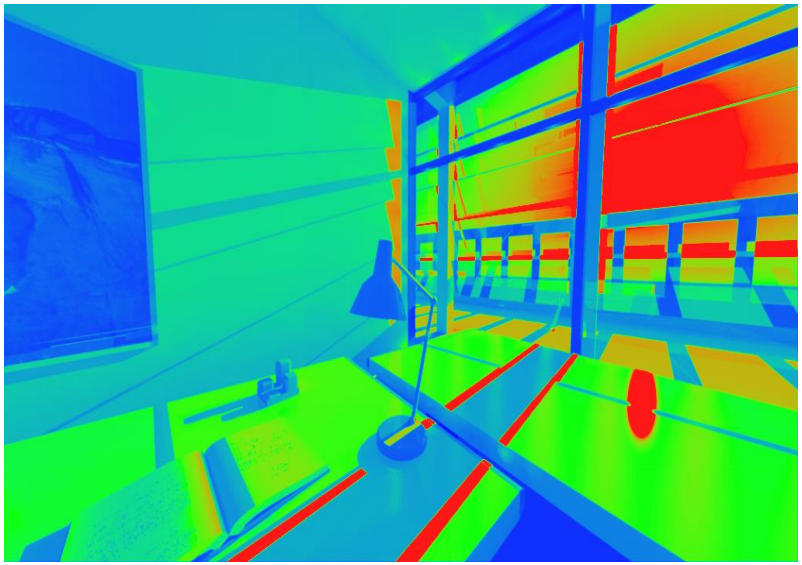
Energieeffiziente Gebäude -Planungsprinzipien

Luftdichtheit der Gebäudehülle



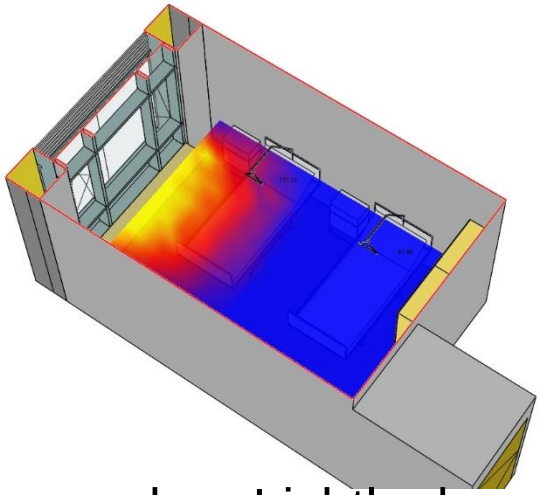
1 Fensterrahmen
2 Dämmzarge
3 Dachdeckung
4 Wasserleitblech
5 Lattung
6 Wechsel
7 Wärmedämmung
8 Dichtbahn
9 Dampfsperre
10 Innenfutter

Tageslichtnutzung



© Prof.Wolfgang Sorge ifb

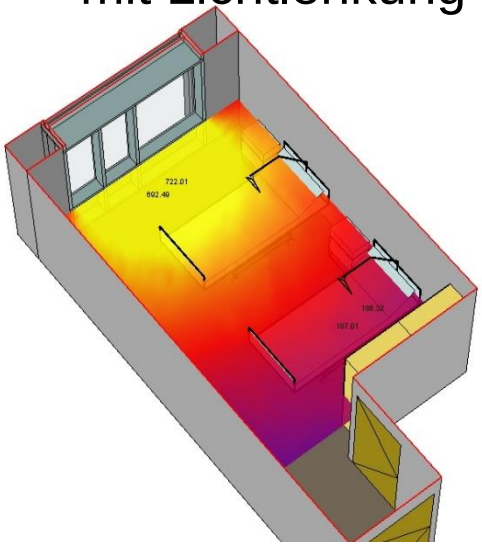
Sommerlicher Wärmeschutz und Tageslichtversorgung



ohne Lichtlenkung

Tageslichtquotient

mit Lichtlenkung



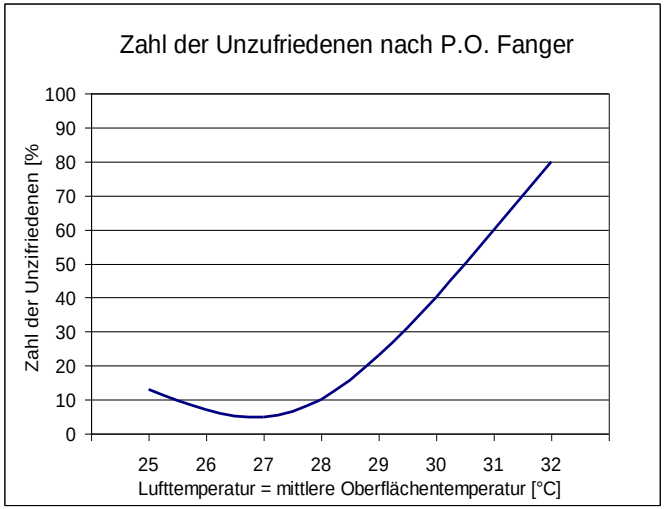
© Prof.Wolfgang Sorge ifb

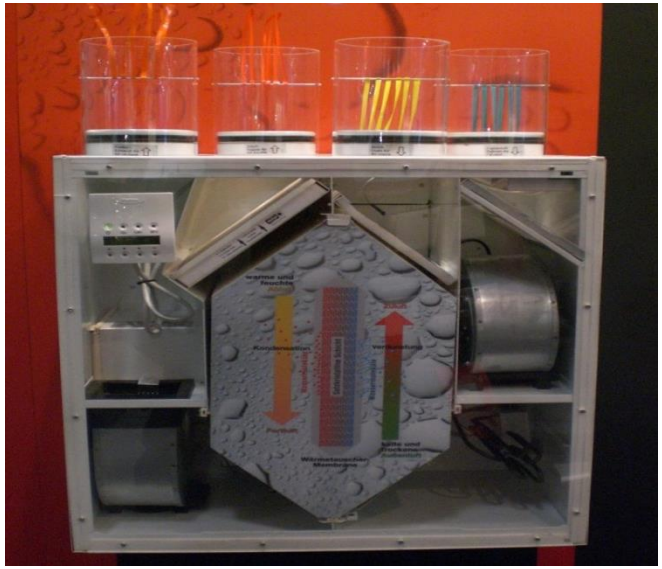
Energieeffiziente Gebäude -Planungsprinzipien

klimagerecht bauen - bauwerksgerecht klimatisieren

wenig Verbrauch - energieeffiziente Technik - Nutzung regenerativer Energie

Sonnenschutz-Tageslicht-Sicht





© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Dämmen –ein Segen– aber individuell angepasst

Individuelle Gebäude erfordern individuelle Lösungen

© Prof.Wolfgang Sorge ifb

Viel Erfolg
bei Planungen und Ausführung energieeffizienter Gebäude

Wärmedämmung macht Sinn
und hilft Energieverluste und Bauschäden zu vermeiden
und Behaglichkeit sicher zu stellen

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK
Beratende Ingenieure VBI

beraten
planen
prüfen