

Themen-Module: Nachhaltig? Kennzeichen nachhaltigen Bauens



©unsplash

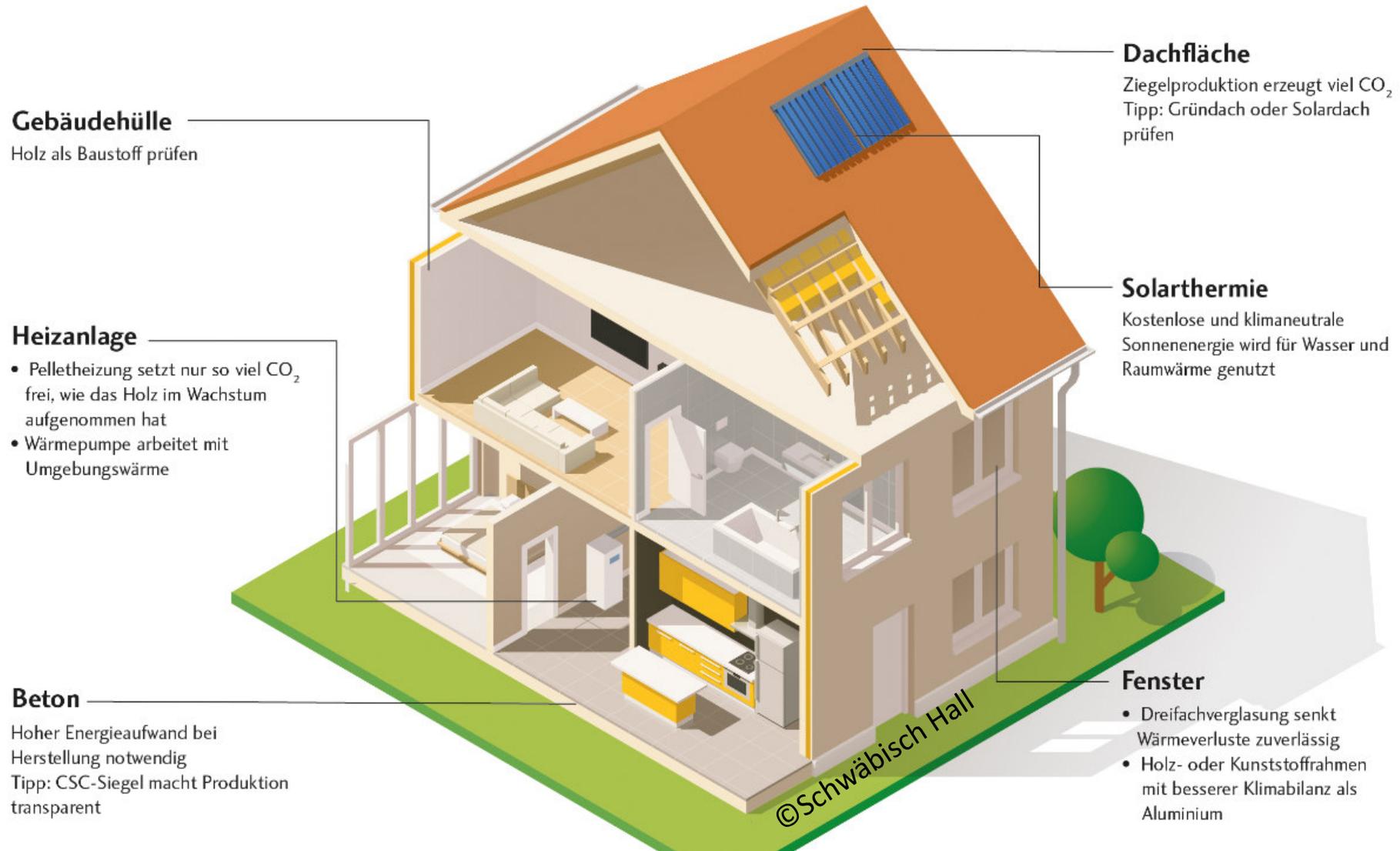
1. NACHHALTIGKEIT – so einfach – so schwer

Definition:

„Nachhaltigkeit ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“

Der Begriff Nachhaltigkeit stammt aus der Forstwirtschaft; nach dem Prinzip; „es wird nur soviel abgeholzt wie auch nachwachsen kann!“

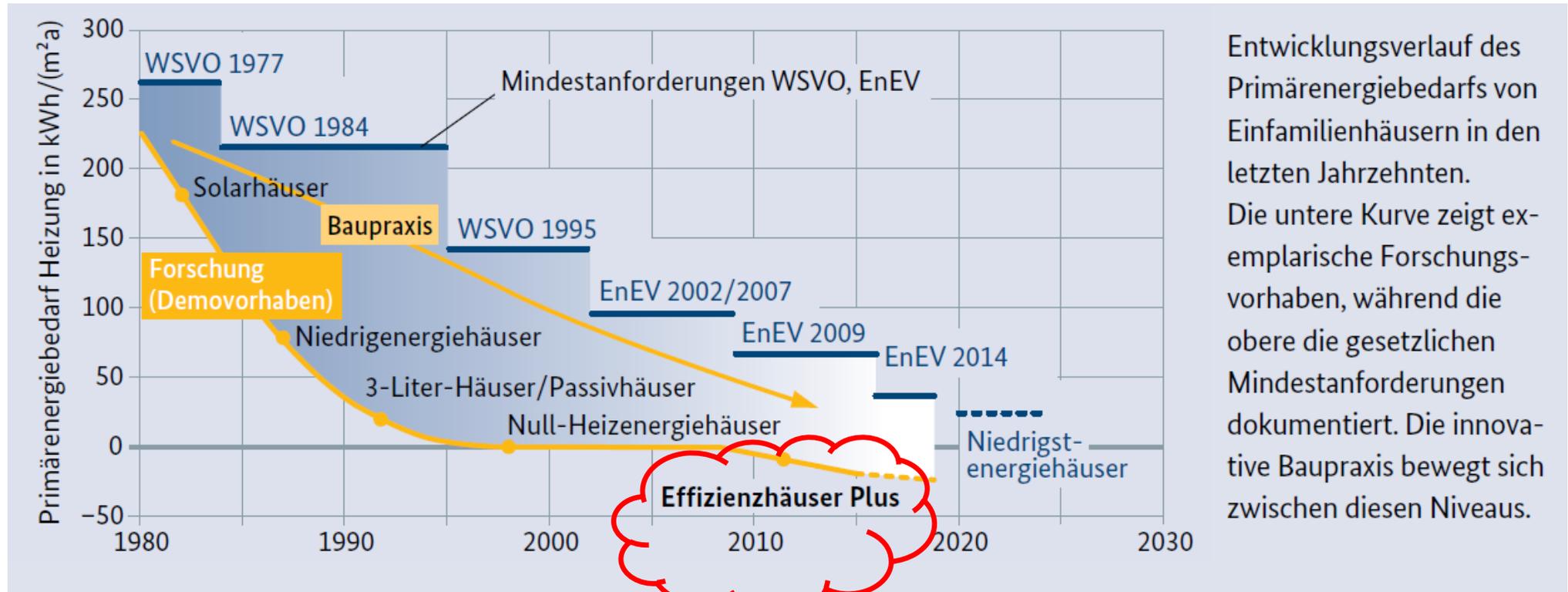
2. Wie geht klimaneutrales/nachhaltiges Bauen?



...so der „landläufige“ Blick - aber ist dass schon alles?

Der Blick ins Gesetz

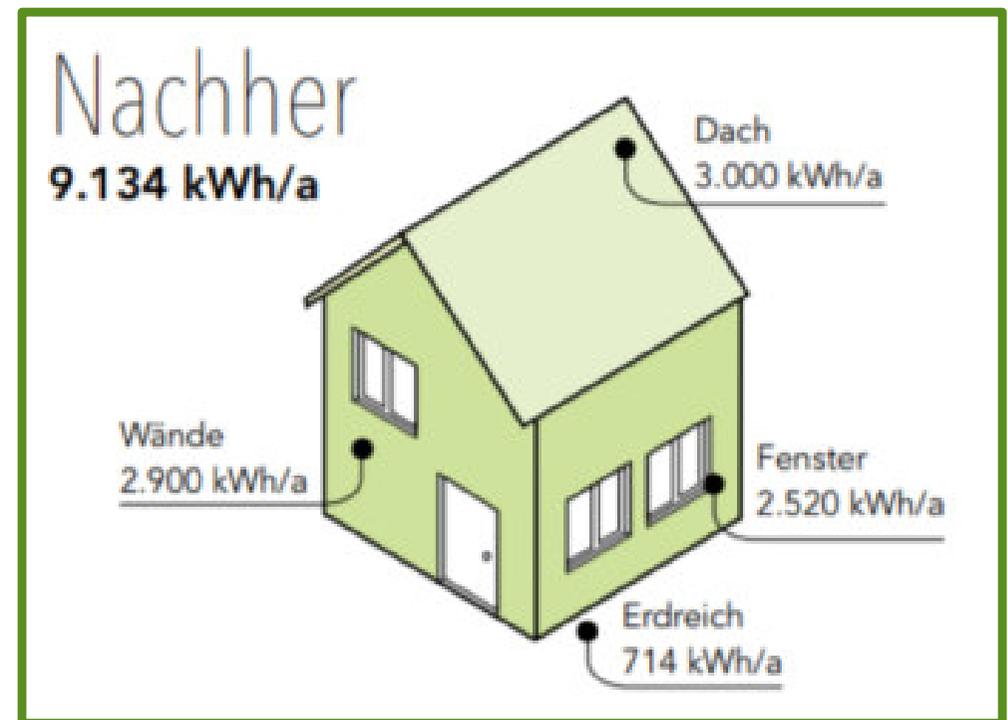
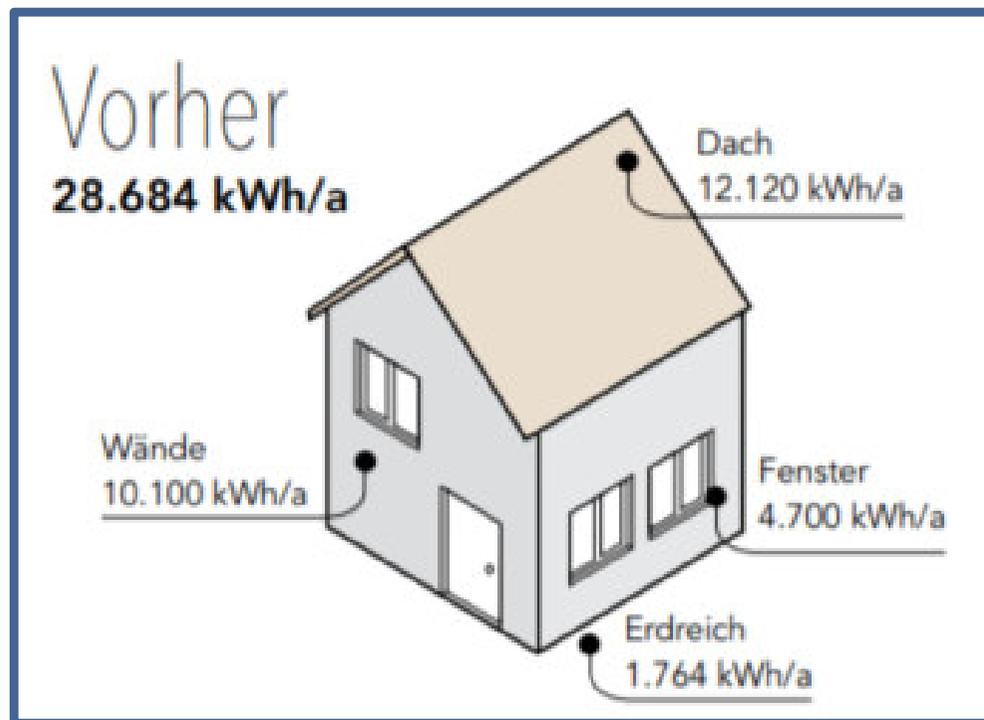
2.1 Gebäudestandards sind gesetzlich vorgegeben – reicht das?



© Fraunhofer Institut für Bauphysik

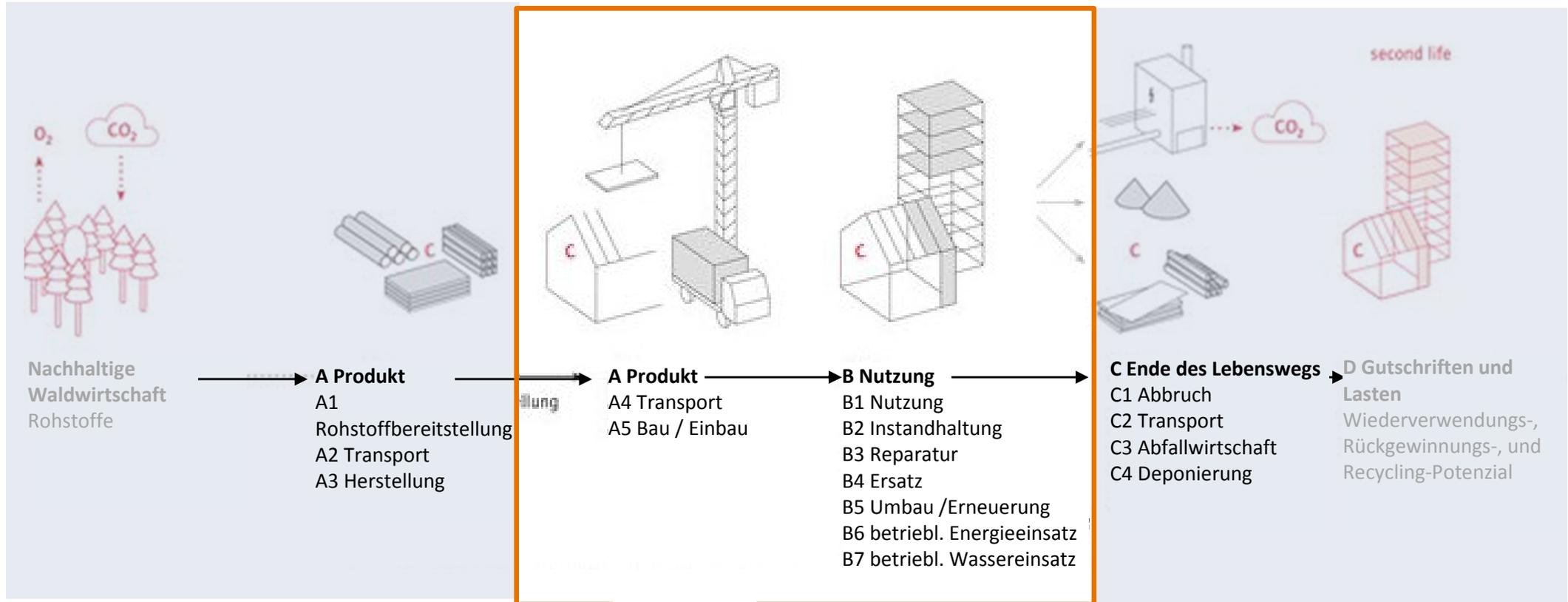
**mit verbesserten Gebäudestandards wird immer mehr Energie gespart...
...ist damit jetzt alles gut...!?**

2.2 Faktoren für nachhaltiges Bauen am Gebäude



© DENA

3) Worum kümmern wir uns wirklich??



©HWK-FFM

Unser Focus liegt auf der 2. Lebensphase unserer Gebäude.

Hier findet eine breite Diskussion statt.

Was aber ist mit den **grauen Bereichen** des Lebenszyklus „Gebäude“?

3.1 Ein kurzer Blick in den Bestand:

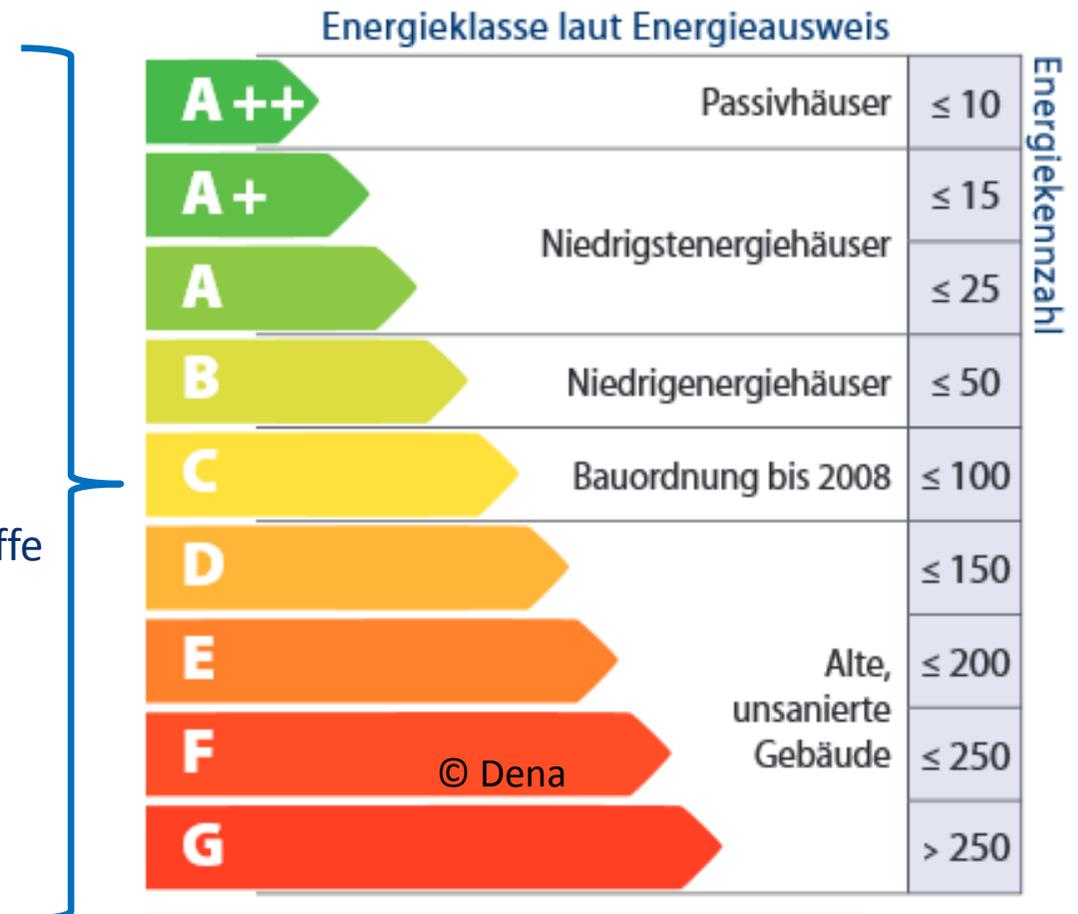
Der Blick nur auf den Verbrauch des Gebäudes im bewirtschafteten Zustand reicht nicht aus:

- Beispiel:
- Ein Wohnhaus aus den 90iger Jahren hat direkt nach Fertigstellung bereits soviel Energie verbraucht, als würde es schon 25-35 Jahre bewirtschaftet.
- Einsparungspotenzial liegt deshalb vor allem in der Entstehungs- und Entsorgungsphase.



4. Planungskriterien für nachhaltiges Bauen und Sanieren

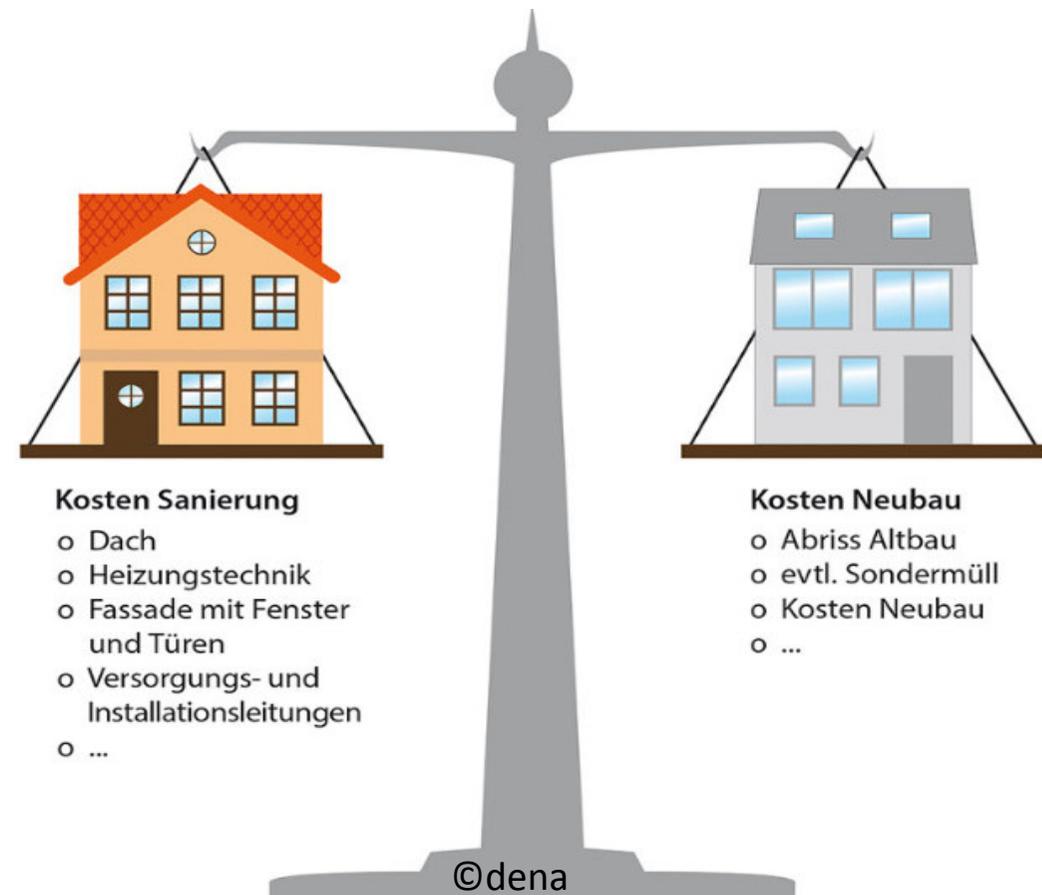
- **Planung von der Nachhaltigkeit von der ersten Idee an:**
 - Entscheidung Sanierung oder Neubau
 - Entscheidung Energetischer Standard
 - Flächensparend bauen,
 - Standortanalyse (Infrastruktur, Ausrichtung)
 - Ressourcen schonend (Dimensionierung der Konstruktion usw.)
 - Wahl der Konstruktion (monolithisch, mehrschichtig...)
 - Regionale, nachwachsende, recycelbare Rohstoffe
 - Zertifikate beachten
 - Wahl der Energieträger (fossil oder regenerativ (natürliche Energiequellen))
 - Fehlerfreie Umsetzung in der Bauphase



4.1 Wie kann nachhaltiger Einfluss aussehen? Was bedeutet das im Einzelnen? Planungskriterien

Abwägen: Altbau oder Neubau?

- Kann das Bestandsgebäude die Bauherrnwünsche integrieren
- Wie marode ist die Bausubstanz
- Was ist wirtschaftlicher
- Im Bestandsgebäude steckt schon graue Energie.
- Wiederverwerten oder recyceln
- neue Grünfläche überbauen oder alte, überbaute benutzen



4.2) Planungskriterien für Nachhaltigkeit am Bau:

a) Standortanalyse:

Stadt / Land:

- Mobilität (Anschluss E-Auto, Fahrräder)
- Infrastruktur; Standortqualitäten klären
- Bodenbeschaffenheit
- Verschattung Nachbarbebauung (Solaranlage...)
- Größe Grundstück; Versiegelung minimieren
- Kriterien aus Wetter und Natur (Hochwasser; Sturm...)

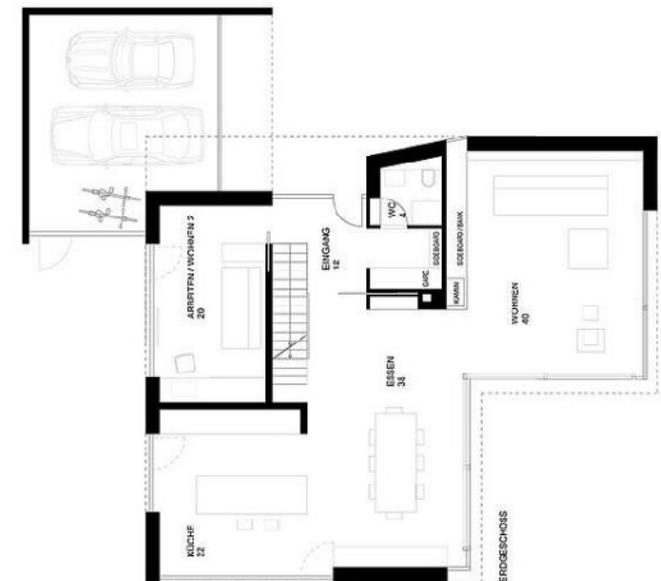


©pixabay



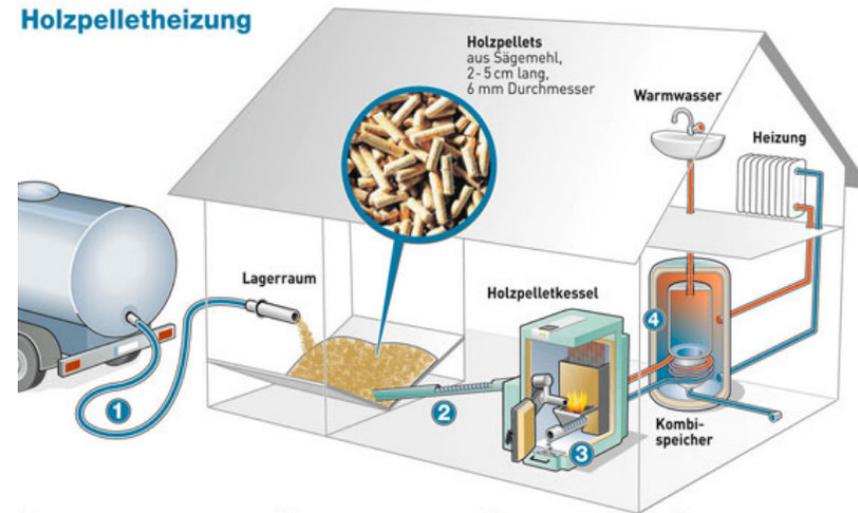
b) Grundrissplanung: was brauche ich wirklich:?

- Bedarfsanalyse
- flächensparend bauen (Versiegelung bedenken)
- kompakte Bauweise (z.B. Garage nicht im Baukörper integrieren)
- Kubatur und Grundriss optimieren
- barrierefrei
- Flexibel nutzbarer Grundriss (Planung der Innenwände)
- Wieviel Keller brauche ich?! (Erd- und Betonarbeiten...)
- Welche Technik in welchen Gebäudestandard (Lagerfläche beachten)

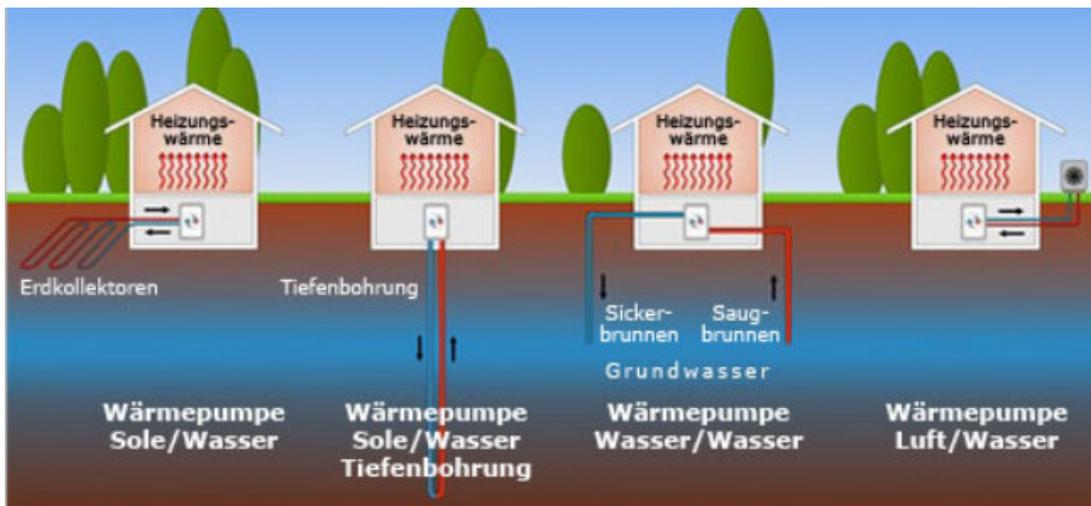


c) Energie/Technik:

- Regenerative Energien (Wärmepumpe, Solar, Pellet, Umweltwärme...)
- Gebäudehülle optimieren
- Energetischen Standard nachweisen
- Technik optimal einregulieren (z.B. hydraulischer Abgleich)



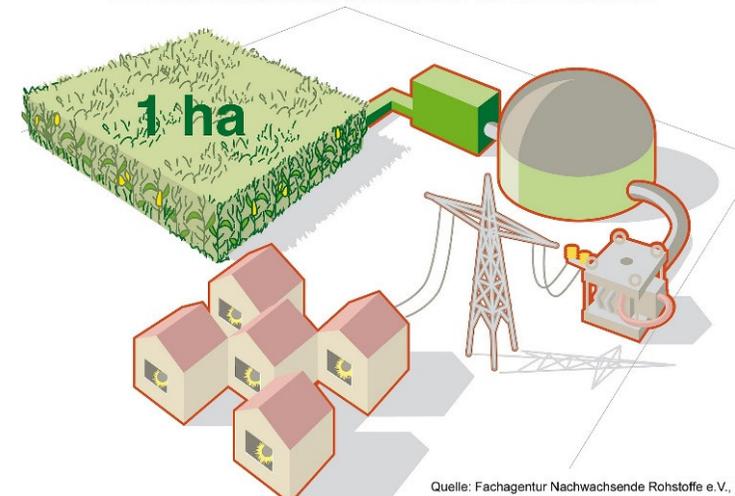
©Effizienzhaus online



©Effizienzhaus online

Strom – natürlich aus Biogas

Ein Hektar Mais deckt den Jahresbedarf von fünf Haushalten

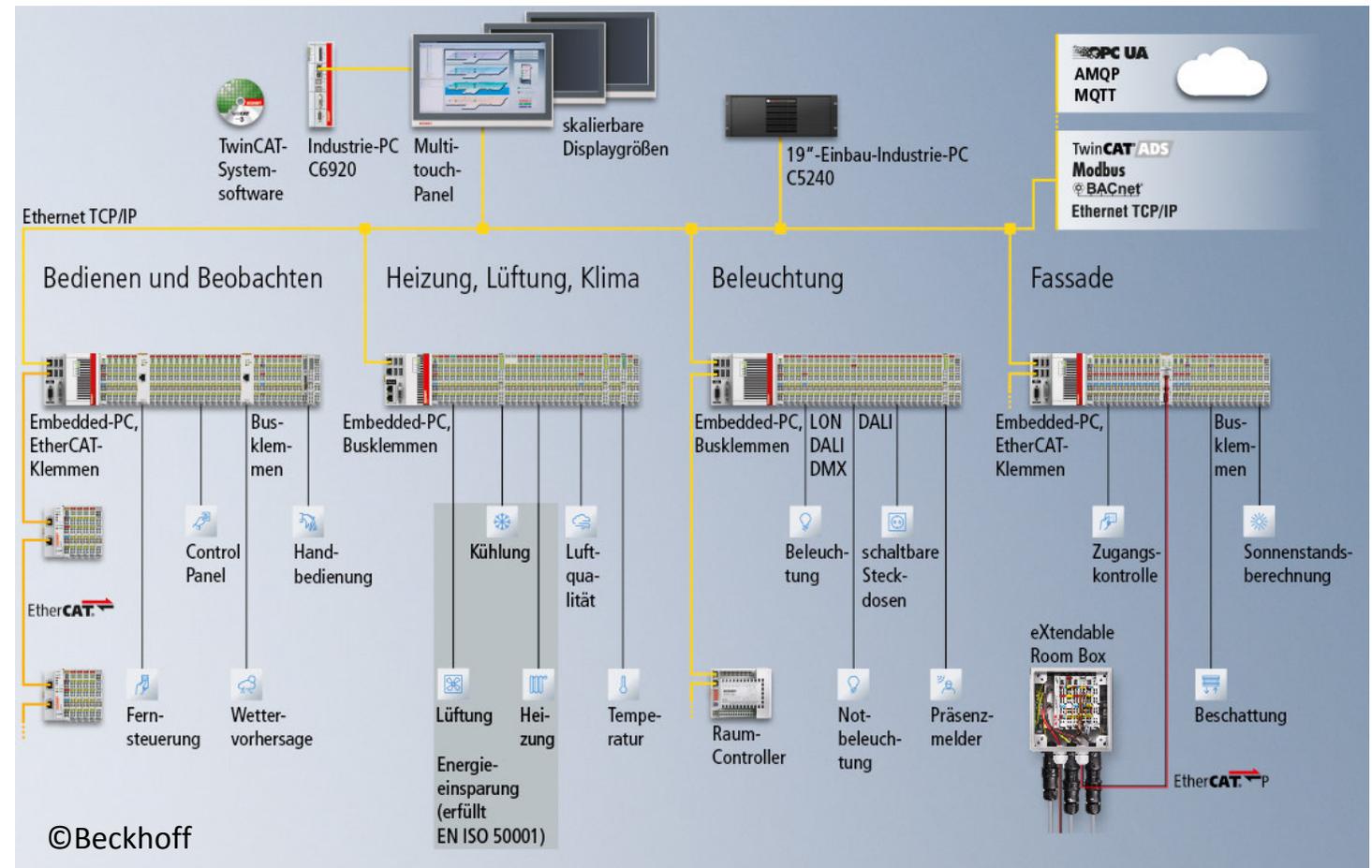


Energie – Gebäude-Technik

c) Energie/Technik:

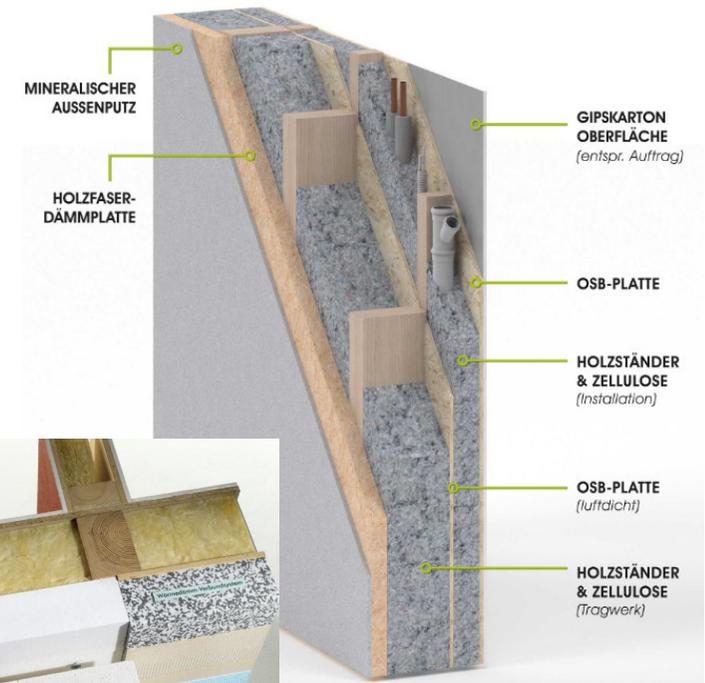
- Smart Home
- Gebäudeautomation
- Optimierung von Prozessen durch Steuerung von außen

z.B. Steuerung der Rolläden schützt vor Überhitzung



d) Wahl der Konstruktion

- Massiv oder Holzständer
- Wahl aufgrund des Standorts z.B. Norddeutschland baut mit 2-schaligem Mauerwerk
- Trennbarkeit (z.B. das schwächste Glied in der Konstruktion beachten)
- Modulbauweise oder monolithisch (einstofflich)
- Recyclinggerechte Umsetzung optimieren



© HWK FFM



5. Kenndaten nachhaltiger Baustoffe EPD und PEI

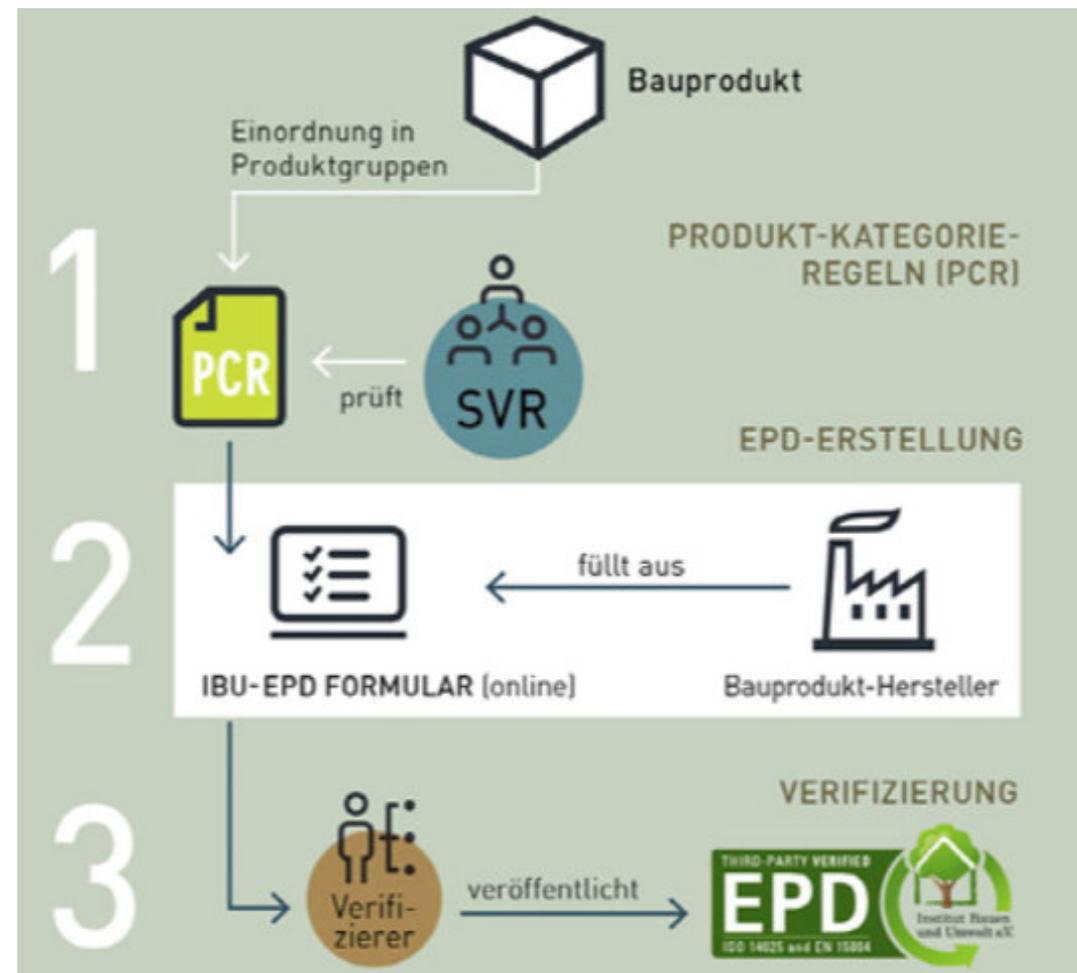
➤ EPD Wert (Environmental Product Declaration ; Umweltproduktdeklarationen)

<https://youtu.be/UJDEFxHGlhE>

Erklär-Video EPD (Architekt und Bauherrin)

bewertet ökologische Auswirkungen der Produkte hinsichtlich:

- Treibhauseffekt
- Verbrauch an grauer Energie (Primärenergieinhalt **PEI**)



Beispieltabelle EPD und PEI Mineralische Baustoffe / Holz und Holzwerkstoffe

Baustoff	PEI [MJ/t]	PEI [MJ/m ³]	Stromanteil [%]
Zement (Portlandzement)	4.046	12.543	19,5
Hochofenzement	3.080	9.240	26,1
Betonzuschlag (Sand, Kies)	15	38	80,0
Normalbeton C25	540	1.242	20,9
Stahl (Profilstahl)	25.884	201.895	8,5
Betonstabstahl	30.060	234.468	8,5
Aluminium	260.820	704.214	73,4
PVC-Rohre	54.155	65.000	27,1
Polystyrolschaum	126.314	25.000	27,1
Kalksandstein	871	1.210	11,6
Mauerziegel	2.610	3.100	18,0
Gasbetonsteine	3.105	1.700	12,7
Holz (Bauschnittholz)	1.040	620	26,6
Holzspanplatten	2.000	1.500	26,6

Holz und Holzwerkstoffe

Tab. 2: Kenndaten von Holz und Holzwerkstoffen

Quelle: ÖKOBAUDAT 2011, DIN 4108-4, DIN EN ISO 10456

	Rohdichte ρ kg/m ³	Primärenergieinhalt nicht erneuerbar		Wärmeleit- fähigkeit λ_n W/(mK)	Diffusionswider- standszahl μ
		PEI MJ/m ³	PEI kWh/m ³		
Konstruktions- vollholz 15 % Feuchte	529	4.271	1.186	0,13	50
Schnittholz Fichte (12 % Feuchte / 10,7 % H ₂ O)	482	2.741	762	0,12	50
Brettschichtholz Nadelholz	515	4.966	1.379	0,13	50
Sperrholzplatte	490	3.293	915	0,14	70/200
Spanplatte	681,5	6.465	1.796	0,15	15/50
OSB (Durch- schnitt) 5 % Feuchte	650	5.084	1.412	0,13	50

© Ökobaudat

Mineralische Baustoffe

Tab. 1: Kenndaten von mineralischen Baustoffen

Quelle: ÖKOBAUDAT 2011, DIN 4108-4, DIN EN ISO 10456

	Rohdichte ρ kg/m ³	Primärenergieinhalt nicht erneuerbar		Wärmeleit- fähigkeit λ_n W/(mK)	Diffusionswider- standszahl μ	
		PEI MJ/m ³	PEI kWh/m ³			
Ziegel	Mauerziegel Durchschnitt, Poroton	740	1.181	328	0,14	5/10
	Perlitegefüllte Ziegel S, Poroton	800	1.743	484	0,09 – 0,11	5/10
Porenbeton	Porenbeton P2 04 unbewehrt	380	1.387	385	0,11	5/10
	Porenbeton P4 05 unbewehrt	472	2.308	641	0,15	5/10
Kalksandstein	Kalksandstein Mix	2.000	2.483	690	1,1	15/25
Lehm	Lehmstein	1.200	1.440	400	0,47	5/10
	Stampflehm- wand	2.000	106	30	1,1	5/10
Beton	Transportbeton C20/25	2.365	1.133	315	2,00	80/130

6.) Weitere Kenndaten von Baustoffen

Dämmstoff	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	μ	c J/kg·K	Baustoff- klasse	Brandver- halten nach DIN EN 13501-1
Flachmatten	0,036–0,040	30–60	1–2	1.600	B2	
Hanfmatte	0,040–0,050	30–42	1–2	1.600–1.700	B2	E
Hanf (lose)	0,048	40–80	1–2	1.600–2.200	B2	
Hobelspäne	0,045	75	1–2	2.100	B2	
Holzfaserdämm- platten	0,040–0,052	140–180	2–5	2.100	B2	E
Holzfaserdämm- platten (flexibel)	0,040–0,052	40–55	2–5	2.100	B2	E
Holzfaser (lose)	0,040	30–40	1–2	2.100	B2	
Holzwoleplatten, Holzwole-Akustik- platten ¹	0,090	330–500	2–5	2.100	B1	A2-s1, d0, B-s1, d0
Korkschrot (expandiert)	0,050	160	1–5	1.800	B2	
Korkplatte	0,040	100–220	5–15	1.800	B2	E
Schafwolle	0,0326–0,040	30–90	1–5	1.720	B2	E
Schilfrohr ²	0,055	190	6,5	k. A.	B2	
Baustrohballen	0,052–0,080	90–110	2	2.000	B2	
Wiesengras	0,040	25–65	1–2	2.200	B2	
Zelluloseflocken	0,040	30–55	1–2	2.100	B2	B-s2, d0
Zelluloseplatten	0,040	70	2–3	2.000	B2	E
Seegras	0,0388–0,045	65–75	1–2	2.502	B2	
Konventionelle Dämmstoffe zum Vergleich						
Polystyrol (expandiert)	0,035–0,040	11–30	30–100	1.400	B1	
Steinwolle	0,033–0,040	33–130	1	840–1.000	A1	A1

<https://youtu.be/nxdZK5KXom4>

Baustoffe Wien

6.1) Weitere Kenndaten von Baustoffen

a) Der U-Wert: Wärmedurchgangskoeffizient

- Wärmestrom durch 1m² Bauteilfläche bei einem Temperaturunterschied von außen nach innen
- Je größer der Wert, desto schlechter die Dämmeigenschaften und umgekehrt.

Kurzbez.: AW16 Bauteil : AW, Ziegel 240mm, Wlfrg.035

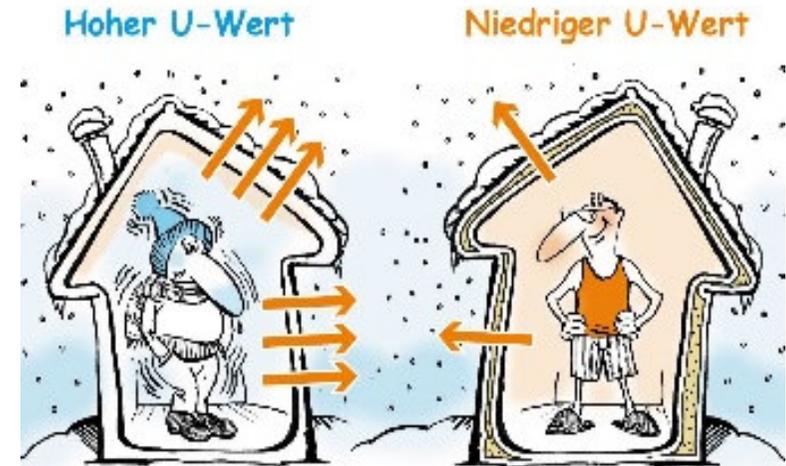
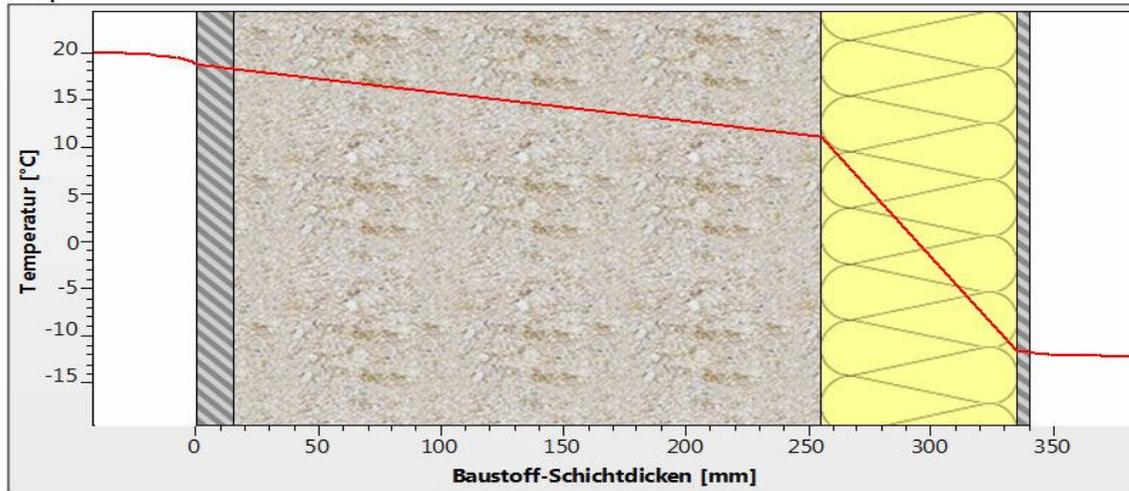
	R-Wert [mK/W]	Winter t [°C] phi [%]		Sommer t [°C] phi [%]		Dauer [h]	
Innen	0,13	20,0	50	12,0	70	Tauperiode	
Aussen	0,04	-12,0	100	12,0	70	Verdunstungsp.	
						1440	2160

Baustoffe	Dicke	Lambda	R-Lambda	t _{in}	t _{Au}	p	p _{Satt}	S _d
	[mm]	[W/mK]	[m ² K/W]	[°C]	[°C]	[Pa]	[Pa]	[m]
1 Gipsputz ohne Zuschlag	15,0	0,350	0,043	18,7	18,3	1169	2159	0,15
2 Leichthochlochziegel, W 800	240,0	0,330	0,727	18,3	11,1	1115	2102	2,40
3 Faserdämmst. DIN18165, Wlfrg.035	80,0	0,035	2,286	11,1	-11,5	255	1322	0,08
4 Kunstharzputz	5,0	0,700	0,007	-11,5	-11,6	227	227	1,00

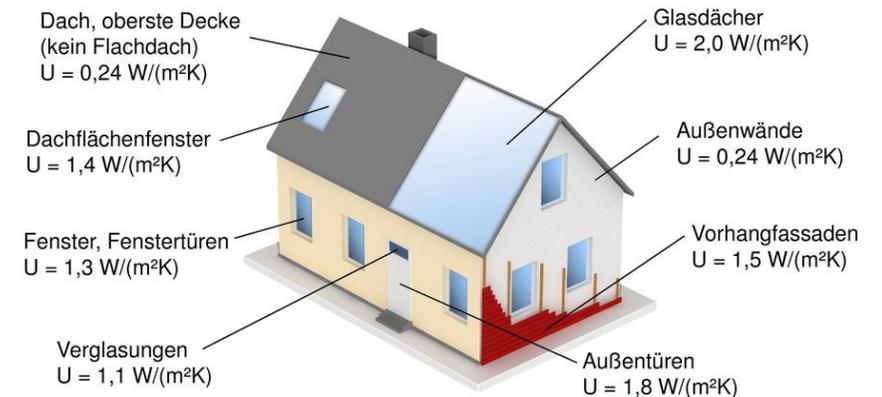
U-Wert 0,31 W/m²K

U-Wert 0,31 W/m²K
Tauwassermenge 0,34 kg/m²
Verdunstungswassermenge 0,84 kg/m² © ökobaudata

Temperaturverlauf



Grenzwerte für Transmissionswärmeverluste GEG 2020



b) Der ρ -Wert: Baustoffdichte

- Verhältnis Masse Baustoff zum Volumen Baustoff,
- Je dichter, desto druckfester
- Je mehr geschlossene Luftporen, desto besser die Wärmedämmung, desto schlechter die Tragfestigkeit
- Je dichter der Baustoff, desto größer die Wärmespeicherfähigkeit

**DIN EN ISO 10456: 2010 – 05 Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und Feuchtschutz
technische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte**

Material	Rohdichte kg/m ³	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)	spez. Wärmekapazität J/(kgK)
Wasser bei 10 ° C	1.000	0,60	4.190
Luft	1,23	0,025	1.008
Aluminiumlegierungen	2.800	160,000	880,00
Beton (mittl. Rohdichte)	1.800 - 2.200	1,15 - 1,65	1.000
Gips	600 - 1.500	0,18 - 0,56	1.000
Konstruktionsholz (z.B. 500 kg/m ³)	500	0,130	1.600,00
Nutzholz (z.B. 450 kg/m ³)	450 - 700	0,12 - 0,18	1.600,00
Marmor	2.800	3,5	1.000
Natronglas einschl. Floatglas	2.500	1.000	750,00
PVC	1.390	0,170	900,00
Stahl	7.800	50,000	450,00
Schiefer	2.000 - 2.800	2,20	1.000,00

d) Der sd-Wert: äquivalente Luftschichtdicke

- Gibt die vergleichbare Luftschichtdicke an, die eine Folie haben muss, um die Konstruktion vor Feuchte zu schützen
- Die Baustoffdicke wird mit dem μ -Wert desselben multipliziert.
- Je kleiner der Wert, desto diffusionsoffener ist der Baustoff
- $sd = \mu * d$ (Bauteildicke)

Die DIN 4108-3 unterscheidet zwischen:

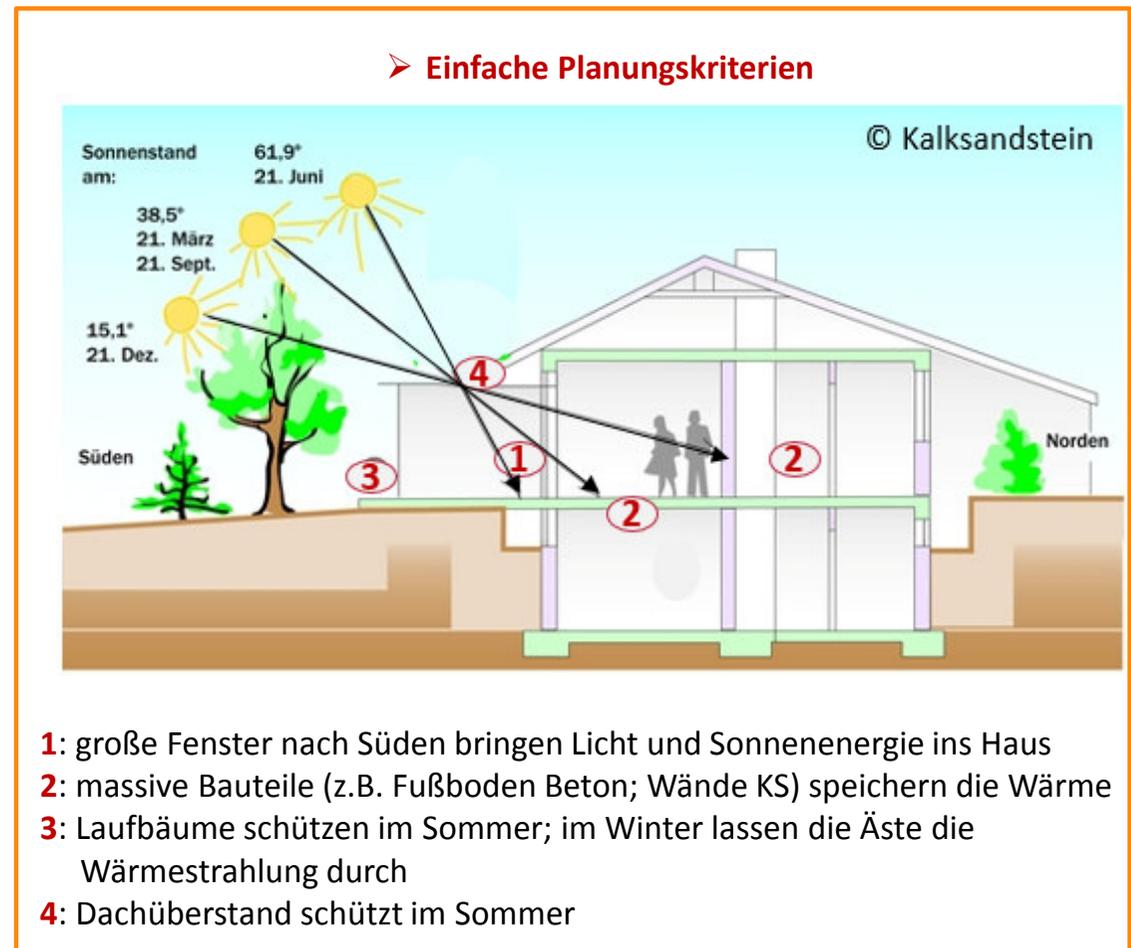
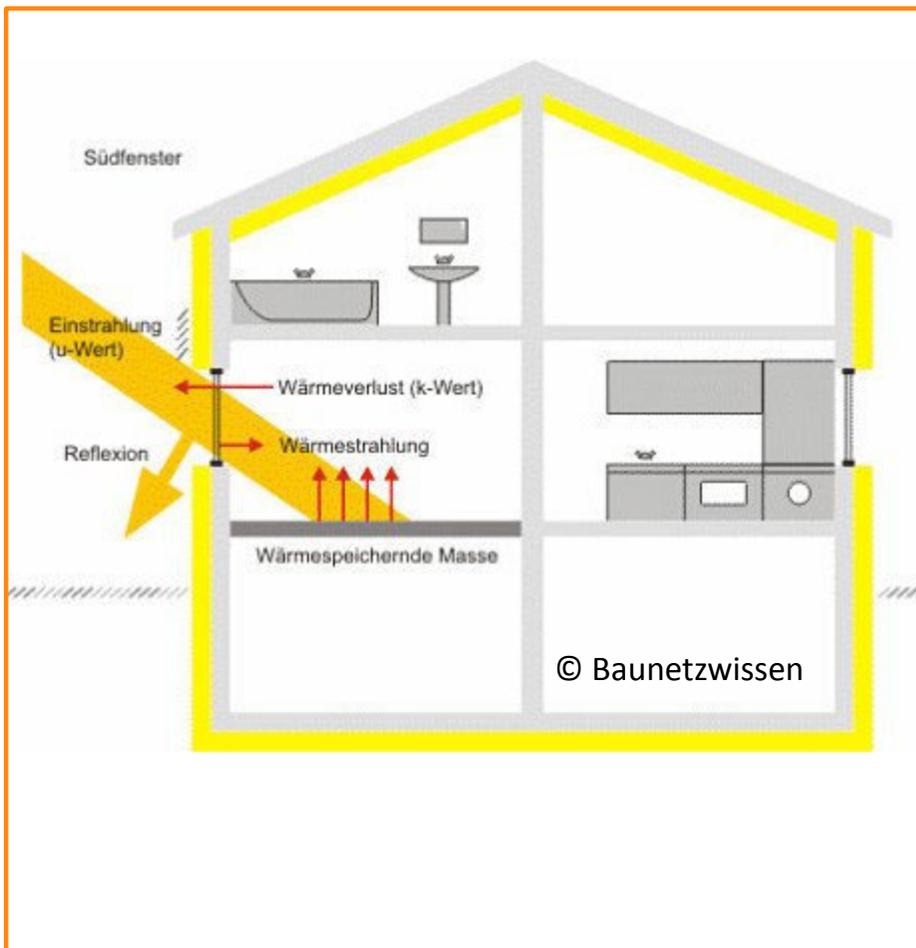
<u>sd</u> -Wert	Grad der Dichtigkeit
<u>sd</u> ≤ 0,5 m	diffusionsoffen
<u>sd</u> > 0,5 m - < 100 m	diffusionsbremsend
<u>sd</u> > 100 m - < 1500 m	diffusionssperrend
<u>sd</u> ≥ 1500 m	diffusionsdicht

λ :	0,13	W/mK
<u>sd</u> :	3	m $\mu \leftrightarrow sd$
ρ :	650	kg/m ³
c:	1700	J/(kg*K)
ϵ :	0,9	[0,01 - 0,99]

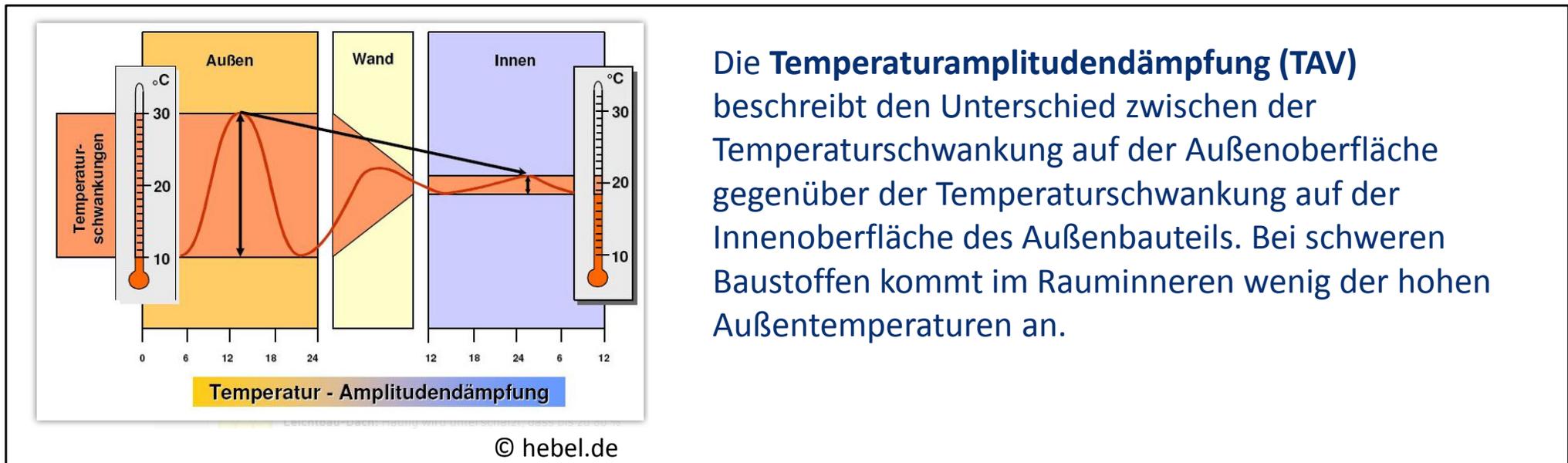
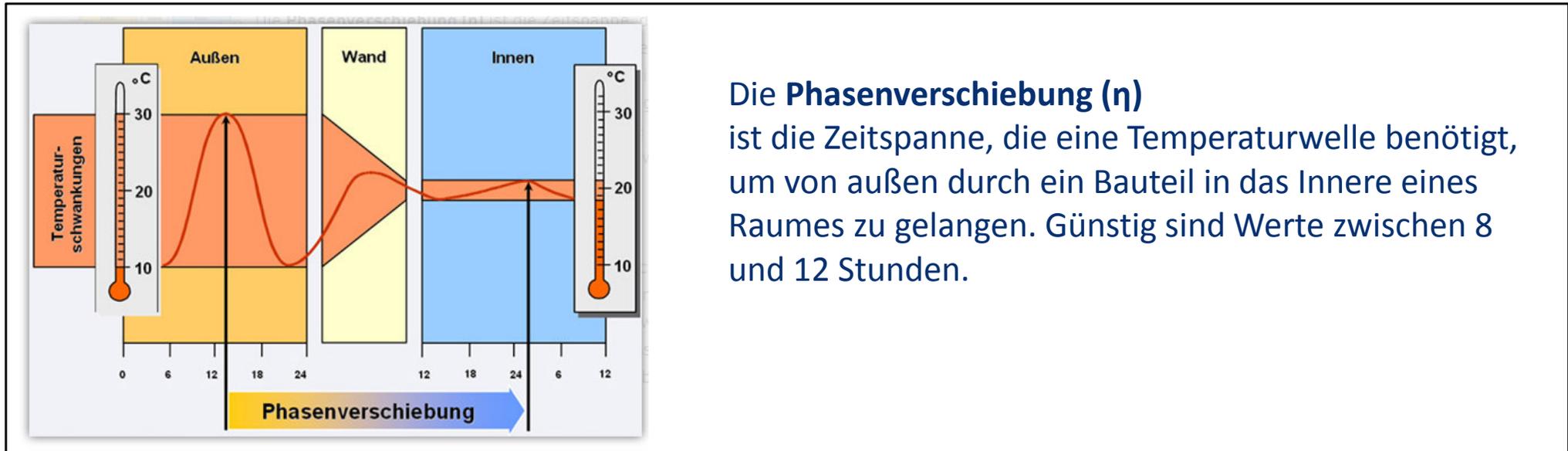
Beispiel OSB-Platte

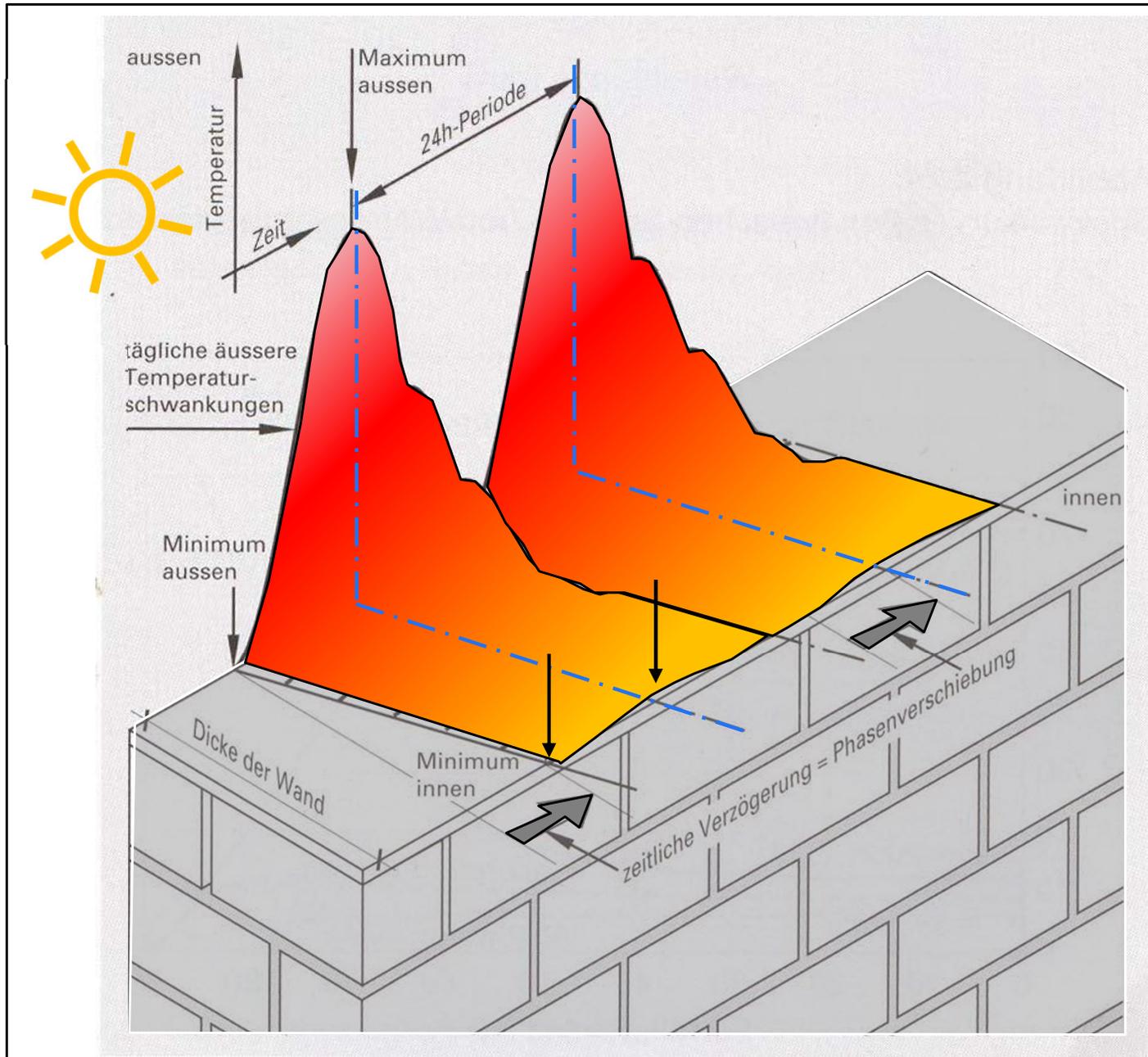
e) c-Wert: spezifische Wärmekapazität (J/kg*K):

- Benötigte Energiemenge um 1kg Baustoff um 1°C zu erwärmen
- Je größer der Wert, desto träger ist die Temperatureaufnahme, desto besser die Phasenverschiebung
- Wichtige Kenngröße für den **sommerlichen Wärmeschutz**



e) c-Wert: Phasenverschiebung - Temperaturamplitude





**c-Wert:
Phasenverschiebung -
Temperaturamplitude**

**Sommerlicher
Wärmeschutz**

**Versuch:
Metall – Stein**

Material	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Spez. Wärmekapazität c [J/kgK]	Dampfdiffusionswiderstand μ	Baustoffklasse	Dicke [cm] bei einem U-Wert von 0,3 W/m ² K	ca. Kosten [Euro/m ²] netto bei einem U-Wert von 0,3 W/m ² K
Flachs	0,04	30	1.900	1-2	B 2	14	17 - 19
HanfMatten	0,04	24 - 42	1.600	1-2	B 2	14	15 - 19
Hanflose	0,048	60 - 80	1.600	1-2	B 2	17	14 eingebaut
Hobelspäne lose	0,045 - 0,055	70 - 140	2.100	1-2	B 2	15 - 19	11 - 14 eingebaut
Holzfaserdämmplatten							
a) fest	0,040 - 0,055	160 - 250	2.100	5 - 10	B 2	14 - 17	27 - 33
b) flexibel	0,04	40 - 60	2.100	1-2	B 2	14	15 - 21
Kork							
a) Granulat	0,045	70 - 80	1.800	1-2	B 2	15	36
b) Platten	0,04	100	1.800	5 - 10	B 2	14	
Roggengranulat	0,05	105 - 115	1.950	2-0	B 2	17	18
Schafwolle	0,04	18 - 30	1.700	1-0	B 2	14	20 - 22
Schilfrohr	0,045 - 0,055	190 - 225	k. A.	2	B 2	15 - 19	18 - 22 ab Werk
Wiesengras	0,04	53 - 68	2.196	1-2	B 2	14	6 - 8 ab Werk
Zellulose eingblasen/ gesprüht	0,040 - 0,045	35 - 60	2.200	1 - 1,5	B 2	14 - 15	8 - 10 eingebaut
Zelluloseplatten	0,04	70	2.000	2 - 3	B 2	14	21
Zum Vergleich							
Mineralwolle Glaswolle Steinwolle	0,035 - 0,050	15 - 80	1.000	1	A 2	12 - 17	6 - 41

Kennwerte Dämmung -Auszug-

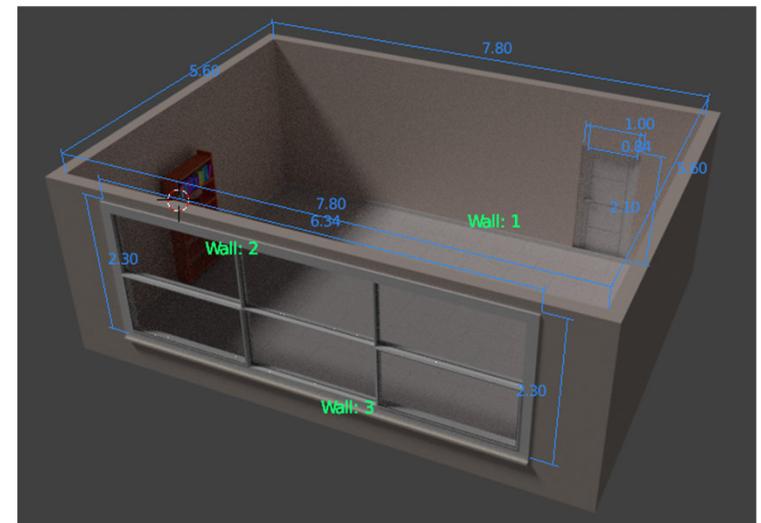
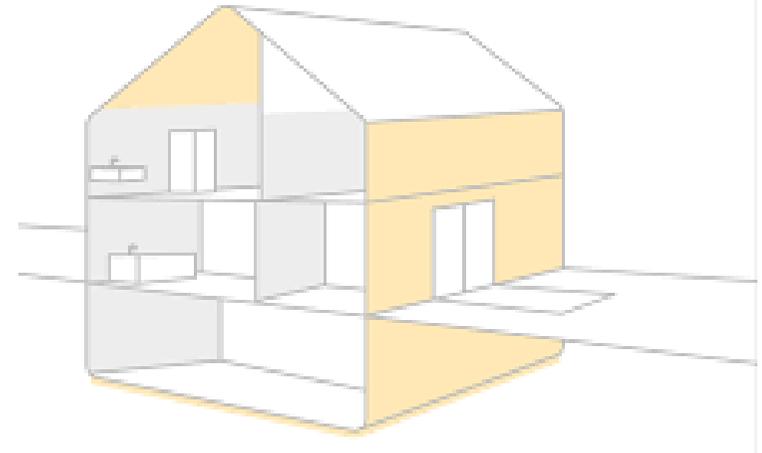
7. Ein Forschungsprojekt– einfaches Bauen?

Forschungsprojekt der TU München:

Wie muss ein „einfaches“ Haus aussehen, um:

- Im Winter wenig Energie zu benötigen
- Im Sommer sich nicht unnötig aufheizt

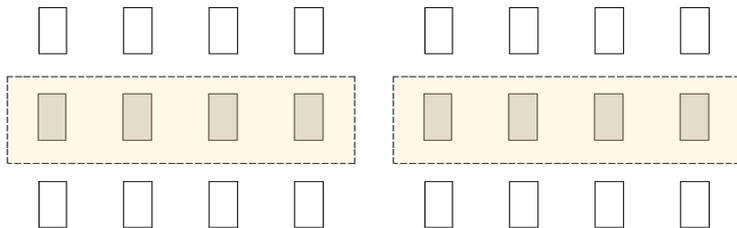
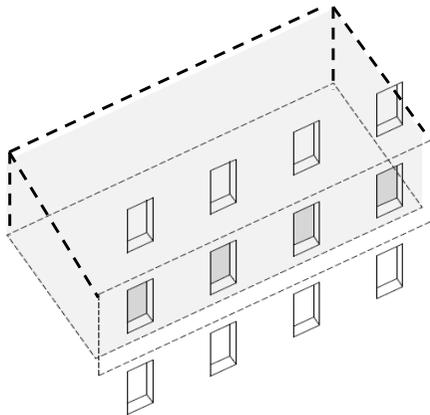
- **Gesucht wurde das Optimum:**
ein Gebäude, welches ohne Zutun der Nutzer und ohne übermäßige, komplizierte Technik auskommt.
- Gebäude reduziert auf das Wesentliche



Strategie – einfach Bauen

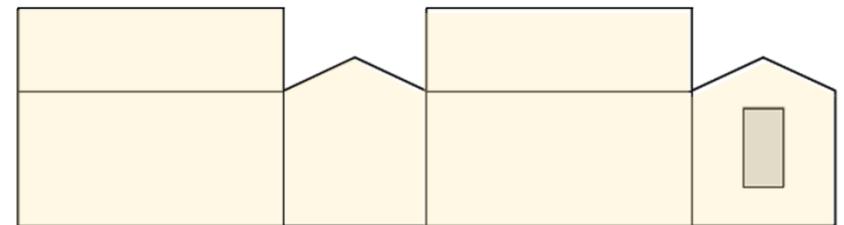
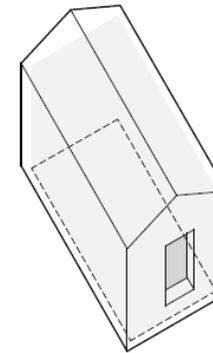
Strategie 1: einfach kleine Häuser bauen (Tiny House) ?!
einfach Hüllfläche reduzieren

Wohnung im Mehrfamilienhaus OG
Wohnfläche 72 m²



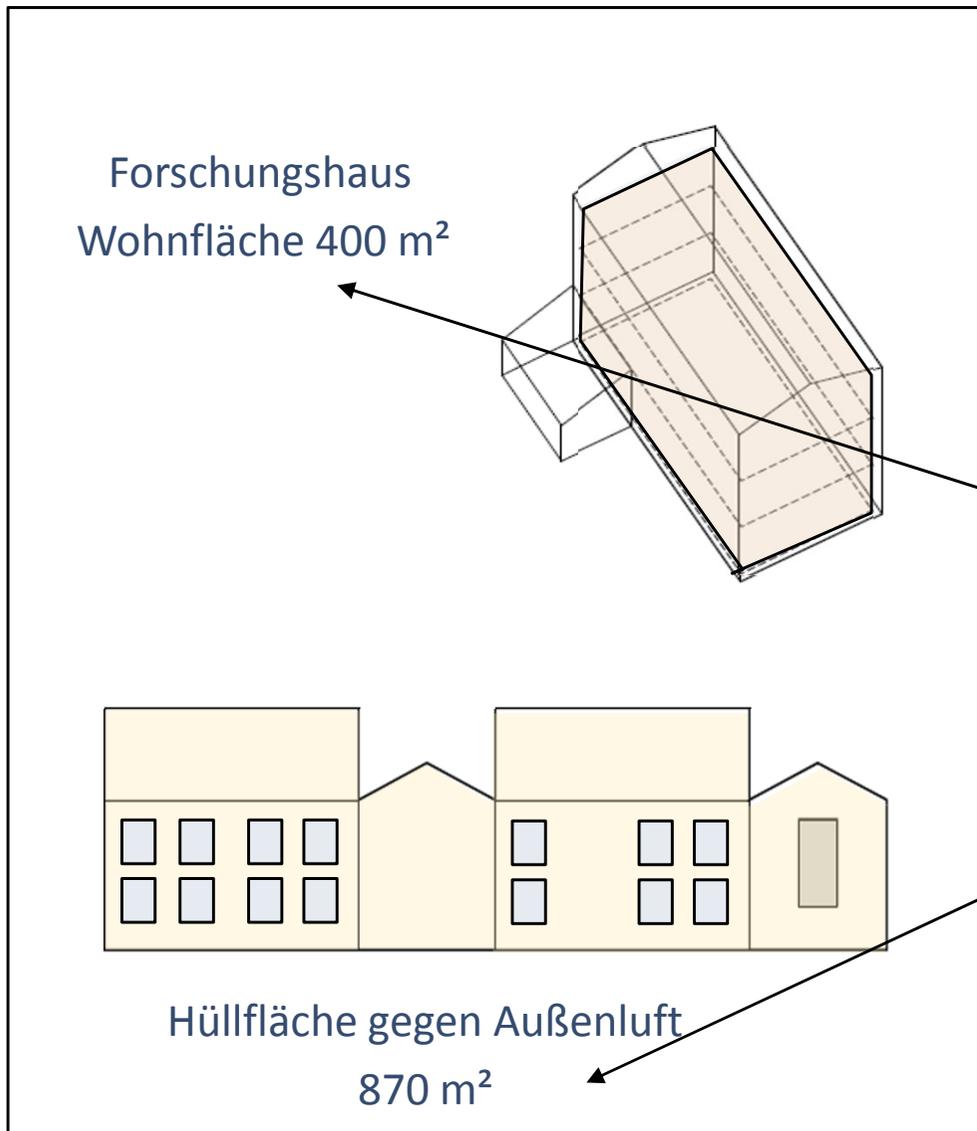
Hüllfläche gegen Außenluft
42 m²

Tiny House
Wohnfläche 20 m²



Hüllfläche gegen Außenluft
90 m²

Strategie 2: optimales Verhältnis Hüllfläche zu Wohnfläche



- Weniger Hüllfläche – Einsparung von Material
- Weniger Hüllfläche – weniger Energie kann von innen nach außen wandern
- Reduktion der Wohnfläche – Reduktion der Hüllfläche → kompakte Bauweise

➤ Verhältnis Wohnfläche zu Hüllfläche
Forschungshäuser: 1:2

➤ Verhältnis Wohnfläche zu Hüllfläche
Tiny House: 1:5

Strategie 3: die optimale Fenstergröße

Raummaße B x T x H: 3 x 6 x 3 m

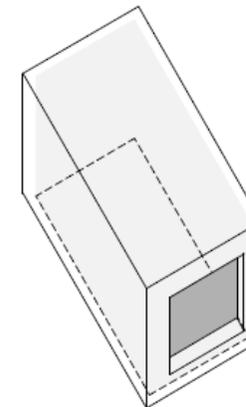
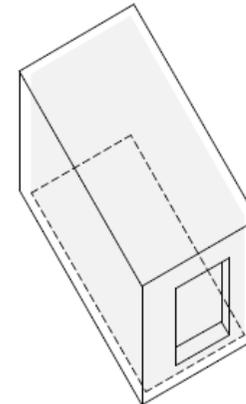
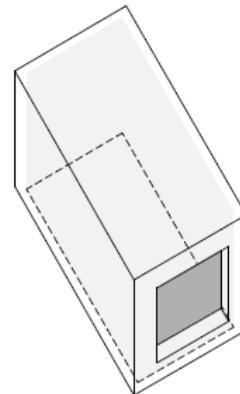
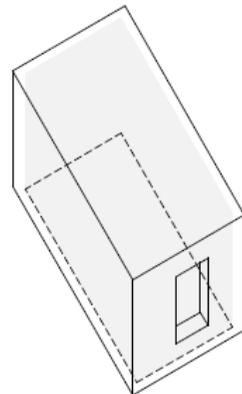
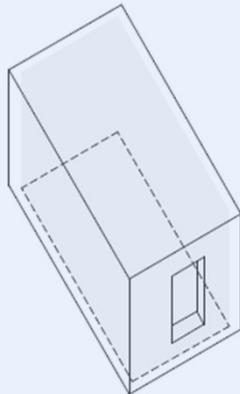
Was sagt das Gesetz: §50 HBO... 1/3

Faustformel: ca. 10-20% Glasfläche der zu belichteten Raumfläche

Wesentliche Funktionen von Fenster:

- Zur Belüftung , für gutes Raumklima
- Zur Belichtung

Bestand



Licht-Transmissions-Grad

zwei
Glasscheiben

$T_{\text{vis}} = 82 \%$

benötigte
Glasfläche
2,01 m²

2-Scheiben-
Isolierglas

$T_{\text{vis}} = 81 \%$

benötigte
Glasfläche
2,04 m²

2-Scheiben-
Sonnenschutzglas

$T_{\text{vis}} = 37 \%$

benötigte
Glasfläche
4,46 m²

3-Scheiben-
Isolierglas

$T_{\text{vis}} = 71 \%$

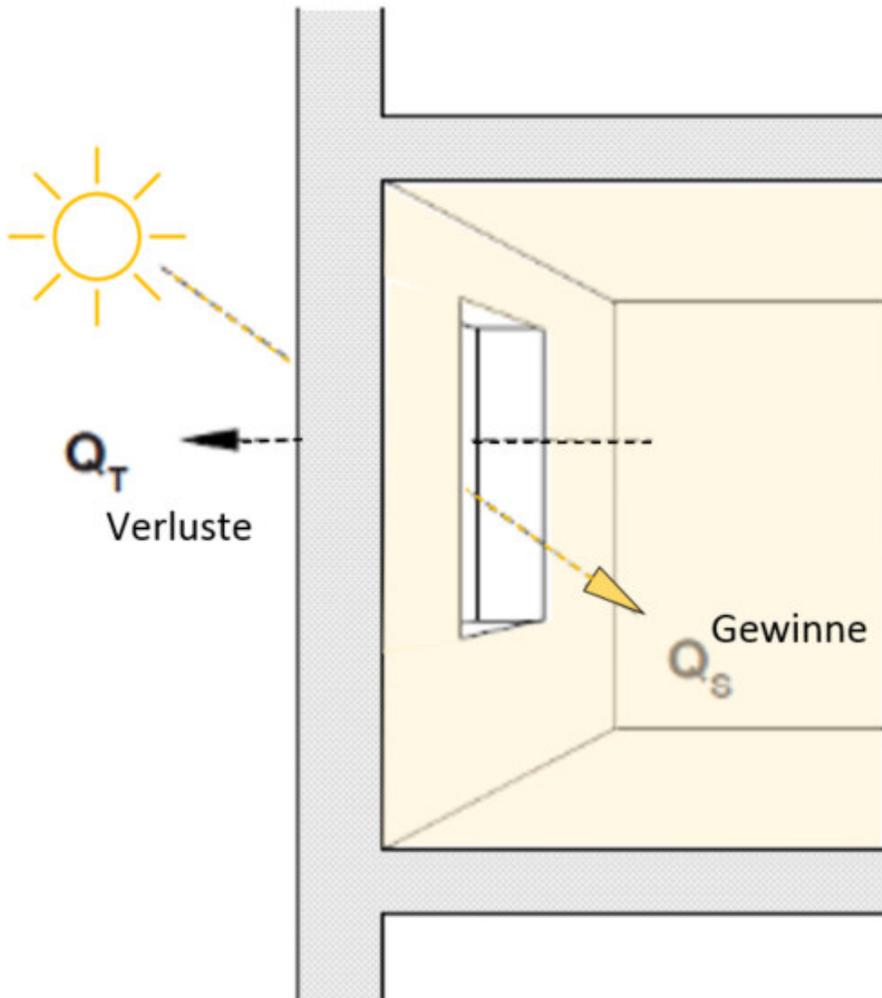
benötigte
Glasfläche
2,32 m²

3-Scheiben-
Sonnenschutzglas

$T_{\text{vis}} = 36 \%$

benötigte
Glasfläche
4,58 m²

Strategie 3: die optimale Fenstergröße

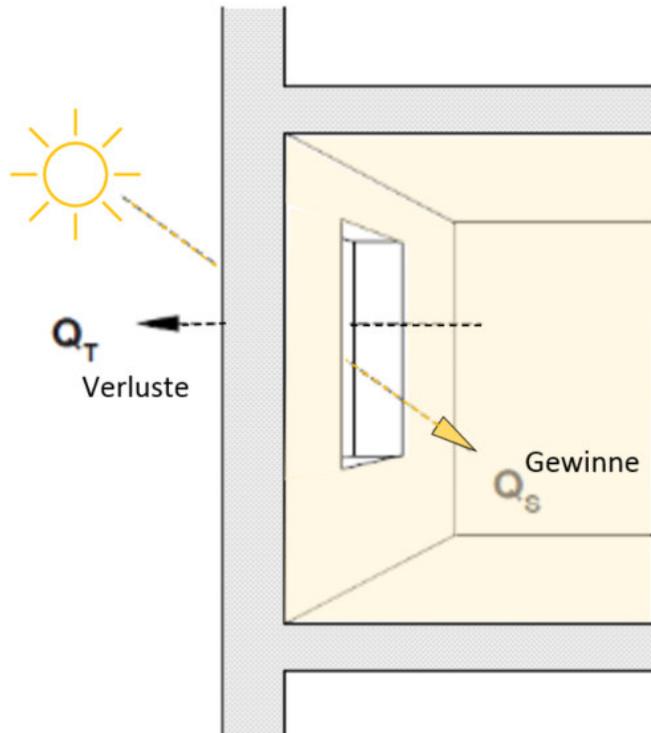


Versorgung Tageslicht ist abhängig von:

- Größe des Fensters
- Einbausituation
- Glasart (Isolier-, Sonnenschutzverglasung...)

Je Glasart muss das Fenster größer oder kleiner sein, abhängig von der Durchlässigkeit der Fenstergläser

Strategie 3: die optimale Fenstergröße



Sonneneinstrahlung pro Tag im Dezember: **720 Wh/m²**

Außentemperatur: **0,7 °C**

Innenraumtemperatur: **22 °C**

Himmelsrichtung: **Süden**

Raummaße B x T x H: **3 x 6 x 3 m**

Glasparameter

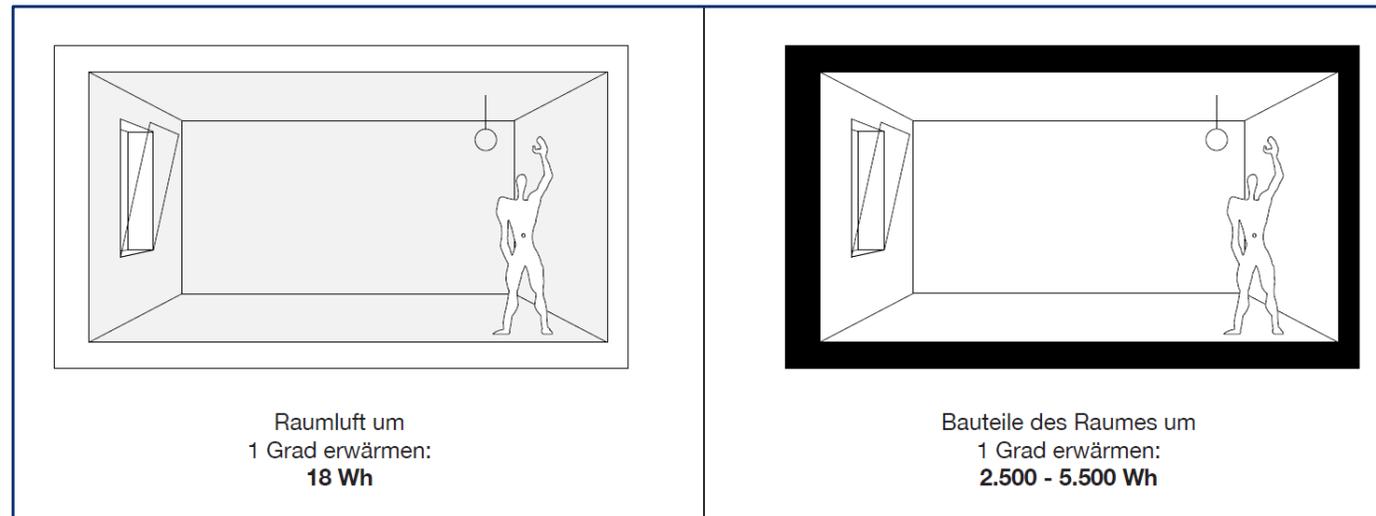
Lichttransmissionsgrad: **T_{vis}**

Gesamtenergiedurchlassgrad: **g**

Wärmedurchgang: **U_g**

	T _{vis} (Licht)	benötigte Fläche Glas	g (Energie)	Q _s solare Gewinne	U _g in (Wärme)	Q _T Verluste Wärme	Bilanz Glas 24 h
zwei Glasscheiben	82 %	2,01 m ²	77 %	1115 Wh	2,95 W/m ² *K	-3034 Wh	-1919 Wh
2-Scheiben-Isolierglas	81 %	2,04 m ²	74 %	1085 Wh	1,18 W/m ² *K	-1229 Wh	-144 Wh
2-Scheiben-Sonnenschutzglas	37 %	4,46 m ²	23 %	738 Wh	1,12 W/m ² *K	-2553 Wh	-1815 Wh
3-Scheiben-Isolierglas	71 %	2,32 m ²	49 %	820 Wh	0,63 W/m ² *K	-748 Wh	72 Wh
3-Scheiben-Sonnenschutzglas	36 %	4,58 m ²	20 %	660 Wh	0,62 W/m ² *K	-1452 Wh	-792 Wh

Strategie 4: die thermische Trägheit – das Speichervermögen von Bauteilen



Das Gebäude als thermische Batterie

- Große Erhöhungen der Raumtemperatur kann mit einer schweren Hülle im Sommer abgefangen werden.
- Umkehrfunktion in der Nacht: kühle Nachtluft kühlen Decken und Wände ab

Wie ist das alltagstauglich?

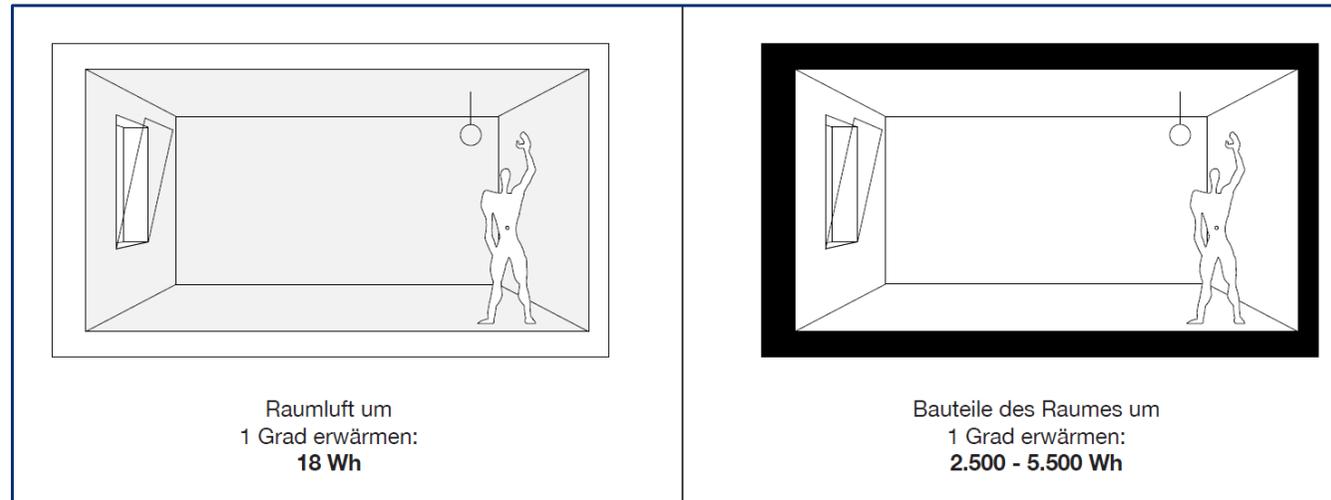
- Bei wärmer werdenden Sommer benötigt man eine „größere Batterie“, so bleiben die Innenräume länger kühl (Nachtabskühlung einsetzen)

Achtung: großflächige Möbel, Wandbehänge oder Teppiche verlangsamen den Speicherprozess.

Bauweise: z.B.

- Decken aus Stahlbeton,
- Außen-Wände aus Beton, schweren Mauerziegel, Brettstapelwänden
- Innenwände (tragend) aus Beton, massivem Holz oder Vollziegel

Strategie 4: die thermische Trägheit – das Speichervermögen von Bauteilen



Baustein Lüftung

- Möglichkeit einer effektiven Lüftung im Sommer schaffen
- Querlüftung
- Fenster als Schwingfenster einbauen (Drehpunkt ist in der Mitte). Unten: frische Luft kommt rein; oben, warme, verbrauchte Luft kann entweichen
- Stoßlüften im Winter: Temperaturschwankungen werden durch die aufgewärmte Masse nahezu ausgeglichen

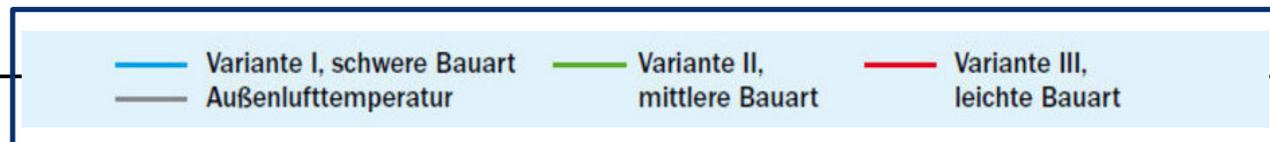
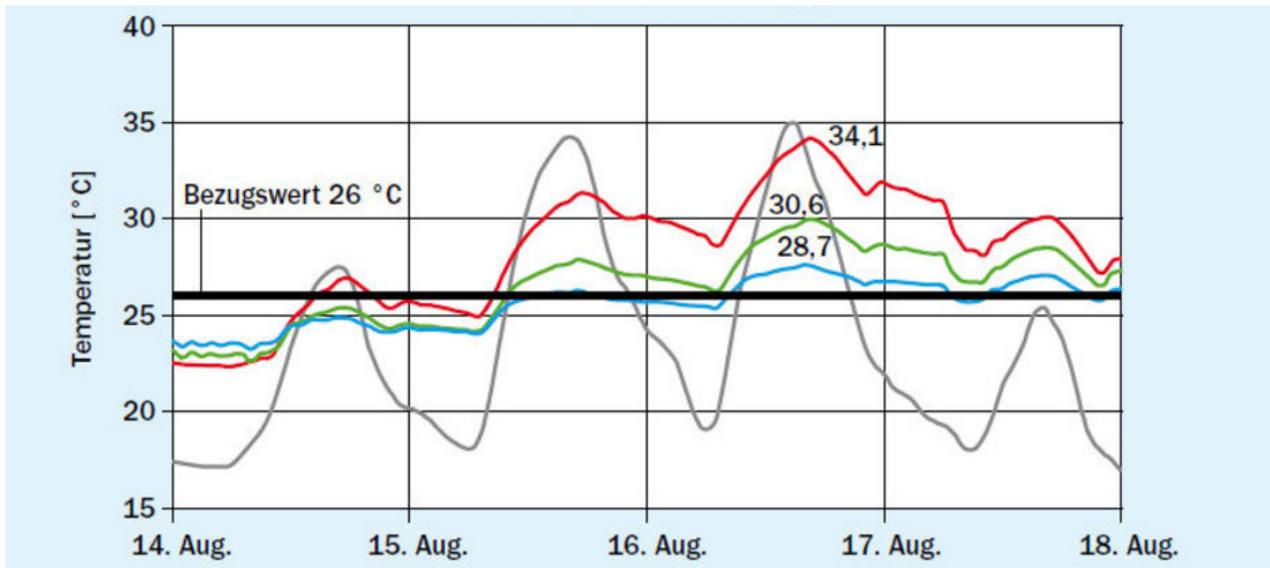
Baustein Feuchteregulierung:

- Schwere Materialien wie Beton und Mauersteine (plus gelöschtem Kalkputz), speichern Feuchte zwischen und geben diese wieder an die Räume ab.

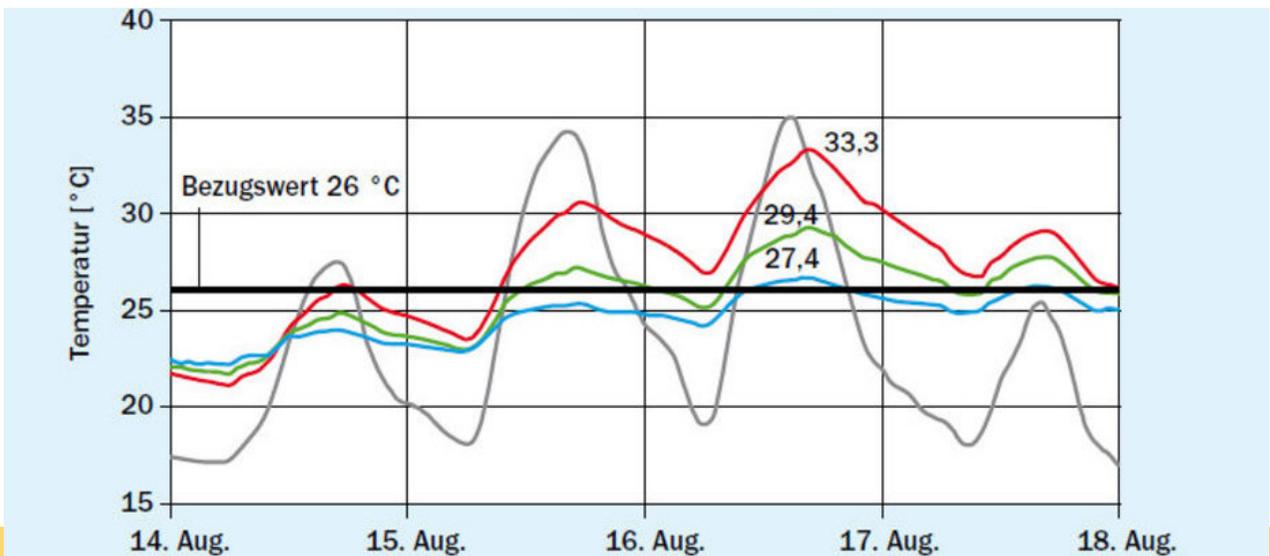
Strategie 4: die thermische Trägheit – das Speichervermögen von Bauteilen

Simulation zum sommerlichen
Wärmeschutz und welche
Auswirkungen hat die Materialträgheit

Wohnen (ohne Nachtlüftung)



Wohnen (erhöhte Nachtlüftung)



9. Konstruktionsvergleich: energetisch – nachhaltig

...dabei gilt zu wissen:

- Nicht jede Konstruktion passt zu jedem Gebäude (Statik und Holzbau; Bauvorschriften, Brandschutz usw.)
- Nicht jedes ökologisch wertvolle Material ist in der Herstellung/Verarbeitung immer nachhaltig (z.B. wenn Holz in der Firma mit Strom getrocknet wird).
- Nicht jedes Material passt zu jeder Konstruktion. (z.B. PU-Dämmschaum im mittelalterlichen Fachwerk)
- Nicht jeder Gebäudestandard passt zu jeder regenerativen Technik. Das besonders im Bestand (schlechte Gebäudehülle – Wärmepumpen)
- Nicht jede Gebäudeklasse erlaubt jedes Material (Brandschutz/Statik)
- **Nachwachsende Rohstoffe sind im Bereich der Gebäudegründung (Gründung / Sockelbereich) baurechtlich nicht zugelassen!**

9. Optimierungspotenzial

Lehm

9.1 Alternativen zum Putz

- Lehmputz ist i.d.R. teurer, aber ich spare die Folie und deren Verarbeitung
- Vergleich: Dachbodendämmung mit Mineralwolle - Dampfsperrfolie ist Pflicht
alternativ: Lehm (Putz) übernimmt die Funktion der Sperre oder Bremse. Nachwachsende Rohstoffe übernehmen die Dämmfunktion (Hanf; Stroh...)
- Lehminnenputz erfüllt Brandschutz; Schallschutz; Luftdichtigkeit; Feuchteregulierung (2-4cm Lehmputzdicke bringt hohe Speichermasse)
- Lehm passt auf alle Putzträgerplatten
- Gewebe: Alternative zu Kunststoffgewebe _ Jute- oder Baumwollgewebe



© Lehmkunst.at

9) Optimierungspotenzial

9.2 Alternative Lehm allgemein

Lehm

- Luftgetrocknete Lehmziegel dürfen nicht mehr als Tragkonstruktion verwendet werden, nur noch gebrannte Ziegel. Dienen oft zur Ausfachung
- Lehm in Kombination mit nachwachsenden Rohstoffen (gut deshalb, weil die nachwachsenden i.d.R. keine große Speicherwirkung haben, Lehm aber schon.
- Ziegel sind relativ dampfdicht; speichert gut, dämmt nicht; deshalb brauchen Ziegel i.d.R. immer eine Mischkonstruktion aus Wand und Dämmung
- Innen: Lehmplatten mit eingelegter Wandheizung

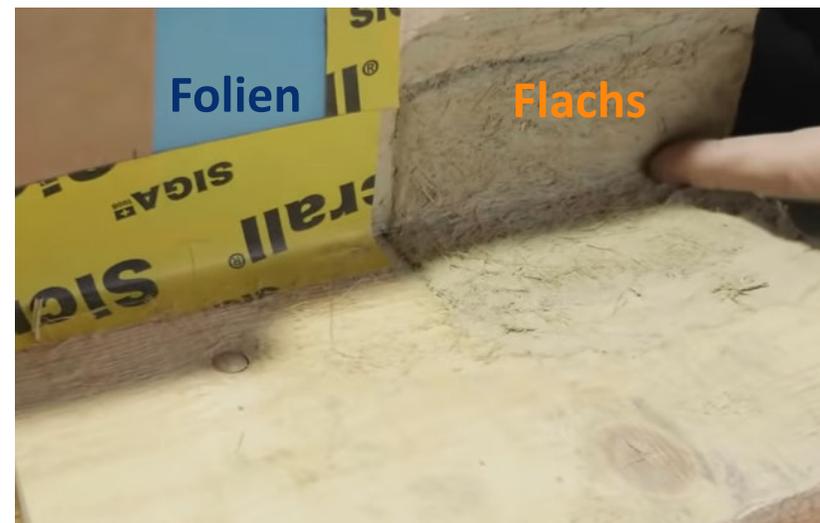


9.) Optimierungspotenzial

9.3 Alternative zu Folien

- Folie alternativ: Flachs-Flies-Technik zum Ankleben und Abdichten von Übergängen wie Fenster, Dach, Türen
- Flachs-Flies oder Hanf-Lehm wird mit Lehm Schlemme aufgetragen
- Funktioniert in der Sanierung und im Neubau
- Flach als Dichtmaterial hat zusätzlich eine Dämmfunktion, welche Folien nicht haben
- Vergleich Folie – Lehmputz: erfüllen beide die Dampfsperrfunktion; Speichermasse bei Folie gleich 0; Lehmputz 4cm speichert und ist feuchte-regulierend

© Lehmkunst.at



9) Optimierungspotenzial

9.4 Lehm im Nassbereich

- Untergrund Schilf verrottet nicht
 - Calcium Silikat , Kalk speichert Feuchte
 - Lehm oder Calcium Silikat reguliert den Feuchtetransport. Diesen kann man mit einer Belüftung beschleunigen
 - In der Sanierung:
Denkmalhäuser falsch saniert in dem man den Lehmbau eingesperrt hat. Z.B. mit Zementputzen der sperrt;
dichte Fenster und Sperrschichten in Boden und Decken,
sodass die Feuchte im Lehm nicht mehr raus kann.
- Schimmel, Verrottung der Holzkonstruktion



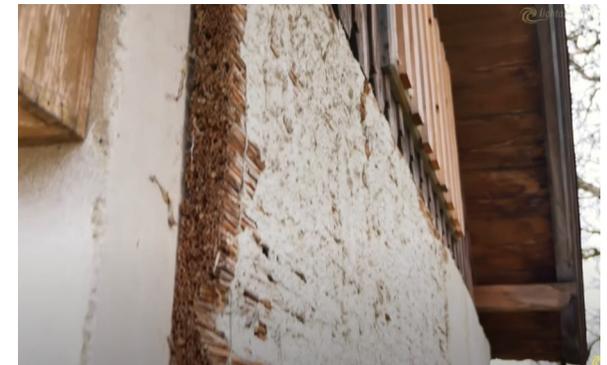
© lehmkunst.at



9) Optimierungspotenzial

9.5 Alternative Schilf und Lehm

- Hat keinen guten Dämmwert
 - Kann man als dicke Schicht als Aufputz-Dämmung verwenden;
 - funktioniert nicht als Zwischenraumdämmung
 - Funktioniert als Innendämmung
 - Calcium-Silikat-platten in den Fensterlaibungen. (Geschäumter Kalk, Naturprodukt)
 - Gewebe im Putz als Flach, Jute,
-
- Wandheizung mit Lehmputz: erwärmt die Außenwand; entzieht dem Körper nicht mehr die Wärme und somit mehr Behaglichkeit und die Innentemperatur kann gesenkt werden



9) Optimierungspotenzial

9.6) Alternative Holzfaserdämmplatte

- Holzfaserdämmung ohne Bindemittel; verpresste Holzspäne
- Dämmwert vergleichbar mit künstlich hergestellten Mineralwollplatten;
- sind schwer; speichern gut; guter sommerlicher Wärmeschutz;
- kann man auch stopfen
- Klimaanlage kann weg fallen, wenn Konstruktion große Speichermasse



© lehmkunst@at



© steico

9) Optimierungspotenzial

9.7 Alternative OSB-Platte

- OSB und ESB haben einen deutlich höheren Klebstoffanteil
- Lehmbauplatten, feuchteregulierend (Schilfrohr, Lehm; beidseitig Jute-Armierung; Aussteifung?)
- GFM-Platten; geprüft Luft- und Wasserdampf-Durchlässigkeit; leimfreie Verbindung; luft- und winddicht; aussteifend



<https://youtu.be/b6vAntwoCLc> Claytec

<https://youtu.be/I0-NBgYp2kQ> GFM-Platten

<https://youtu.be/dJ78v7A40VI> Blockhaus- Michael Mark

Ein kleines Fazit:

Regenerative Baustoffe wie Lehm usw. können nur zukunftsfähig werden, wenn man den Focus auf die Primärenergie setzt, die im Lebenszyclus schon in den Baustoff geht. Dieses müsste gesetzlich verankert werden

Nachhaltiges Bauen ist unterm Strich fast immer teurer; besonders in den ersten Abzahlungsjahren.

Heutige Förderrichtlinien beschränken sich in erster Linie auf den U-Wert der Bauteile, bzw. den Ht-Wert der Hülle und den ep-Wert der Beheizung/Technik (Effizienzhaus-; Passivhaus-Berechnungen)

gesamtheitliche Betrachtungen, incl. Grauer Energie werden nur in Zertifizierungsfällen nach DGNB gemacht

Wiederverwertbare Materialien werden als Pflicht in LV gefordert (z.B. recycelter Beton), dies aber bisher nur in der Ausschreibung von wenigen öffentlichen Gebäuden

Gebaute Beispiele – Inspiration

nachhaltig ist mehr als „nur“ effizient - besser nachhaltig und effizient..

<https://youtu.be/I095C1YgLK0> (Wohnbox Zürich)

<https://youtu.be/dEKgZc4UuW8> Wohnlabor Zürich

<https://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen/ressourcenschonendes-gebaeude/#c6065>

<https://youtu.be/u7yeuaUg47Q> Weber therm circle - WDVS trennbar

https://youtu.be/w_IK24a9F4U Lehm und Stroh und co.

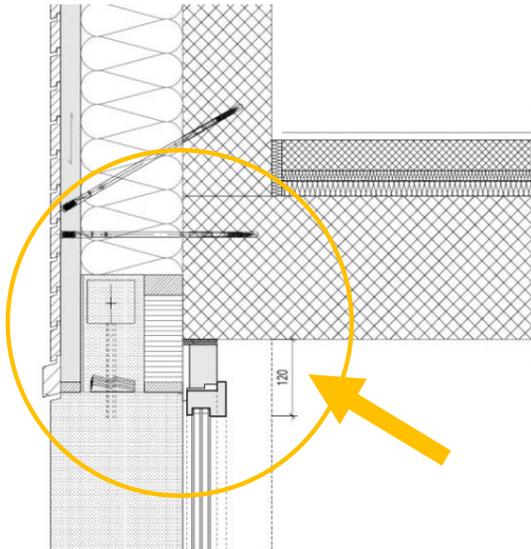
https://youtu.be/p4NxQwC_INI

10.) Massivbau - Holzbau

a) sommerlicher Wärmeschutz – wesentliche Unterschiede

Massivbau

Im Massivbau kann der Sturz schlanker ausgeführt werden: 12 cm



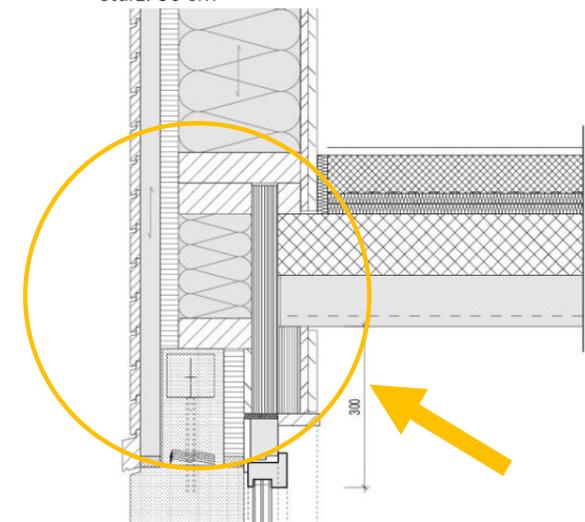
Tageslichtausbeute:

- Lichtausbeute ist bei massiven Konstruktion höher, da hier i.d.R. keine konstruktiven Fensterstürze benötigt werden.
- Auskragungen oberhalb von Fenstern mit 3,80m wird rein rechnerisch kein Tageslichtanteil mehr gerechnet

Das reduziert beim Holzbau die passiven Sonneneinträge.

Holzbau

Beim Holzbau entsteht ein relativ hoher Fenstersturz: 30 cm



sommerlicher Wärmeschutz – Optimierung

- Tageslichtausbeute:

- Lichte Raumhöhe von mind. 2,70m im Holzbau
- Farbkonzept für eine bessere Lichtausbeute wählen (Lichtreflexion der Oberflächen positiv gestalten)

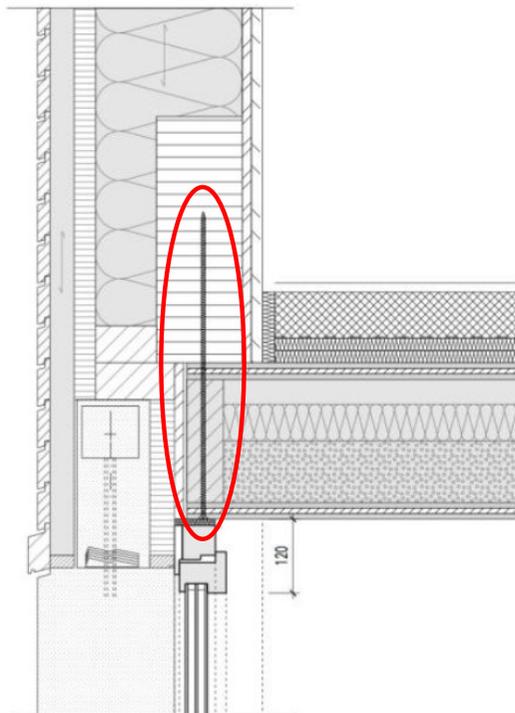


Abbildung 14: Sturzverringern durch Einbau eines BSH-Überzugs

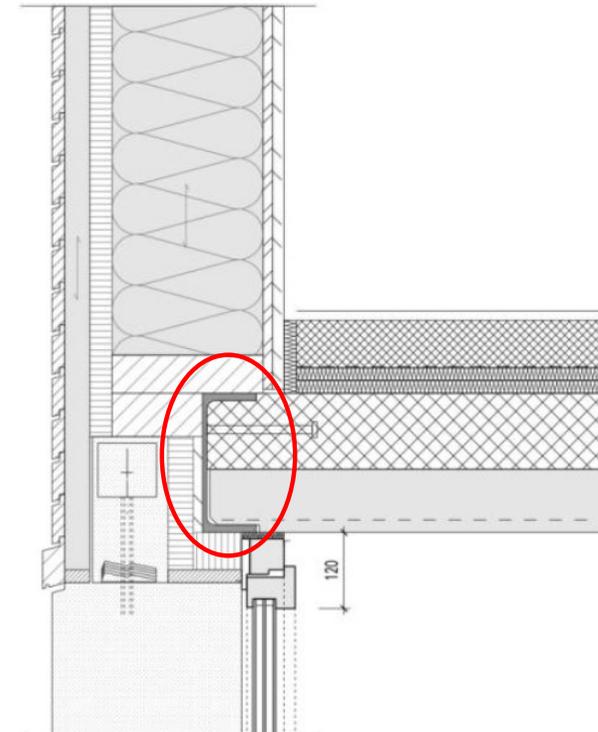


Abbildung 15: Sturzverringern durch Einbau eines U-Profiles

Weitere Unterschiede: Massiv – Holzkonstruktion:

Sommerlicher Wärmeschutz:

- **Einfluss Überhitzung:**
- Steigender Fensterflächenanteil - zunehmender Sonnenlichteintrag – zunehmende Gefahr für Überhitzung
- Überhitzungsrisiko steigt schneller bei Konstruktionen mit wenig Speicherfähigkeit. Beton und KS-Mauerwerk speichern besser als Holz oder Ziegelmauerwerk.
- 50-60% Glasanteil in der thermischen Hülle – spürbares Risiko einer Überhitzung
- Folge: erhöhter Einsatz von klimatechnischen Anlagen – erhöhter Energieverbrauch



Weitere Unterschiede: Massiv – Holzkonstruktion:

Optimierung Einfluss Überhitzung:

- Um eine Optimierung zu erlangen, welche 100% die nachhaltigen Bewertungskriterien der DGNB erfüllt, ist eine Simulation notwendig.

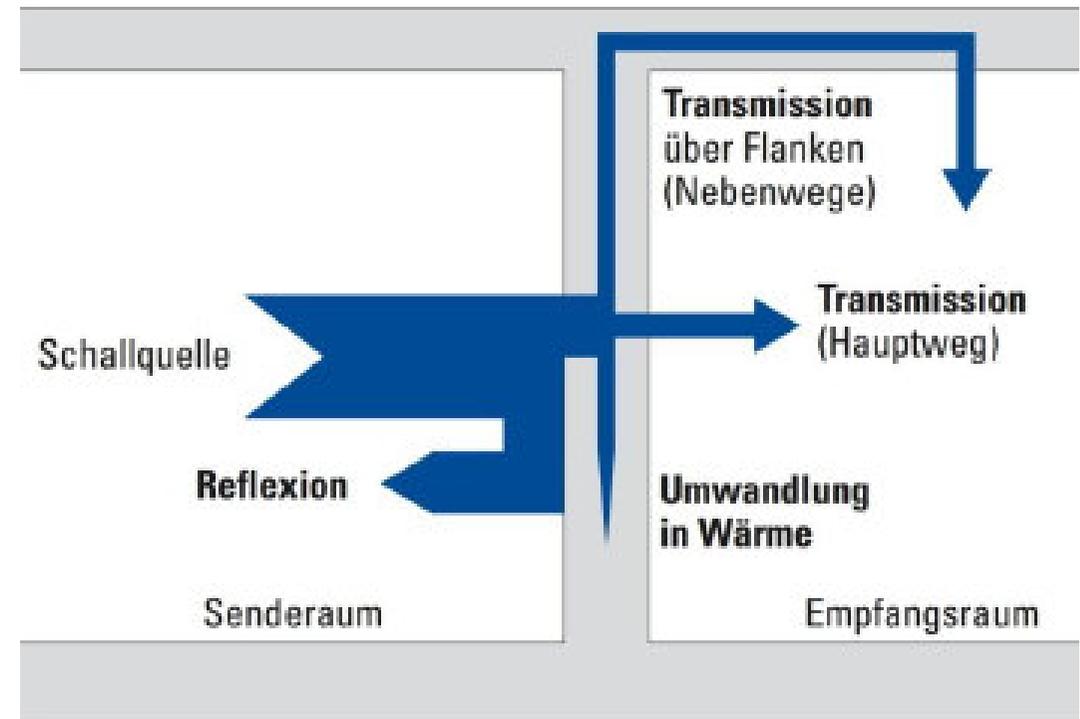
ansonsten:

- Effizienter **außenliegender** Sonnenschutz (variabel)
- Schutz durch Bäume, die im Herbst ihre Blätter abwerfen
- Raumboflächen mit hoher thermischer Speichermasse planen; (Masse nicht durch Vorsatzschalen oder abgehängte Decken „unbrauchbar“ machen)
- Baulicher Wärmeschutz (Wände mit einem guten U-Wert planen)
- Fenstergrößen und Ausrichtung beachten
- Verwendung von Sonnenschutzverglasungen (g-Wert beachten; Energiedurchlassgrad; $g=0,6$; 60% der Sonnenenergie geht durch)
- Nachrüsten von Klimageräten (negativ: Energieträger Strom)
- Nachrüsten von sommerlicher Nachtlüftung

Massivbau vs. Holzbau – b) Schallschutz

Dabei gilt außerdem zu wissen:

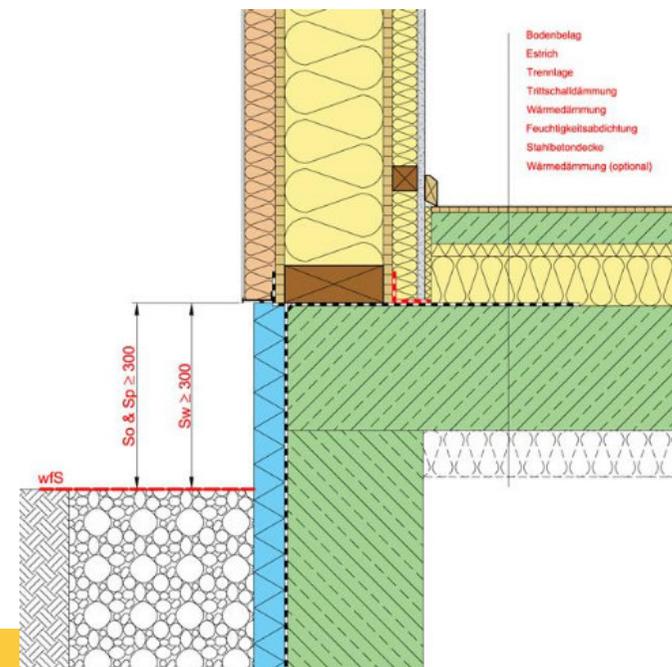
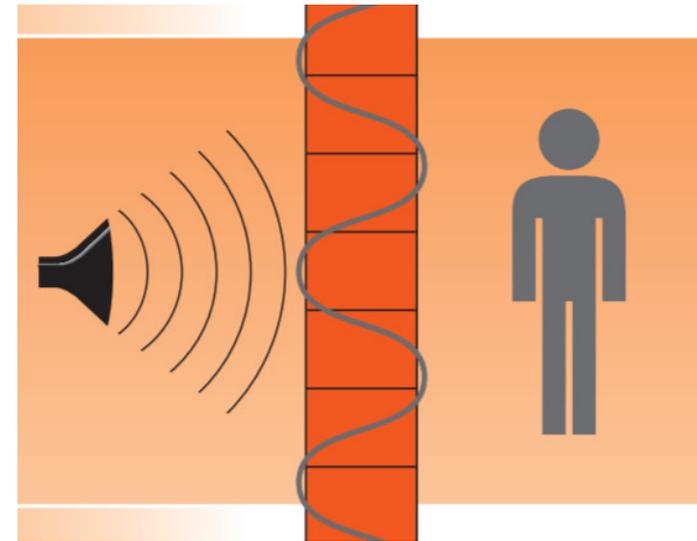
- **Vermeiden von Schallbrücken durch:**
 - Wahl der Baumaterialien
 - Wahl der Konstruktion (keine verbindenden Bauteile)
 - Bauteiltrennung im Detail (Nebenwegs Übertragung, bzw. Flanken-Übertragung)



Massivbau vs. Holzbau – Schallschutz

Dabei gilt außerdem zu wissen:

- **Wesentlicher Unterschied:**
- Massivbau erhält den Schallschutz im wesentlichen über die Bauteilmasse
- Holzbau erhält den Schallschutz im wesentlichen über die Bauteilschichtung



- Schallschutz – Optimierung -

Optimierungsmöglichkeiten:

- Installationen schallentkoppeln; ausgeflockte, schallisolierte Sammelschächte ohne Versatz
- Entkoppeln von Bauteilen
- Schallschutzanforderungen sind u.a. auch gesetzlich geregelt
- Schallschutz frühzeitig in die Planung bei Neubauten einbeziehen

Massivbau - Holzbau – c) Graue Energie-

Wesentliche Gründe für das Ergebnis:

- Das Volumen und die verbaute Masse der Tragkonstruktion ist beim Holzbau deutlich geringer
- Die aufgewendete Graue Energie bezieht sich auf die Masse
- Der Massivbau verbraucht fast doppelt so viel Graue Energie in der Herstellung der Materialien



Abbildung 12: Tragkonstruktion Holzrahmenbau



Abbildung 13: Tragkonstruktion Massivbau (Beton)

Graue Energie – Optimierung-

Optimierungsmöglichkeiten:

- Materialverbrauch optimieren (Gebäudegrundriss und Flexibilität)
- Herstellung Material beachten (z.B. wie wird das eingesetzte Holz getrocknet)
- Wiederverwendung von Materialien beachten (Trennbarkeit...)
- Nachhaltig zertifizierte Materialien verwenden (DGNB – Label; EPD, PEI)
- Wartungsaufwand im Lebenszyklus beachten

Massivbau - Holzbau

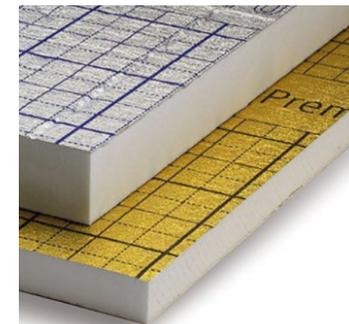
d) Ressourcenschonung und Verfügbarkeit -

- Im Massivbau fällt durch den Verzicht auf RC-Beton (Recycling Beton) die Bewertung mäßig aus
- Holzbau benötigt meist Kellergeschosse aus Beton. Hier könnte aufgrund des Gewichts der Konstruktion RC-Beton verwendet werden. RC-Beton muss üblicherweise in größeren Querschnitte geplant werden, da dieser nicht so tragfähig ist. Das beeinflusst die Bilanzierung negativ.
- RC Beton ist, aufgrund von möglichen statischen Anforderungen, nicht überall flächendeckend am Gebäude einsetzbar.
- **Wissenswert:**
- Die Innenverkleidung von manchen sichtbaren OSB Platten, sollten überprüft werden, da einige einen erhöhten Anteil an Holzschutzmittel aufweisen können, was sich negativ auf die Raumhygiene auswirkt.

Massivbau - Holzbau

e) Entsorgung und Wiederverwendung-

- Massivbau verwendet vermehrt ölbasierte Dämmstoffe (endlicher Rohstoff Öl; Entsorgung nicht unbedenklich)
- Holzbau kann im Zwischenraum mit unbedenklicher Zellulose verfüllt werden (oft bis zu 90% borhaltig wegen Brand- und Insektenschutz)
- Verbundplatten (z.B. PIR+OSB-Belag); Trennbarkeit von Verbundmaterialien



Massivbau vs. Holzbau – Entsorgung und Wiederverwendung–

➤ OPTIMIERUNG: Ressourcenschonung, Entsorgung und Wiederverwertung :

- Verzicht auf EPS, XPS; PUR/PIR; Bauschäume
- Einsatz von RC Beton (Recycle-Beton) und Zemente mit einem niedrigen Klingeranteil
- Verzicht auf Verbundplatten und Kleben; Befestigung als Schraub- oder Nagelverbindung
- Beachten und Ersetzen von chemischen Zusätzen
- Auf einfache Reparatur- und Austauschmöglichkeiten in der Konstruktion achten
- Umweltlabel beachten;
- Konstruktionen wählen, die leicht trennbar sind

Quellen:

- DGNB
- Schlussbericht Holzbau vs. Massivbau – ein umfassender Vergleich zweier Bauweisen im Zusammenhang mit Nachhaltigkeitsstandards (Pirmin Jung; Büro für Bauphysik)
- Das Haus – bauen und renovieren
- Initiative offene Bildung „e-genius“
- www.sonnenseite.de -Bauen gegen die Klimakatastrophe“
- Veröffentlichungen von Prof. Dipl. Ing Werner Sobek
- Sarch – social sustainable architecture
- www.integrale-planung.de Lebenszyklusbetrachtungen von Gebäuden
- Saena – sächsische Energieagentur GmbH
- Baustoffe FNR –Fachagentur nachwachsende Rohstoffe
- Institut Bauen und Umwelt e.V.
- Energierferat –kommunale Klimaschutzagentur- Frankfurt am Main
- Nachhaltiges Bauen – hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
- Dämmstoffe richtig einsetzen –Ministerium für lebenswertes Österreich-

Informative Links:

- Konstruktionsplanung im Holzbau mit Condetti
- www.wissenswiki.de
- www.dataholz.eu
- <https://www.holzbau-deutschland.de>
- <https://haks-projekt.de>
- <https://www.febs.de>
- https://www.sto.de/de/architekten/konstruktionsdetails_2/konstruktionsdetails.html
- <http://www.ing-büro-junge.de>
- <https://www.komzet-netzwerk-bau.de/digitale-lernmedien-bautechnik/lernmedien-suche/>
- https://www.egger.com/downloads/bildarchiv/107000/1_107153_BR_Konstruktionskatalog-Holzbau-Praxis_DE_Kapitel_4.pdf
- <https://www.rockwool.de/services-und-tools/planungshilfen/detailzeichnungen/>
- <https://www.saena.de/angebote/broschueren.html> (gute Broschüren mit guten Themen)
- Abdichtungen: Firma Sika, Illbruck
- www.isover.de, www.sto.de, www.steico.de
- Pro clima
- Holzbau: Bauder, Gutex, Knauf, Informationsdienst Holz, www.holzfassade.de
- <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-4-der-zeitgenoessische-holzbau/tauwasserschutz-im-holzbau/...>
- Holzbau: Bauder, Gutex, Knauf, Informationsdienst Holz, www.holzfassade.de
- <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-4-der-zeitgenoessische-holzbau/tauwasserschutz-im-holzbau/...>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Das Projekt „Smart Builder“, wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung“ befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf, durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz und dem Europäischen Sozialfonds gefördert.



Handwerkskammer Frankfurt-Rhein-Main
Bockenheimer Landstraße 21
60325 Frankfurt am Main
T 069 97172 -818 • F 069 97172 -5818 • service@hwk-rhein-main.de

www.hwk-rhein-main.de • www.rhein-main-campus.de