



Paradigmenwechsel in der Bauphysik

„Seit dem späten 18. Jahrhundert bezeichnet *Paradigma* eine bestimmte wissenschaftliche Lehrmeinung, Denkweise oder Art der Weltanschauung. Wenn sich eine solche grundlegend ändert, nennt man das **Paradigmenwechsel.**“ (Wikipedia)



IR-Wärme-System

Rechtliche Basis

Grundlagen

Praxis

Künftige Entwicklung



Fragen an die Architekten/Planer/Baufirmen:

1. Wer gibt eine Garantie, dass im Haus kein Schimmel auftreten kann?
2. Wer gibt eine Garantie, dass an der Außenwand weder Algen noch Schimmel ohne Pestizide wachsen?

Warum nicht?

- Ich habe bei Radon vertraglich 100 Bq/m³ vereinbart.
- Ich kann garantieren, dass weder Algen noch Schimmel ohne Pestizide wachsen.



Rechtliche Basis

EnEV

Wirtschaftlichkeit →

Ausnahmen §§ 24

und 25!

Förderung DENA

EU Bauprodukten-VO

Garantie

nur im System, sonst
„Lizenz-Entzug“



Grundlagen

Temperaturen Mensch – Raum

Feuchtedurchgang Taupunkt, Schimmel,
Thermische Sperre

Wärmespektrum

Berechnung letztes Blatt



Wechsel von alt = falsch zu neu = richtig(er) und besser

1. **EnEV** - Maßstab ist Energie + Gebäude

Mensch steht im Mittelpunkt

2. Konvektive **Heizung**

Strahlungswärme mit **Temperierung**

3. Kühle Wände + warme Luft ~22°C

Warme Oberflächen, frische Luft = Wohlfühlklima

4. Gefährdung durch Schimmel usw.

Gesundes Innenraumklima, **kein** Schimmel

5. **Außendämmung**, WDVS bis ~40 cm

Isolierung mit Reflexion, **nur 1-3 cm**

6. 2-, 3-, 4fach Verglasung

Einfachfenster, 2fach wegen Schall

7. **Feuchtegeführter** Lüftung

Luftwechsel abhängig von **CO₂** + evtl. **Schadstoff**

8. Umweltbelastung - Sondermüll

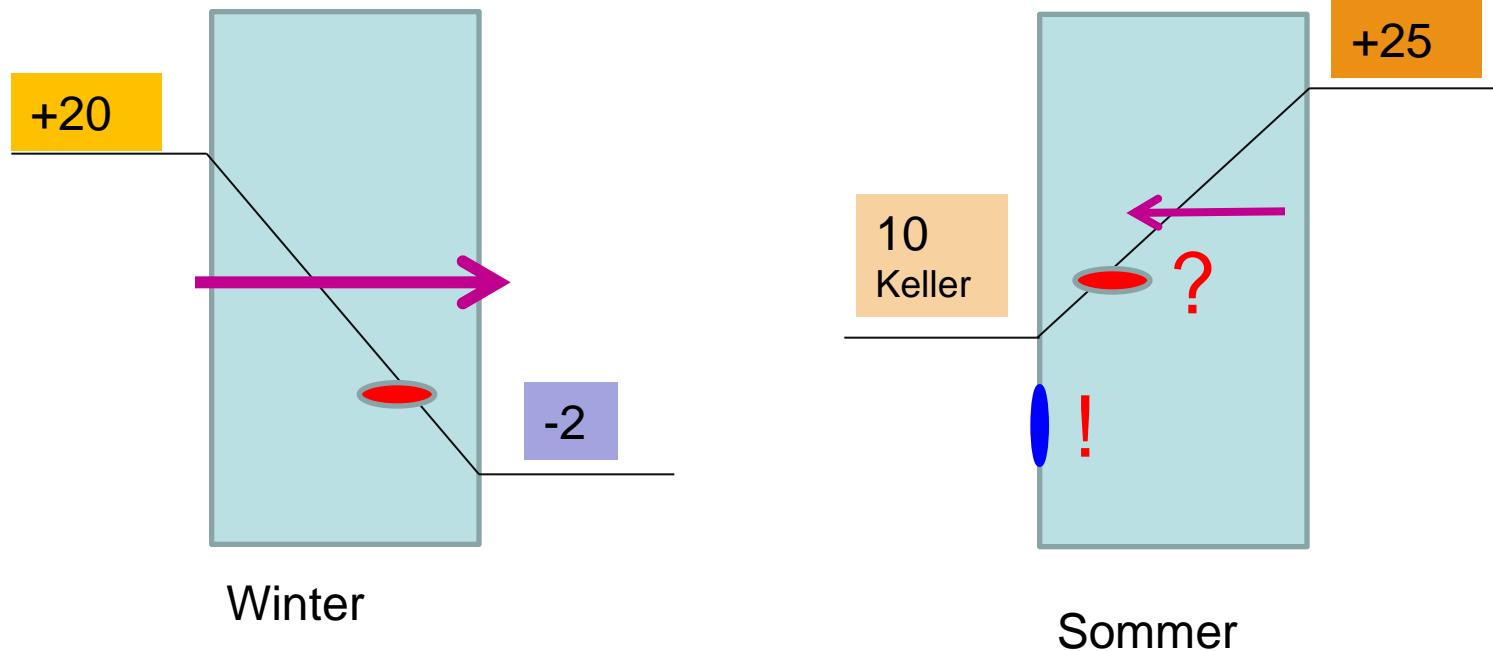
Resourcenschonung + Wiedernutzung

9. Rechnerei nach Vorschrift

bestmögliche und richtige Bauphysik

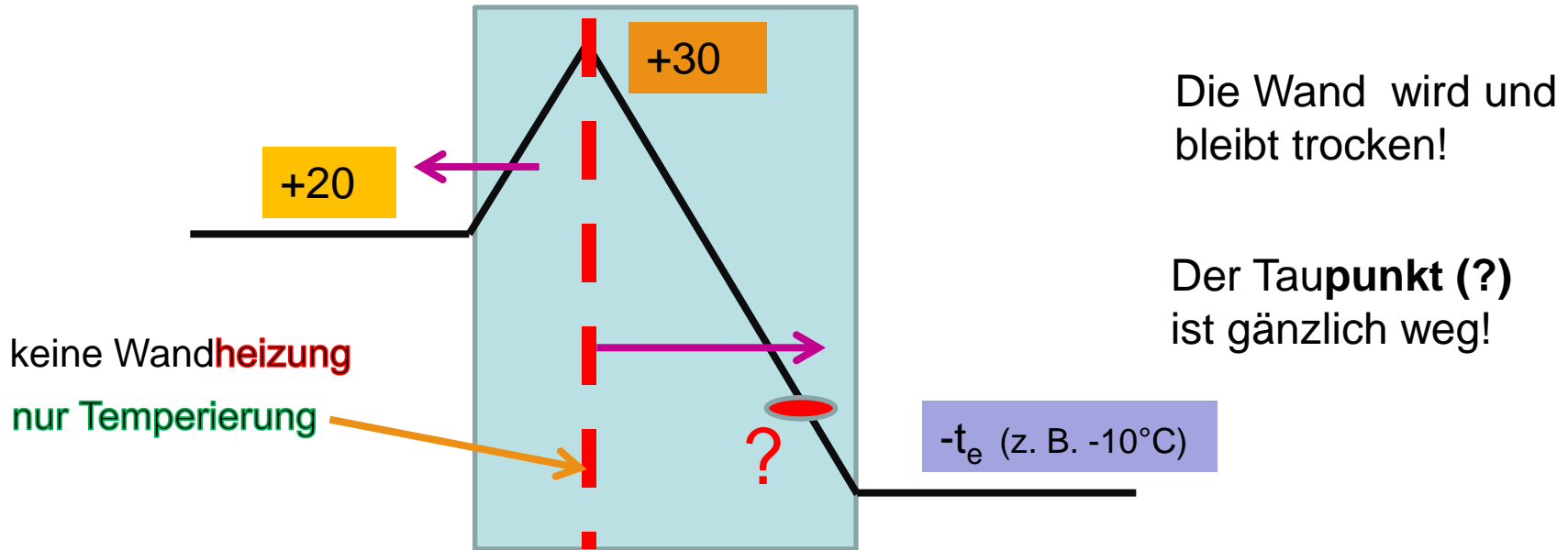
10. Unwirtschaftliche Maßnahmen

wirtschaftliche investive + laufende Kosten



Wasserdampfdiffusion : **immer von warm zu kalt**

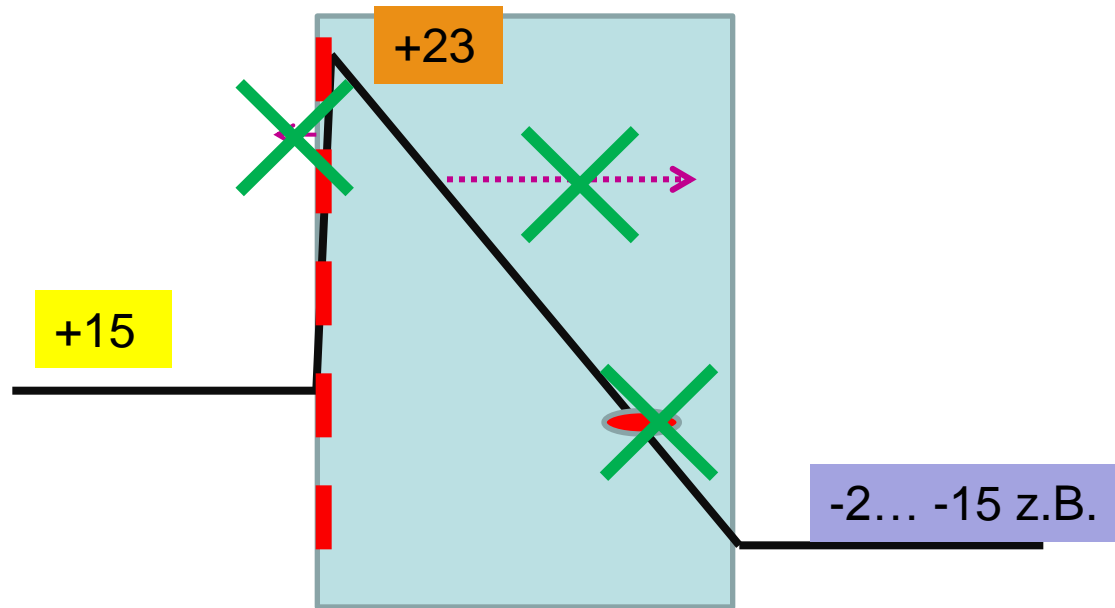
Wasserdampfsättigungsdruck bei 20°C 2340 Pa



Wasserdampf-sättigungsdruck

1 Pa = 1 N/m²

bei	30	25	20	10	-2	°C
	4244	3169	2340	1228	517	Pa



Wasserdampf hat keine Chance mehr, in die Wand einzudringen!

Garantiert kein Schimmel!

λ - und U-Werte werden ganz klein.

-2... -15 z.B.

Keine Berechnung mehr mit Glaser

Wasserdampf-sättigungsdruck				
bei	23	15	-2	°C
	2810	1706	517	Pa

Keine Berechnung notwendig mit Delphin, WUFI o. Cond



"Habe Mut, dich deines Verstandes
ohne fremde Leitung zu bedienen.,,

Kant-Wort: Steinbruch 79, in Meier „Richtig bauen“, S. 158

Der Stuttgarter Architekt Leonhardt hat erstmals einen Fernsehturm,
und zwar den Stuttgarter Fernsehturm mit Spannbeton geplant und
gebaut...,

er hat nach dem Krieg die Kölner Eisenbahnbrücke unter Umgehung der
Normen wieder errichtet.



Wärmedämmstoffe

Als Dämmstoffe bezeichnet man Baustoffe, die aufgrund vieler Hohlräume ein **großes Volumen** bei geringem Gewicht haben und sich für die Dämmung eignen. Die ruhende zum Teil **eingeschlossene Luft**, die im Vergleich zu Festkörpern ein schlechter Wärmeleiter ist, bewirkt die wärmedämmende Eigenschaft dieser Materialien.

Wärmedämmstoffe besitzen eine niedrige spezifische Wärmeleitfähigkeit λ von kleiner 0,1 W/(m·K).

Dämmstoffe spielen eine wesentliche Rolle für eine energiebewußte Bauweise und tragen zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes bei, der die Ursache für den künstlichen Treibhauseffekt und Klimaveränderungen ist. Mit der Einsicht in die Notwendigkeit von Energieeinsparungsmaßnahmen, wächst die Bedeutung der Wärmedämmstoffe.

In Deutschland werden pro Jahr ca. 35 Millionen m³ Dämmstoffe verarbeitet. Auf dem Markt wird eine Vielfalt an Dämmstoffen für die verschiedensten Einsatzgebiete angeboten. Dämmstoffe werden aus den unterschiedlichsten Materialien (vom Altglas über Vulkangestein bis zur Schafwolle) und Formen (Filz, Platte, Schüttung usw.) hergestellt. Leider gibt es jedoch nicht *den* idealen Dämmstoff. Synthetische Dämmstoffe stammen meist aus energieaufwendigen Herstellungsprozessen und die Rohstoffe dafür sind nur begrenzt verfügbar. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind nicht für jeden Einsatzzweck geeignet.

Weitere wichtige Eigenschaften für die Anwendung und Gebrauchstauglichkeit sind das Feuchtigkeitsverhalten, das Brandverhalten, die Schalldämmung und die Wärmespeicherfähigkeit. Neben den verbreitetsten Dämmstoffen, Mineralwolle und Hartschaumstoffen, nimmt in den letzten Jahren auch die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen stetig zu.

Quelle: <http://www.waermedaemmstoffe.com/>

Isolierstoffe

**kaum Masse
dünn
Reflexion**



Prämissen + Anspruch

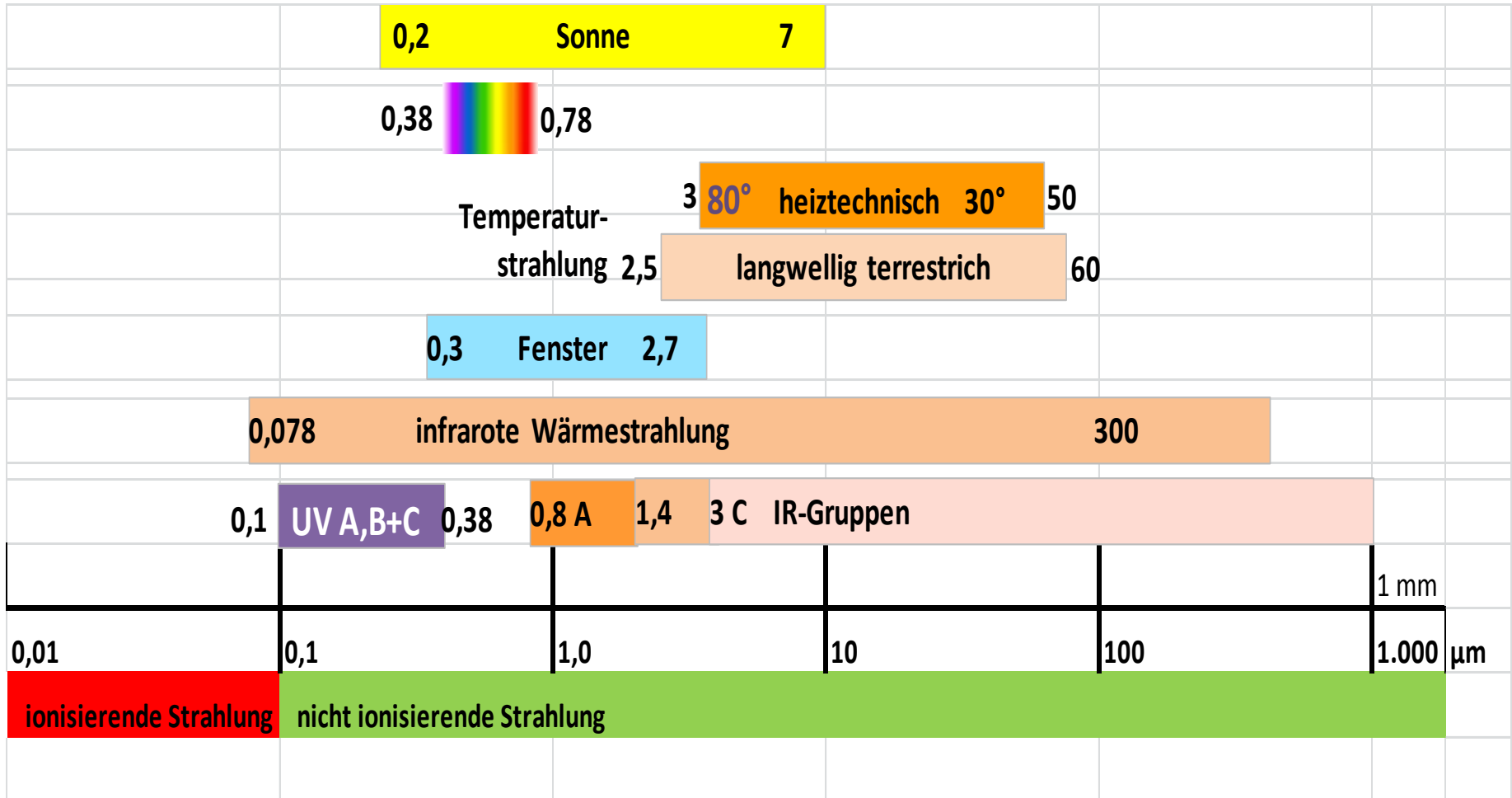
1. Wer **Der Mensch steht im Mittelpunkt !!...**

2. Was **Optimum** für den BH/Nutzer –
nicht Maximum für die Firmen (Eier, Pferdefleisch)

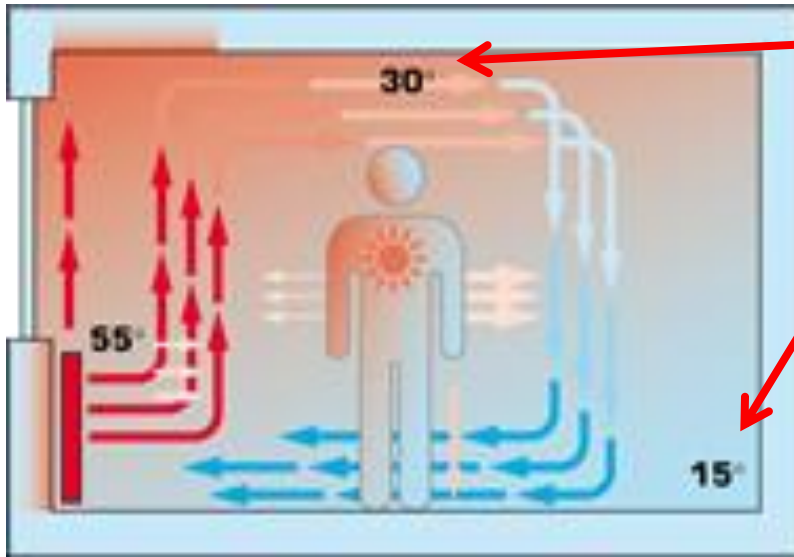
3. Wie - ständig bessere Theorie und Praxis
- mit **Strahlungswärme** auf Basis
physikalischer Gesetzmäßigkeiten

→ u.a. keine Rse oder Rsi-Werte

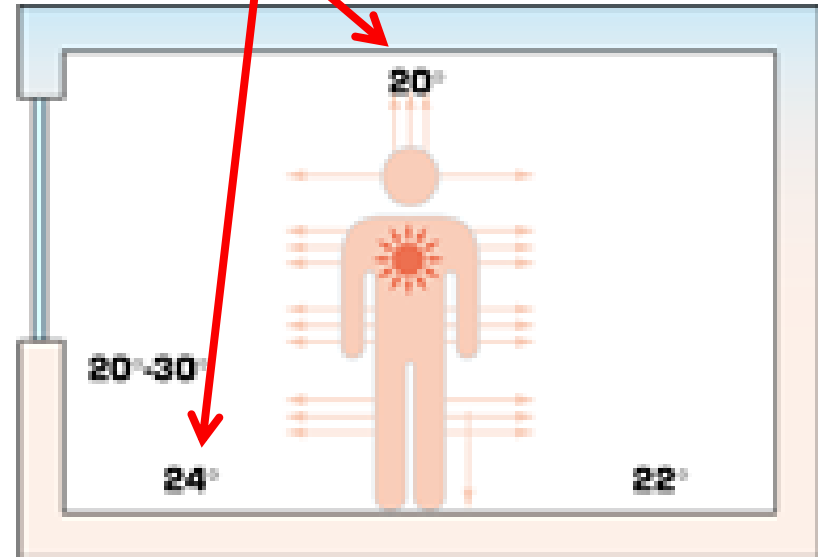
Die physikalischen Grundlagen von M. Planck, S. Stefan,
L. Boltzmann, W. Wien usw. sind seit langem bekannt.



Hier stecken viele Zusammenhänge drin, man muss sie nur (er)kennen (wollen).



Ja, z. B. bei Kühlung

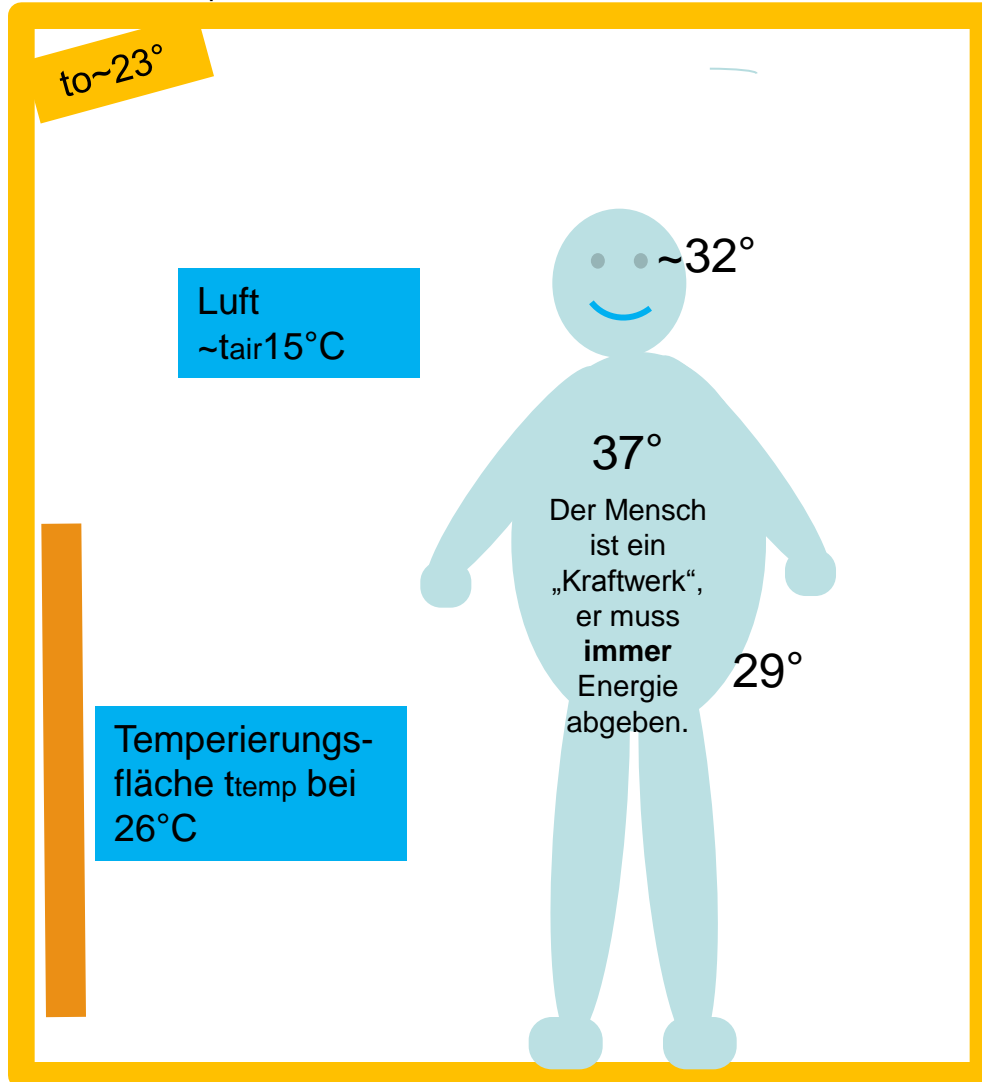


Energie“vernichtung“

ungesund

Staubaufwirblung usw.

Der Mensch ist in thermischer Balance bei
Oberflächentemperatur von rd.



Forderung 1:

$$(t_o + t_{air})/2 \approx 19$$

z. B. $t_o = 23$, $\rightarrow t_{air} = 15$

Damit $23 - 15 = 8\text{K}$ geringere
Lufterwärmung notwendig \rightarrow
ca. $5 \cdot 8 = 40\%$

Energieeinsparung

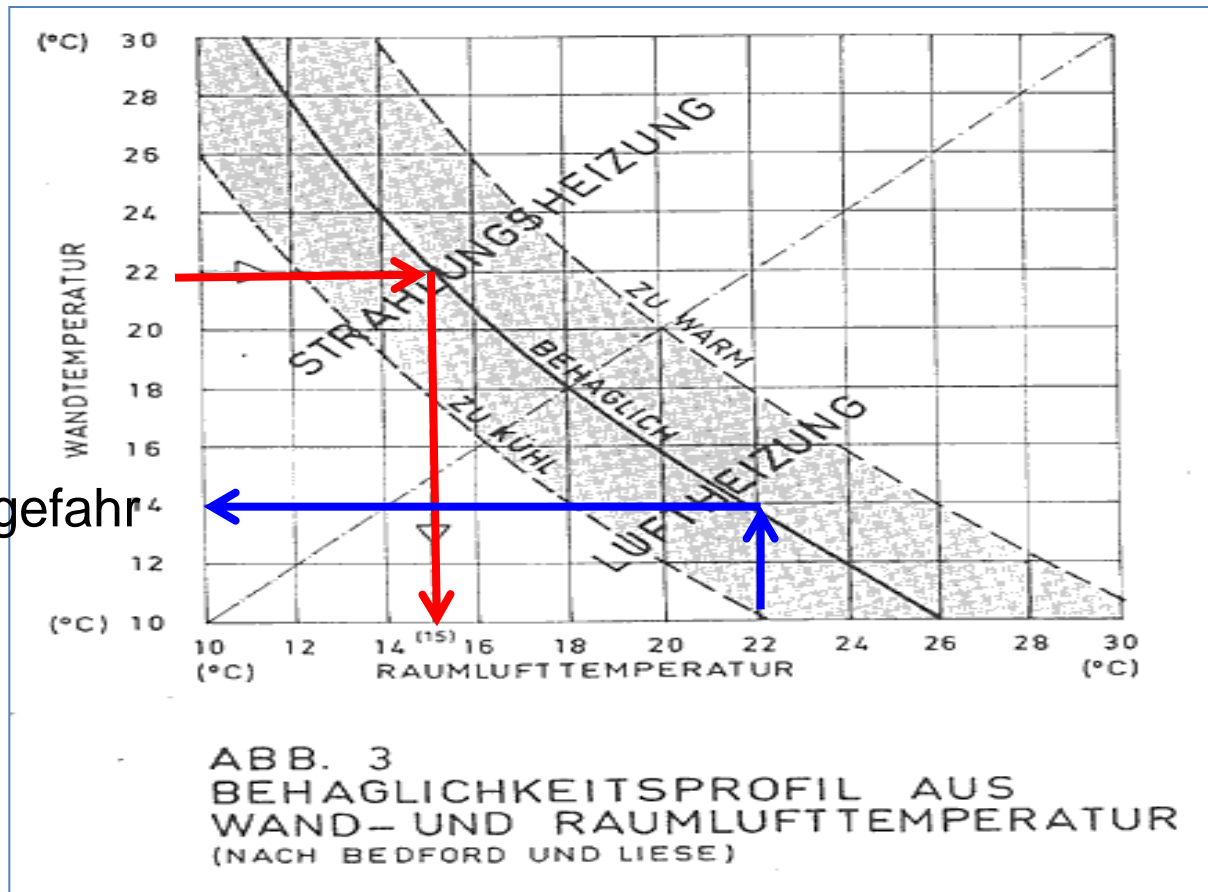
Forderung 2:

$$(t_{temp} - t_{air}) \leq 12\text{K}$$

Damit **keine termische
Konvektion.**

Geringerer Energiebedarf mit **abgesenkter Raumlufttemperatur**

- a) geringere Raumluftherwärmung und
- b) geringere Transmissionsverluste durch Außenbauteile.





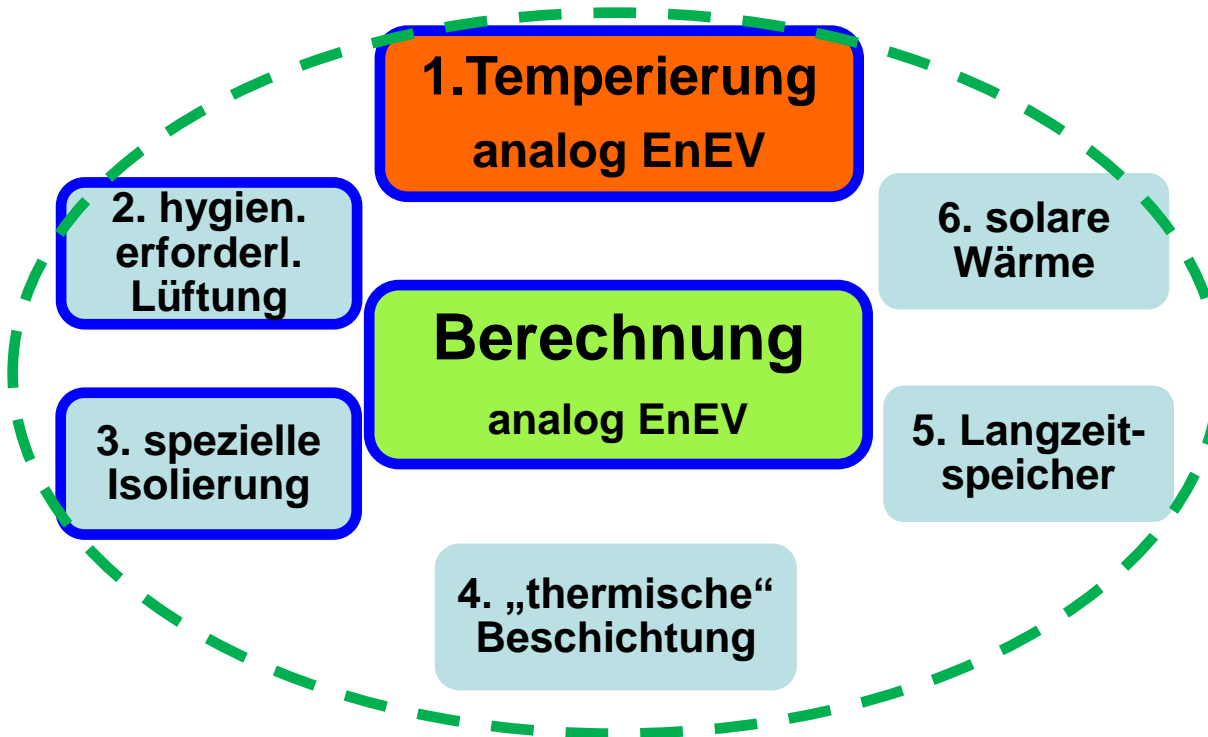
Komplexes Wirken durch:

- **Minimale Wärmeverluste** - besser als PH,
Innen**isolierung** und solare Gewinne
Minimale Konvektion, hygienisch erforderliche Lüftung
- Damit minimale Temperierungsflächen
- Schlanke Konstruktionen – autarkes EFH mit $d = 20 - 25 \text{ cm}$



Fehlentwicklungen:

- Wasserspeicher mit z. B. 29 m³ wie in Bertelsdorf
- Mehr als notwendig/sinnvoll Solarwärme oder PV auf's Dach
- Zentrale Wärmerückgewinnungsanlage optimale Steuerung? Kanäle keimfrei?
- 130% Temperierungsflächen auf Basis Übertemperatur
- (Möglichst keine) doppelte Spezialfarbanstriche (i+e)
- Dreifachverglasung





Wärmetransport durch	a) Leitung – Transmiss.	l	[W/(mK)]
	b) Strahlung	s	
	c) Konvektion	k	

$$\lambda_{\text{Luft}} = \lambda_{\text{L}} + \lambda_{\text{s}} + \lambda_{\text{k}} \quad \text{W/(mK)} \quad \text{FALSCH !}$$

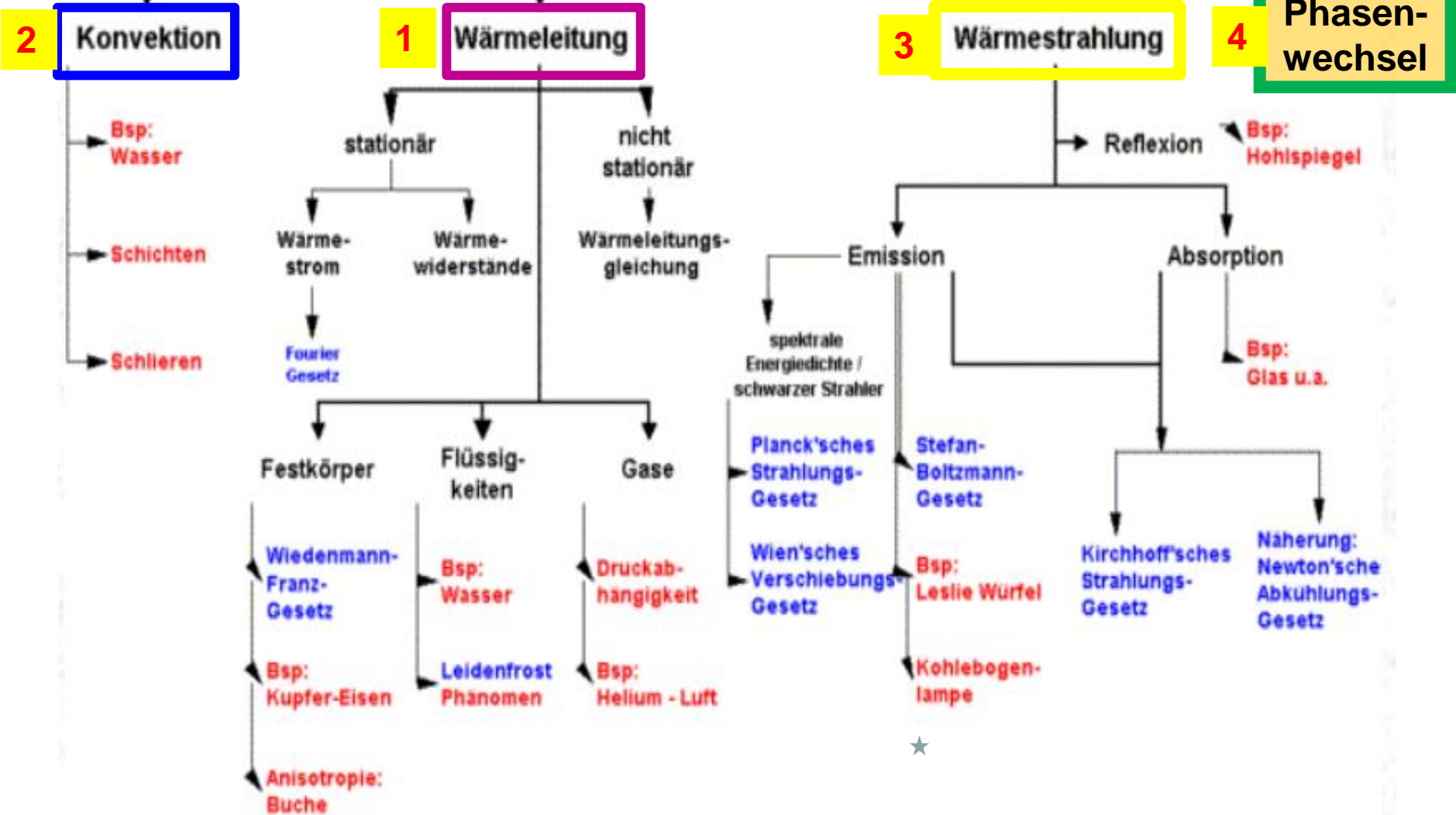
Volland · Volland : Wärmeschutz und Energiebedarf nach EnEV 2009. Seite 108

Der **Wärmestrom** oder **Wärmefluss** ist eine physikalische Größe zur quantitativen Beschreibung von Wärmeübertragungsvorgängen.

Er ist definiert als die in der Zeit dt übertragene Wärmemenge dQ , er ist eine Wärmeleistung und wird in **Watt** [W] gemessen.



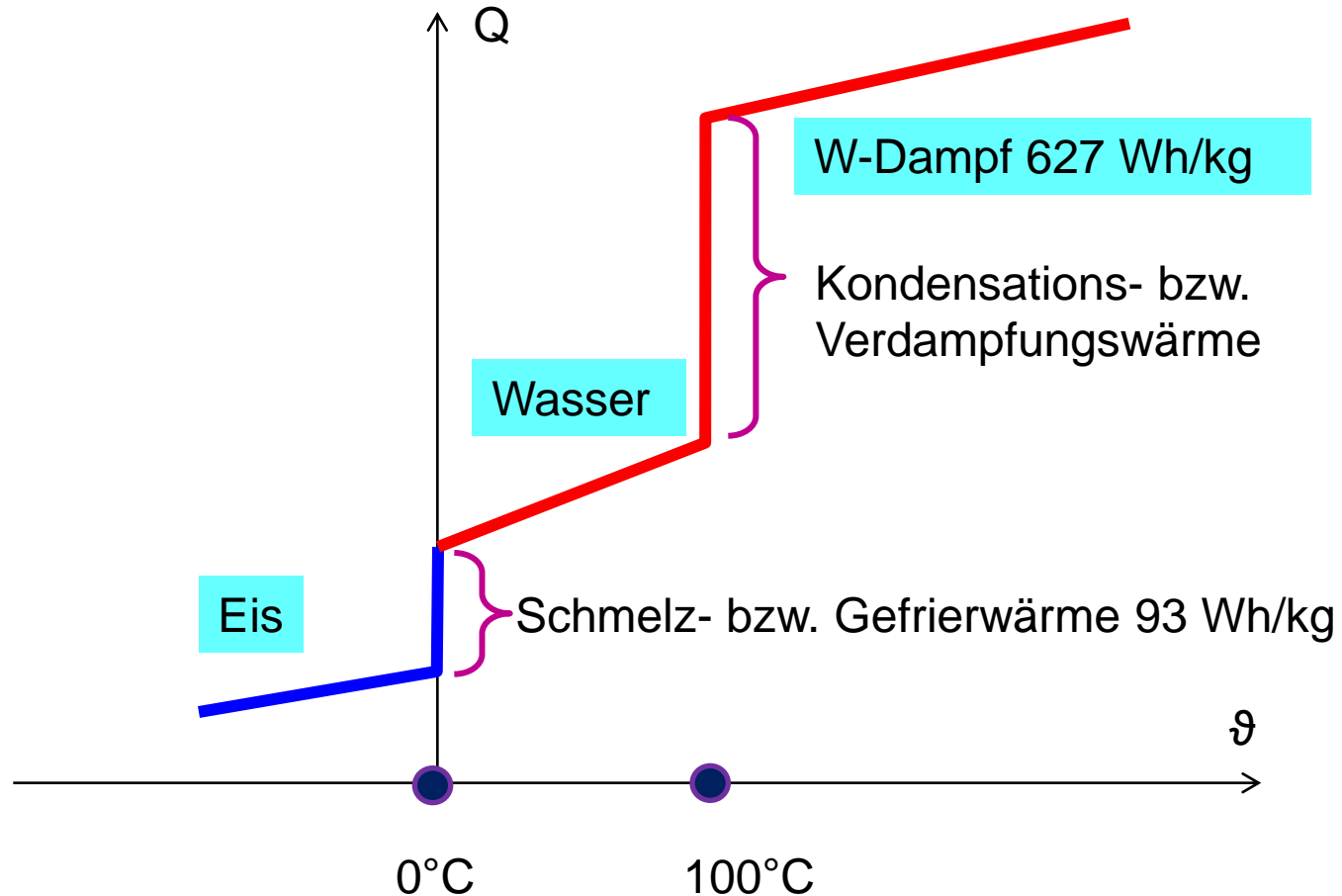
Wärmetransport



Falsche Formel bei Strahlung

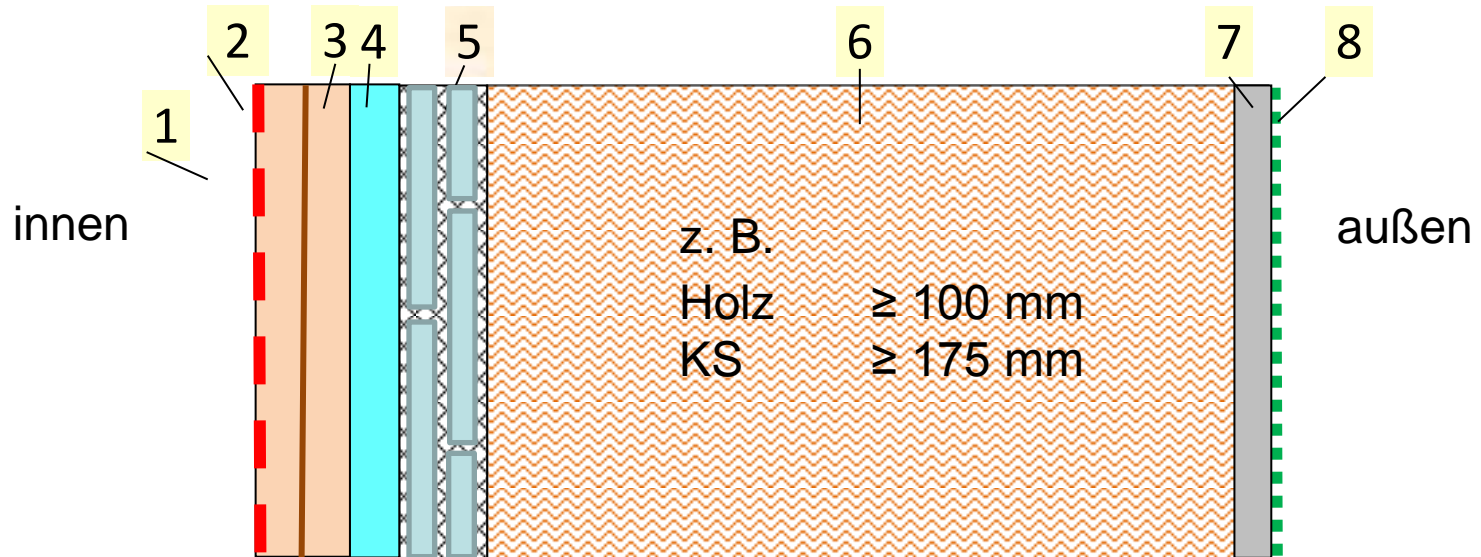
~~$$Q_{r,1,2} = \frac{C_s}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2}} \left[\left[\frac{T_1}{100} \right]^4 + \left[\frac{T_2}{100} \right]^4 \right]$$~~

Verdampfungsenthalpie von 1 kg Wasser beträgt 2257 kJ (bei 100 °C).



Spez. Wärme c Wasser 1,16 Wh/(kgK)
 Holz 0,58-0,75; Ziegel ~0,26, Luft 0,28

Neuer Wandaufbau mit **Innenisolierung**:



- 1 – Glasfarbe, optional
- 2 – Innenverkleidung ~20 mm
- 3 – Temperierung, optional
- 4 – **Luftspalt** ~10 mm

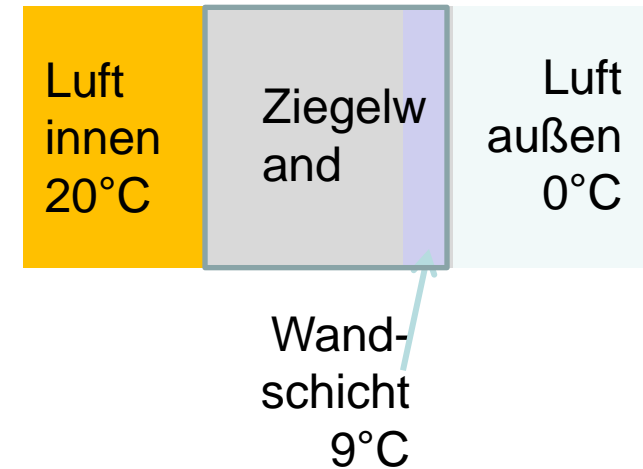
- 5 – mehrlagige **reflekt. Isolierung**
- 6 – massive Außenwand
- 7 – Außenputz o. Stülp Schalung usw.
- 8 – ThermoLine ext. außen

Gesamte Wanddicke kann <200 bzw. 250 mm sein.

Bitte beachten: Hierzu bestehen Schutzrechte.

Wärmeübergang an Außenwand

Wärmekapazität	Wh/(m ³ K)
Luft	0,232
Kalksandstein	560
Verhältnis KS/Luft	2.420 -



Wanddicke, z.B.	365 mm
außen Wandschicht von rd.	60 mm
aufgewärmt auf	9 °C
gegenüber Außenluft von	0 °C

Betrachtet wird nur Teilschicht mit einer Dicke von	1 mm
Dichte der Wand	2.000 kg/m ³
1 mm Wand	2 kg/m ²
Mit spezifischer Wärmemenge	0,28 Wh/(kgK)



Darin Wärmemenge von $2 \text{ kg/m}^2 \times 0,28 \text{ Wh/(kgK)} \times 9\text{K} = 5,04 \text{ Wh/m}^2$

1 m³ Luft hat eine Masse bei 20°C von rd. 1,2 kg

1 mm Wand entspricht einer Luftschichtdicke von rd. **1.600 mm**

flämawand*spezawand[wh/m²] / (rohluft*spezwarluft)

Diese Luftschichtdicke ist erforderlich, um die gleiche Wärmemenge von 1 mm Wand aufnehmen zu können.

(Ruhende) Luft ist ein sehr guter Isolator,
es kann sich nur eine dünne Schicht erwärmen,
der Wärmefluss stockt,
danach kann keine weitere Wärme in die Außenluft abfließen.

Wie kommt die Wärme in die Luftschicht?



Probleme, u.a.

Falsche Formeln, falscher Wandaufbau, s. oben 10 Punkte.

Weiterhin:

Solare Energie ist weitgehend kostenlos,
ein neuer Wandaufbau nutzt diese Energie.

Die Planer, Bauherren usw. wissen nicht davon.

Wenn sie es wissen, können sie es nicht anwenden.

Vorschriften sind einzuhalten ! ?

Fördermittel „müssen“ abgeholt werden – koste es was es wolle.



Aufgabe:

**Einhaltung der Vorgaben EnEV 2009,
jedoch unter bestmöglicher Beachtung
der physikalischen Gesetze mit Erläuterungen,
erweitertem Nachweis und IR-Energie-Pass.**



EnEV 09 und **EEG**: Sie bleiben mit ihren Grundforderungen bestehen wie

- Vorgaben
 - U-Wert
 - Primärenergieverbrauch
 - Mindestwärmeschutz
 - Sommerlicher Wärmeschutz

- erneuerbare Energie – Wärmepumpe, Solar, WRG.

Aber: was viele nicht wissen → nächste Seite



Richtlinie 2002/91/EG: sie ist die Basis und maßgebend!

Sie gibt die Grundlagen und die weitere Entwicklung vor.

Hinsichtlich der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden hat die EU mit ihrer Richtlinie ein Richtungweisendes Instrument den Mitgliedstaaten in die Hand gegeben.

Es geht neben der Beschreibung der tatsächlichen Gesamtenergieeffizienz um:

- (1) Kostenwirksamkeit (**kosteneffektive** Maßnahmen)
- (2) Weiterentwicklung von Normen
- (3) Nutzung aller Faktoren
- (4) angepasste Berechnungsmethoden
- (5) Hinblick auf den technischen Fortschritt
- (6) Qualität der Baumaterialien



Richtlinie 2002/91/EG

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben die Richtlinie ... erlassen auf Erwägung nachstehender Gründe: ... u.a.

(17) Die Mitgliedstaaten können auch andere, nicht in dieser Richtlinie vorgesehene Instrumente/Maßnahmen zur Förderung der Verbesserung der Energieeffizienz anwenden.

Die Mitgliedstaaten sollten gutes Energiemanagement unter Berücksichtigung der Intensität der Gebäudenutzung fördern.

Also zumindest nicht verbieten!



Der gesetzlich geforderte Nachweis erfolgt mit einem marktüblichen Berechnungsprogramm

Referenzgebäude – Vorgaben sind einzuhalten.

Die EnEV-Vorgaben werden i.d.R. mit der zugrunde gelegten Software rechnerisch erfüllt.

Ihre errechneten Ergebnisse müssen jedoch in der Praxis nicht im erwarteten Maße eintreten bzw. sind kaum oder nicht wirtschaftlich [Walberg10].

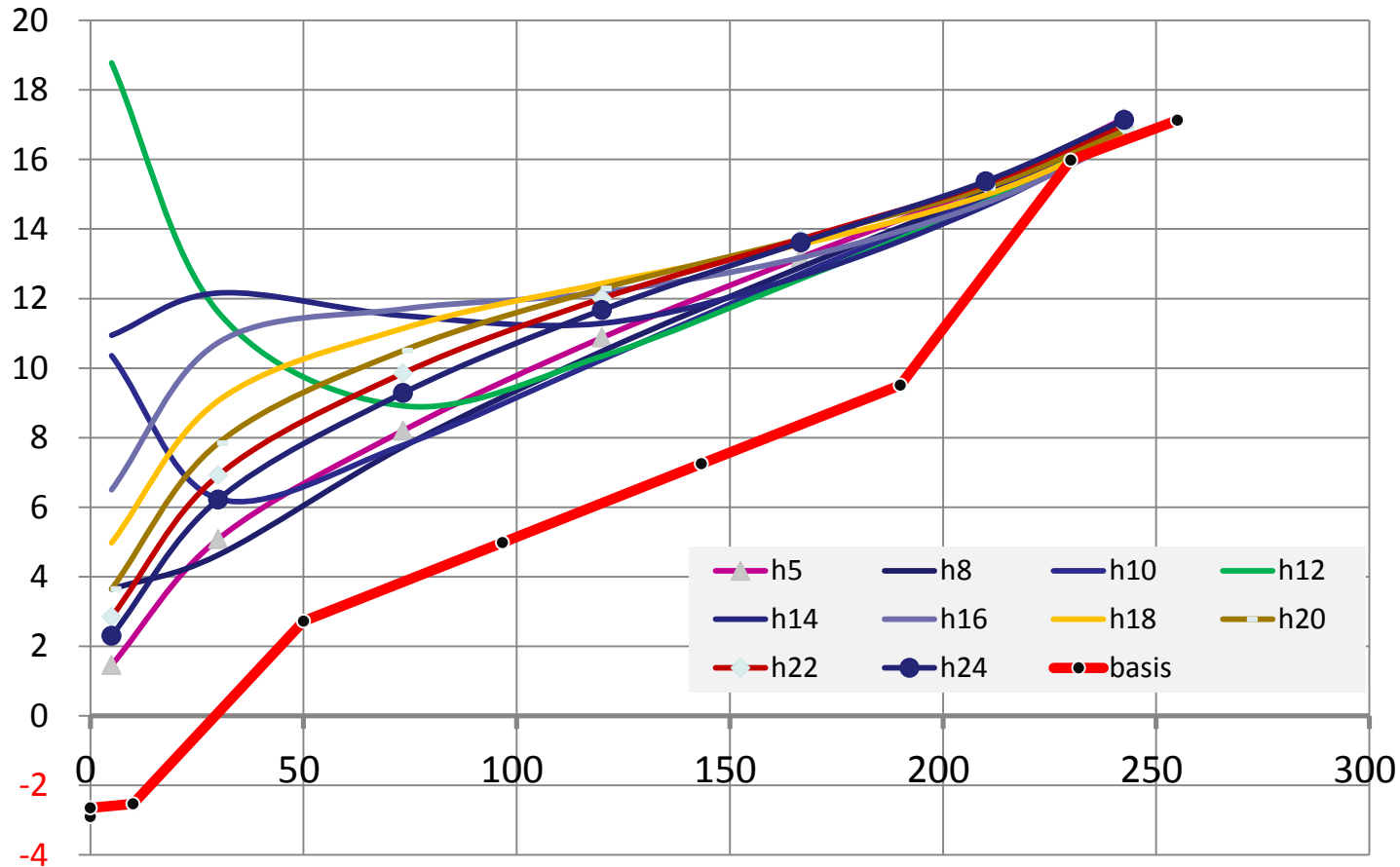
Sie sind in Wirklichkeit mit problematischen bauphysikalischen und bautechnischen Risiken behaftet.

Walberg D., Gniechwitz T.: Passivhaus, Effizienzhaus, Energiesparhaus & Co. Aufwand, Nutzen und Wirtschaftlichkeit. Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. Auftraggeber Vnw10 Verband norddeutscher Wohnungsunternehmen e.V.



In die Berechnungen gehen ein:

- Monate Jan. bis Dez.
- stationärer Zeitabschnitt 1 Stunde
- Himmelsrichtungen beliebig
- Außentemperatur der Luft
- durchschnittliche monatliche Minimal- und Maximalwerte
- Oberflächentemperaturen der Außenwände innen und außen
- Windstärke
- Energieeinträge innen und außen sowie Energieabfluss
- Raumlufttemperatur
- Wandaufbau mit
 - einzelnen Schichtendicken,
 - Wärmeleit Zahlen
 - Rohdichte
 - Wärmespeicherfähigkeit
- Luftwechselrate mit Leckageanteil
- Dauer der Heizperiode
- Wärmebrücken



Rechnerischer Temperaturverlauf in der massiven Außenwand durch solaren Eintrag, Januar, Südwand

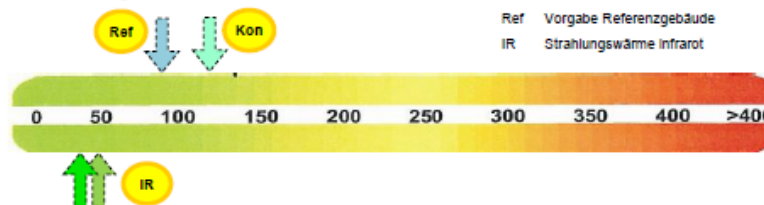
IR-ENERGIE-PASS

gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und Infrarot-Strahlungswärmenachweis

Berechneter Energiebedarf auf Basis geplanter Bauelemente

Objekt	Neubau Einfamilienhaus	53773 Hennef-Lichtenberg
Nutzfläche EnEV	130 m ²	Blovolkshaus FÜR ZWEI
Nutzfläche tats.	93 m ²	Baudurchführung 2012
Volumen	408 m ³	Holzständerbau, 2 Geschosse, nicht unterkellert

Primärenergiebedarf



- Kon konvektiver Wärmebedarf EnEV
- Ref Vorgabe Referenzgebäude
- IR Strahlungswärme Infrarot

Die Anforderungen der EnEV 2009, des EEG sowie der Richtlinie 2002/91 /EG des Europäischen Parlamentes werden erfüllt.

Kennwerte	Primärenergiebedarf	Heizwärmebedarf	Transmissionswärme
Anforderungswert	91,9 kWh/(m ² .a)		<0,400 W/(m ² .K)
Ist-Wert EnEV	118,6 kWh/(m ² .a)	94,4 kWh/(m ² .a)	0,530 W/(m ² .K)
IR-Wärme ohne WRG	46,1 kWh/(m ² .a)	41,1 kWh/(m ² .a)	0,208 W/(m ² .K)
mit WRG	37,2 kWh/(m ² .a)	29,7 kWh/(m ² .a)	

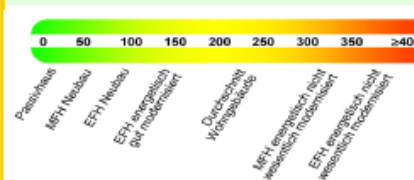
Angaben zur energetischen Ausgestaltung des Gebäudes

Je nach WRG-Anwendung kann mit Strahlungswärme KW-55 mit 51 kWh/(m².a) und KW-40 mit 37 kWh/(m².a) erreicht werden.
 Fenster werden 2fach mit größerem Abstand als 2-Scheibenfenster eingebaut.
 Bei der IR-Wärme wurden die solaren Wärmeinträge nur zu 50% und die Inneren Wärmequellen mit 2 W/m² (statt 5 W/m²) berücksichtigt.
 Bei diesem Objekt kommen Flächentemperierungselemente in der Lehmwand zum Einsatz, Vorlauftemperaturen ~26°C
 Sommerlicher Wärmeschutz wird eingehalten.
 Die Wärmeenergie wird bereitgestellt durch eine Gastherme, 300 l Solarspeicher mit 5m² Paneele auf dem Warmdach.

Merkmale der Strahlungswärme

- Raumluft ist kühler als Raumbooberflächen, damit -->
- keine Schimmelplzbildung Innen auf den Außenwänden und
- wohltuend höhere Luftfeuchtigkeit im Winter;
- keine/weniger Luftverwirbelungen und Staubbildung;
- deutlich höhere Ausnutzung regenerativer Energiequellen;
- mit IR-Farbbeschichtung keine feuchten Wände mehr;
- Wärmebrücken entfallen bei IR-Dämmung und -Beschichtung
- durch solaren Wärmeintrag und IR-Wandaufbau wandert der Taupunkt nach außen!

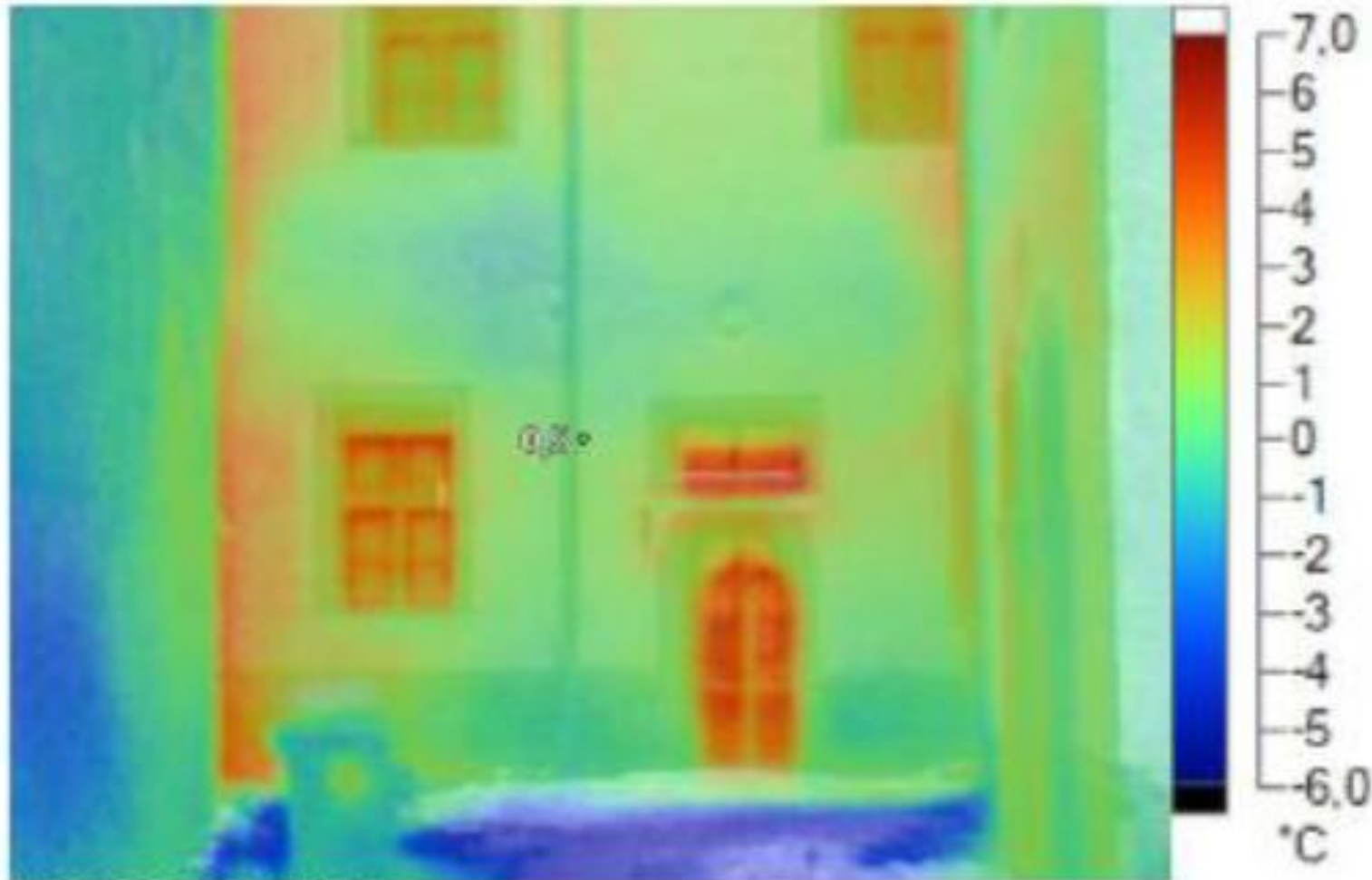
Vergleichswerte Endenergiebedarf



Hinweise zum Berechnungsverfahren

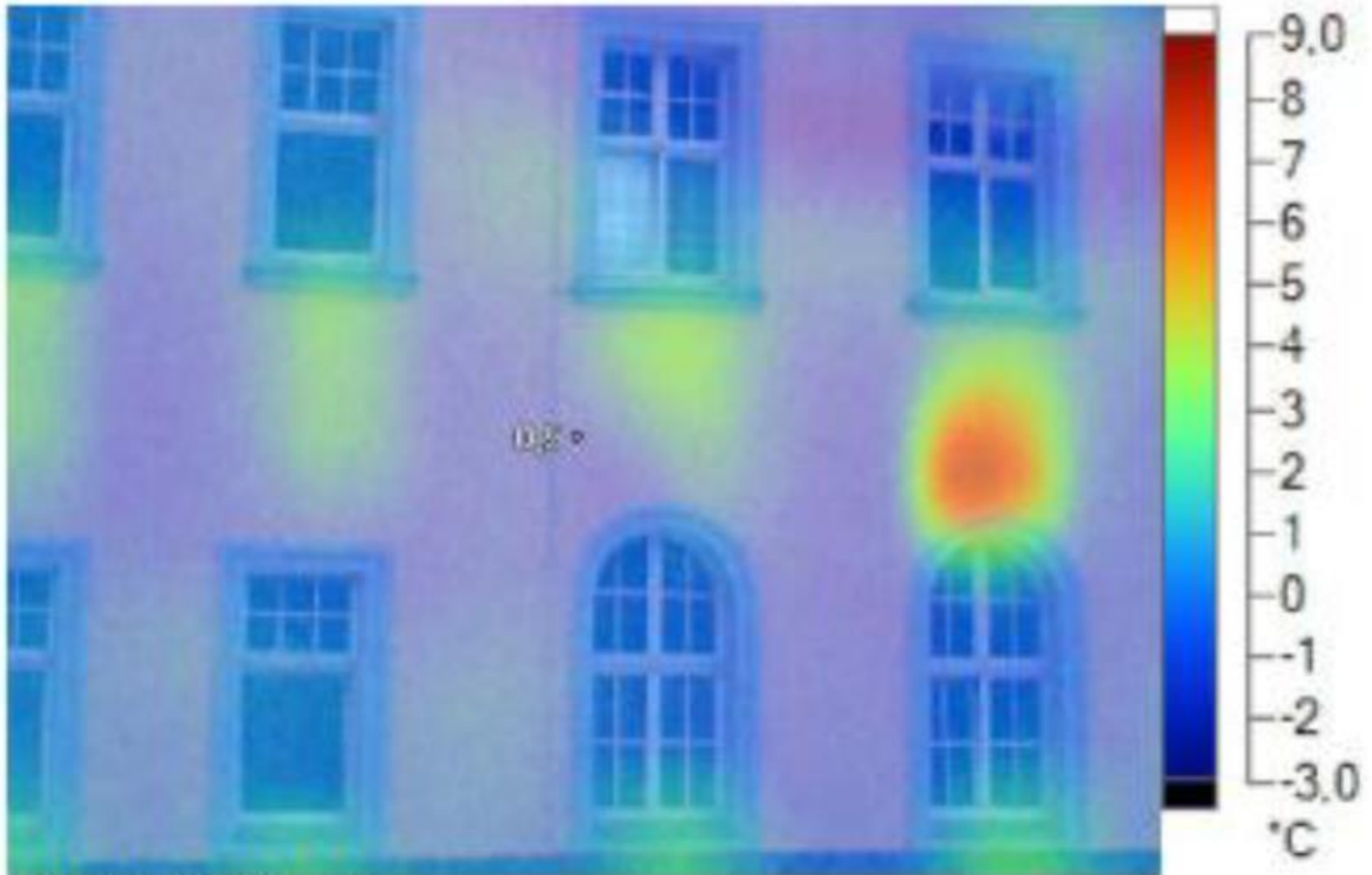
Wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch ch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A_n). Die IR-Strahlungswärmeberechnung bezieht sich beim Wandaufbau auf Schutzrechte

WRG - Wärmerückgewinnung IR - maßgebliche Infrarot-Wärmestrahlung in Innerräumen im Bereich von ca. 0 bis 50°C



IR000641.IS2

17.12.2012 08:49:11



IR000645.IS2

17.12.2012 08:57:41



Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit