

## Themenmodule: Nachhaltigkeit konventionell – ökologisch

There is NO plan<sup>et</sup> B



©Pixabay

## Lehrmodul Nachhaltigkeit – Baustoffkunde allgemein:

### ➤ **Ablauf**

1.) Nachhaltigkeit –in aller Munde-?!	1.1 - 1.5
2.) Nachhaltigkeit und nachhaltiges Bauen	2.1 - 2.2
3.) Der ökologische Aspekt des nachhaltigen Bauens	3.1 - 3.2
4.) Der Begriff „Lebenszyklus“	4.1 – 4.4
5.) Die Motivation des Nachhaltigen Bauens	
6.) Wie schaffe ich Nachhaltigkeit	6.1 - 6.5
7.) Kriterien für die Wahl der Konstruktion	7.1 - 7.5
8.) Kenndaten von Baustoffen	8.1 – 8.2
9.) Konstruktionsvergleich am Beispiel	
Holzbau - Massivbau	9.1 - 9.4
10.) Optimierungspotenzial	10.1 - 10.5

#### Anhang:

- Tebogo
- Links
- Beispiele
  
- Zusatz: Kapitel 11

# 1.) Thema Nachhaltigkeit – in aller Munde ?!

**Sustainability**

Lebenszyklus

Effizienz

**Recycle-Fähigkeit**



©Pixabay

**Save the planet**

**Ressourcen**

**Bewahren der Schöpfung**

## 1.1 NACHHALTIGKEIT – so einfach – so schwer

### Definition:

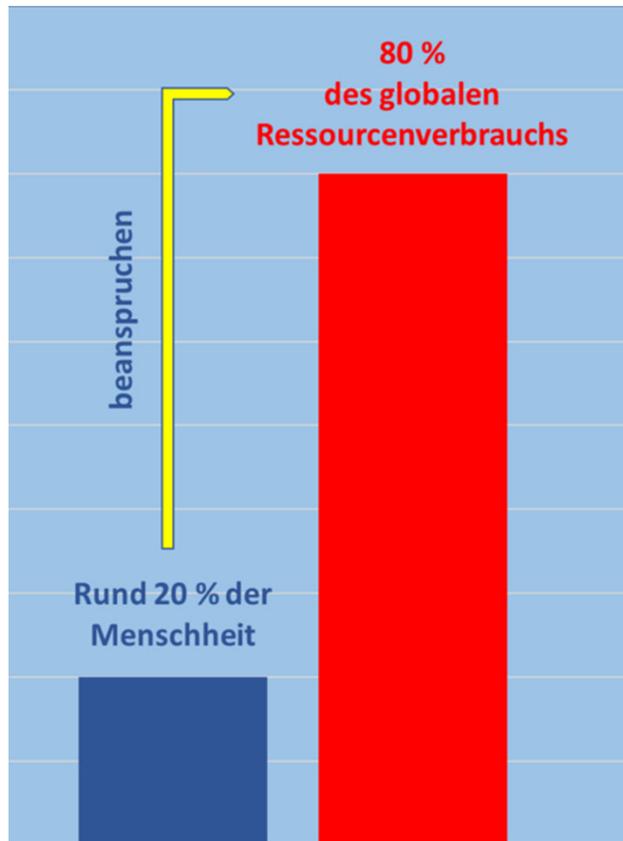
„Nachhaltigkeit ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“

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

## 1.2 Die ungerechte Verteilung – global

„Was legitimiert uns dazu, so viel der gemeinsamen Welt zu verbrauchen...?“

„Warum sorgen wir nicht für eine gerecht Verteilung, sodass jeder, überall davon partizipieren kann???“



### Less for more

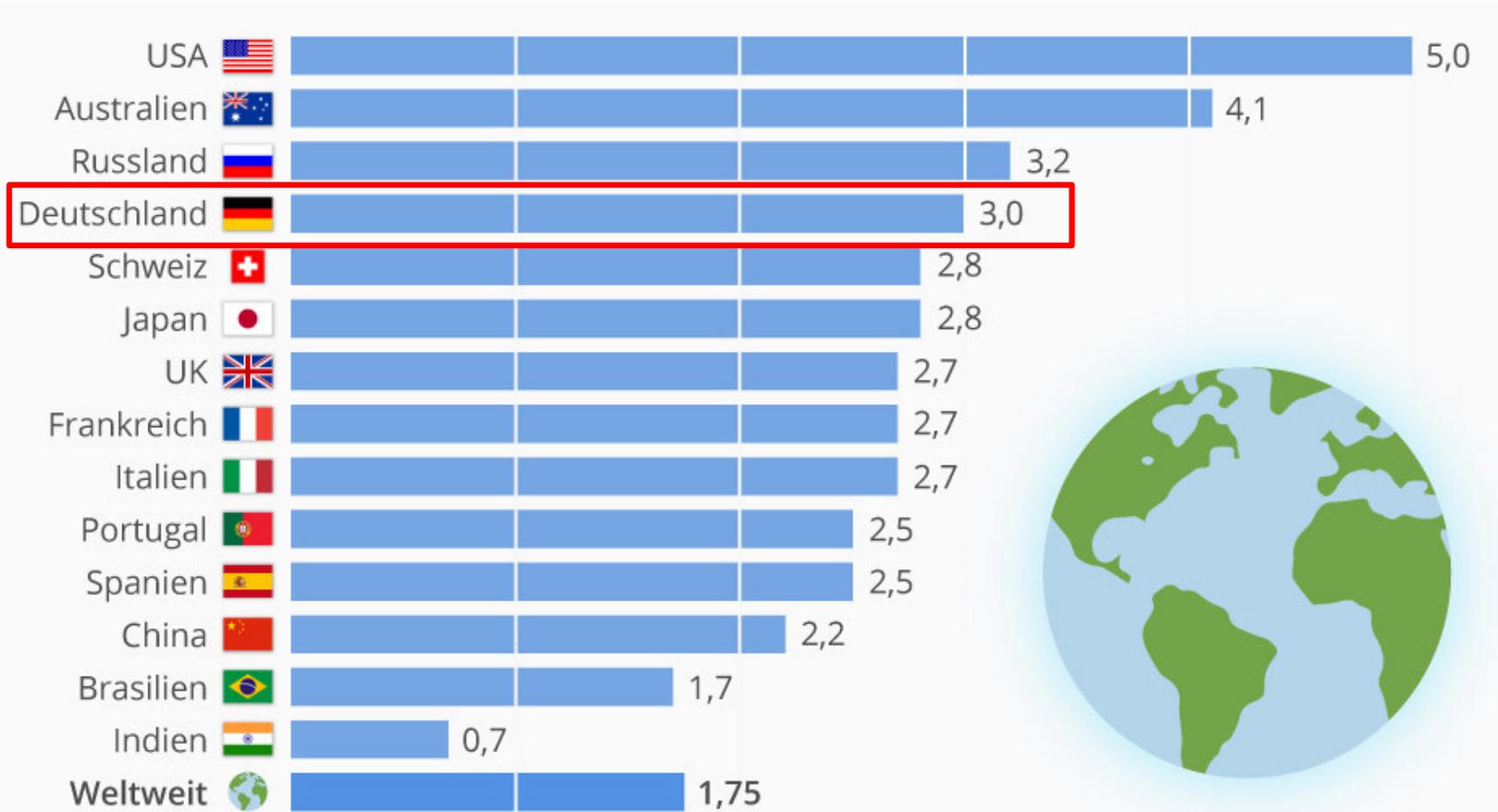
Situation am 12.02.2019 um 12:00 (MEZ)

Aktuelle Weltbevölkerung	7.683.703.138
2019 bis dato geboren	16.856.220
Geburten pro Sekunde	4,4
2019 bis dato gestorben	7.072.060
Bevölkerungswachstum in 2019 bis dato	9.784.160
Bevölkerungswachstum pro Sekunde	2,6
Baustoffbedarf pro Sekunde in t	1.300   870   300
* ) Deutschland	490 t per capita /Leben
Industrieländer	335 t per capita
Weltdurchschnitt	115 t per capita

## 1.3 NACHHALTIGKEIT – der globale Blick

### Die eine Welt ist nicht genug

Wieviel mal die Weltkugel bedarf unser Lebensstandard



©Pixabay

## 1.4 Nachhaltigkeit und Klimaschutz

# ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

©germanwatch eV

## 17 ZIELE, DIE UNSERE WELT VERÄNDERN



17 Ziele für nachhaltige Entwicklung soll bis 2030 erreicht werden.  
Internationales Klimaschutzabkommen von Paris

## 1.5 Die Klimaschutzziele –was heißt das für die Baustelle?

- **Gebäude beinhalten die größte Materialmenge die von Menschen bewegt wird. (im Neubau, Bestand und Rückbau)**
- **Sparsamer Umgang mit Material und Energie, sowie Einsparung von CO<sub>2</sub> ist Aufgaben des Klimaschutzes**
- Gesetzliche Vorgaben regeln die Menge an Energie, die ein Gebäude verbrauchen darf. Das vor allem in der Nutzungsphase
  - Z.B.: Gebäudeeffizienz ist in **Gebäudestandards** klassifiziert; Bauteilnachweis mit festen U-Werten
- **Nicht bewertet wird hier die Materialwahl, sondern nur der Verbrauch während der Nutzungsphase des Gebäudes**
- **Viel Energie, die bei einem Gebäude verbraucht, bzw. aufgewendet werden muss, ist bereits schon nach der Errichtung in der Gebäudesubstanz versteckt.**

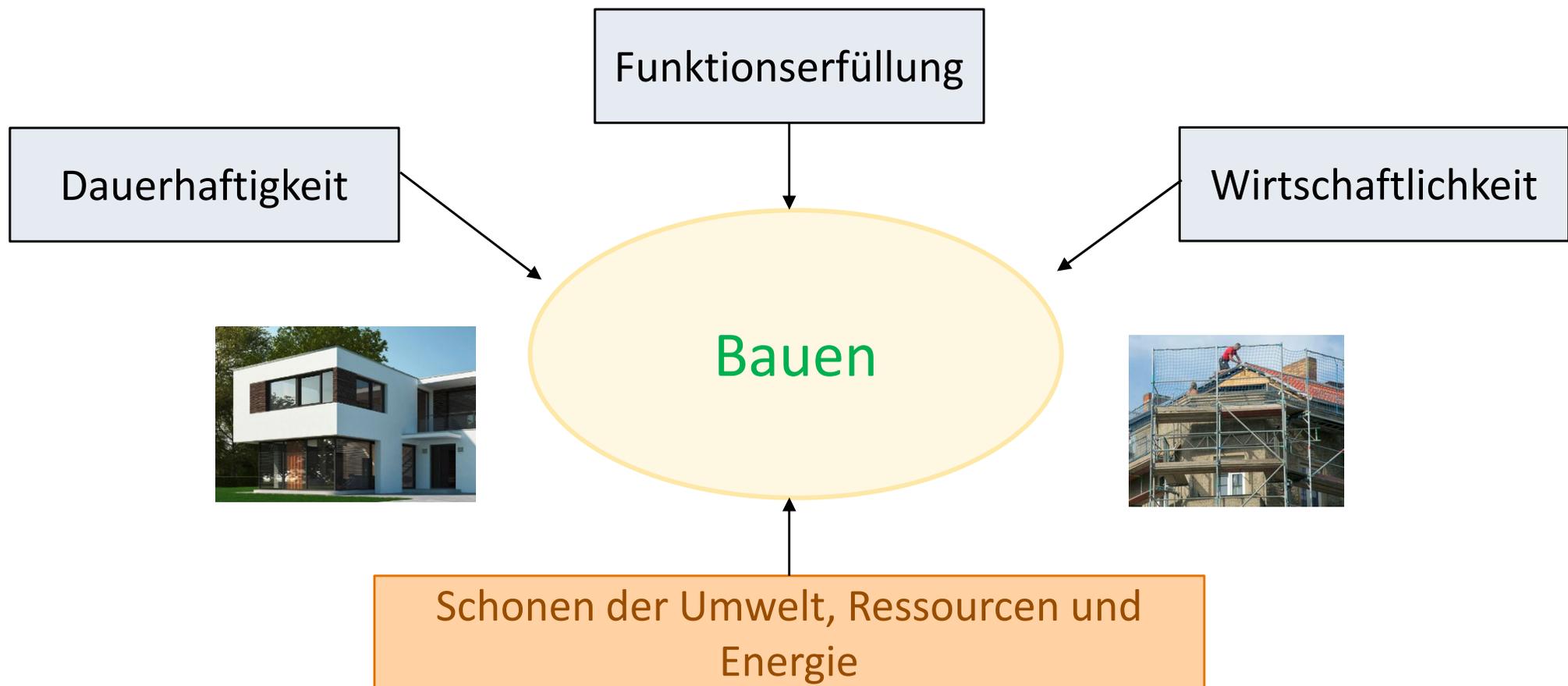


©pixabay



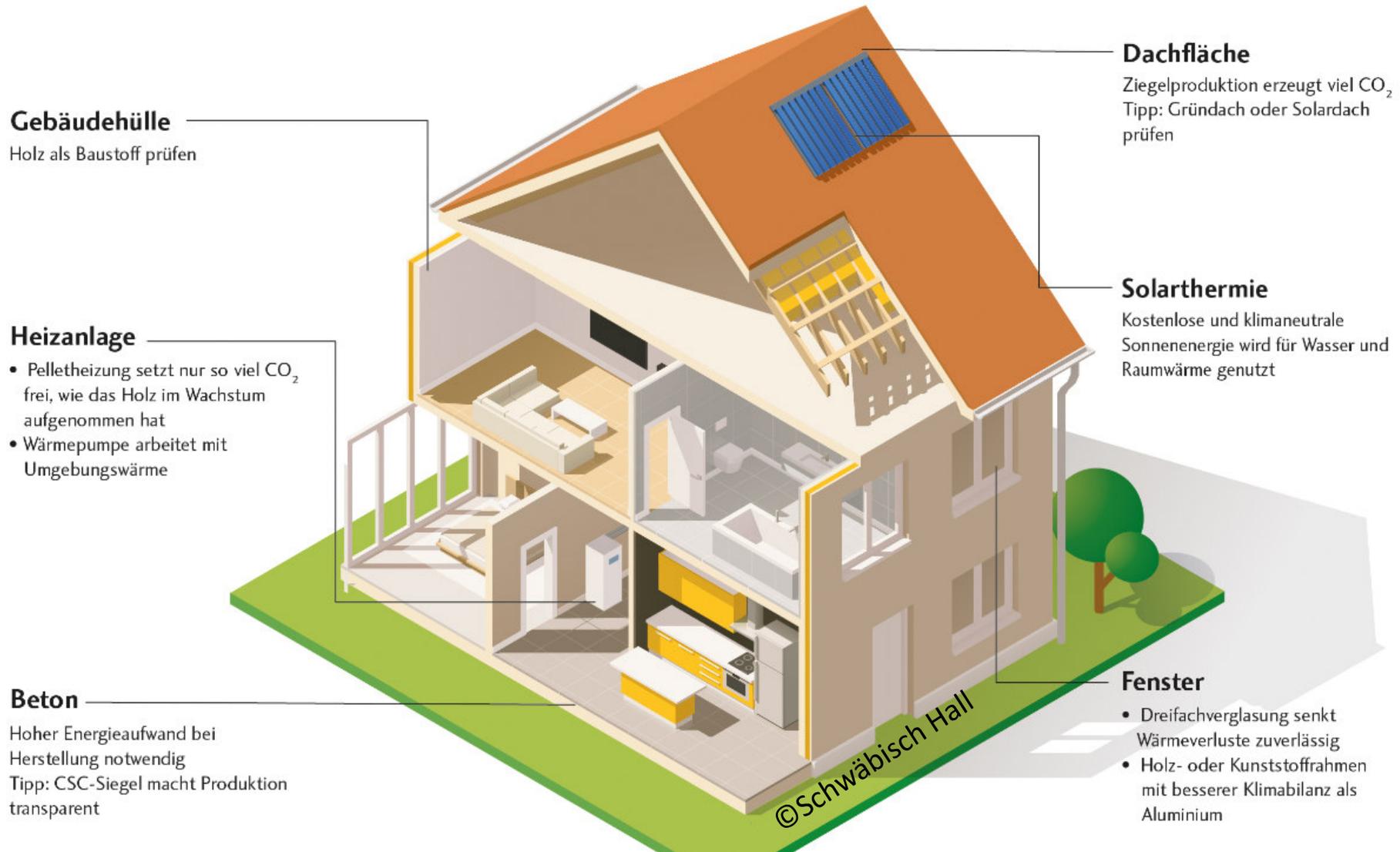
## 2.) Nachhaltigkeit und nachhaltiges Bauen

### Traditionelle Kernkompetenzen Bauen:



### Aspekte des nachhaltigen Bauens:

## 2.1 Wie geht klimaneutrales/nachhaltiges Bauen? (Mendimeter- Abfrage)



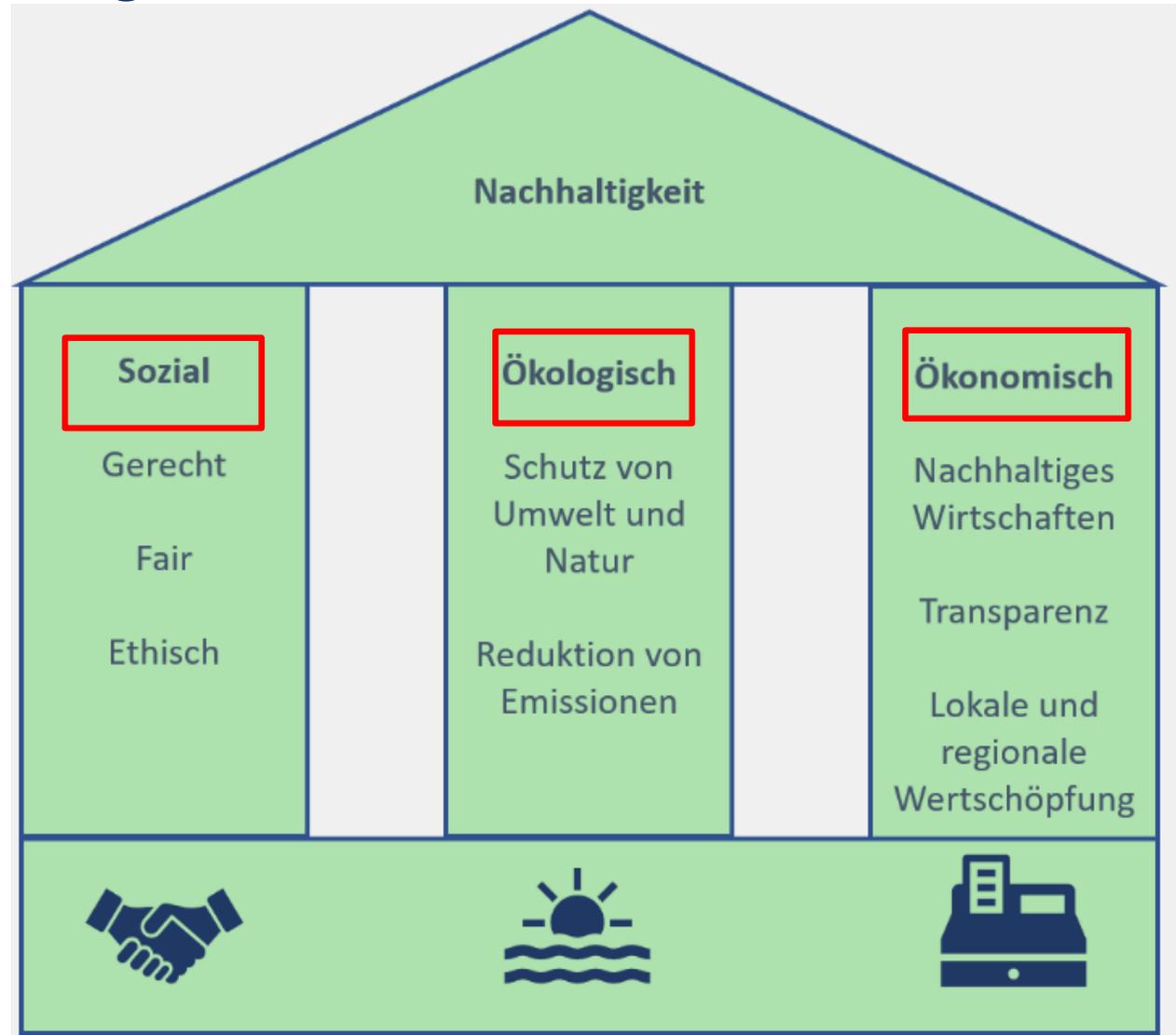
...so der „landläufige“ Blick - aber ist dass schon alles?

...es ist durchaus nicht so trivial:

## 2.2 Kennzeichen für nachhaltiges Bauen...

...sind:

- Nutzen für Mensch und Gesellschaft, faire Bezahlung, Gemeinwohl orientiertes Handeln; Wohnraum für alle
- die Umwelt und das Ökosystem bewahrt, verantwortlicher Umgang mit Ressourcen, Minimierung von Emissionen und Abfall
- verantwortliches Wirtschaften, Schulden gering halten, Gewinne partizipieren



➤ **Das 3 Säulen Modell**

## 3.) der ökologische Aspekt des nachhaltigen Bauens

### Unterscheidung Neubau und Bestand

- Wichtige Unterscheidung im Handlungsfeld Nachhaltigkeit:
  - **Handeln im Bestand:**
    - der bestehende Gebäudebestand beinhaltet bereits wertvolle Ressourcen.
    - Erhalten der wertvollen Ressourcen, solange dies technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.
    - Nachhaltige Planungskonzepte können durch Sanierung oder Modernisierung die Lebensdauer verlängern
  - **Handeln im Neubau:**
    - Handeln beginnt schon in der Planungsphase. Im gesamten Bauprozess, von der ersten Projektidee bis zur Übergabe und dem Rückbau sollten Optimierungsstrategien und Berechnungen integriert werden.
- ❖ in beiden Fällen bedarf es einer dezidierten Planung und deiner professionellen Umsetzung.

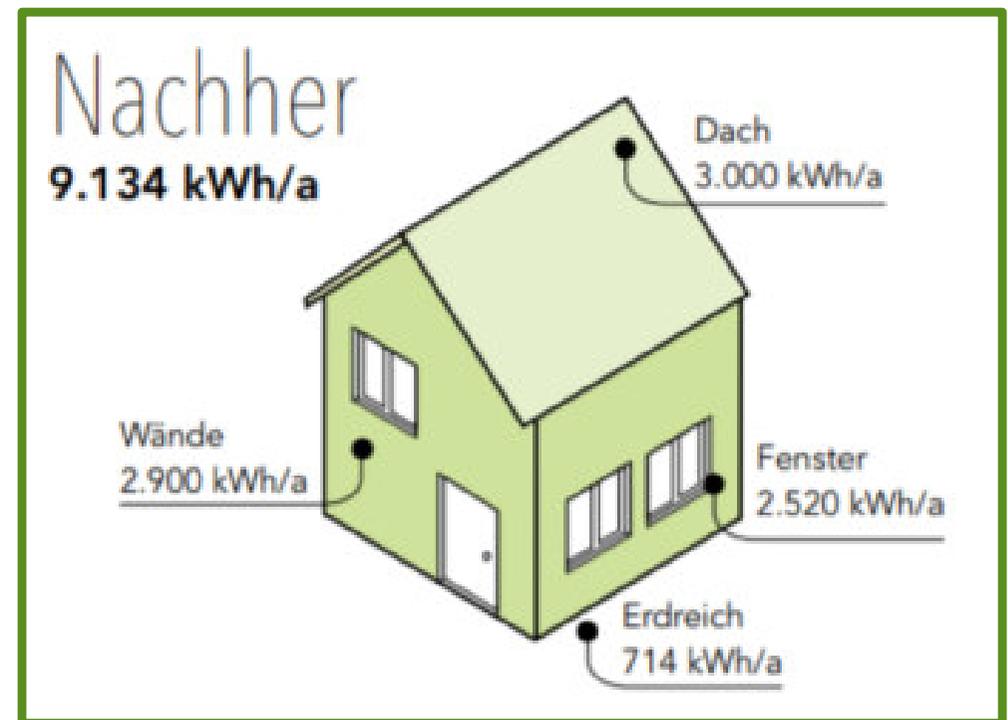
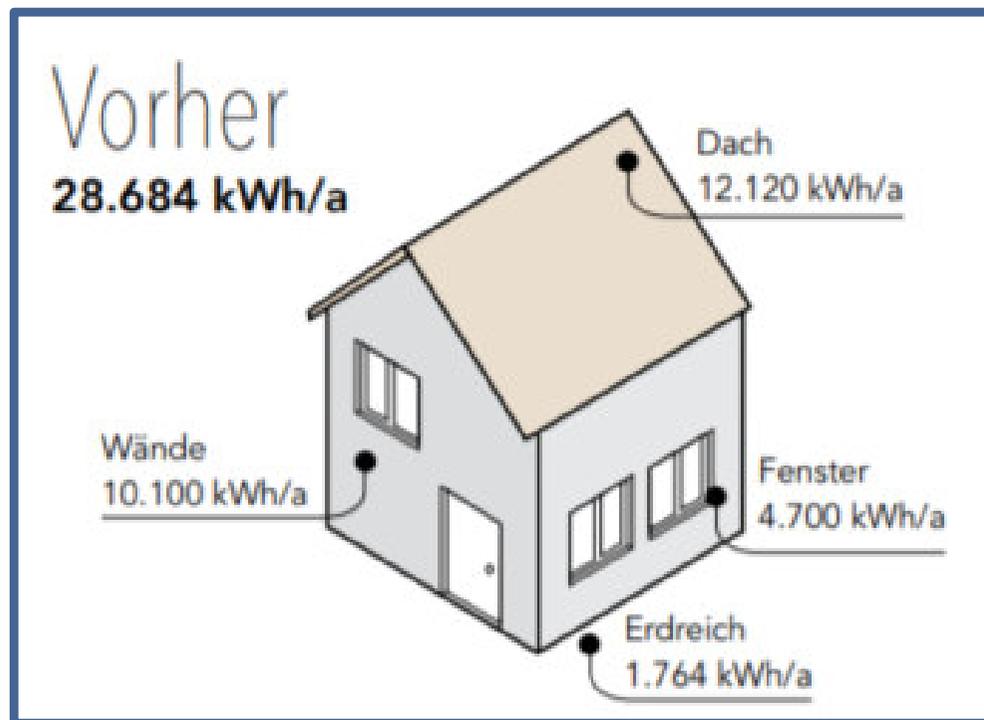
## 3.1 Faktoren für nachhaltiges Bauen

➤ Neben Wirtschaftlichkeit, Dauerhaftigkeit und Funktionserfüllung gilt; sind die Aspekte des nachhaltigen Bauens zu bewerten :

- Senken des Energiebedarfs
- Energetisches Gesamtkonzept und Gebäudestandard.
- Flächensparendes Bauen
- Bewertung der Nachhaltigkeit von Materialien
- Einsatz wiederverwertbarer Baustoffe und recycle fähige Materialien
- Wahl der Konstruktion (ein- oder mehrschichtig)
- Wahl der Anlagen- und Gebäudetechnik (regenerative Energien)
- Kurze Wege; regionale Produkte
- Recyclebare, abbaubare oder wiederverwertbare Materialien verwenden (Rückbau)
- Fehlerfreie Umsetzung in der Bauphase

➤ **Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden über den Gebäude-Lebenszyklus**

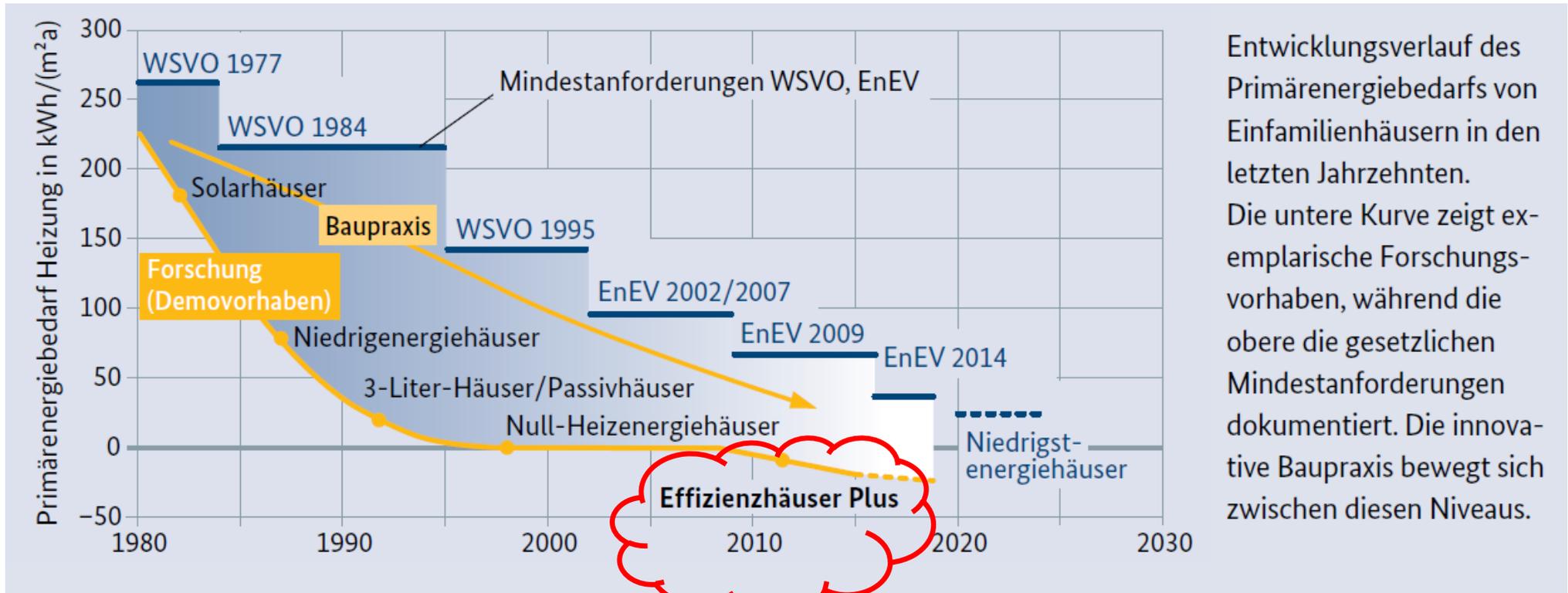
## 3.1 Faktoren für nachhaltiges Bauen am Gebäude



© DENA

## Der Blick ins Gesetz

### 3.2 Gebäudestandards sind gesetzlich vorgegeben – reicht das?



© Fraunhofer Institut für Bauphysik

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

## 4.) Der Begriff - Lebenszyklus

**Es gilt den Lebenszyklus eines Gebäudes nachhaltig zu planen, nicht nur die Nutzungsphase.**  
Dieser umfasst:

- Planung von Gebäude und Technik
  - Erbauen / Errichten
  - Nutzung, Sanierung, Modernisierung
  - Abriss bzw. Rückbau
- Diesen Lebenszyklus können wir positiv oder negativ beeinflussen.

**Nachweis der nachhaltigen Qualität erfolgt u.a. über Zertifizierungen nach:**

- Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB)
- Qualitätssiegel nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh)
- Bewertungssystem nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB)

## 4.1 – Lebenszyklus Gebäude - „From cradle to cradle“; C2C-Methode



©BBA Bau Beratung

### Lebenszyklus:

- Bewertung aller Bauteile, Materialien und Techniken von der ersten Idee, und der Umsetzung, über die Bewirtschaftung bis zur Entsorgung / Wiederverwertung
- Aufwandbewertung an Energie, Ressourcen, Transport, Bauzeit, Schadstoffen usw.
- Bewertung des Gebäudes in allen Phasen

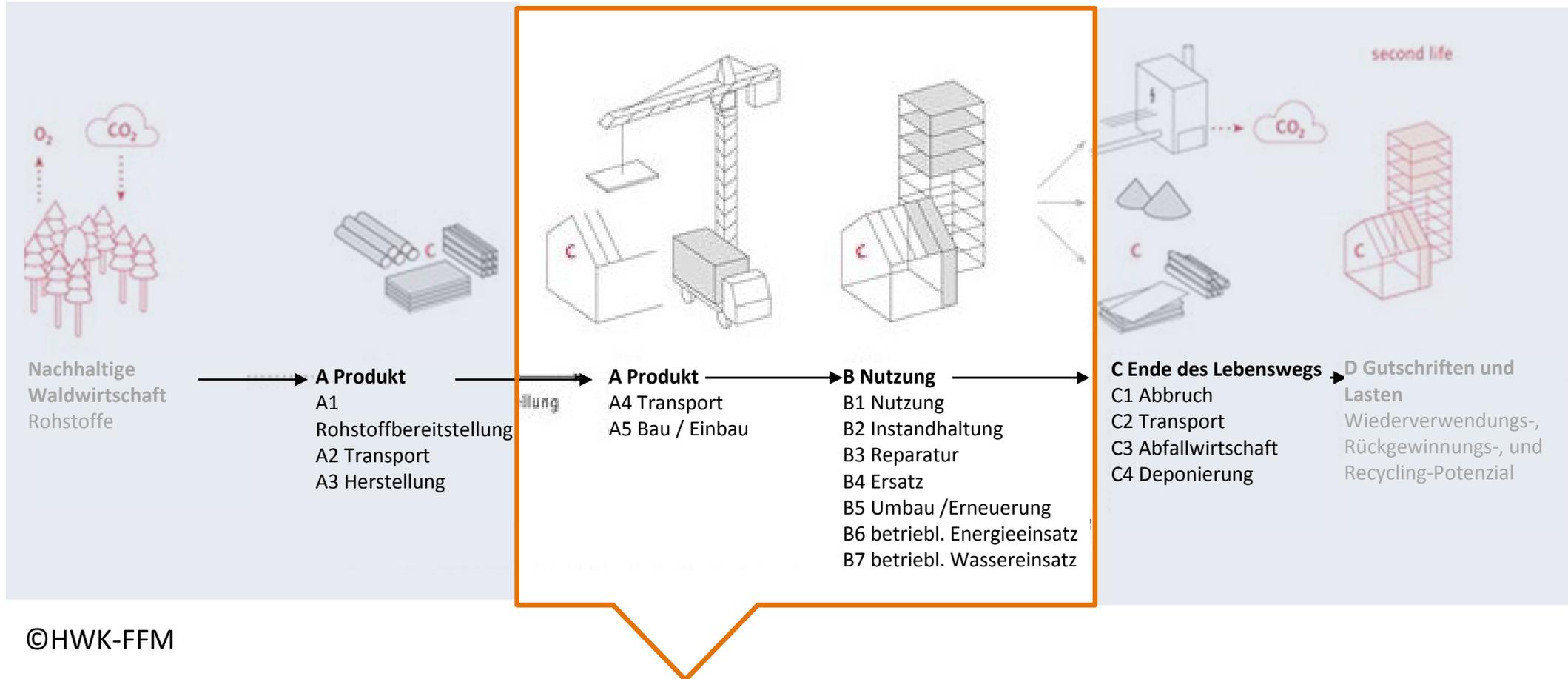
## 4.2 Lebenszyklus Bauteile / Material

- Bewertungssystem nach DGNB und BNB:
  - Phase A: Errichtungsphase
  - Phase B: Nutzungsphase
  - Phase C: Entsorgungsphase
  - Phase D: Recycling, Rückgewinnung, Wiederverwertung

Tabelle 1: Lebenswegmodule gemäß DIN EN 15804

Produktionsstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium							Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport zur Baustelle	Einbau ins Gebäude	Nutzung / Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Rückbau / Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Deponierung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- oder Recyclingpotenzial
©DGNB																

## 4.3) Worum kümmern wir uns wirklich??

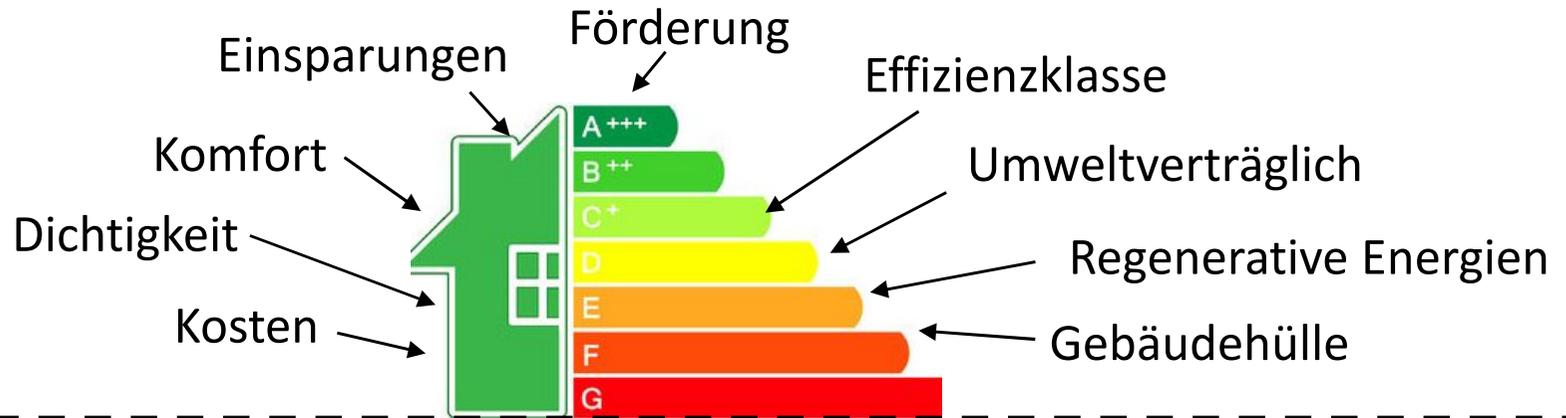


Unser Focus liegt auf der 2. Lebensphase unserer Gebäude.

Hier findet eine breite Diskussion statt.

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

## ...und was dem ersten Blick verborgen ist:



sichtbar

unsichtbar

**Graue Energie**

## 4.4 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.



## 5.) Die Motivation für Nachhaltiges Bauen:

**Nachhaltiges Bauen ist noch immer kein „Selbstläufer“**

- **Gründe dafür:**

- Unkenntnis über das Thema
- Mangel an Ratgeber mit fundiertem Wissen
- Kosten schrecken ab

- **Wie kann man Anreize schaffen?**

- sinnvolle Fördermaßnahmen des Bundes für willige Bauherrn
- fundierte Planung von der ersten Idee
- fundierte Fachkenntnisse über nachhaltige Materialien und deren Einsatz
- Berechnungen über Kosten und Einsparungen auf lange Sicht

➤ **Schutz der Gesundheit, Verringerung der Schadstoffbelastung in der Atmosphäre, Schonung der Ressourcen, Vermeidung von Müll, Langlebigkeit, Weitergeben einer nutzbaren Erde an kommende Generationen**

<https://youtu.be/6yl-4F8on4o> Zimmerei nachhaltig

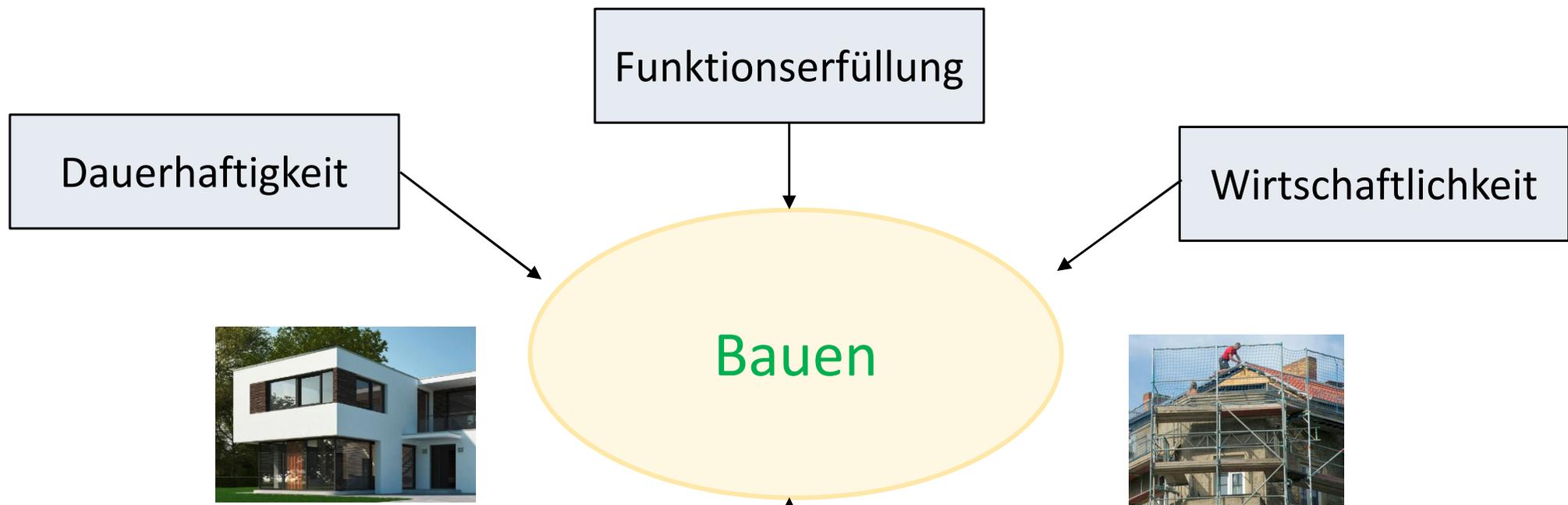
<https://youtu.be/2Ey-Z2zXiUg> der Sand wird knapp

<https://youtu.be/EhWy9DsJrhl> Holzhochhaus

## 6.) Wie schaffe ich Nachhaltigkeit? Hilfestellung für den Entscheidungsprozess

Wir erinnern uns:

### Traditionelle Kernkompetenzen Bauen:



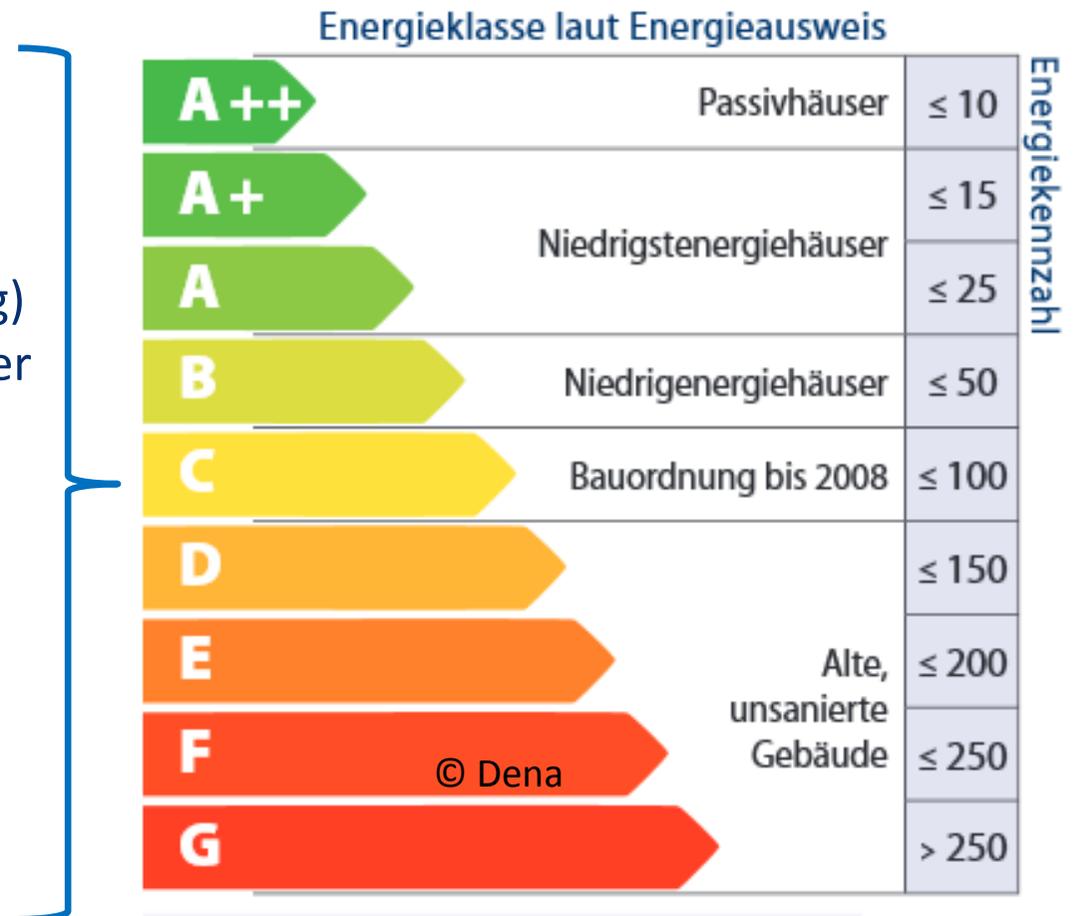
Schonen der Umwelt, Ressourcen und  
Energie

©HWK-FFM

### Aspekte des nachhaltigen Bauens:

## 6.1 Planungskriterien für nachhaltiges Bauen und Sanieren

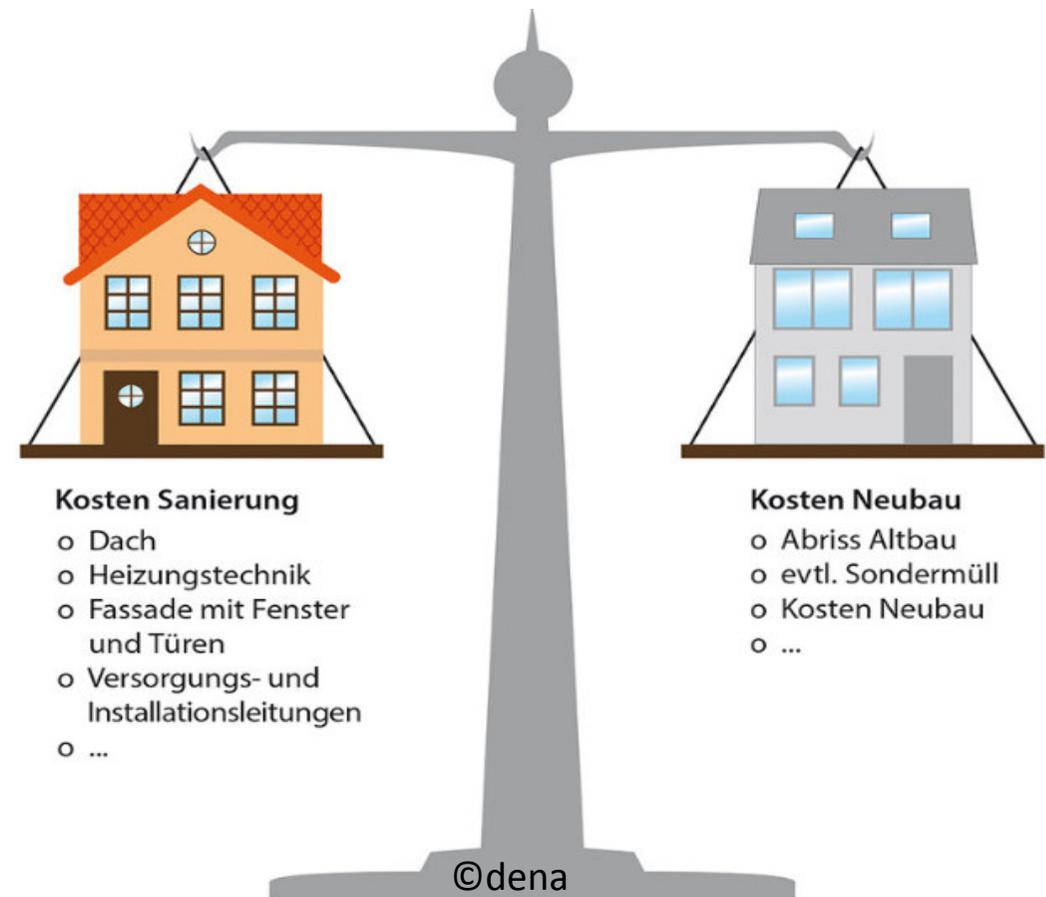
- **Planung von der Nachhaltigkeit von der ersten Idee an:**
- Entscheidung Sanierung oder Neubau
- Entscheidung Energetischer Standard
- Flächensparend bauen,
- Standortanalyse (Infrastruktur, Ausrichtung)
- Ressourcen schonend (Dimensionierung der Konstruktion usw.)
- Wahl der Konstruktion (monolithisch,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



## 6.2 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



## 6.3) 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...)

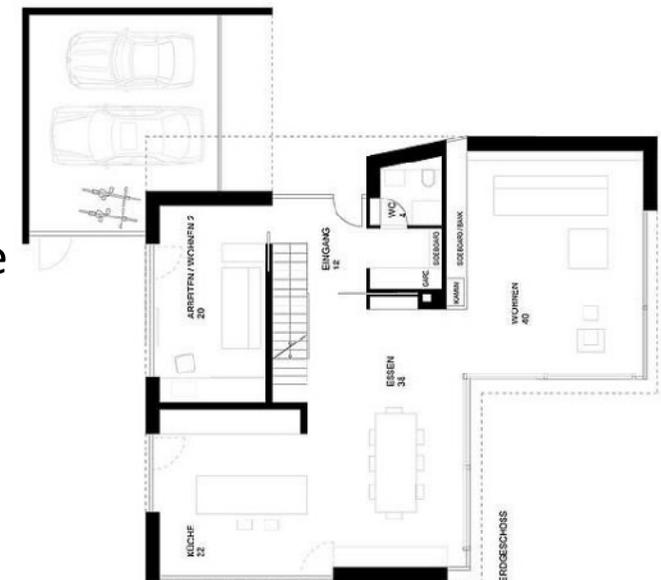


©pixabay



## 6.3) Planungskriterien für Nachhaltigkeit am Bau:

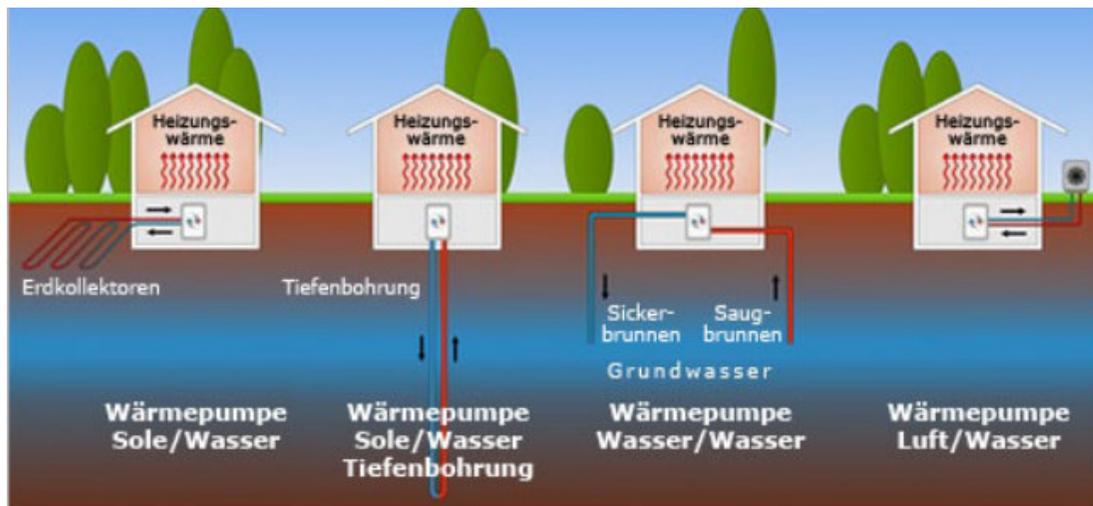
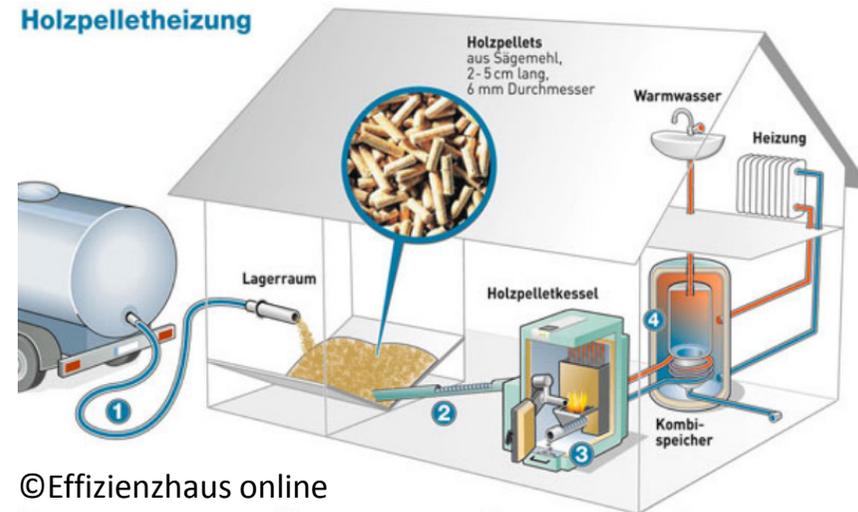
- **b) Grundrissplanung:** was brauche ich wirklich:?
- Bedarfsanalyse
- flächensparend bauen (Versiegelung bedenken)
- kompakte Bauweise (z.B. Garage nicht im Baukörper integrieren)
- Kubatur und Grundriss optimieren
- barrierefrei
- Flexibel nutzbarer Grundriss (Planung der Innenwände)
- Wieviel Keller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



## 6.3) Planungskriterien für Nachhaltigkeit am Bau:

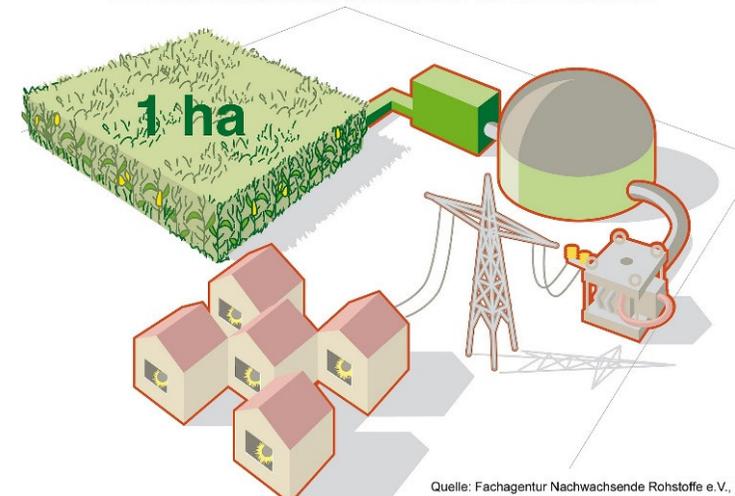
### c) Energie/Technik:

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



### Strom – natürlich aus Biogas

Ein Hektar Mais deckt den Jahresbedarf von fünf Haushalten

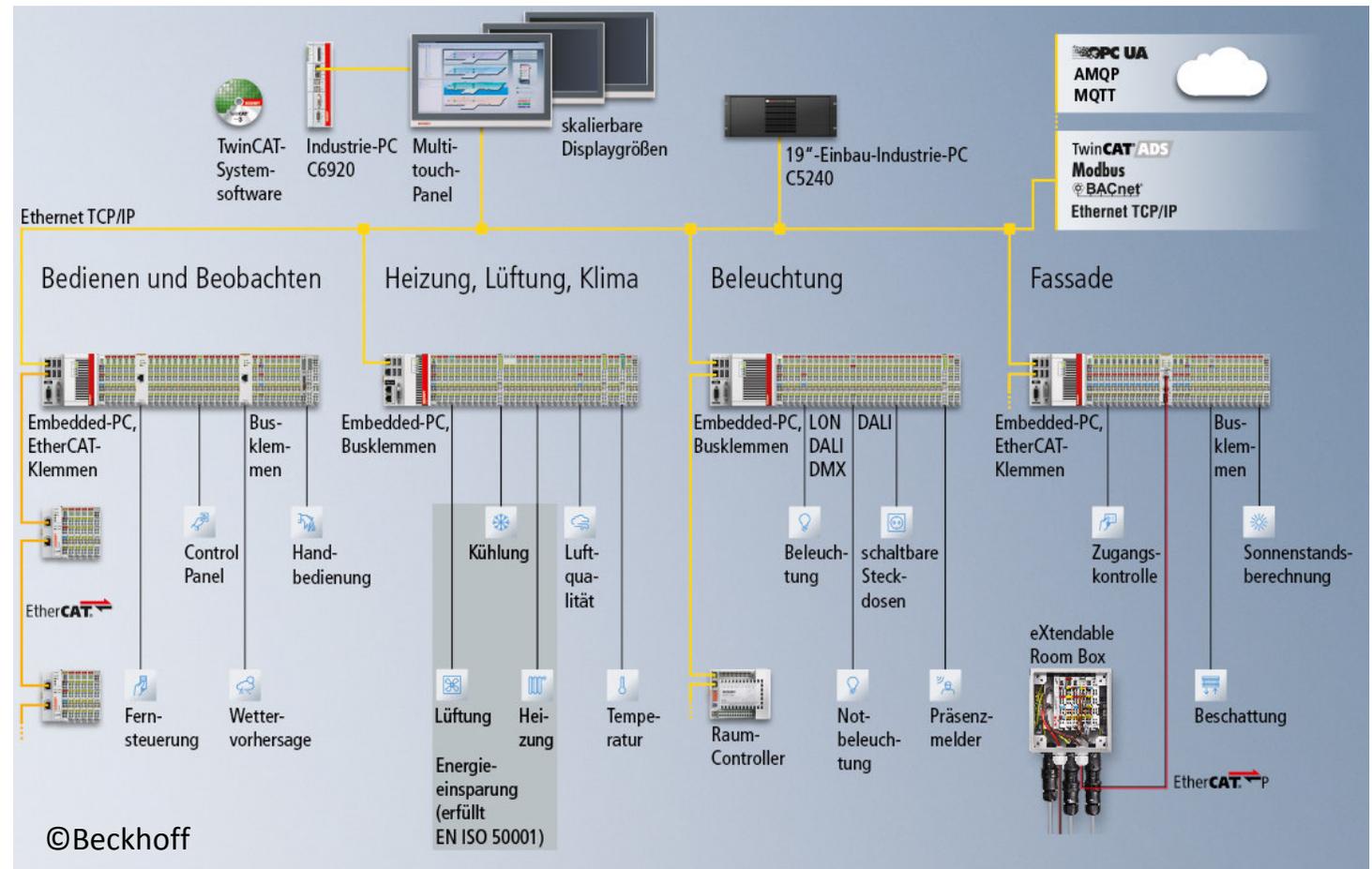


# Energie – Gebäude-Technik

## c) Energie/Technik:

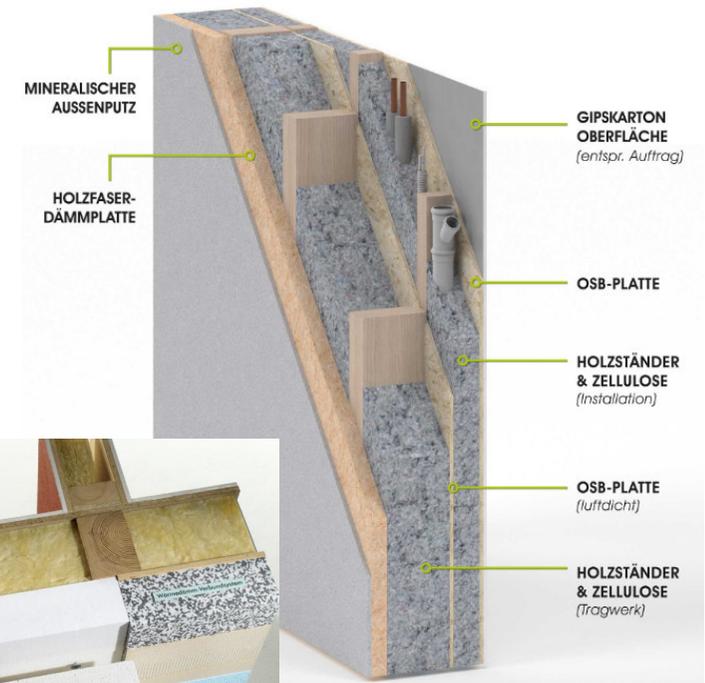
- Smart Home
- Gebäudeautomation
- Optimierung von Prozessen durch Steuerung von außen

z.B. Steuerung der Rolläden schützt vor Überhitzung



## d) Wahl der Konstruktion

- Massiv oder Holzständer (mechanisch getrocknetes Holz)
- 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



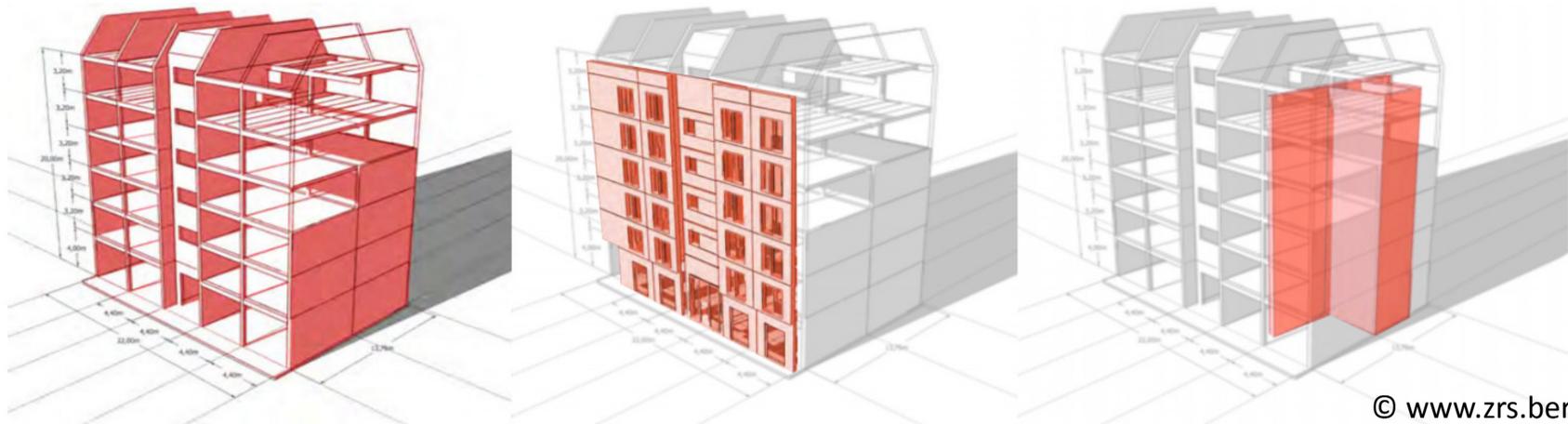
## d) Wahl der Konstruktion

- Tragwerk oder Skelettbauweise
- schafft adaptive und flexible Grundrisse
- Einfache Montage und Demontage
- Rückbaubare Verbindungen
- Gute Trennbarkeit



## d) Trennbarkeit der Konstruktion

- Trennbarkeit von Bauteilen mit unterschiedlicher Lebensdauer
- Modulare Bauweise
- Einfache Durchführung von Reparatur- und Wartungsarbeiten
- Materialeinfachheit; Vermeidung von nicht trennbaren Verbundbaustoffen, damit am Ende des Zyklus Recycling möglich ist



➤ >100 Jahre  
Tragkonstruktion

➤ ca. 50 Jahre  
Fassade / Hülle

➤ < 20 Jahre  
Innenausbau / Technik

## Trennbarkeit Praxis:

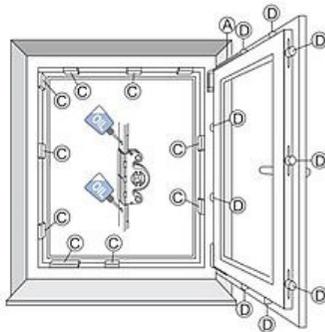


Unterdeckbahn Dach zerbröseln: klassischer Sanierungs- und Modernisierungsfall:

- Grund: nicht UV beständig
- ungünstige Lage der Folie im Dachaufbau
- gesamte Dachaufbau muss geöffnet werden, um eine defekte Schicht auszutauschen.

➤ Eine Konstruktion ist immer so langlebig wie ihr schwächstes Glied

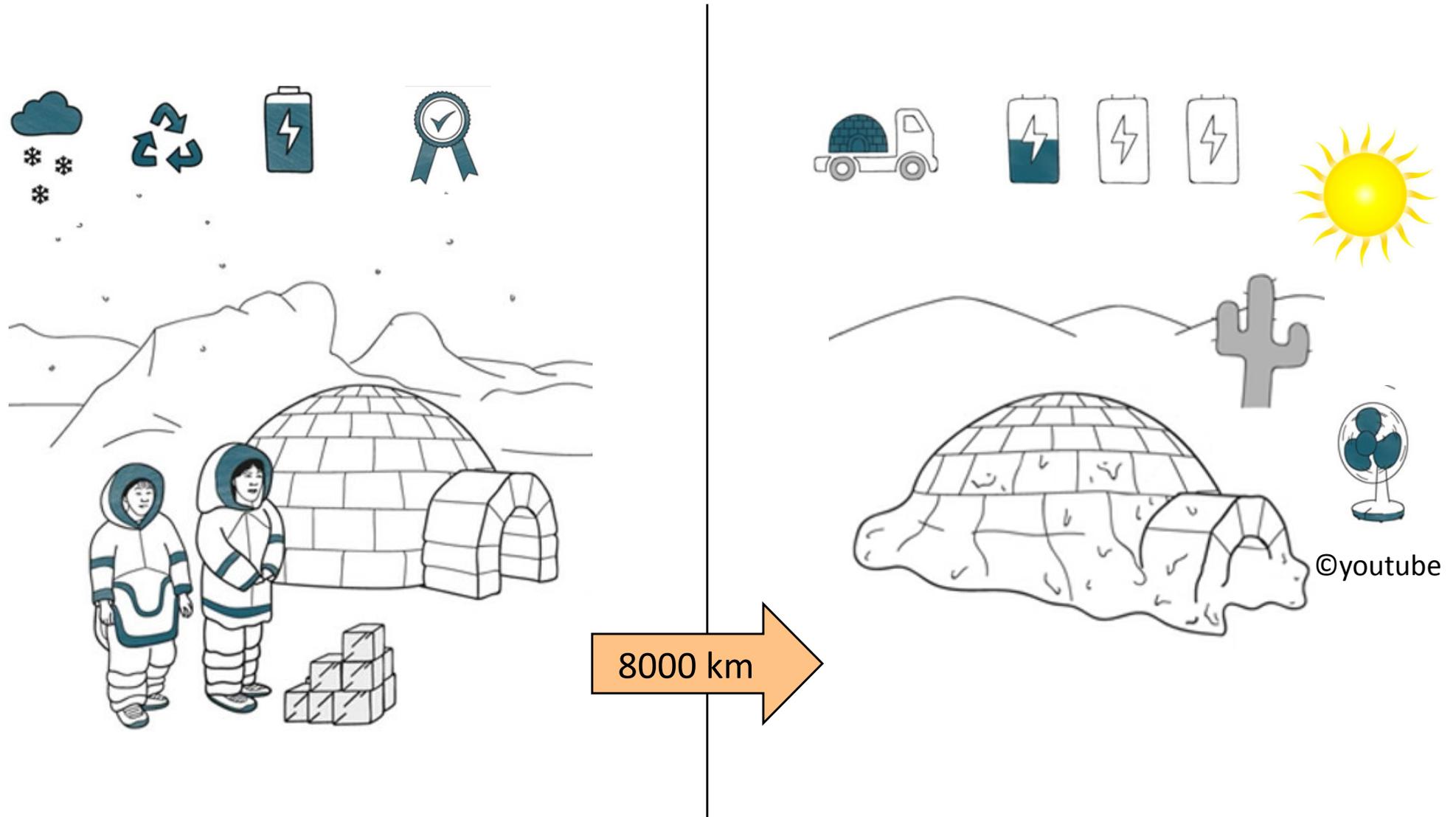
## Hocheffiziente Fenster: Schwachstelle Beschläge



- Fenstergröße beachten; zu große und zu schwere Fenster verringern die Langlebigkeit der Fenster
- Qualität der Fenster-/Türbeschläge beachten
- Nicht immer ist das komplette Fenster zu „retten“ wenn die Beschläge defekt sind.

➤ ungeeignete Beschläge, können die gesamte Konstruktion des Fensters so verziehen, dass die Zwischenräume der Gläser beschädigt (undicht) sind.

## 6.4) Umsetzung: - Sinn und Unsinn in der Umsetzung



## 6.5 Nutzerverhalten – was ist mein täglicher Beitrag - Strom -

**Abbildung 12: Spanne der Stromverbräuche ausgewählter Haushaltsgeräte:  
Toprunner 2017<sup>2</sup> im Vergleich zu Normalgeräten**



Geschirrspüler  W/h

läuft Durchschnittlich  Std. am Tag.

Eine kW/h Strom kostet:  €

**Ergebnisse**

Tag:	0.82 kWh	0.24€
Jahr:	299.3 kWh	86.8€

1 Umweltbundesamt, Daten zur Umwelt 2015

2 www.ecotopten.de

Kaffeemaschine  W/h

läuft Durchschnittlich  Std. am Tag.

Eine kW/h Strom kostet:  €

**Ergebnisse**

Tag:	2 kWh	0.58€
Jahr:	730 kWh	211.7€

Computer  W/h

läuft Durchschnittlich  Std. am Tag.

Eine kW/h Strom kostet:  €

**Ergebnisse**

Tag:	2.4 kWh	0.7€
Jahr:	876 kWh	254.04€

## 7. Kriterien für die Wahl der Konstruktion und der Materialien

### 7.1 Labels

**Typ 1:** werden nach Kriterien der Umweltwirkung vergeben. Z.B.:



**Typ 2:** Umweltdeklarationen von Anbieterfirmen festgelegt. Z.B.



**Typ 3:** Zertifizierung nach ISO 14040; Öko-Bilanzierung von Rohstoffgewinnung bis Entsorgung



## Label für nachhaltige Baustoffe 7.2 Typ 3 EPD und PEI

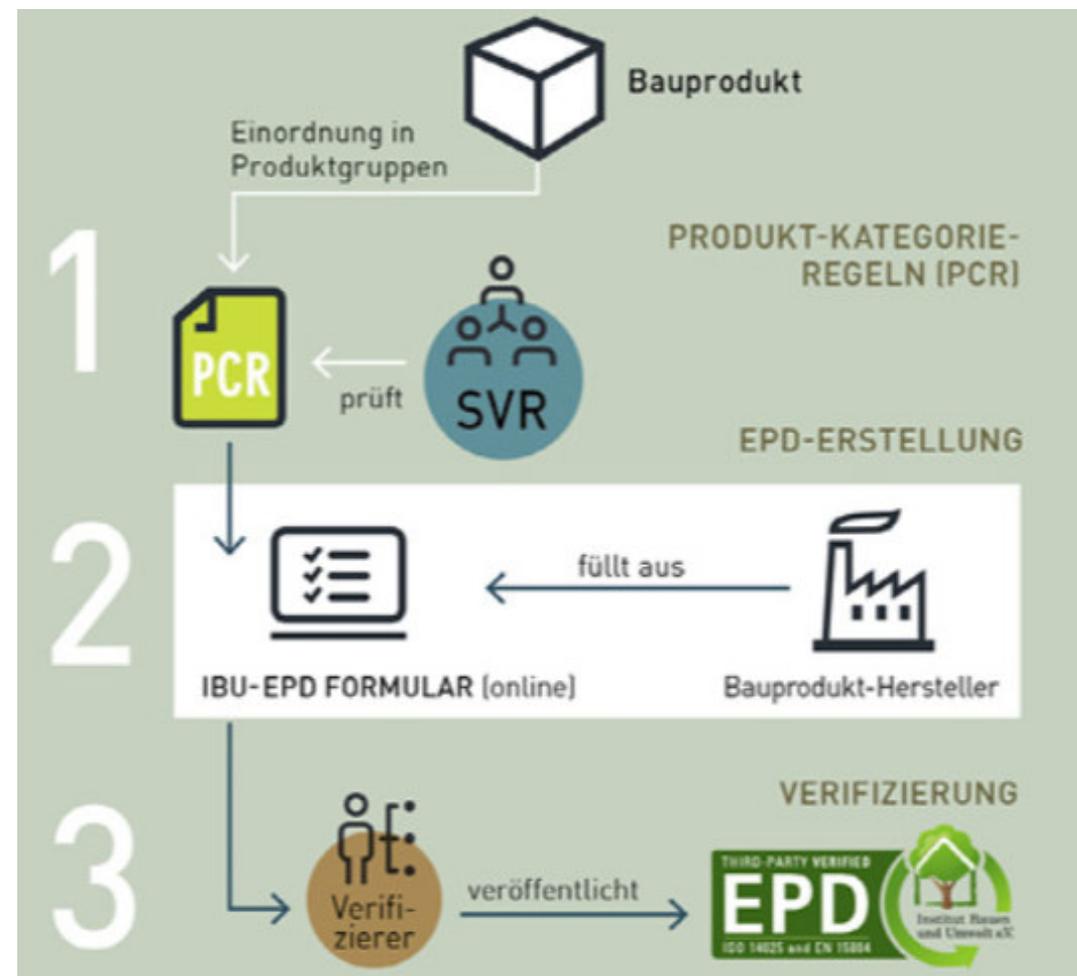
### ➤ EPD Wert (Environmental Product Declaration ; Umweltproduktdeklarationen)

<https://youtu.be/UJDEFxHGlhE>

Erklär-Video EPD (Architekt und Bauherrin)

bewertet ökologische Auswirkungen der Produkte hinsichtlich:

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



➤ **- PEI = Primär Energie Inhalt**

Gibt an, wieviel Energie bereits im Baustoff steckt, bis dieser auf der Baustelle ankommt.  
Es wird zwischen erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energien unterschieden

**Beispiel: Holzfaserplatten**

- Der PEI von Holzfaserplatten variiert je Herstellung und Transport.
  - lange Transportwege verschlechtern den PEI
  - mit Strom getrocknete Holzprodukte, verschlechtert den PEI.

➤ **Primärenergieinhalt kWh/m<sup>3</sup>**

<b>Zellulose-Dämmstoff (lose)</b>	<b>10 – 60</b>	<b>Steinwolle</b>	<b>270 – 986</b>
<b>Hobelspäne</b>	<b>50</b>	<b>Schaumglas</b>	<b>320 – 975</b>
<b>Holzwolle-Leichtbauplatte</b>	<b>35 – 95</b>	<b>künstlich gebundene Korkplatten</b>	<b>360 – 440</b>
<b>Zellulose-Platten</b>	<b>55 – 80</b>	<b>Extrud. Polystyrolplatten (XPS)</b>	<b>470 – 1.032</b>
<b>Backkork</b>	<b>35 – 65</b>	<b>Expand. Polystyrolplatten (EPS)</b>	<b>190 – 1.050</b>
<b>Schafwolle, Flachs</b>	<b>70 – 80</b>	<b>Holzfaserdämmung (lose)</b>	<b>600 – 785</b>
<b>Korkgranulat</b>	<b>90</b>	<b>Holzfaserdämmplatte</b>	<b>1.510 – 1705</b>
<b>Baumwolle</b>	<b>90 – 100</b>	<b>Polyurethanplatten</b>	<b>838 – 1.330</b>
<b>Kokosfasern</b>	<b>95</b>	<b>PU-Schäume</b>	<b>1.140 – 1.330</b>
<b>Expandierte Perlite</b>	<b>210 – 235</b>		
<b>Glaswolle</b>	<b>40 – 1.167</b>		

## 7.3 Beispieltabelle EPD und PEI Mineralische Baustoffe / Holz und Holzwerkstoffe

Baustoff	PEI [MJ/t]	PEI [MJ/m <sup>3</sup> ]	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 $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Primärenergieinhalt nicht erneuerbar		Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_n$ W/(mK)	Diffusionswider- standszahl $\mu$
		PEI MJ/m <sup>3</sup>	PEI kWh/m <sup>3</sup>		
Konstruktions- vollholz 15 % Feuchte	529	4.271	1.186	0,13	50
Schnittholz Fichte (12 % Feuchte / 10,7 % H <sub>2</sub> 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

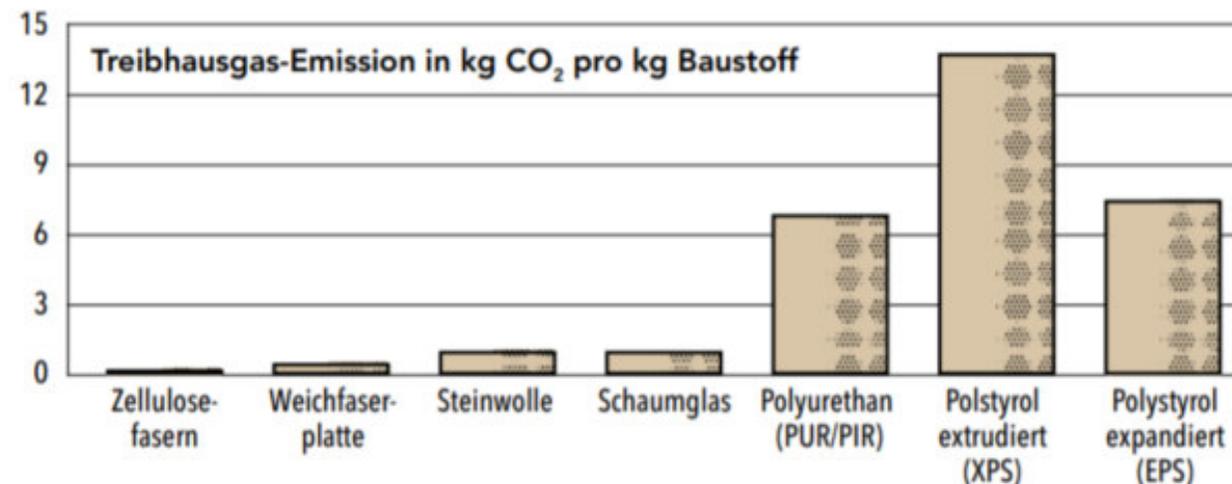
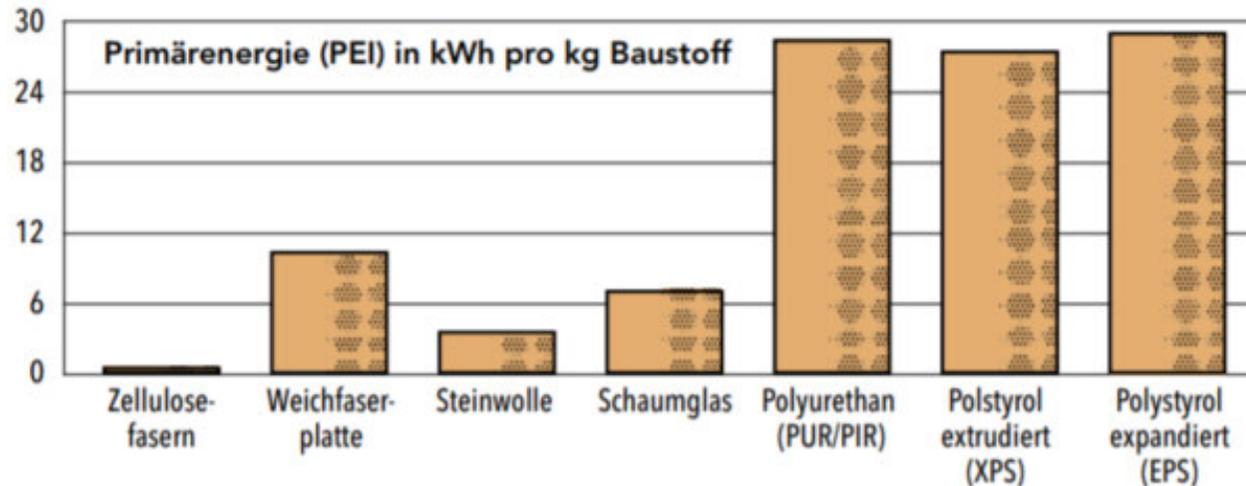
Tab. 1: Kenndaten von mineralischen Baustoffen

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

	Rohdichte $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Primärenergieinhalt nicht erneuerbar		Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_n$ W/(mK)	Diffusionswider- standszahl $\mu$	
		PEI MJ/m <sup>3</sup>	PEI kWh/m <sup>3</sup>			
<b>Ziegel</b>	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
<b>Porenbeton</b>	Porenbeton P2 04 unbewehrt	380	1.387	385	0,11	5/10
	Porenbeton P4 05 unbewehrt	472	2.308	641	0,15	5/10
<b>Kalksandstein</b>	Kalksandstein Mix	2.000	2.483	690	1,1	15/25
<b>Lehm</b>	Lehmstein	1.200	1.440	400	0,47	5/10
	Stampflehm- wand	2.000	106	30	1,1	5/10
<b>Beton</b>	Transportbeton C20/25	2.365	1.133	315	2,00	80/130

## 7.3 Beispieltabelle EPD und PEI Mineralische Baustoffe / Holz und Holzwerkstoffe

### ÖKOBILANZ AUSGEWÄHLTER WÄRMEDÄMMSTOFFE



© Bundesamt für Bauen und Logistik

## 7.4 Kennwerte Dämmstoffe

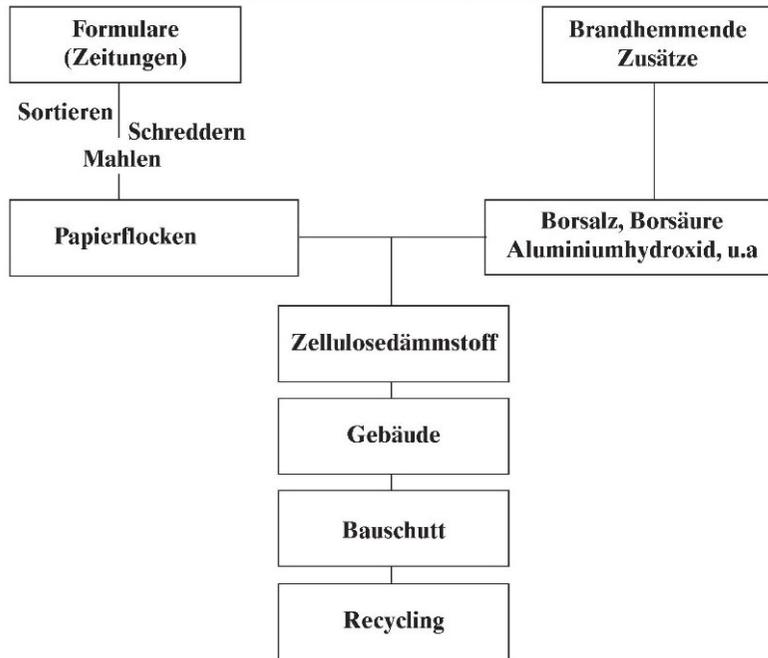
CO<sub>2</sub>-Emissionen, Primärenergiebedarf und Wärmespeicherkapazitäten verschiedener Dämmstoffe:

Herkunft	Material	CO <sub>2</sub> -Emission bei der Herstellung in kg/m <sup>3</sup>	Primärenergiebedarf in kWh/m <sup>3</sup>	Wärmespeicherkapazität in J/(kgK)
nachwachsend	Schafwolle	22,52–46,00	40–80	960–1.300
	Hanf	28,15–46,00	50–80	1.600–1.700
	Flachs	28,15–46,00	50–80	1.300–1.400
	Holzfaserdämmung (flexibel)	28,15–56,30	15	2.000–2.100
	Zellulose	39,41–56,30	70–100	1.800–1.980
	Holzweichfaser	337,80–844,50	600–1.500	2.000–2.100
synthetisch	EPS	112,60–427,88	200–760	1.000–1.200
	XPS	253,35–563,00	450–1.000	1.000–1.200
	PUR	450,40–844,50	800–1.500	1.200–1.400
mineralisch	Blähperlit	50,67–90,08	90–160	1.000
	Steinwolle	85,32–248,85	150–400	840
	Glaswolle	140,75–281,50	250–500	840–1.000
	Blähglas	197,05–563,00	350–1.000	1.000
	Schaumglas	422,25–900,80	750–1.600	840–1.100

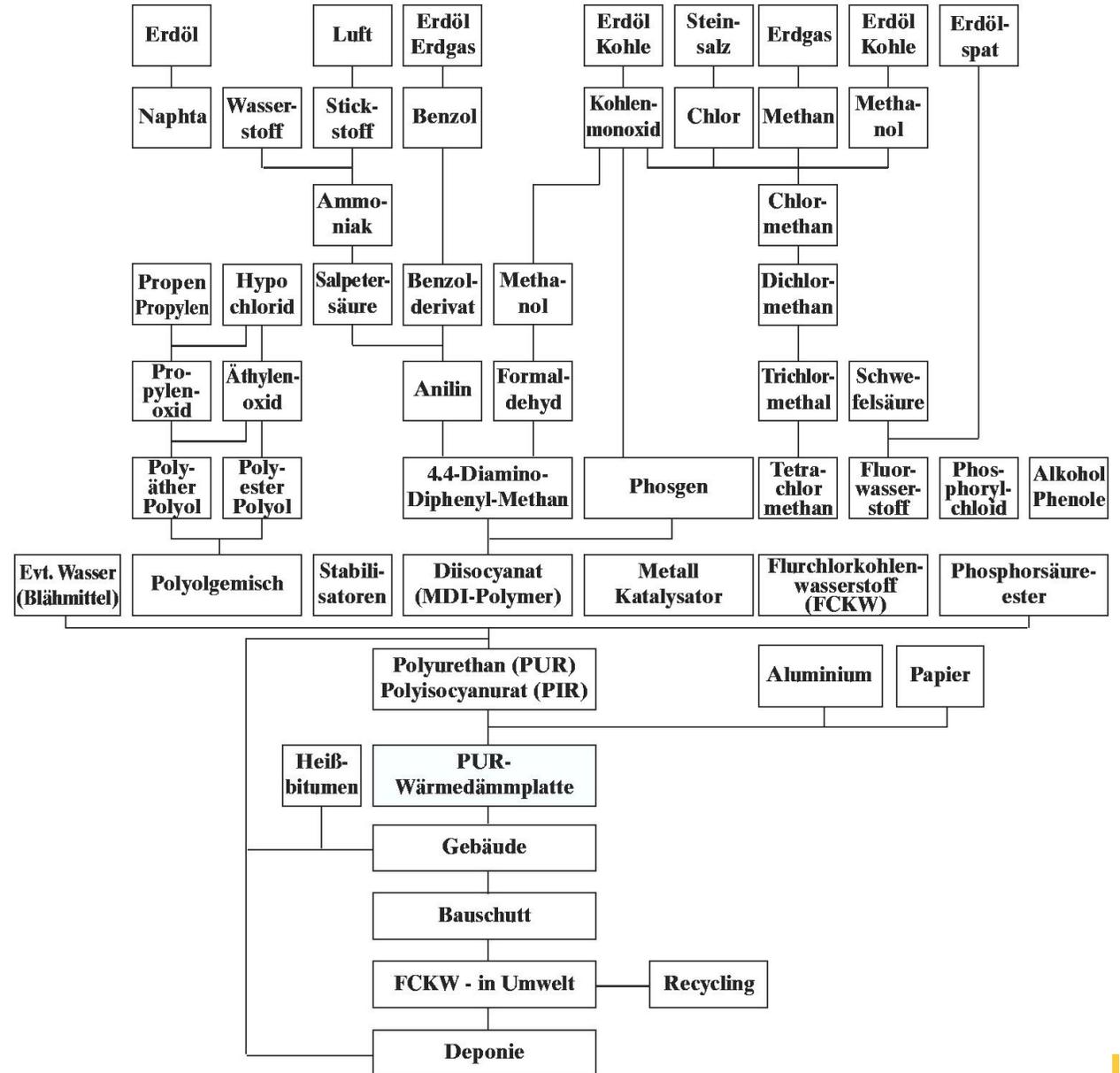
© Institut Baubiologie Österreich

# 7.5 Beispiel Prozessketten

## Zellulose



## Polyurethan



## 8.) Weitere Kenndaten von Baustoffen

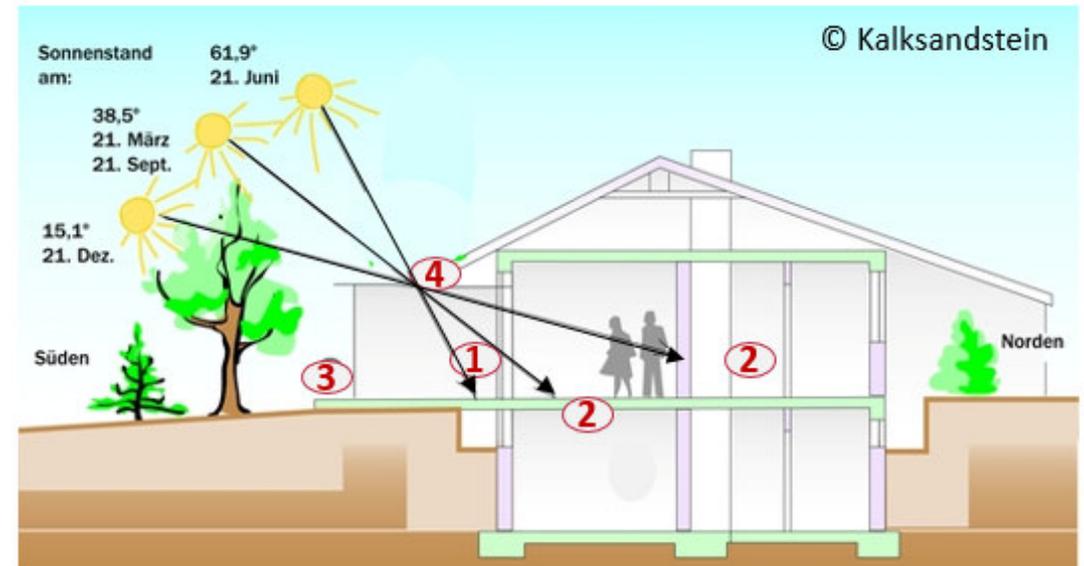
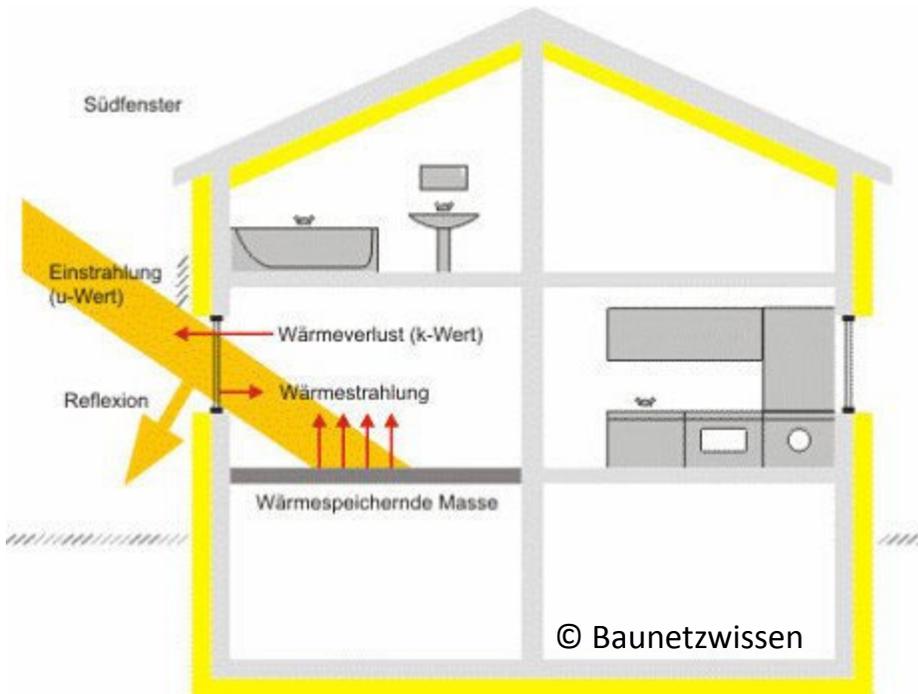
Dämmstoff	$\lambda$ W/(m·K)	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\mu$	$c$ J/kg·K	Baustoff- klasse	Brandver- halten nach DIN EN 13501-1
Flachmatten	0,036–0,040	30–60	1–2	1.600	B2	
Hanfmatte	0,040–0,050	30–42	1–2	1.600–1.700	B2	E
Hanf (lose)	0,048	40–80	1–2	1.600–2.200	B2	
Hobelspäne	0,045	75	1–2	2.100	B2	
Holzfaserdämm- 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 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	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

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

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

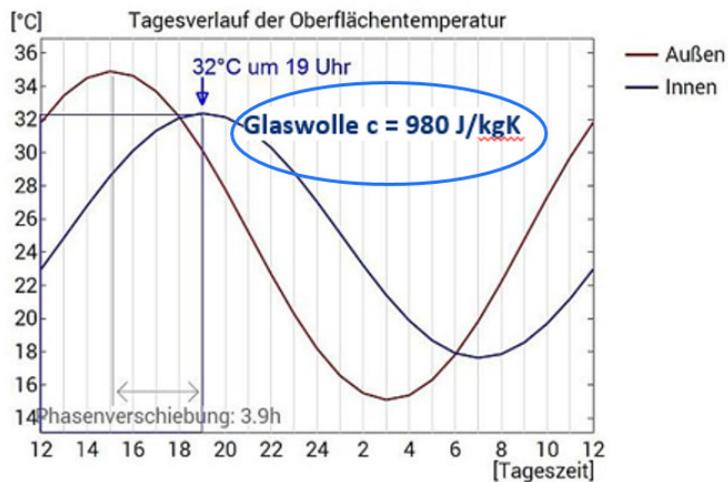
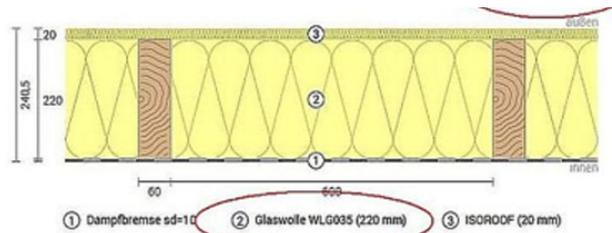


- 1: große Fenster nach Süden bringen Licht und Sonnenenergie ins Haus
- 2: massive Bauteile (z.B. Fußboden Beton; Wände KS) speichern die Wärme
- 3: Laubbäume schützen im Sommer; im Winter lassen die Äste die Wärmestrahlung durch
- 4: Dachüberstand schützt im Sommer

➤ **Einfache Planungskriterien**

## e) c-Wert: Phasenverschiebung - am Beispiel -

...zusammen gefasst:

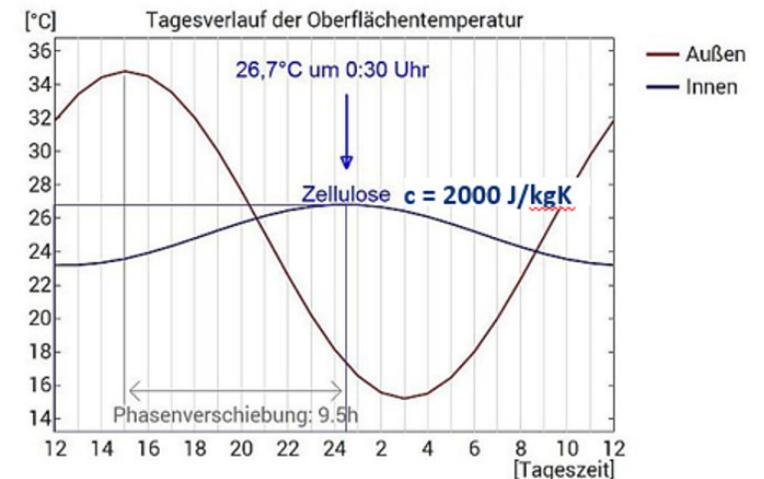
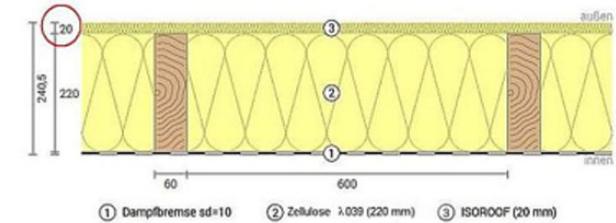


**Phasenverschiebung (h):**  
sorgt dafür, dass die höchste  
Nachmittagstemperatur  
außen, nicht gleichzeitig  
auch im Innenraum  
ankommt.

Optimaler Wert: 10 – 12h.

**Temperaturamplitude (%):**  
gibt an, wieviel der  
Tagestemperatur außen  
überhaupt im inneren  
ankommt.

Optimaler Wert: 5%



© ubakus

Material	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/mK]	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Spez. Wärmekapazität $c$ [J/kgK]	Dampfdiffusionswiderstand $\mu$	Baustoffklasse	Dicke [cm] bei einem U-Wert von 0,3 W/m <sup>2</sup> K	ca. Kosten [Euro/m <sup>2</sup> ] netto bei einem U-Wert von 0,3 W/m <sup>2</sup> 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

## 8.1 Kennwerte Dämmung -Auszug-

## 9. Konstruktionsvergleich: energetisch – nachhaltig

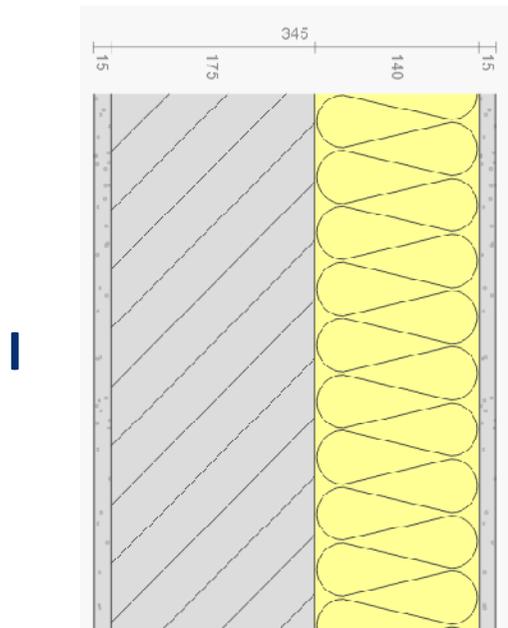
**...dabei gilt zu wissen:**

- 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!**

## 9.1) Massivbau - Holzbau Aufbau

15% aller Ein-Zweifamilienhäuser sind in Holzbauweise errichtet – Tendenz steigend

### AW Massiv



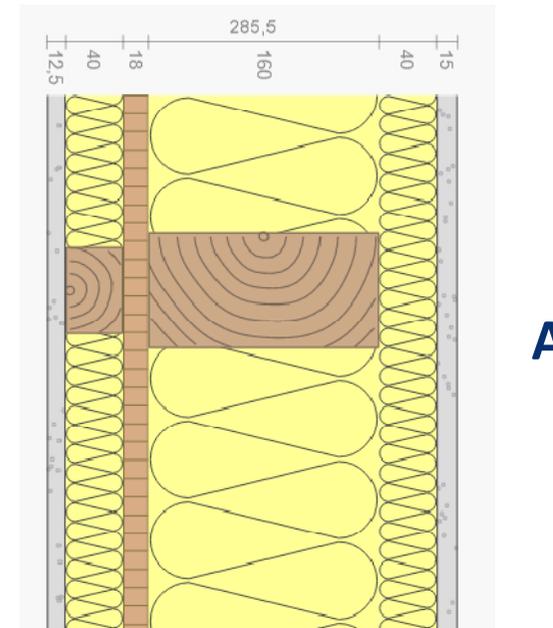
#### Schichtaufbau von innen nach außen

- 15mm Innenputz
- 175mm Mauerwerk Porenbeton
- 140mm Mineralwolle
- 15mm Fassadenputz

**U-Wert: 0,197 W/m<sup>2</sup>K < 0,24 w/m<sup>2</sup>K (GEG)**

© ubakus

### AW Holzständer



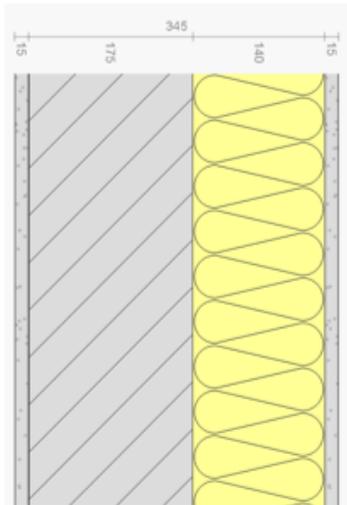
#### Schichtaufbau von innen nach außen

- 15,2mm Gipskartonplatte
- 40mm Installationsebene
- 18mm OSB Platt (verklebt)
- 160mm Holzfaser-Klemmfilz 042
- 40mm Putzträgerplatte (Holzfaser) 042
- 15mm Außenputz

**U-Wert: 0,192 W/m<sup>2</sup>K < 0,24 w/m<sup>2</sup>K (GEG)**

# Massivbau - Holzbau

## a) AW Massiv



### Schichtaufbau von innen nach außen

- 15mm Innenputz
- 175mm Mauerwerk Porenbeton
- 140mm Mineralwolle
- 15mm Fassadenputz

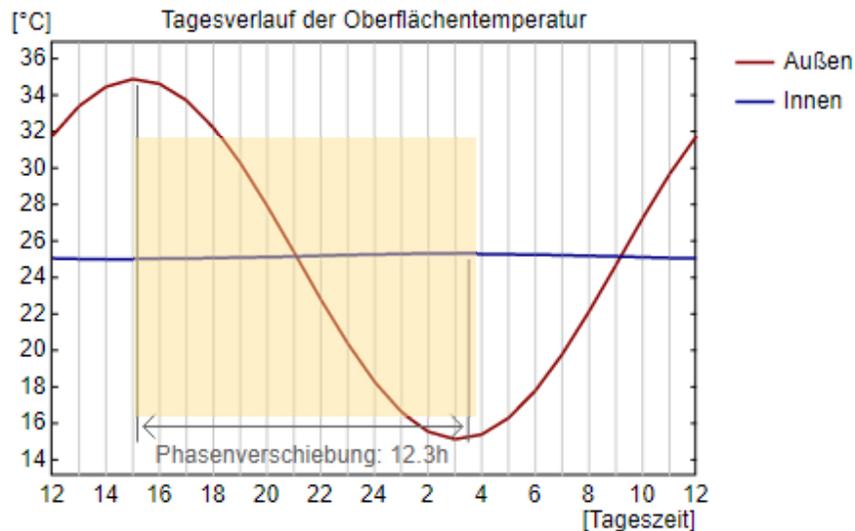
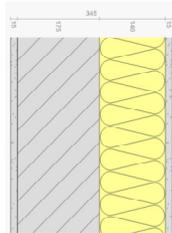
**U-Wert: 0,197 W/m<sup>2</sup>K < 0,24 w/m<sup>2</sup>K (GEG)**

Vorteile	Nachteile
<p>Hohe Tragfähigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Speicherfähigkeit (je nach Dämm-Material außenseitig)</li> </ul>	<p>Aufwendig bei Änderungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schlechtere Phasenverschiebung bei XPS und PU-Dämm-Schäumen</li> </ul>
<p>Größere Spannseiten sind möglich in der Grundrissplanung</p>	<p>Rest-Baufeuchte – Trocknungszeiten über die ersten 3 Jahre; mehr Heizen</p>
<p>Guter Schallschutz</p>	<p>Energie-aufwendiger in der Herstellung</p>
<p>Witterungsstabiler Weniger pflegeintensiv</p>	<p>Hoher Primärenergiefaktor während der Bauphase</p>
<p>Brandschutz einfacher herstellbar</p>	<p>z.T. hohe Schadstoffbelastung je nach Dämmstoff</p>



## 9.2) Massivbau - Holzbau Hitzeschutz

### AW Massiv



**Phasenverschiebung: 12,3 h**

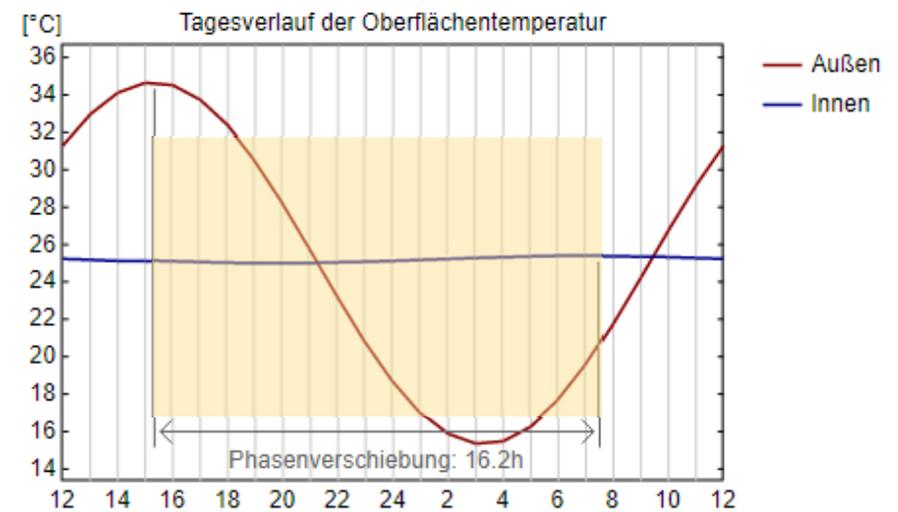
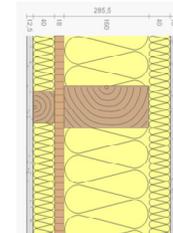
**Amplitudendämpfung: 65,8**

**TAV: 0,015**

Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil): 160 kJ/m<sup>2</sup>K

Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten: 124 kJ/m<sup>2</sup>K

### AW Holzständer



**Phasenverschiebung: 16,2 h**

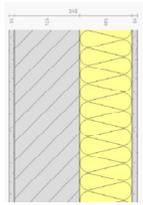
**Amplitudendämpfung: 48,3**

**TAV: 0,021**

Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil): 127 kJ/m<sup>2</sup>K

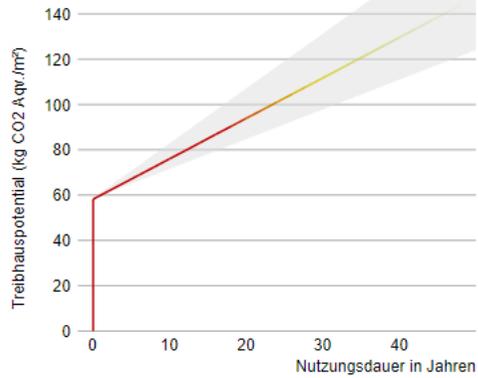
Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten: 58 kJ/m<sup>2</sup>K

# 9.3) Massivbau - Holzbau Ökobilanz

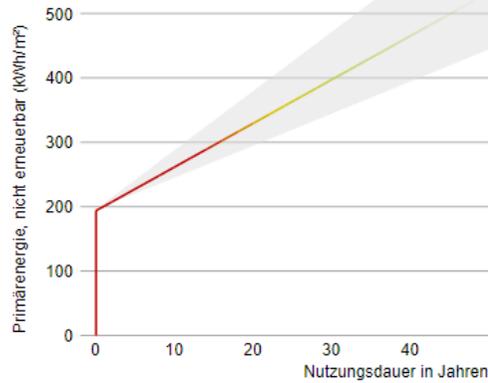


## AW Massiv

Treibhauspotential



Primärenergieaufwand



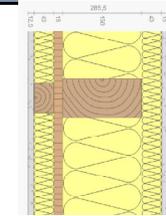
Wärmeverlust: 15 kWh pro m<sup>2</sup> und Heizperiode



Primärenergie (nicht erneuerbar): 194 kWh/m<sup>2</sup>

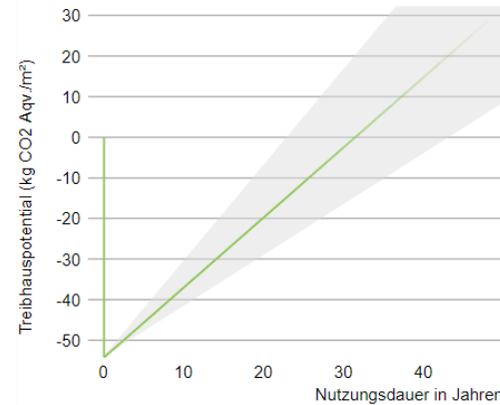


Treibhauspotential: 58 kg CO<sub>2</sub> Äqv./m<sup>2</sup>

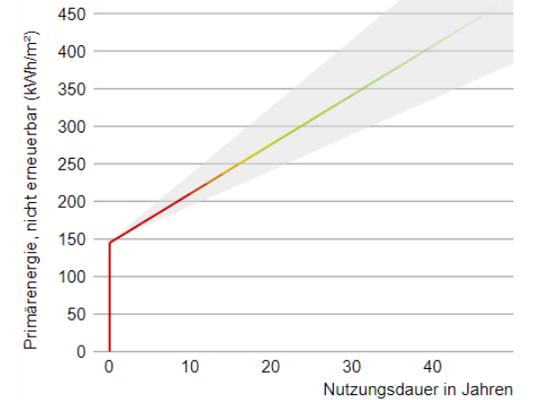


## AW Holzständer

Treibhauspotential



Primärenergieaufwand



Wärmeverlust: 15 kWh pro m<sup>2</sup> und Heizperiode



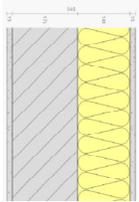
Primärenergie (nicht erneuerbar): 145 kWh/m<sup>2</sup>



Treibhauspotential: -54 kg CO<sub>2</sub> Äqv./m<sup>2</sup>

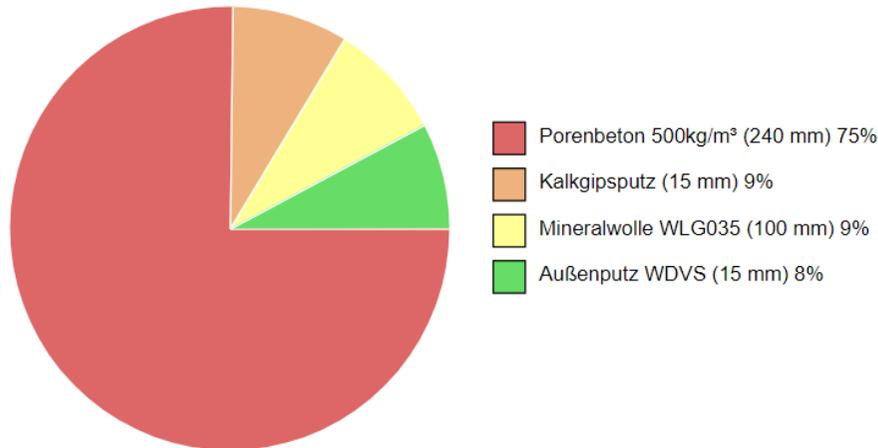


# 9.3) Massivbau - Holzbau Ökobilanz

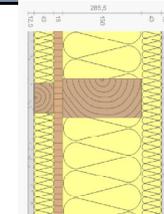


## AW Massiv

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands für die Herstellung

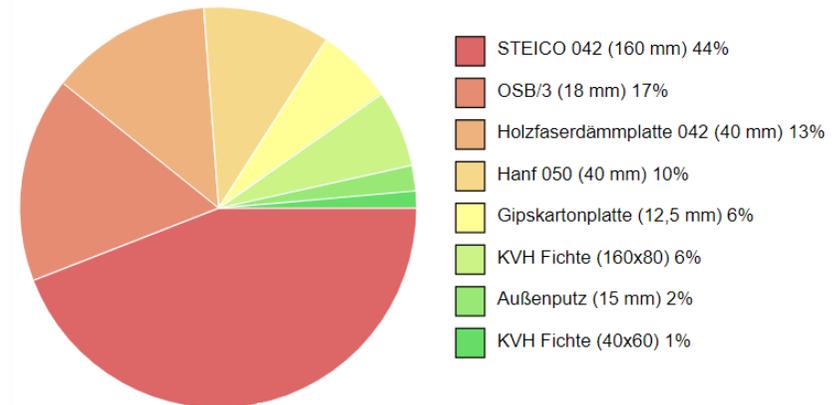


Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung in kg CO2 Äqv./m²

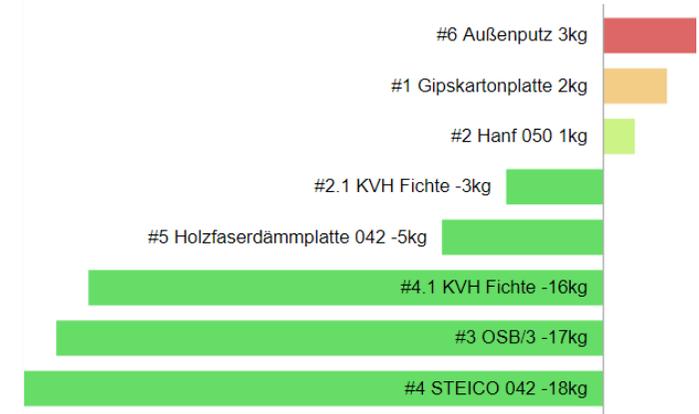


## AW Holzständer

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands für die Herstellung



Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung in kg CO2 Äqv./m²



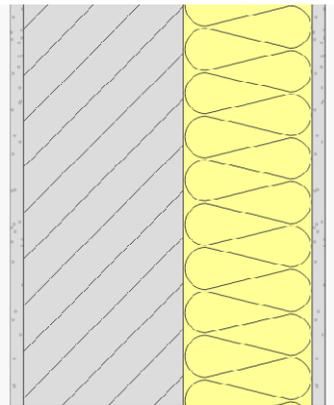
**Negative Treibhauspotenzial:** bei der Herstellung wird mehr Treibhausgase der Atmosphäre entzogen, als zugeführt wird.  
(Holz hat in der Wachstumsphase schon Gase entzogen)

## Massivbau vs. Holzbau – 9.4) Graue Energie -

### Bewertungsfaktoren allgemein:

- Materialwahl und Herstellungsaufwand (Menge Graue Energie des bewerteten Materials)
- Konstruktionstyp (Volumen und Lebensdauer des bewerteten Materials)

### AW Massiv

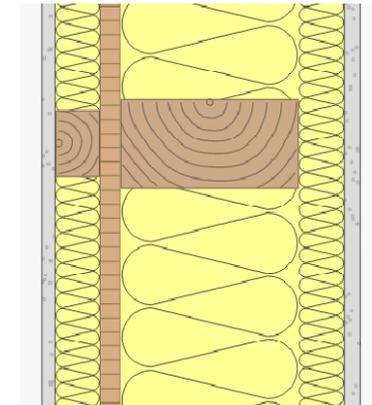


#### Schichtaufbau von innen nach außen

- 15mm Innenputz
- 175mm Mauerwerk Porenbeton
- 140mm Mineralwolle
- 15mm Fassadenputz

**Graue Energie: 18,6 MJ/m<sup>2</sup>a**

### AW Holzständer



#### Schichtaufbau von innen nach außen

- 15,2mm Gipskartonplatte
- 40mm Installationsebene
- 18mm OSB Platt (verklebt)
- 160mm Holzfaser-Klemmfalz 042
- 40mm Putzträgerplatte (Holzfaser) 042
- 15mm Außenputz

**Graue Energie: 9,9 MJ/m<sup>2</sup>a**



# 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](mailto:service@hwk-rhein-main.de)

[www.hwk-rhein-main.de](http://www.hwk-rhein-main.de) • [www.rhein-main-campus.de](http://www.rhein-main-campus.de)