Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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.**

Ing.-Büro Dr.-Ing. W. Horn
Windmühlenstraße 16J, 04683 Köhra
info@alphara.de

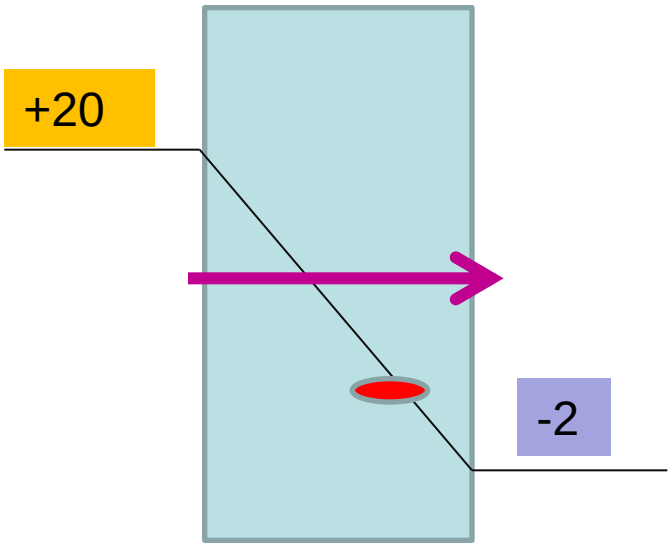
Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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

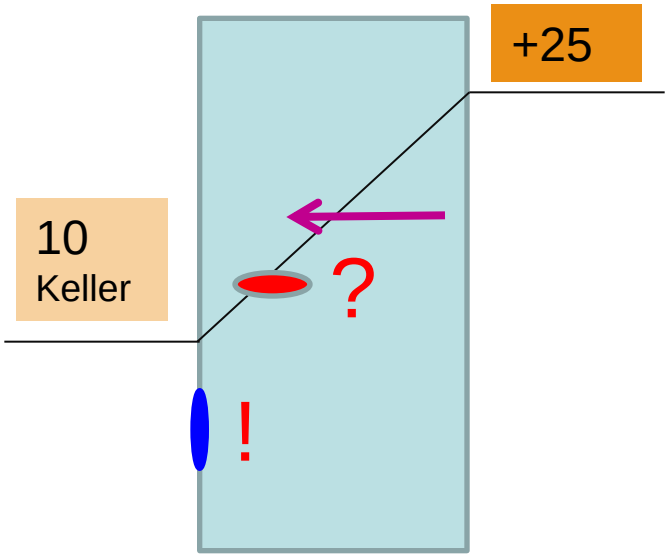
1. EnEV - Maßstab ist Energie + Gebäude	**Mensch steht im Mittelpunkt**
2. Konvektive Heizung	**Strahlungswärme mit Temperierung**
3. Kühle Wände + warme Luft ~22°C	Warme Oberflächen, kühlere Luft ~15-18°C
4. Gefährdung durch Schimmel usw.	Gesundes Innenraumklima, **kein** Schimmel
5. Außendämmung, WDVS bis **~40 cm**	**Innenisolierung** mit Reflexion, **nur 1-3 cm**
6. 2-, 3-, 4fach Verglasung	**Einfach**fenster, 2fach wegen Schall
7. Feuchtegeführter Lüftung	Luftwechsel abhängig von **CO_2** + evtl. **Schadstoff**
8. Umweltbelastung - Sondermüll	Resourcenschonung + Wiedernutzung
9. Fehlerhafte, falsche Rechnerei	bestmöglich richtige Bauphysik
10. Unwirtschaftliche Maßnahmen	**wirtschaftliche** investive + laufende Kosten

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Wasserdampfdiffusion (1)



Winter



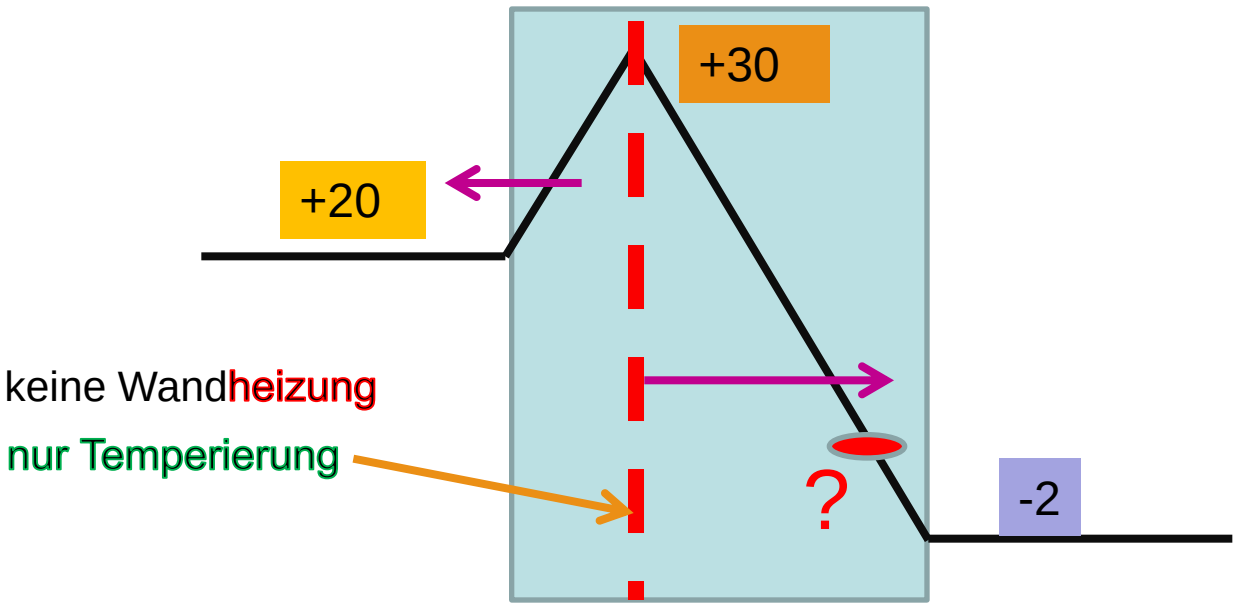
Sommer

Wasserdampfdiffusion : **immer von warm zu kalt**

Wasserdampfsättigungsdruck bei 20°C 2340 Pa

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Wasserdampfdiffusion (2)



Die Wand wird und bleibt trocken!

Der Tau**punkt (?)** ist gänzlich weg!

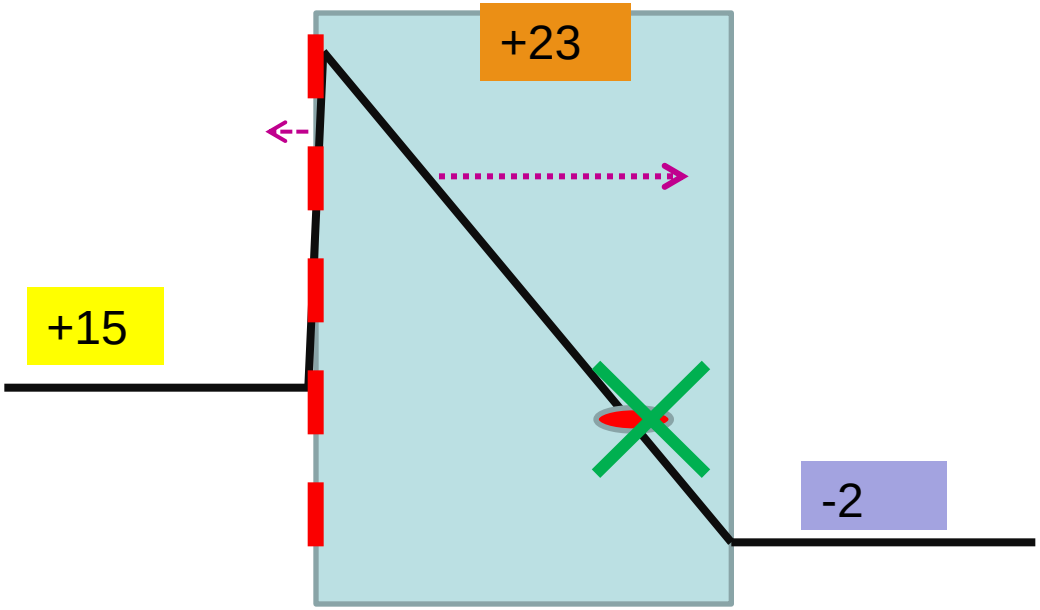
Wasserdampfsättigungsdruck

1 Pa = 1 N/m²

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

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Wasserdampfdiffusion ? (3)



Wasserdampf hat keine Chance mehr, in die Wand einzudringen!

Garantiert kein Schimmel !

λ- und U-Werte werden ganz klein.

Keine Berechnung mehr mit Glaser

Keine Berechnung notwendig mit Delphi, WUFI o. Cond

Wasserdampfsättigungsdruck				
bei	23	15	-2	°C
	2810	1706	517	Pa

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

"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.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Beispiel: Wortwahl und Problemfeld

Innen“dämmung“ (→**Reflexion**) im Kontext mit der Bauteil**temperierung** (Strahlungsheizung) im Allgemeinen resp. energetische Ertüchtigung denkmalgeschützter Fassaden im Besonderen

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Prämissen + Anspruch

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

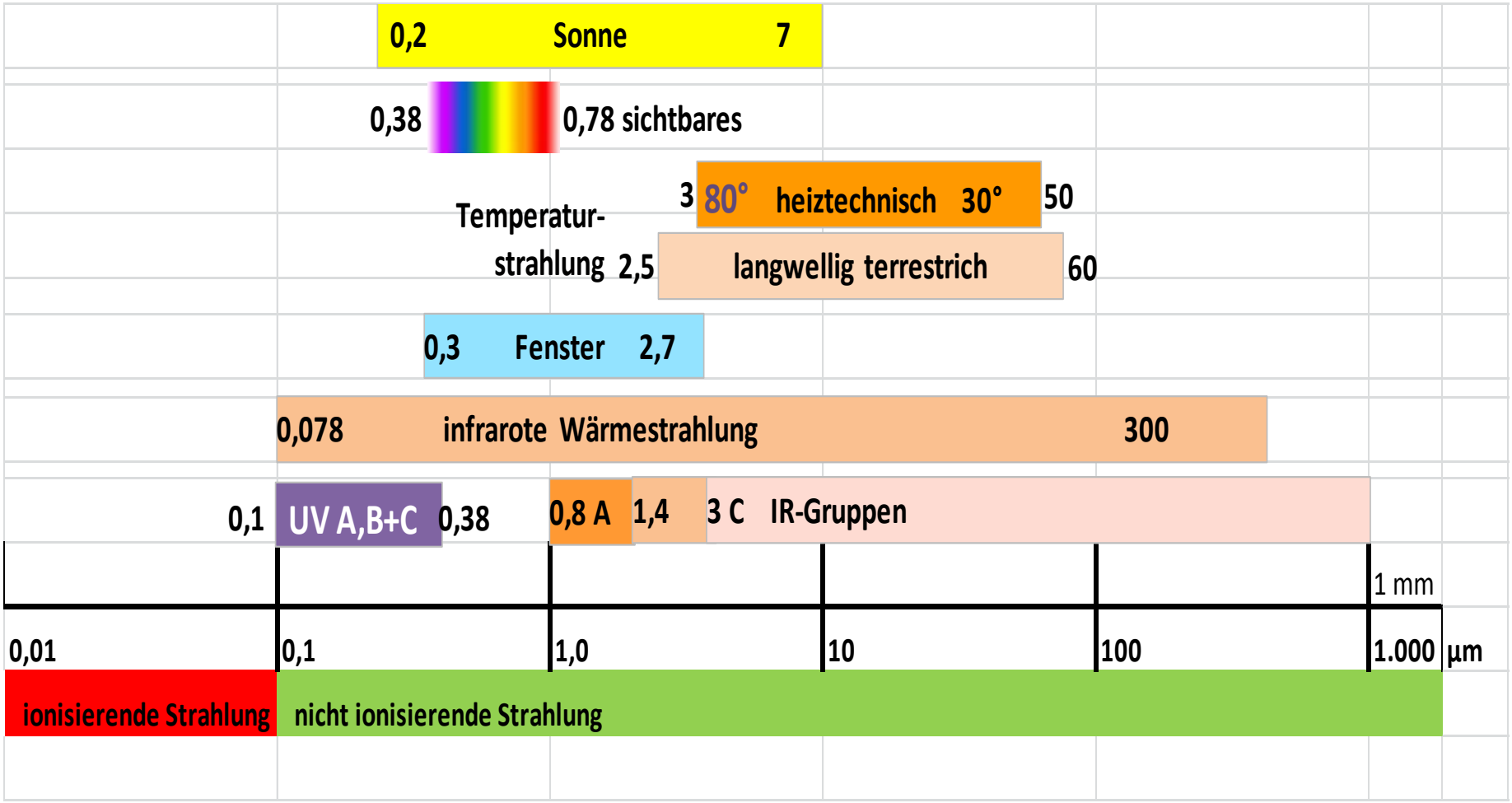
2. Was **Optimum** für den BH/Nutzer –
nicht Maximum für die Firmen (Eier, Pferdefleisch)

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

→ u.a. keine Rse oder Rsi-Werte

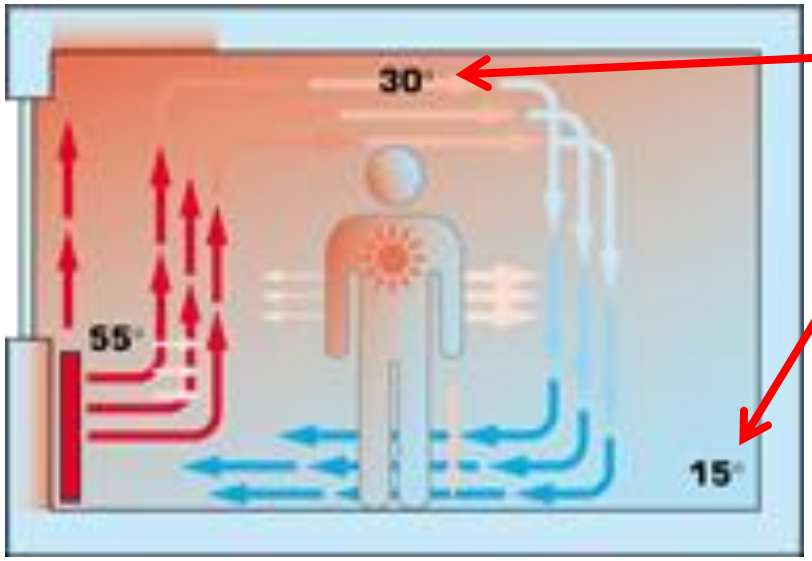
Die physikalischen Grundlagen von M. Planck, S. Stefan, L. Boltzmann, W. Wien usw. sind seit langem bekannt.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra



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

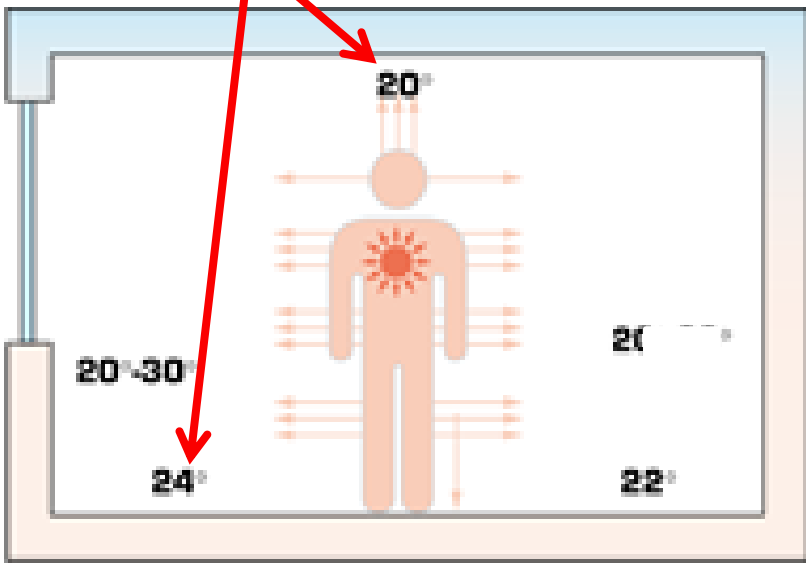
Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra



!

?

Ja, z. B. bei Kühlung

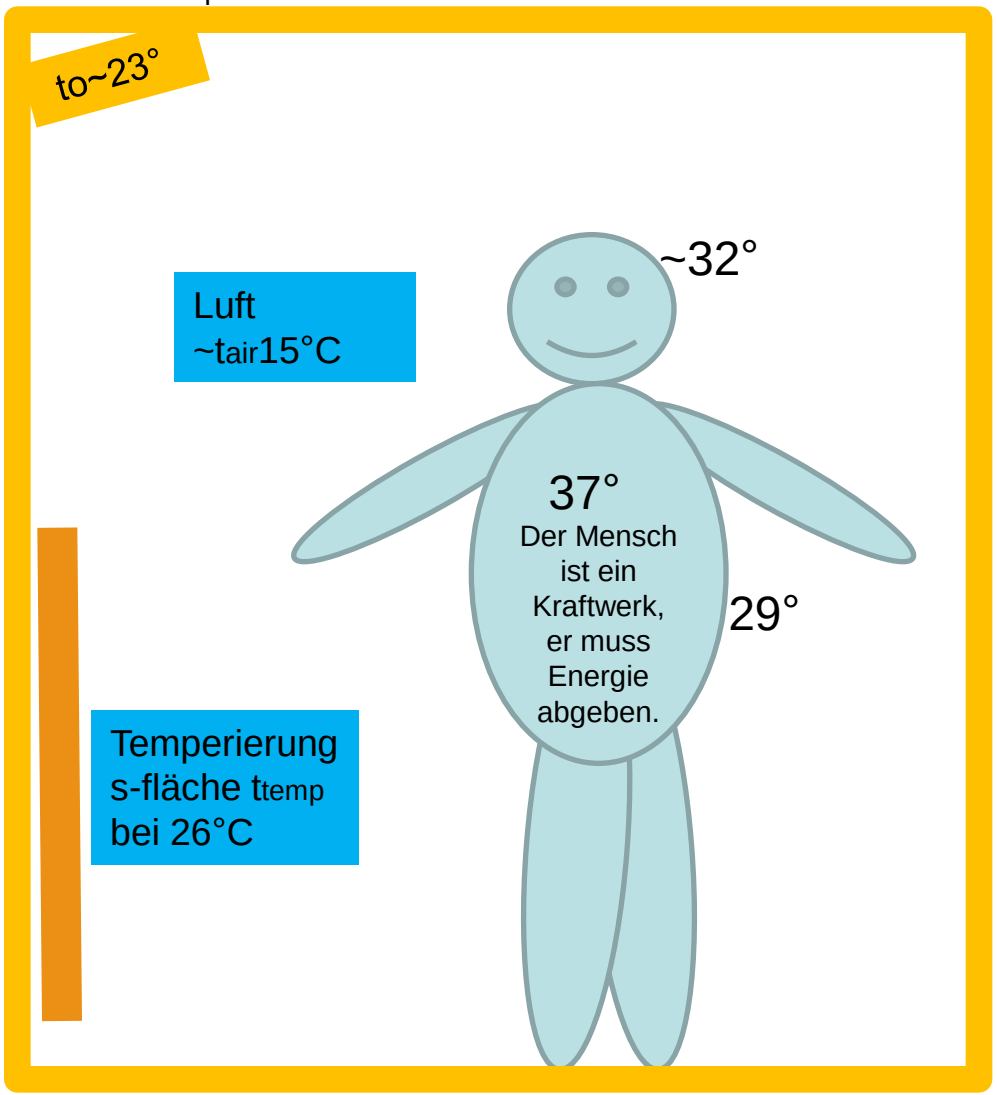


Energie“vernichtung“

ungesund
Staubaufwirblung usw.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Der Mensch ist in thermischer Balance bei Oberflächentemperatur von rd.



Forderung 1:

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

z. B. $t_o = 23$, → $t_{air} = 15$

Damit 23-15 = 8K geringere Lufterwärmung notwendig → ca. 5*8 = 40% **Energieeinsparung**

Forderung 2:

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

Damit **keine termische Konvektion**.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Geringerer Energiebedarf mit **abgesenkter Raumlufttemperatur**

→ a) geringere Raumlufterwärmung und

b) geringere Transmissionsverluste durch Außenbauteile.

Schimmelgefahr

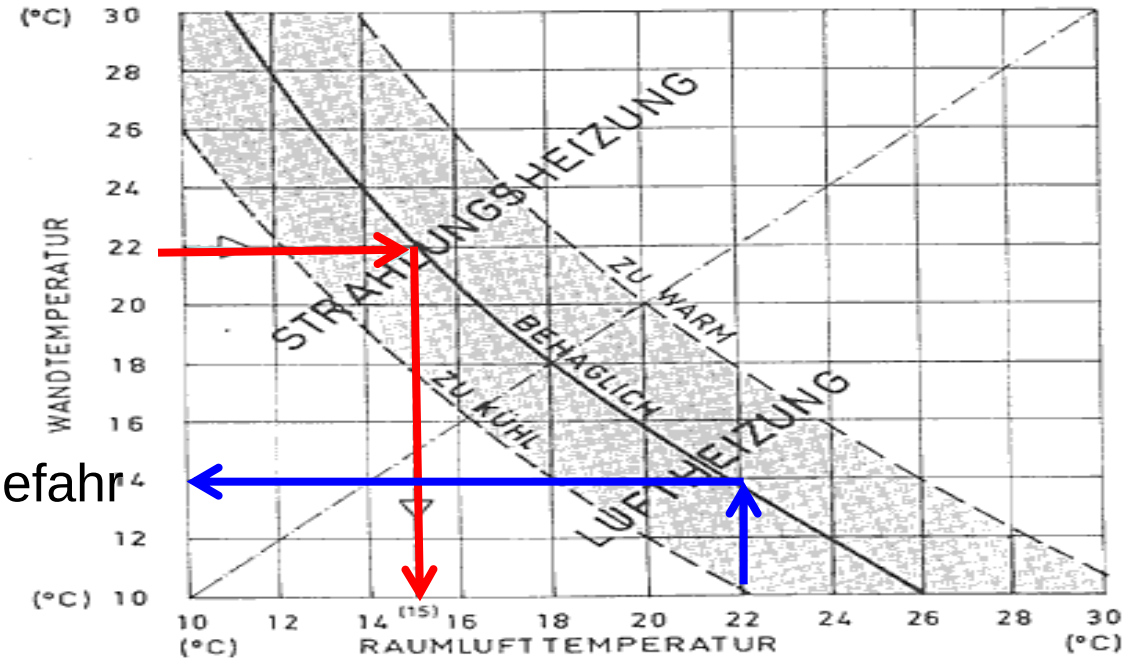


ABB. 3
BEHAGLICHKEITSPROFIL AUS WAND- UND RAUMLUFTTEMPERATUR
(NACH BEDFORD UND LIESE)

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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 cm

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

1.Temperierung

analog EnEV

2. hygien. erforderl. Lüftung

3. solare Wärme

7. Berechnung

analog EnEV

4. spezielle Isolierung

6. Langzeit-speicher

5. „thermische“ Beschichtung

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Gebäude			
länge		**10**	**m**
breite		**10**	**m**
höhe		**6,8**	**m**
Volumen		**680**	**m³**
Oberfläche		**472**	**m²**
Nutzfläche		**162**	**m²**
Nutzfläche	**enev**	**218**	**m²**
	diff	**56**	**m²**
Nu/Oflä		**0,34**	**--**

keine internen Gewinne
keine solaren Gewinne
keine Verluste durch Wärmebrücken
keine Lüftungsverluste

Wegen Luft als Transportmedium!
Unsinnig, problematisch, aber wahr.

Vorgabe		**15**	**kWh/(m²a)**
Leistung		**2.430**	**kWh**
Preis/kWh	**0,30**	**0,10**	**€/kWh**
Kosten	**Öl, Gas**	**243**	**€**
	Elt	**729**	**€**

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Heiztage		180	d	
Heizzeit		24	h	
Temp.-diff		10	K	
Leistung pro	Tag	13,5	kWh/d	
	Tag,m² Nutzfl.	28,6	Wh/(m²d)	
	Stunde	1,2	W/m²	
	pro h+K	0,12	W/(m²K)	≈ U-Wert
WLG		**0,04**	W/(mK)	

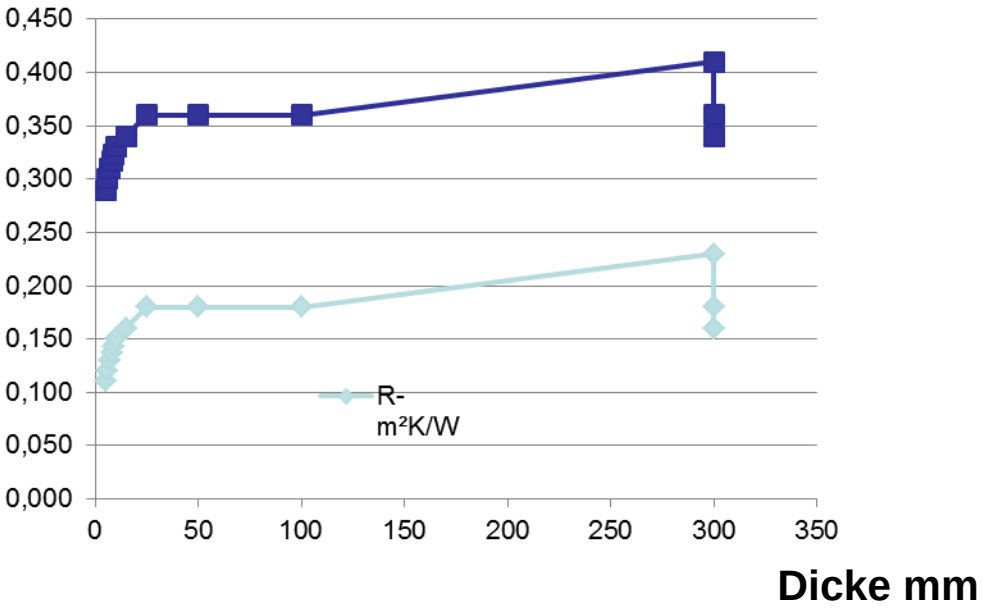
Dicke		0,34	m
davon ca.	Wand+R_{SIE}	0,04	m
	Dämmdicke	**0,30**	m

Refl.-Dicke	**0,06**	**m**
Kosten	1.000	€/m²
Umfang 2x	40	m
Diff. Dicke	0,24	m
geringere Fläche	18,9	m²
Kostendiff.	18.000	€

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Beispiel: Fenster 2-Scheibenverglasung Abstand 5 - 300 mm

mm-luft	R-m²K/W
5	0,110
6	0,120
7	0,130
8	0,137
9	0,143
10	0,150
15	0,160
25	0,180
50	0,180
100	0,180
abw. 300	0,230
horiz. 300	0,180
aufw. 300	0,160

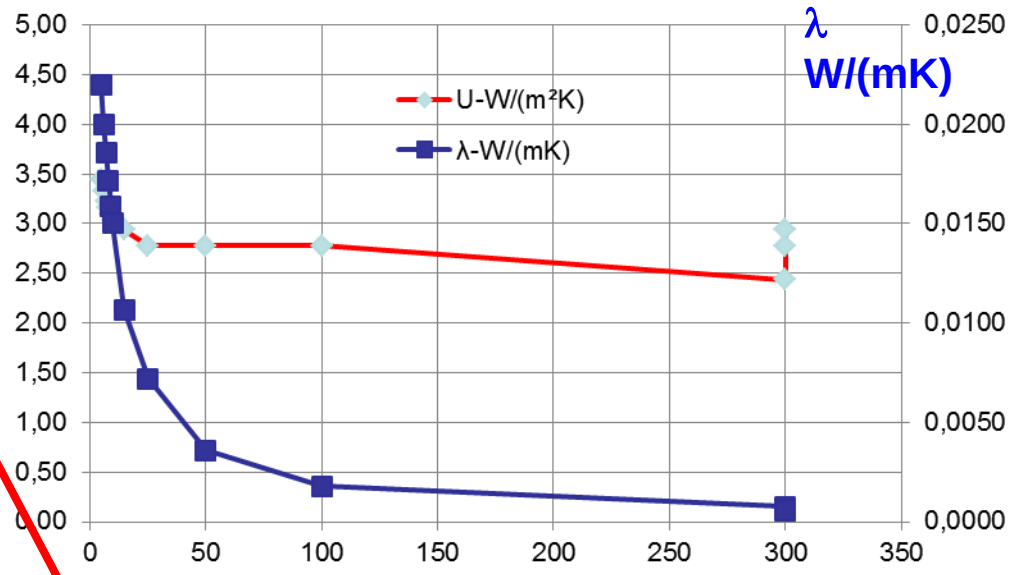


	m²K/W
rse	**0,040**
rsi	**0,130**
glas	0,010
Summe	**0,180**

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

jetzt mit U W/(m²K)

mm-luft	U-W/(m²K)	λ-W/(mK)
5	3,45	0,0220
6	3,33	0,0200
7	3,23	0,0186
8	3,15	0,0171
9	3,10	0,0159
10	3,03	0,0150
15	2,94	0,0107
25	2,78	0,0072
50	2,78	0,0036
100	2,78	0,0018
300	2,44	0,0008
300	2,78	0,0006
300	2,94	0,0005



Wärmeleitwert von Luft: 0,0262 W/(mK)!

Nur mit Vakuum denkbar.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

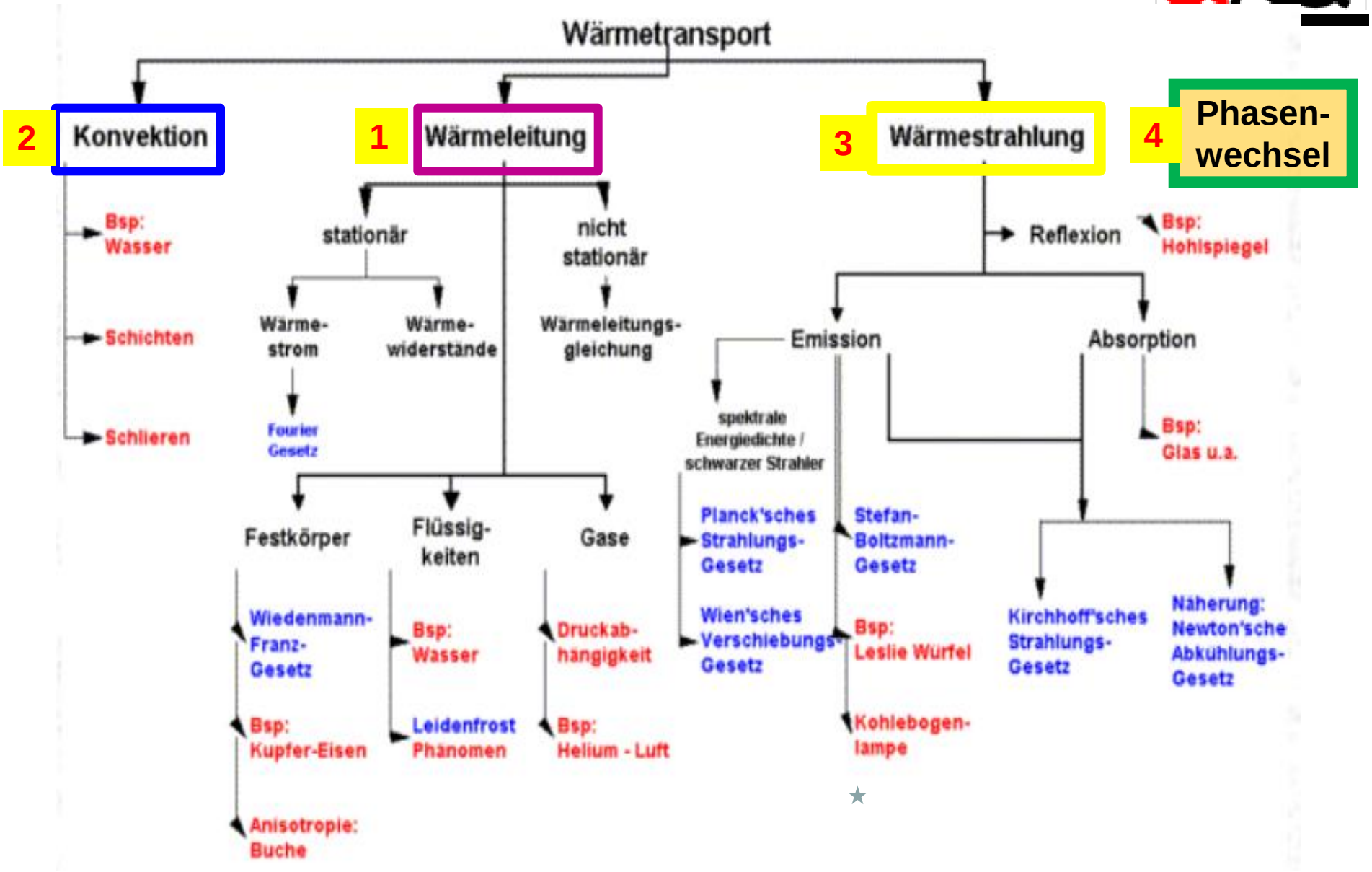
Wärmetransport durch	a)	Leitung – Transmiss.	l	[W/(mK)]
	b)	Strahlung	s	
	c)	Konvektion	k	

$\lambda_{Luft} = \lambda_L + \lambda_s + \lambda_k$ W/(mK) **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.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra



Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

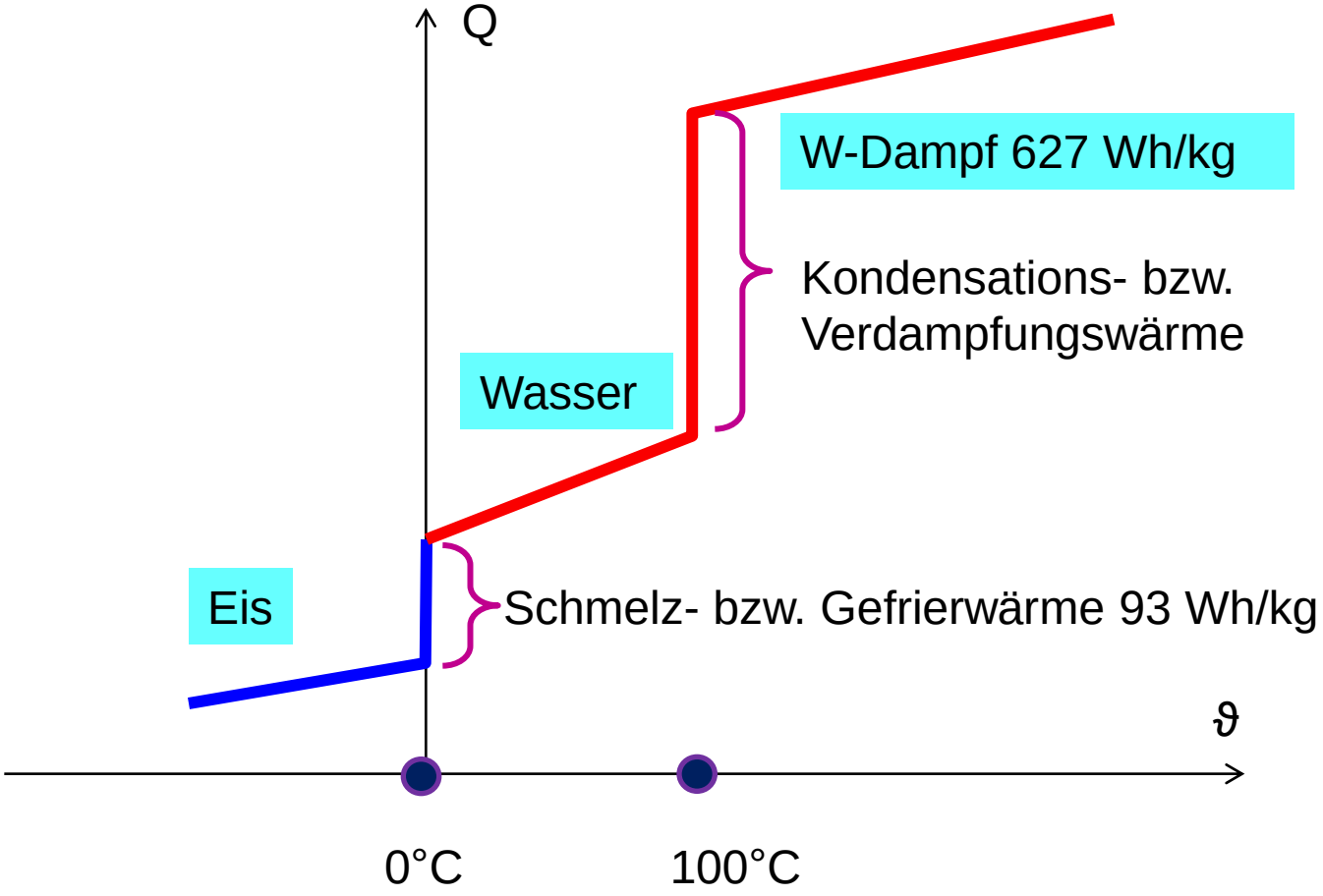
Vorsicht bei Berechnung von Strahlungsvorgängen

Falsche Formel bei Strahlung

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

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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

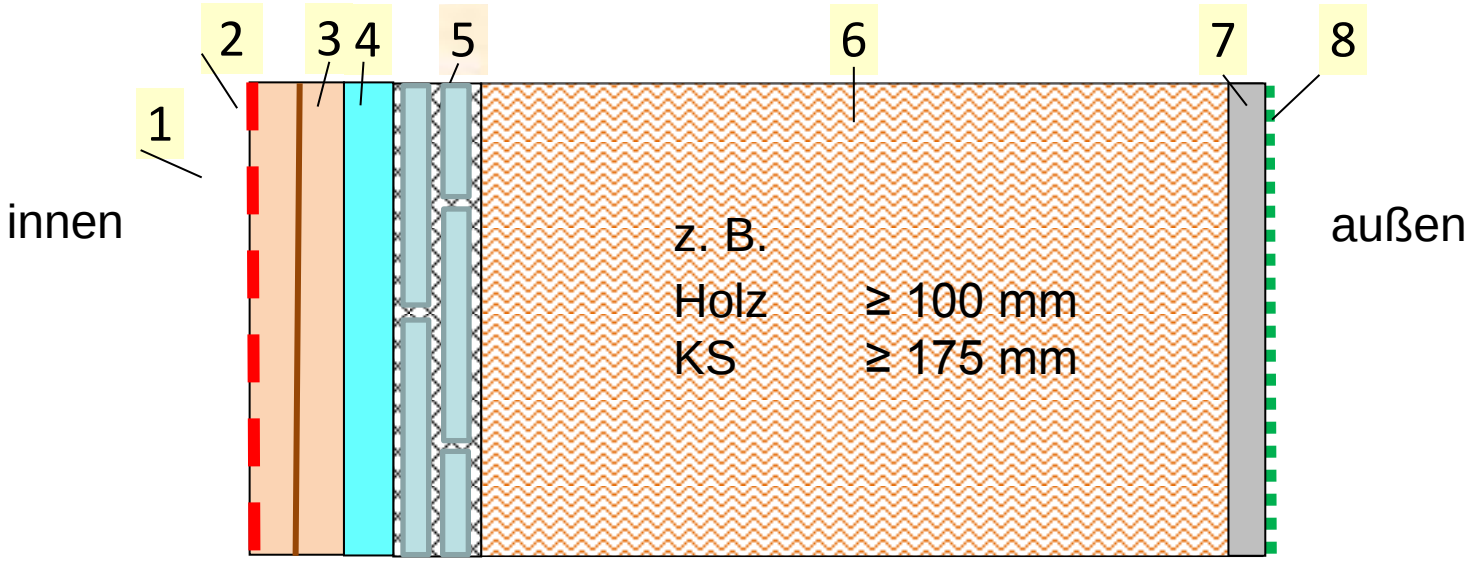


Spez. Wärme c Wasser 1,16 Wh/(kgK)

Holz 0,58-0,75; Ziegel ~0,26, Luft 0,28

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

„Falscher“ Wandaufbau mit **Innenisolierung**:



1 – ThermoLine int., optional

2 – Innenverkleidung ~20 mm

3 – Temperierung, optional

4 – **Luftspalt** ~10 mm

5 – mehrlagige **reflekt. Isolierung**

6 – massive Außenwand

7 – Außenputz o. Stülpschalung usw.

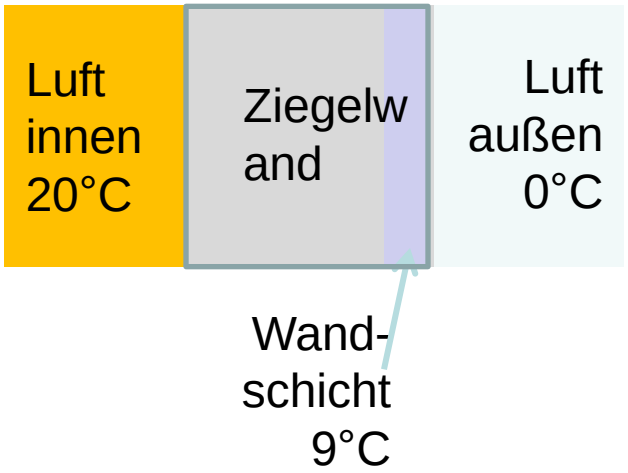
8 – ThermoLine ext. außen

Gesamte Wanddicke kann <2000 bzw. 250 mm sein.

Bitte beachten: Hierzu bestehen Schutzrechte.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Wärmeübergang an Außenwand



Wärmekapazität	Wh/(m³K)
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/m³
1 mm Wand	2	kg/m²
Mit spezifischer Wärmemenge	0,28	Wh/(kgK)

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Darin Wärmemenge von	2 kg/m² x 0,28 Wh/(kgK) x 9K =	5,04 Wh/m²
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*spezwäwand[wh/m²] / (rohluft*spezwärluft)

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?

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Aufgabe:

Einhaltung der Vorgaben EnEV 2009,

jedoch unter bestmöglicher Beachtung

der physikalischen Gesetze mit Erläuterungen,

erweitertem Nachweis und IR-Energie-Pass.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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

- Vorgaben U-Wert
  Primärenergieverbrauch
  Mindestwärmeschutz
  Sommerlicher Wärmeschutz

- erneuerbare Energie – Wärmepumpe, Solar, WRG.

Und, was viele nicht wissen → nächste Seite

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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 Richtung weisendes 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

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Inhalt

1. Vorbemerkung
2. Unterschiede beim Nachweis gemäß EnEV 2009 und erweiterte Nachweisführung mit Strahlungswärme
3. Nachweis für Strahlungswärme
4. Erläuterungen zur erweiterten Nachweisführung
   - 4.1 Fenster
   - 4.2 Wärmebrücken
   - 4.3 Sommerlicher Wärmeschutz
   - 4.4 Lüftung
   - 4.5 Dämmung Kellerwände
   - 4.6 Warmdach
   - 4.7 Dichtheitsprüfung
5. Unterlagen, Literatur
6. Details
7. Nachweis gemäß EnEV-2009

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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.

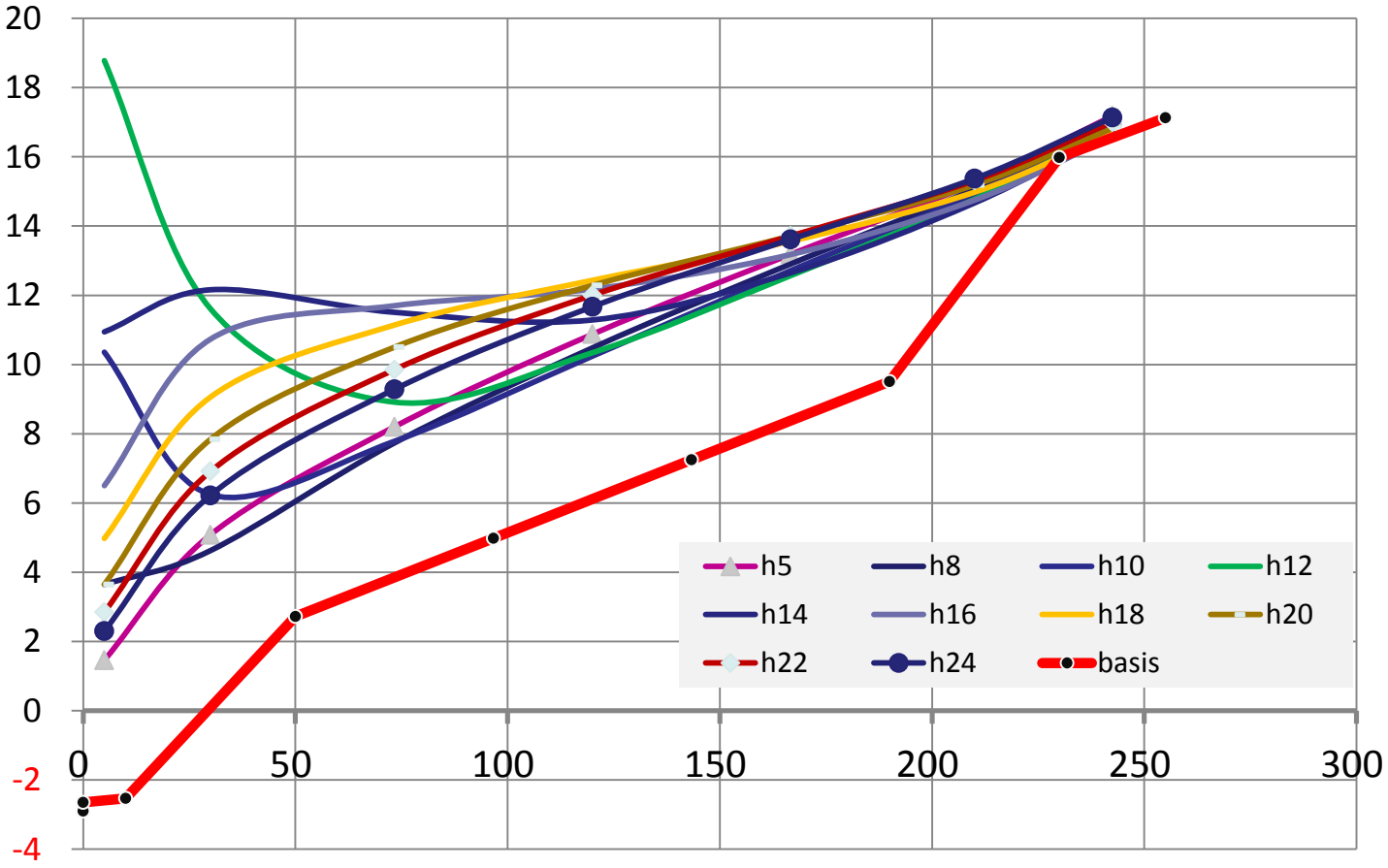
Walberg D., Gniechwitz T.: Passivhaus, Effizienzhaus, Energiesparhaus & Co. Aufwand, Nutzen und Wirtschaftlichkeit. Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. Auftraggeber Vnw10 Verband norddeutscher Wohnungsunternehmen e.V.

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

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,
  - Wärmeleitzahlen
  - Rohdichte
  - Wärmespeicherfähigkeit
- Luftwechselrate mit Leckageanteil
- Dauer der Heizperiode
- Wärmebrücken

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra



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

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

	Bauteil	Fläche	Uäqi	Fx	Fux	Prozent
		m²	W/(m²K)	-	W/K	%
1	Außenwand süd	37,8	0,16	1,00	6,18	33,3
2	Außenwand ost+west	77,4	0,21	1,00	16,41	
3	Außenwand nord	48,5	0,24	1,00	10,29	
4	Außenwand Keller - Luft	15,5	0,18	1,00	2,86	
5	Außenwand Keller - Erdreich	94,5	0,26	0,50	12,05	10,8
6	Bodenplatte	88,0	0,19	0,37	7,52	6,7
7	Dachfläche süd/nord	86,3	0,27	0,83	21,24	19,0
8	Haustür	5,1	1,80	0,83	7,62	6,8
9	Fenster Süd; Süd/Ost; Süd/West	16,7	0,80	0,83	11,08	23,4
10	Fenster Ost; Nord/Ost	5,4	0,80	0,83	3,55	
11	Fenster West; Nord/West	8,1	0,80	0,83	5,34	
12	Fenster Nord	2,9	0,80	0,83	1,92	
13	Dachflächenfenster	1,7	0,80	0,83	0,55	
14	Fenster ohne Gewinne	4,1	1,10	0,83	3,70	
15	**Summe, Mittelw.**	498,9	**0,223**			100

Tabelle 4: Ermittlung des gesamten äquivalenten U-Wertes für das Gebäude

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Lüftungswärmeverluste

Vorgaben wie sie in der DIN 4106-6 enthalten sind, können zufällig hilfreich sein, sind jedoch unsicher.

In Tabelle 5 sind verschiedene Lastfälle für den vom Menschen selbst produzierten Luftschadstoff CO_2 dargestellt.

Randbedingung: Maximal sollten **1.000 ppm** zulässig sein.

Dies ist aber als Dauerzustand nicht akzeptabel, es wird auf einen **maximalen durchschnittlichen Wert von 800** ppm orientiert, er kann vom Bauherrn/Nutzer auch anders festgelegt werden.

Auf weitere Schadstoffe wie VOC‘s, Radon und Thoron wird hier nicht eingegangen, außer:

Lehm wird ausdrücklich empfohlen, aber gleichermaßen gewarnt vor Thoron-Folgeprodukte! → Schutzanstrich!

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Raum		Schlafen2	alle Räume EG+OG			
Personen	—	1	4	1	2	3
Länge	m	3,76	(11,0 brutto)			
Breite	m	3,38	(8,0 brutto)			
Höhe	m	2,54	(ca. 5,5 brutto)			
Volumen	m^3	32,3	362			
CO_2	l/h	12	20	20	20	20
Zeit	h	8	8	24	24	24
Luftwechsel	1/h	0,83	0,48	0,12	0,25	0,37
Luftmenge	m^3/h	27	174	42	88	133

Tabelle 5: Luftwechselraten und Luftmengen für den Luftschadstoff CO_2

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Aus Tabelle 5 folgt u.a.:

Für einen kleinen Raum (Schlafen2, Kinderzimmer) reicht eine übliche 0,3- bis sogar 0,7fache Luftwechselrate **nicht** aus. Dabei wurde ein geringer Zufluss von nur 12 l/h CO_2 angenommen.
Erforderlich: $n = 0{,}83\ h^{-1}$

Wenn alle 4 Personen von abends bis früh im Haus sind, ist mindestens eine Luftwechselrate von 0,48 h^{-1} erforderlich. Annahme: alle Räume im EG und OG frei zugänglich (offene Türen).
Diesen Wert gilt es bei 4 Personen ständig zu gewährleisten. Das wären **pro Person ~43 m³/h, deutlich mehr als 20 oder 30 m³/h**.

Bei Daueraufenthalt – es ist 24 Stunden lang immer jemand im Haus – ergeben sich für **ein**, zwei und **drei** Personen Mindestluftwechselraten von **0,12** bis **0,37** h^{-1}.
Bei $n = 0{,}12\ h^{-1}$ (und höher) sind auch andere Schadstoffe zu beachten!

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Nach DIN 1946-6 ist weiterhin die reduzierte Lüftung, die Nennlüftung und die Intensivlüftung abzusichern. Letztere kann auch **händisch** erfolgen.

Hieraus deutet sich an, dass es nicht so simpel ist, wie man die erforderliche Luftmenge zu ermitteln und einzuhalten hat.

In [Euz11] wird darauf eingegangen:

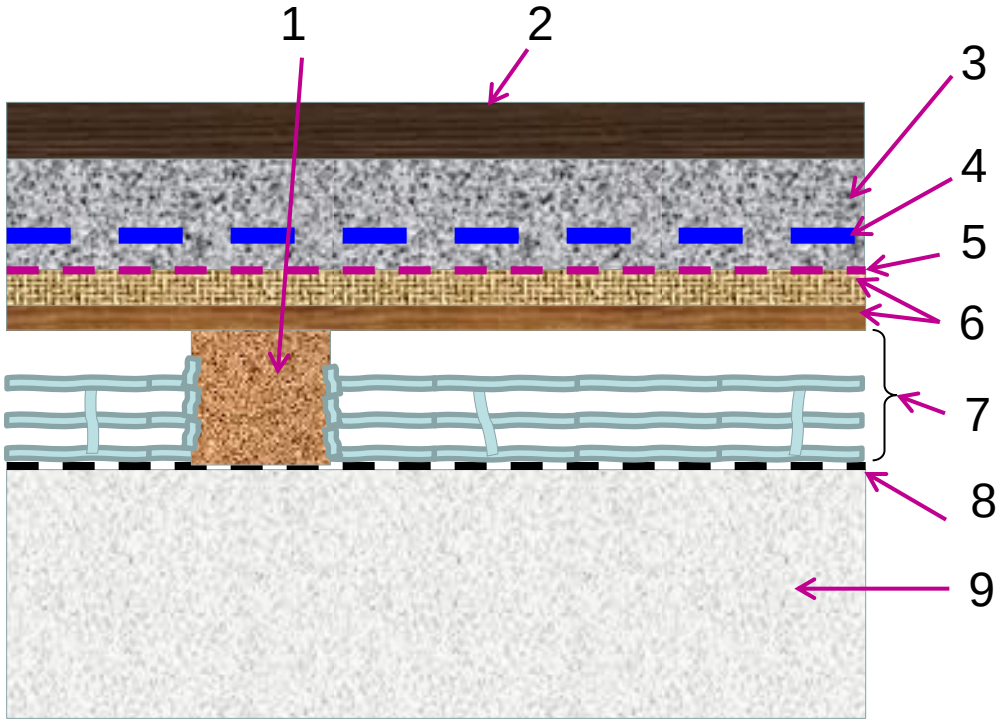
- „Die energetische Bewertung der Wohnungslüftung erhält vor dem Hintergrund der EU-Richtlinie mit Forderung nach Fast-Null-Energie-Häusern eine **neue Bedeutung**.

- Aktuell bestehen drei Rechenverfahren gleichzeitig und die **Verwirrung** ist groß.
  Die Rechenansätze sind vollkommen verschieden und liefern unterschiedliche Werte zur Verwertung in der Energiebilanz.“

Euz11, Schneider S.: Info zu Einladung für Umweltzentrum zum 17.März 2011. Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH, Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, www.e-u-z.de

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Prinzipskizze Fußbodenaufbau mit Temperierung und IR-Wärme-Reflexions-Folien



1 Abstandshalter (Holz, Kork…)
2 Fußbodenbelag (Parkett, Fliesen...)
3 Estrich (Zement, Anhydrid)
4 Temperierung, elt- oder wassergeführt je nach zu belegender Fläche
5 Abdichtung
6 2 kreuzweise verlegte OSB-Platten, Dicke gemäß statischem Erfordernis
7 Mehrlagige Infrarot-Reflexionsschichten mit >5 mm Luftschichten dazwischen und >10 mm Luftschicht zur Deckschicht darüber, d~35 - 50 mm
8 Feuchtigkeitssperre
9 Unterboden bzw. Betonplatte

IR-ENERGIE-PASS

gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und Infrarot-Strahlungswärmenachweis

Berechneter Energiebedarf auf Basis geplanter Bauelemente

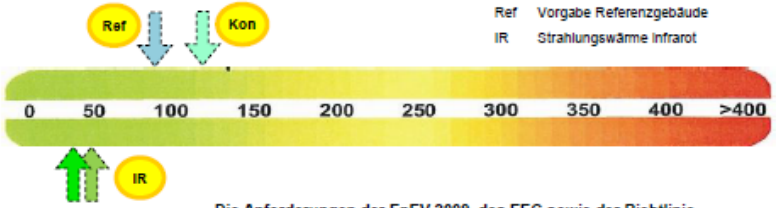
Objekt **Neubau Einfamilienhaus**

Nutzfläche EnEV	130 m²
Nutzfläche tats.	93 m²
Volumen	408 m³

53773 Hennef-Lichtenberg
Biovolkshaus FÜR ZWEI
Baudurchführung 2012
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/(m².a)		<0,400 W/(m².K)
Ist-Wert EnEV		118,6 kWh/(m².a)	94,4 kWh/(m².a)	0,530 W/(m².K)
IR-Wärme	ohne WRG	46,1 kWh/(m².a)	41,1 kWh/(m².a)	0,208 W/(m².K)
	mit WRG	37,2 kWh/(m².a)	29,7 kWh/(m².a)	

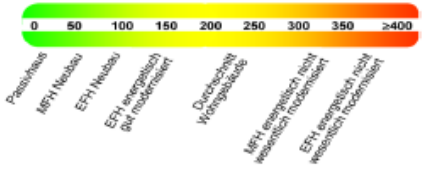
Angaben zur energetischen Ausgestaltung des Gebäudes

Je nach WRG-Anwendung kann mit Strahlungswärme KfW-55 mit 51 kWh/(m²a) und KfW-40 mit 37 kWh/(m²a) erreicht werden.
Fenster werden 2fach mit größerem Abstand als 2-Scheibenfenster eingebaut.
Bei der IR-Wärme wurden die solaren Wärmeeinträge 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 Raumoberflächen, damit –>
- keine Schimmelpilzbildung 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 Wärmeeintrag 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 Energieverbrau 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 Innenräumen im Bereich von ca. 0 bis 50°C

Aussteller Dr.-Ing. W. Horn 17.04.2012
04683 Köhra, Windmühlenstraße 16J

Copyright W. Horn

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Kennwert		Dim.	EnEV09		IR-Wärme	
			ohne WRG			mit WRG
1		*2*	*3 fa*	*4 ri*	*5*	*6*
Transm.-wärme	1	kWh/a	34.543	43.649	12.679	
Luftwechselrate	2	1/h	0,6		0,3	
Lüftungswärme, WRG	3	kWh/a	43.904	53.147	17.651	7.678
Zwischensumme	4	kWh/a	78.447	96.796	30.330	20.357
Nachtabsenkung	5	kWh/a		---		
Interne Gewinne	6	kWh/a	-24.775	-4.955		
Solare Gewinne-Fenster	7	kWh/a	-1.274	-637		
Heizwärme gesamt	8	kWh/a	52.400	91.200	24.740	14.770
Nutzfläche n. EnEV	9	m²	1.033			
spez. Wärmebedarf inkl. HiEn	10	kWh/(m²a)	51	88	26	16
Warmwasser	11	kWh/a	12.914			
Energie ges./a + inkl. 10% HilfsEn	12	kWh/a	71.840	114.520	41.420	30.450
Kosten / Jahr (Gas,Elt)	13	€/a	5.750	9.160	12.430	9.140
Kosten / Jahr (WP,Elt)	14	€/a	8.620	13.740	3.730	2.740

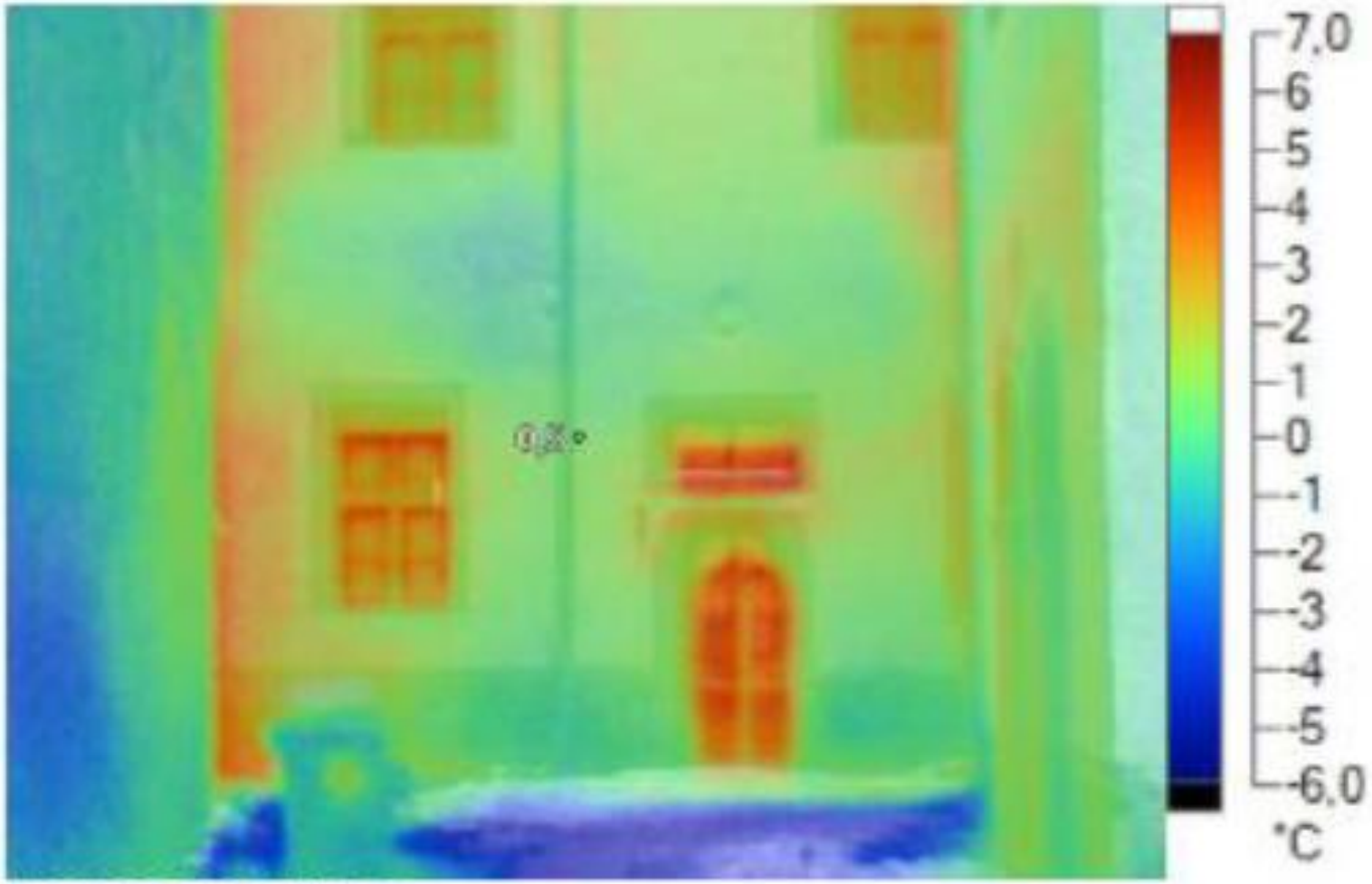
Differenz Wärmebedarf	**~76.000**	kWh/a
Kostenersparnis	**~6.400**	€/a

bei 0,08 bzw. 0,30€/kWh

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

lfd. Nr.	Raum-Nr.	Raum	Luft-volumen	Lüftungs-faktor	Wärme-abgabe	vorh. Fuß-bodenfläche	Temperierungs-fläche.
			m³	--	W/K	m²	m²
		Summe	2.301			698	279
1	EG	Windfang 001	31	1,0	27	9	15
2	EG	Verkauf 002	482	1,5	110	129	57
3	EG	WC D+H, 004+005	34	2,0	17	10	9
4	EG	WC+Umkleide, Pers. 007+008	29	0,5	8	8	5
5	EG	Flur 003+006	60	1,0	9	17	5
6	OG	Lager 009	38	0,5	13	11	7
7	OG	Heizraum 010	157	0,5	31	45	17
8	OG	Barrierefr. WC 011	20	2,0	5	6	3
9	OG	Hausmeister 012	59	0,5	6	17	3
10	OG	Lager Hotel 013	61	0,5	6	17	3
11	OG	Heizraum 014+015	179	0,5	31	51	16
12	OG	Hausmeister 016	56	0,5	16	16	9
13	OG	Treppe 017	67	0,5	17	19	9
14	DG	Museum 101	555	1,5	122	185	64
15	DG	Museum 102	438	1,5	96	146	50
16	DG	Treppe 017 og	36	1,0	13	12	7

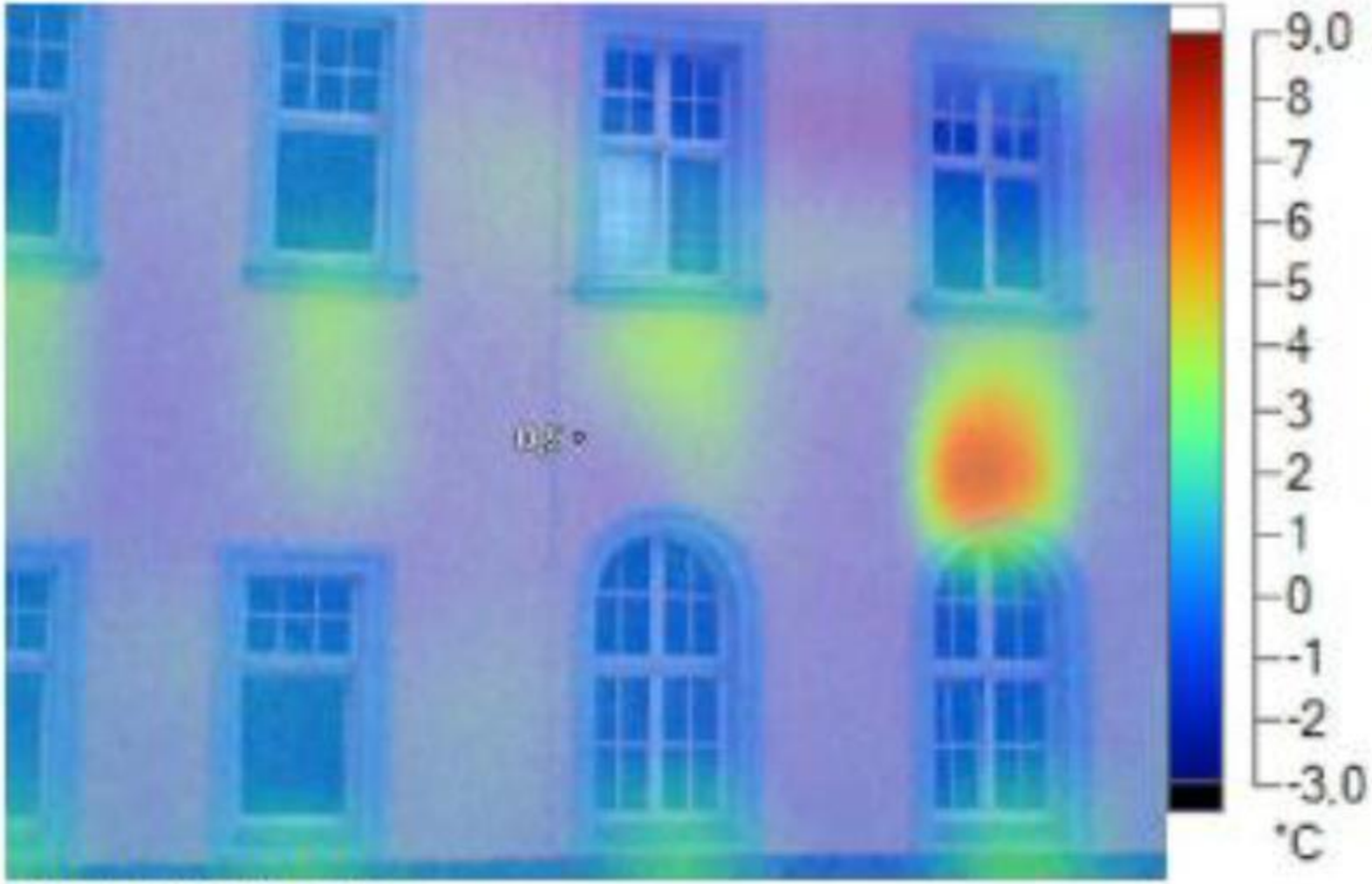
Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra



IR000641.IS2

17.12.2012 08:49:11

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra



IR000645.IS2

17.12.2012 08:57:41

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

- Resümee – es passt alles widerspruchsfrei zusammen wie
  - schlank – hochwirksam – kosteneffizient – kein Schimmel

- nagewo

n	nachhaltig
a	autark
g	gesund
e	energieeffizient
w	wohlfühlen
o	optimiert

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Problem erkennen

Zusammenhänge kennen

Zusammenhänge mitteilen

Gesagt ist noch nicht gehört

Gehört ist noch nicht verstanden

Verstanden ist noch nicht einverstanden

Einverstanden ist noch nicht angewandt

Angewandt ist noch nicht beibehalten

(nach Konrad Lorenz)

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

"Wer es will, findet Wege,
wer es nicht will, findet Gründe."

(Götz Werner, Chef der dm Drogeriemärkte)

Copyright IB W. Horn, 04683 Köhra

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit