Heating for Future

Oder: **Wie WärmeWende wirklich wird**

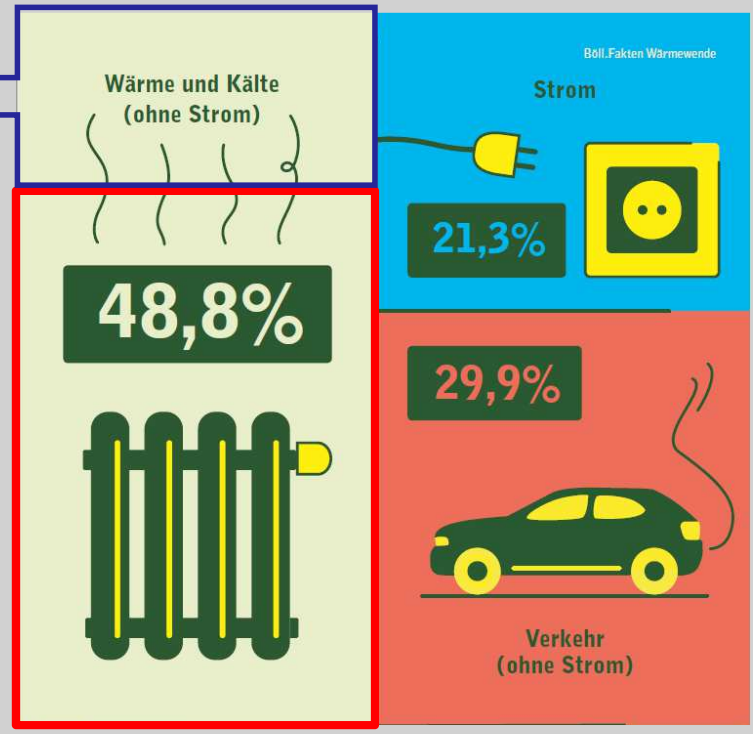
Wie verändert die Energiewende zur Klimaneutralität die Anforderungen an die Sanierung der Bestandsgebäude und deren Heiztechnik?

Robert Borsch-Laaks
Sachverständiger für Bauphysik, Aachen

Der schlafende Riese der Klimawende

Industrielle Prozesswärme

- Rund 40% des weltweiten Energiebedarfs entstehen für Gebäudeheizung, Warmwasser und den Energie-bedarf des Bausektors



Quellen: Böllstiftung „Fakten Wärmewende“ / www.bauhausdererde.org

Frage in die Runde:

- Was ist die beste Heizung?
- Die „**Nicht** – Heizung“!
- Es geht nicht um „Mega-Watt“ sondern um „Nega-Watt“ (Amory Lovins)
- Aber: Wir wollen doch nicht frieren und nicht ersticken, weil wir nicht mehr lüften dürfen...

Heizen früher …

- Die Behausungen der Inuit: Optimale Bauform plus Bewegung und warme Kleidung = Leben im härtesten Klima
- Die Heizung: Ein „Minifeuer“ aus Fischtran reichte aus.

- Was wünscht sich der Mitteleuropäer?

„Nach einer britischen Studie ist die Raumtemperatur seit 1970 um 4 Grad gestiegen, die Menschen würden es „nicht mehr akzeptieren, zuhause im Winter dicke Kleidung zu tragen“.

Quelle: Telepolis, 2014

Wärmeschutz früher und heute

- Die Alternative: Unsere Häuser warm anziehen.

- Archäologische Funde in Langenselbold (Hessen) aus der Bronzezeit (1.400 v.Chr.):
  Mit Lehm verputztes Flechtwerk mit getrocknetem Gras als Wärmedämmung.
- Der Dämmwert einer solchen Wand entspricht in etwa dem Niveau der Wärmeschutz-Verordnung von 1984

Quelle: Werner Eicke-Hennig

Worum geht es?

- Wärmetechnische Sanierung der Bestandsgebäude
- Die Bauphysik … die Bedenken und Zweifel … die Hindernisse und Grenzen … der Zeitfaktor
- Die neue Heizung
- Alte Energiesparpfade versus neue Ziele … klimaneutrale Energieträger … Umstellung auf neue Heizsysteme … Wann? … Mit welchem Aufwand? … Wie dimensioniert?
- Was wir dafür brauchen? Den Rat der Wissenschaftler und der technischen Experten!

Das Fouriersche Gesetz der Wärmeleitung

Josef Fourier
(1768–1830)

$$\dot{Q} = \lambda \cdot A \cdot \frac{T_{W_1} - T_{W_2}}{d}$$

Einheit für $\dot{Q}$ ist Watt (W)

Hierbei stehen die einzelnen Formelzeichen für folgende Größen:

- T_{W_1}: Temperatur der wärmeren Wandoberfläche
- T_{W_2}: Temperatur der kälteren Wandoberfläche
- A: Fläche, durch die die Wärme strömt
- λ: Wärmeleitfähigkeit (temperaturabhängige Stoffgröße)
- d: Dicke des Körpers, gemessen von Wand zu Wand

- Vor 200 Jahren formuliert ist diese einfache Grundgleichung aktueller denn je, wenn die Wärme im Haus bleiben soll.

Der anschauliche U-Wert

Wärmedurch-gangs-koeffizient **U**

Wärmeleit-fähigkeit **λ**

Dicke der Schicht **d**

Beispiel Dämmschicht:

λ_D= 0,040 W/mK = 4 W/cmK

$$U = \frac{\lambda}{d}$$

$$U = \frac{4}{d_{Dämm}}$$

$$d_{Dämm} = \frac{4}{U}$$

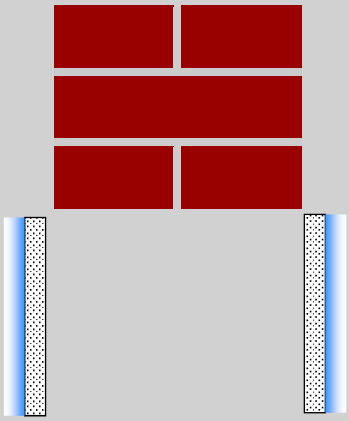
Dämmdicke in cm

- Entwicklung einer Faustformel

Wieviel Dämmwirkung bringt das Mauerwerk?

- Wie dick muss eine Dämmschicht (WLG 040) sein, um die gleiche Wärmeschutz-Wirkung zu erzielen, wie dieses 24er– Mauerwerk?

Vollziegel, 24 cm, 1.800 kg/m³, λ = 0,81 W/m²K



1,2 cm

Putzschichten und Übergangs-widerstände

0,9 cm

- Summe der äquivalenten Dämmdicke **2,1 cm**
- U- Wert = 4 / Σ d_{eq} = 4 / 2,1 = 1,9 W/m²K

Berechnung der Dämmwirkung von Baustoffen

Dämmfähigkeit des Baustoffs δ

Leitfähigkeit Dämmstoff λ_D

Leitfähigkeit Baustoff λ_B

Es gilt bei WLG 040:

$$\delta = \frac{0{,}04}{\lambda_B}$$

Beispiel: Vollziegel-Mauerwerk

δ = 0,04 / 0,81 = 0,05 = 5 %

Äquivalente Dämmdicke d_{eq}

Dicke der Baustoffschicht d_B

$$d_{eq} = \delta * d_B$$

Beispiel: 24er Voll-Ziegel

*d_{eq} = 0,05 * 24 cm = 1,2 cm*

Anforderungen an die Altbausanierung

- Die Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnungen (1977 bis 2016) seit jeher und jetzt auch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) stellen „**bedingte Anforderungen**“, d.h. immer dann,…
- …wenn **Bauteile** (a) **ersetzt, erstmalig eingebaut** (Umbau) oder (b) **erneuert** werden (z.B. Erneuerungen von mehr als 10% der Bekleidungen, z.B. Außenputz oder Dacheindeckung)
- … sind die Wände, die Dächer etc. auf ein wirtschaftliches Dämmniveau zu verbessern (**maximale U-Werte je nach Bauteil**).

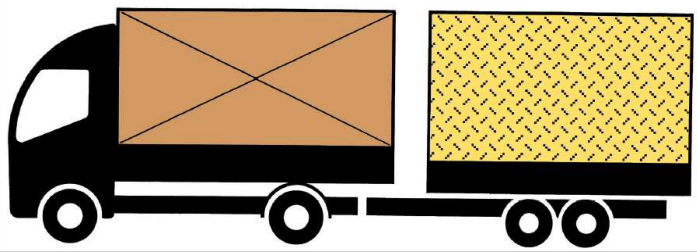


Abb. 1: Das Kopplungsprinzip bei der wärmetechnischen Altbausanierung: Wärmeschutz hängt sich an die sowieso geplanten Modernisierungs-Maßnahmen an.
Grafik: R. Wendorff

Wo stehen wir, wo müssen wir hin?

Beispiel Außenwände: Vom Status quo im Bestand zur „best practice“ - Lösung bei der Sanierung

- Etwa 50 – 60 % mittelmäßig oder nicht gedämmt (U= 0,6 bis 1,5 W/m²K).
- Etwa 30 – 35 % einigermaßen gedämmt (U= 0,3 bis 0,34 W/m²K).
- **Best practice:**
  U= 0,15 W/m²K (Außendämmung) und U= 0,25 W(m²K) (Innendämmung)
- **Wann kann man was tun?**

Immer dann, wenn sowieso an der Fassade was gemacht wird z.B. bei:

- Putzausbesserungen, **aber auch bei neuem Anstrich**.
- Umbau bei Besitzerwechsel und beim Einbau neuer Fenster
- Das Motto hierbei: **Wenn schon – denn schon**. Nichts halbgares sondern „best practice“. Denn eine heutige Sanierung führt zu einem „Lock-in-Effekt“ für die nächsten 30 bis 50 Jahre.

Politik contra Klimaschutz

- Was haben die politisch Verantwortlichen in den letzten Jahren aus dem seit Jahrzehnten bewährten Kopplungsprinzip bei sowieso durchzuführenden Sanierungen und Modernisierungen gemacht?
- Die letzten positiven, wirtschaftlich sinnvollen Anpassungen im Sinne des Klimaschutzes erfolgten beim Bauteilverfahren mit der EnEV 2009
- Danach gab es ein **Rollback beim Wärmeschutz** - im Wesentlichen aufgrund der Lobbyarbeit der Wohnungswirtschaft. Beispiele:
- Nur wenn der alte Außenputz komplett erneuert werden muss, ist noch eine Außendämmung von Wänden gefordert.
- Bei Erneuerung von inneren Bekleidungen von Außenbauteilen (Wände, Dächer, Decken zum Dachboden und zum Keller) bestehen keinerlei Anforderungen mehr, hierbei Wärmedämmungen einzubauen.
- Die wirtschaftlichste aller Dämmmaßnahmen (oberste Geschossdecke) braucht nicht nachgerüstet werden, wenn deren aktueller U- Wert nicht schlechter ist 0,91 W/m²K ist (ca. 4 cm Dämmdicke). Bei Ein- & Zweifamilienhäusern Nachrüstung nur bei Besitzerwechsel.

Wärmeschutz im Zahlenspiegel

Typ der Aussenwand	Bestand: Bau-alter	Dicke [cm]	λ -Wert [W/mK]	U-Wert [W/m²K]	d_{eq} [cm]	Forderung/ Förderung bei Sanierung:	GEG	BEG	Best	
						U ≤	0,24	0,20	0,15	W/m²K
							Zusatzdämmung (cm)			WLS 032
Vollziegelwand, verputzt	bis 1950	40	0,81	1,4	2,8		14	17	24	19
Hochlochziegel / Hohlblocksteine	bis 1977	30	0,58	1,4	2,9		14	17	24	19
Porenziegel / Porenbeton	bis 2000	40	0,26	0,6	7,0		10	13	20	16
Nicht gefordert aber sinnvoll Volldämmung, WLS 035						U ≤	0,37	0,45	0,25	W/m²K
Vollziegelwand (Kerndämmung)	bis 1960	36	0,81	1,2	3,3		8	---	5	Innen-däm-mung
Vollziegelwand (Innendämmung)	bis 1950	40	0,81	1,4	2,8		---	6	13	
Putzsanierung einer Außendämmung nach 3. WSchVO 1984, **U ≤ 0,60 W/m²K**					6,7		Keine weitergehende Anforderung nach GEG !			
Anforderung für Innendämmung EnEV 2009: **U ≤ 0,35 W/m²K**							8 -10	cm		in GEG gestrichen

GEG: Gebäudeenergiegesetz (2020) | BEG: Bundesförderung effiziente Gebäude (2021)

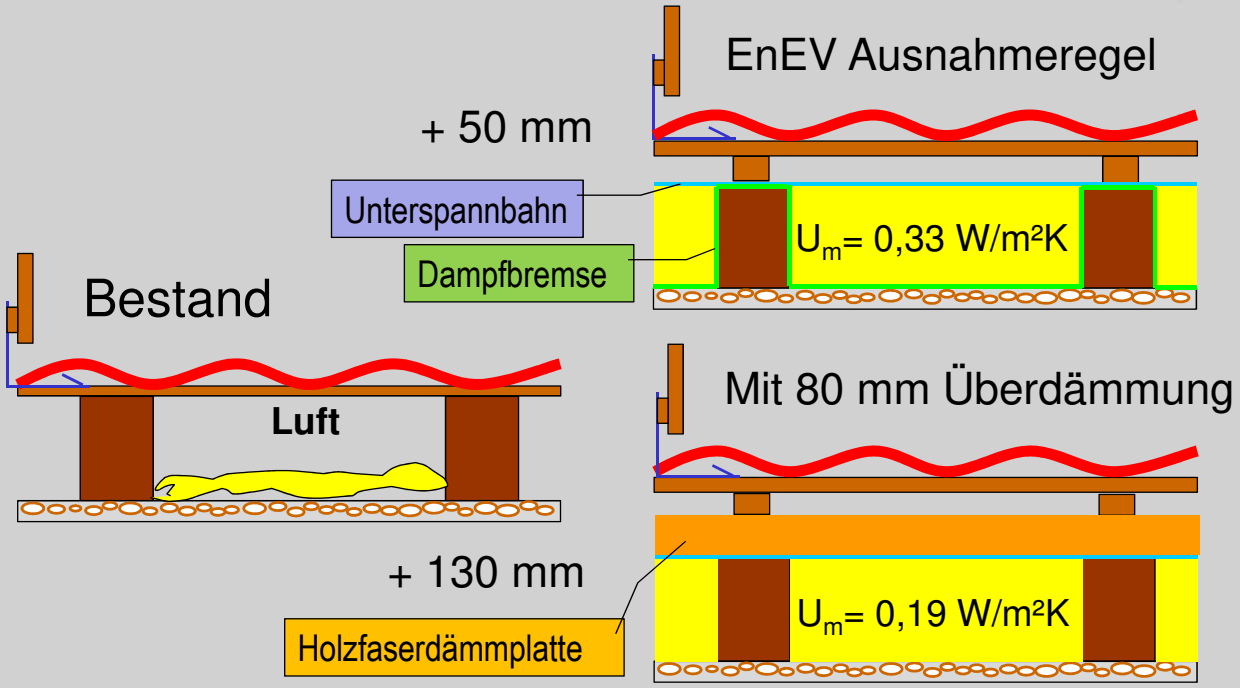
Best: Empfehlung Jagnow / Wolff: Heating for Future, HOLZBAU - die neue quadriga, Heft 3/2021

Weitere Ausnahmen im GEG

- Nachträgliche Kerndämmung: Nur entsprechend der vorhandenen Hohlschichtdicke. Erreichbare U-Werte: 0,4 bis 0,5 W/m²K ☑

- „Bestandsschutz“ für alle Dämmmaßnahmen die nach der 3. Wärmeschutz VO (ab 1.1.1984) ausgeführt wurden.
- D.h. der mäßige Wärmeschutz jener Zeit braucht auch bei Putzerneuerung nicht nachgerüstet zu werden und bleibt so bis 2050 ff. !
- Dachdämmung bei Neueindeckung ist nur entsprechend der Sparrenhöhe erforderlich und Dachausbauten der 80er und 90er Jahre brauchen keine Ertüchtigung …

Beispiel Neueindeckung: Was ist wirtschaftlich?



Die Anpassung der Dachanschlüsse ist ein „Sowieso“-Aufwand bei Neueindeckung

Und was ist in 30 Jahren bei der nächsten Neueindeckung?

Die praktischen Alternativen

- Berg & Tal

- Immer sinnvoll:

- „Oben drüber weg“

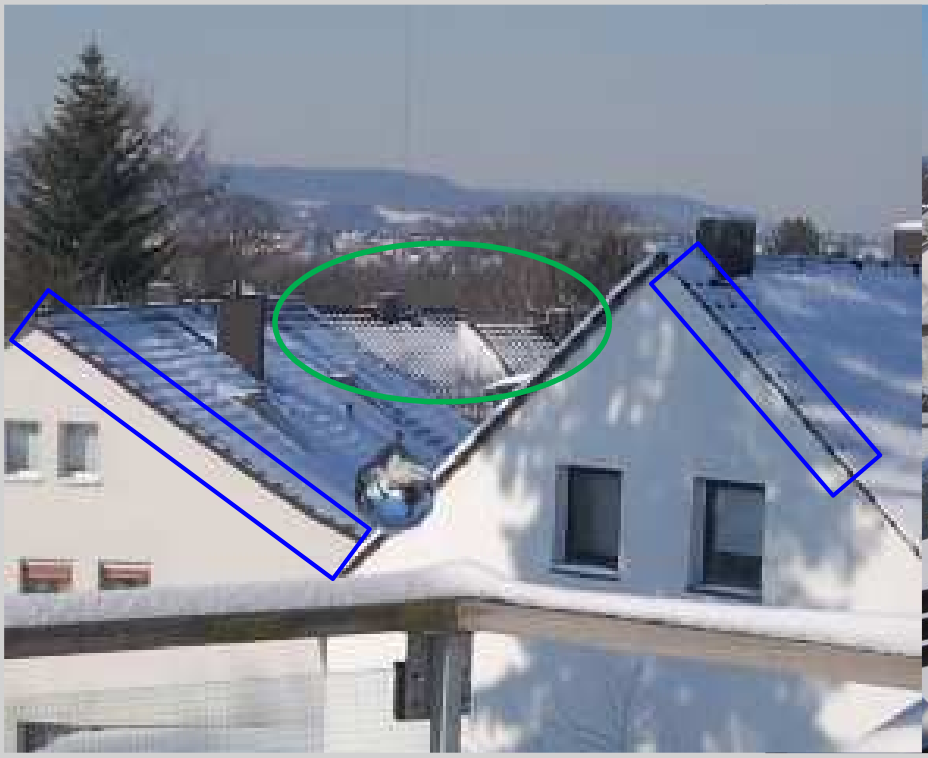
Einblasdämmung z.B. mit Zellulose

Sanierung von jungen Altlasten

- Dachausbau der 70/80er Jahre: Nur teilgedämmt und hochgradig undicht

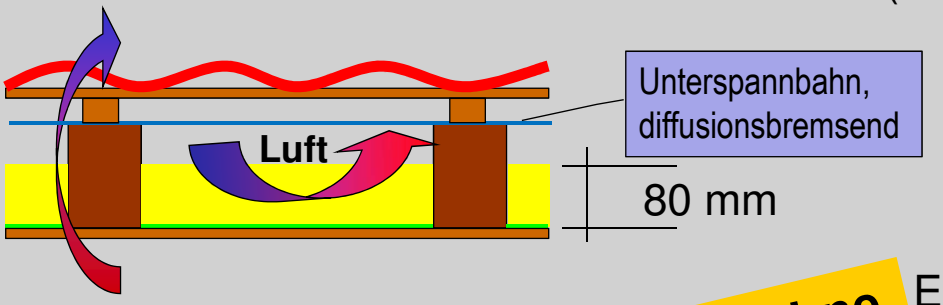
Fotos: Martin Epple, Werner Eicke-Hennig

Schnee-Thermografie



Eine fatale Ausnahmeregel EnEV 2014

… für den Dachausbau der 80er Jahre (ab 1.1.84)



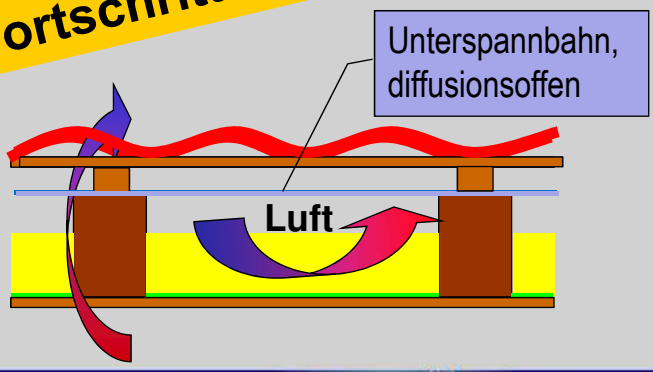
U_m nur ca. 0,6 W/m²K

Fehlende Winddichtung der Gefache verschlechtert den λ-Wert

Fehlende Luftdichtung: Durchströmung des Bauteils von innen nach außen und umgekehrt

60 Jahre ohne Fortschritt!

Erneuerung der Eindeckung gem. Ausnahmeregel:



Schneethermografie 2020

Dachausbauten von 1984 & ff.

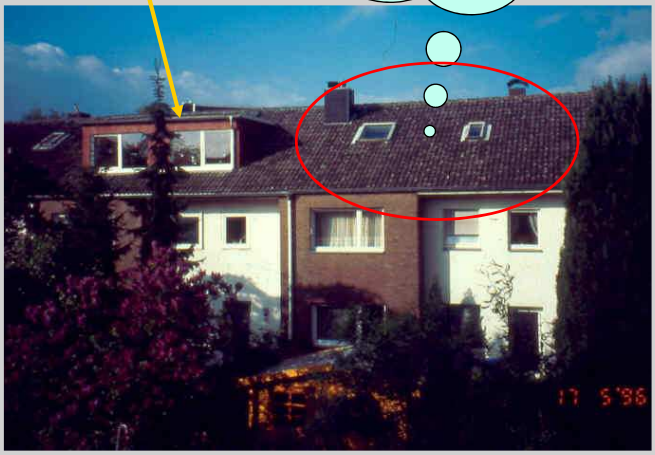
Nach Neueindeckung 2020:

Modernisierung und Sanierung einer Reihenhauszeile (Baujahr 1963)

Haus 32 mit Dachausbau von 1971

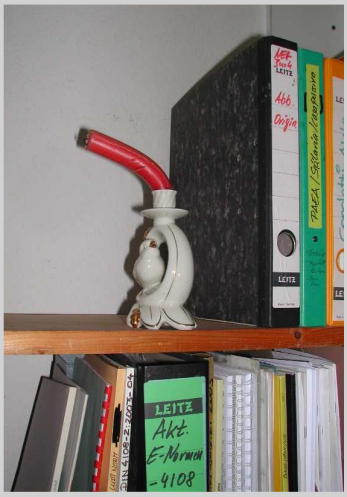
Haus 30 mit Niedrig-Energie-Sanierung und Dachausbau 1994

Haus 32 mit Dachausbau von 1971

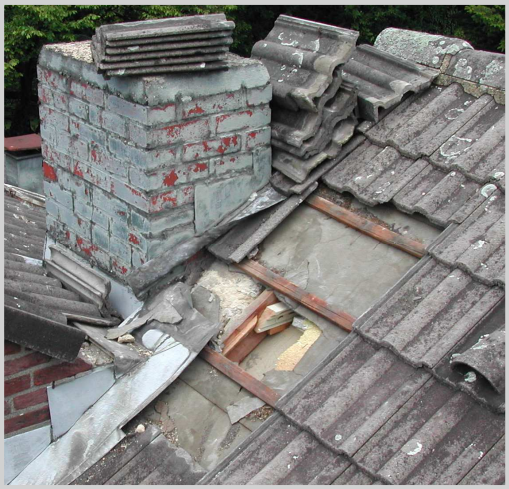


„Der Schuster hat die schlechtesten Schuhe“

- Dachausbau von 1971:
  30 mm Styropor zwischen den Sparren plus Gipskarton – das war‘s.



- Luftdurchlässigkeit der wärmenden Hülle:
  Mehr als das dreifache des heutigen Standards



- Im Winter zugig und extrem trockene Luft
- Im Sommer unerträglich heiß

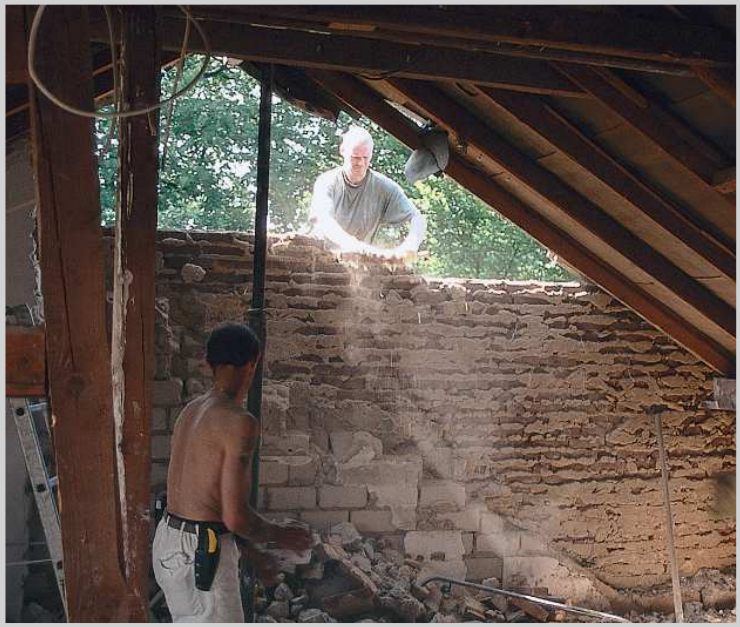
Start auf zwei Baustellen

- Ziel: Bürogeschoss in Holzbauweise
- Abriss des alten Ausbaus

- Vorfertigung der Holzbauelemente im Reihenhausgarten

Abreißen und Neumachen !

- Rückbau des alten Dachausbaus und auch der Giebel- und Trennwände zu den Nachbargrundstücken



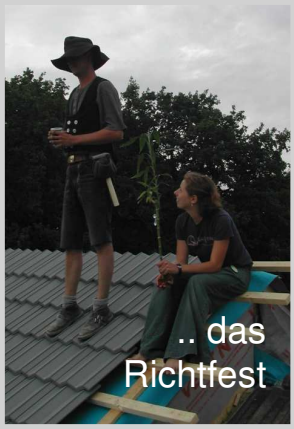
Der Bautag in Juni 2003

Start um 6.00 Uhr → Tabula rasa nach 4 Stunden

11.30 h Imbiss vor der neuen Holzbau-Trennwand

Danach: Montage der neuen Drempel-wände

Dämmwerte: 24 cm Zellulose- + 8 cm Holzfaserplatten → U= 0,14 W/m²K.



Was hat es gebracht ?

- Eine halbe Tonne Heizkörperschrott und Heizungsrohre entsorgt… und keine neuen installiert.
- Die neuen Heizquellen: Die normale Büroabwärme (ca. 500 bis 700 kWh/Jahr), die passive Solarnutzung durch die Fenster und …

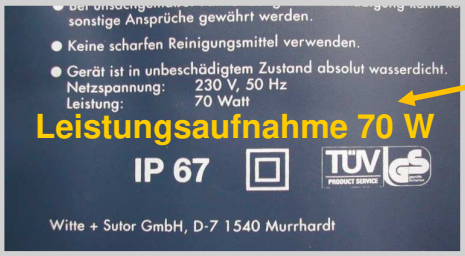
Zwei „ehrliche“ Heizquellen

- Eine Fußheizmatte unterm Chef- Schreibtisch
- Ein ehemaliger Badezimmer-Heizstrahler für die Sekretärin.

Mittlerer Stromverbrauch (2003 bis 2021):

Rund 1.000 kWh/Jahr

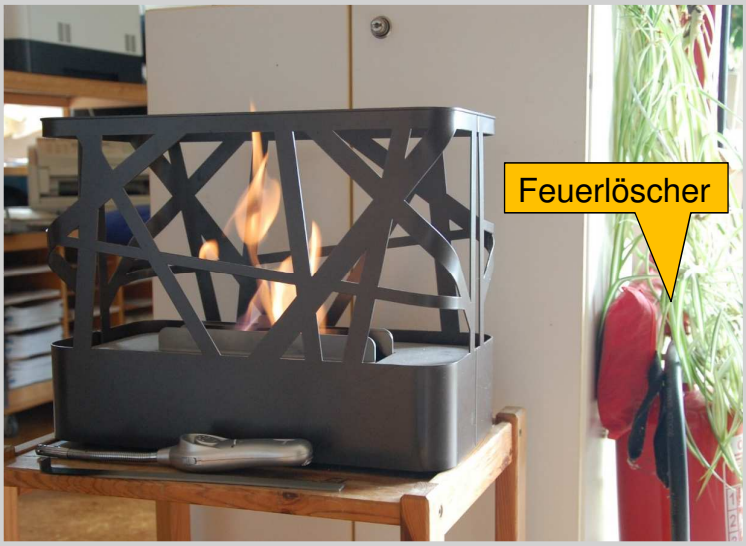
oder 18 kWh pro m² Nutzfläche (für alles: drei Computer, Fax, Kopierer, Beleuchtung **und elektrische Direktheizung)**



Entspricht der Wärmeproduktion von einer Person bei Büroarbeit

Die nicht-elektrische Notheizung

- Für strahlungsarme Wintertage: Eine Tischfeuerstelle mit Bio-Ethanol. Verbrauch ca. 15 Liter/Jahr (ca. 200 kWh/a)
- Voraussetzung: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Kontrolle der Luftqualität (ppm CO_2)



Die Lösung der Nachbarn

- Aufdoppelung der Sparren, 24 cm Zellulosedämmung, außen diffusionsoffene Unterspannbahn und innen OSB-Platte. U_m= 0,19 W/m²K

Nachbarschaftlicher Solarwettbewerb

- 2021: Neue PV- Anlage beim Nachbarn am Ende der Reihenhauszeile (Haus 34)
- 2021: Drei Balkon- PV- Anlagen für die Häuser 30 & 32

Der Schnee bleibt liegen

Die Gesamtsanierung zum Diskutieren

2006: Nachbarschaftliche Dämmung des Gebäudeversatzes

2009: Wohnraumerweiterung und neue, größere Fenster im Passivhaus-Standard, Außen- & Innendämmung

2002: Wohnraumerweiterung in Holzbauweise

- **Vorläufiges Gesamtergebnis: Rund 70% Heizenergieeinsparung und Wohnraum für 13 Menschen auf ca. 32 m²/Pers plus 80 m² Büronutzung**

Wärmeverlust eines Bauteils

- Das Fourier'sche Gesetz praktisch angewandt

U – Wert (**U**) * **Fläche** (**A**) * **Temperatur-unterschied** (**ΔT**) * **Heizzeit** (**z_H**)

Verlust durch Wärmeleitung (Transmission) (**Q_T**) = Verlustleistung [W]

Klimafaktor (Heizgradstunden) (**f_K**) = **ΔT** * **Heizzeit** (**z_H**)

Formel für Heizwärmebilanzen:

$$Q_T = U * A * 84 \ [kWh/a]$$

Beispiel:

$\Delta T = 20°C - 4°C = 16\ K$

$z_H = 220\ d * 24\ h/d = 5280\ h$

$f_K = 84.480\ Kh = 84\ kKh$

$$f_K = \Delta T * z_H$$

Was muss man politisch fordern… und fördern?

- **Anpassung der Mindest U-Werte** bei der Bauteilsanierung (derzeit noch auf Stand EnEV 2009) an die heutigen Klimaschutzanforderungen.
- **Abschaffung von Ausnahmeregelungen**, die seitens der Lobby von Interessengruppen in der EnEV (und dem GEG) geschaffen wurden
- Alles was bei den „bedingten Anforderungen“ sich entsprechend der notwendigen Steigerung der CO_2 Preise als wirtschaftlich erweist, **muss nicht staatlich gefördert** werden.
- Was darüber hinaus im Sinne von nachhaltigen **„Best Practice“-Lösungen** sinnvoll wäre, kann durch entsprechende **Förderanreize** attraktiv gemacht werden.
- Um Dämmmaßnahmen zu initiieren, die **ohne „Sowieso-Maßnahmen“** vorgezogen werden, muss die Politik die entsprechenden **Förderinstrumente der KfW bzw. BEG zukunftsfähig anpassen**.

Gebäude und Heiztechnik

- Das Problem: Die **Umsetzung der wärmtechnischen Gebäudesanierung dauert** und dauert und dauert …
- Die **Ursache: Die technische Lebensdauer** der äußeren Bauteilschichten - auch der kritischen, wetterexponierten - beträgt 30 Jahre und mehr.
- Die **Bewohner haben kein Sinnesorgan, das mangelhaften Wärmeschutz erlebbar** macht, weil die Zentralheizungen die kalten Innenoberflächen der Außenbauteile (insbes. Fenster) meist ausgleichen können.
- Die **technische Lebensdauern von Heizkesseln liegt bei der Hälfte** der Bauteile der Gebäudehülle. Von daher ist es nachvollzierbar, dass bei der energetischen Sanierung immer zu erst an die Heizanlage gedacht wird.

Heizungsoptimierung bisher

Die Favoriten seit den 90er Jahren

- Brennwertkessel (i.d.R. mit Erdgas)
- Nah-/Fernwärme mit (B)HKW (mit Erdgas oder Kohle)
- Thermische Solaranlagen (Warmwasser/ Heizunterstützung)
- Holz(pellet)Heizung

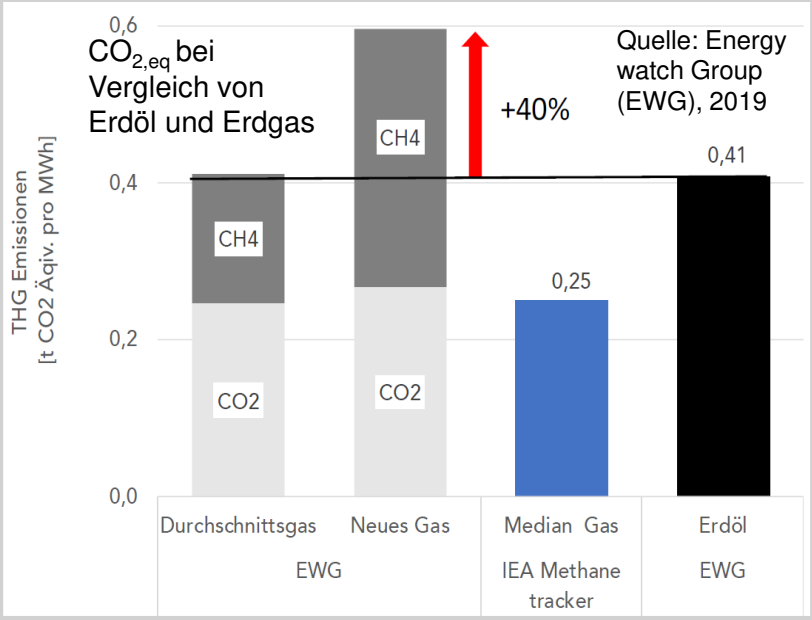
Aber auf keinen Fall Elektroheizung!

- Denn, wie sagte schon Amory Lovins: „*Heizen mit Strom ist wie Butter schneiden mit der Kreissäge*“
- Contra Argument: *„Aber da gibt es doch die elektrischen Wärmepumpen, die Umweltwärme nutzen können …*
- Gegenargument zum Contra: *„… vergiss es, die holen bestenfalls so viel rein wie vorher in den Kraftwerken durch die Kühltürme verloren ging.“*
- Gilt das heute noch - angesichts von 50% EE im Stromnetz?

Heiztechnik neu denken?

- Ja! Wir müssen weg von allen fossilen Energieträgern

- Das **Erdgas** ist schlechter als sein Ruf. Grund: Die Methangas-emissionen bei Förde-rung und Transport.
- **Holz** kann CO_2 lange speichern, wenn es ver-baut wird. Zum Verheizen ist es zu schade!
- **Biomassekraftwerke** sind sehr störanfällig und haben in ihrer Nähe meist keine Wärmeabnehmer



- Einzig Strom aus **Wind und Sonne** hat das technische und wirtschaftliche Entwicklungspotential mehr als seine bisherige Nutzung zu übernehmen.

Zwei Heizungen zur Auswahl

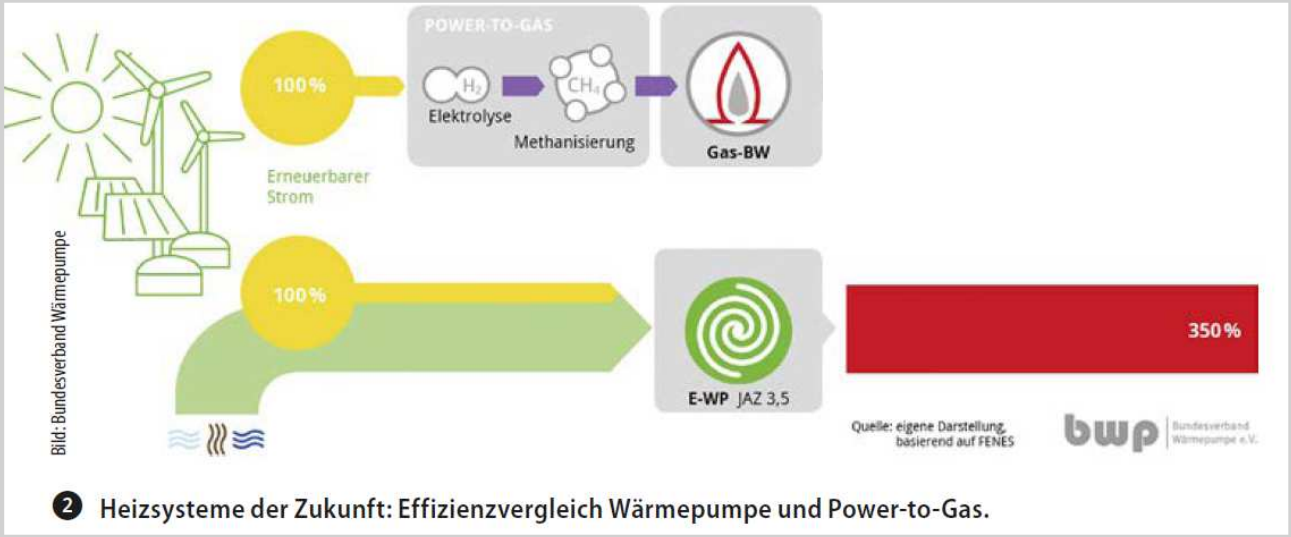
- 1. Wir bleiben bei konventioneller Heiztechnik erzeugen aber das Heizgas künftig aus Wind- und Sonnenstrom

Strom 100 %	→ Elektrolyse →	Wasserstoff 69 %	→ Methanisierung →	Methan 60 %	→ Heizkessel →	Wärme 48 %

- Die Probleme: Hohe Umwandlungsverluste → Hohe Kosten und eine Gasspeicherung in dieser Größenordnung ist bislang ungelöst

Quelle: Kati Jagnow/ Dieter Wolff

Die Alternative: Umweltwärme nutzen

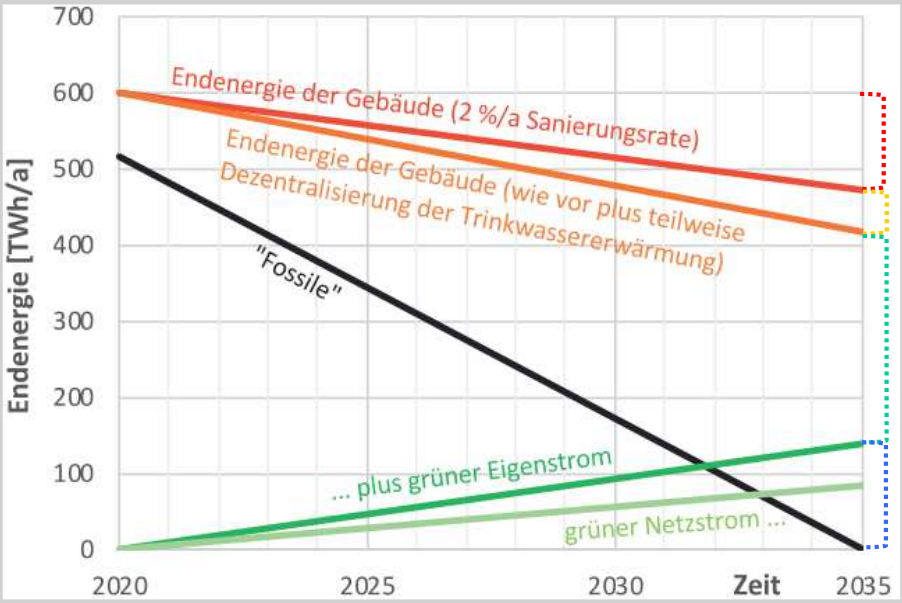


❷ Heizsysteme der Zukunft: Effizienzvergleich Wärmepumpe und Power-to-Gas.

Strom 100 %	direkt 72 %	Strom 80 %	→ Wärmepumpe →	Wärme 281%
	28% Speicherung 8%			

Quelle: Kati Jagnow/ Dieter Wolff

Der Elektropfad zur Wärmewende



Senkung des Bedarfs für die RH durch Dämmung

Senkung Bedarfs durch dezentrales elektr. TWW

Deckung des Bedarfs mit Umweltwärme aus Wärmepumpen (JAZ 3,0)

Grüne Stromerzeugung

RH... Raumheizung
TWW… Trinkwarmwasser

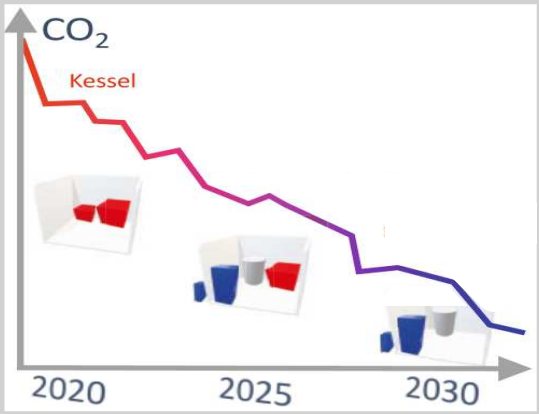
- Bonus: Die Umstellung auf dezentrale Wärmepumpen vermeidet die Verluste der fossilen Vorketten der konventionellen Heizsysteme sowie deren Warmwasser-verteilung (Verluste bei Fernwärme- und TWW- Verteilung sind erheblich)

Quelle: Kati Jagnow/ Dieter Wolff in: TGA FACHPLANER 07.2020 für Wohngebäude in Anlehnung an eine Studie der Lemoine-Stiftung, 2020

Wie schaffen wir den Übergang?

- Den heutigen Wärmebedarf unseres Gebäudebestandes komplett mit Wärmepumpen decken zu wollen, wäre technisch und wirtschaftlich wohl kaum zu bewältigen.
- Die Alternative: Einbau einer Wärmepumpe **ausgelegt auf den Leistungsbedarf der Endstufe der wärmetechnischen Sanierung.**
- D.h.: Das alte Heizsystem bekommt ein „Gnadenbrot“ und bleibt zur Hoch- und Spitzenlastversorgung erstmal erhalten.
- Und zwar solange, bis die die wärmetechnische Sanierung soweit vorangeschritten ist, dass die Umwelt-wärmenutzung durch die Wärmepumpe alleine ausreicht.

Das bivalente Hybridsystem



- Schritt für Schritt vorankommen
- Wir starten mit einem „mittel-schlechten“ Altbau (H_T‘= U_{mittel}= 0,67 W/m²K)
- Der 16 kW Kessel wird durch 3,7 kW Wärmepumpe ergänzt, die etwa die Hälfte der Wärmearbeit übernimmt
- Dann nach und nach wärmetechnische Sanierung: Einsparung Heizlast ca. 50%

Tabelle 1: Umstellung eines EZFH auf Wärmepumpenheizung über eine Hybrid- Zwischenstufe bis zur endgültigen Sanierung d

System	Deckungs-anteile	Wärme-bedarf ab Erzeuger	Leistungen		Effizienz		Endenergie		H'	Tempe-raturen
			Kessel	Wärme-pumpe	Kessel	Wärme-pumpe	Gas	Strom		
		[kWh/(m²a)]	[kW]		[%]	[-]	[kWh/(m²a)]		[W/(m²K)]	[°C]
heute	1/0	123/23	16	–	0,93	–	157	–	0,67	70/55
hybrid	0,64/0,36	125/23	16	3,7	0,93	2,33/2,03	48	46	0,67	70/55
künftig	0/1	65/23	–	3,7	–	2,67/2,03	–	36	0,36	54/44

sonstige Hinweise: Ø EZFH, 142 m², vorher teilsaniert 1980er, nachher vollsaniert Neubauniveau, Heizkörperheizung, Wärmepumpe mit Pufferspeicher, Warmwasser bei hybrid nur über Wärmepumpe, zwei Angaben: Heizung/Trinkwarmwasser

70% weniger Gasverbrauch

77% weniger Endenergie

Niedertemp. Heizung

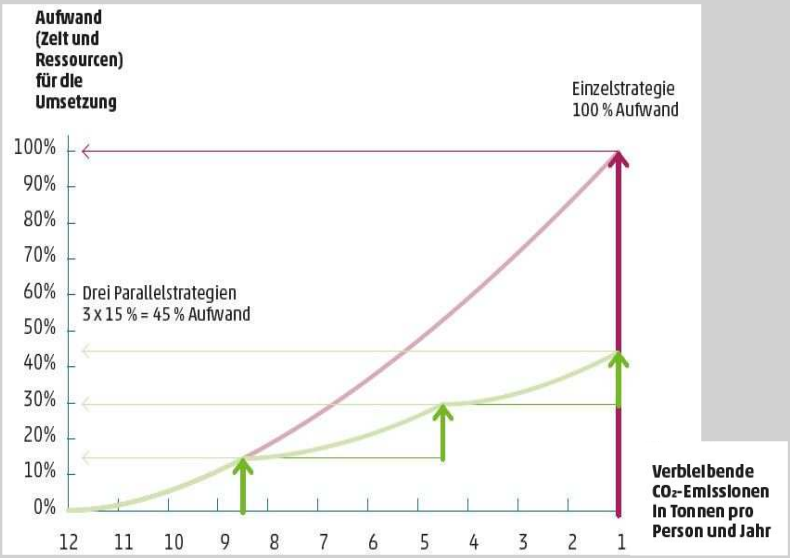
Die gute Nachricht zum Schluss

Der Wärmepumpeneinbau als Hybridsystem im Bestandsgebäude hat angenehme Nebenwirkungen:

- Keine Überdimensionierung: Das spart Platz und Kosten und lässt die Erfahrung mit der neuen Heiztechnik kontinuierlich wachsen.
- Wenn der Wärmeschutz mit der Zeit nachzieht, kann die Heizwassertemperatur Schritt für Schritt gesenkt werden. Dies verringert Verteilungsverluste und verbessert die Effizienz der WP ohne Heizkörper und Leitungsnetz verändern zu müssen.
- Der aufwändige Einbau von Fußboden- und Wandflächen-heizungen erübrigt sich, weil am Ende die vorhandenen Heizkörper auf Niedertemperaturbetrieb mit hohem Strahlungsanteil betrieben werden können.

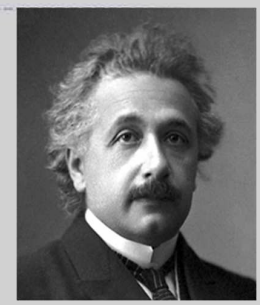
Ein entspannender Ausblick

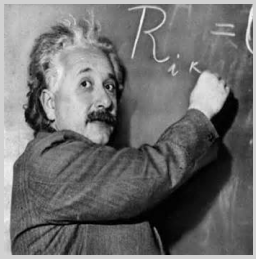
- Drei Strategien: Energieeffizienz – Erneuerbare -- Lebensstil
- Der Aufwand steigt immer exponentiell je näher wir dem Ziel kommen.

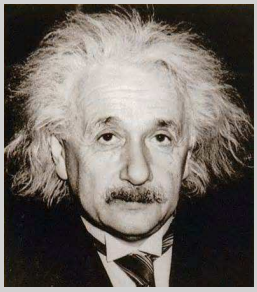


- An den 3 Stellschrauben gleichzeitig zu drehen, halbiert den Gesamtaufwand

Unbedingt vormerken:
Fr. / Sa. 10. /11. Juni 2022
Vortrag und Workshop mit dem Autor





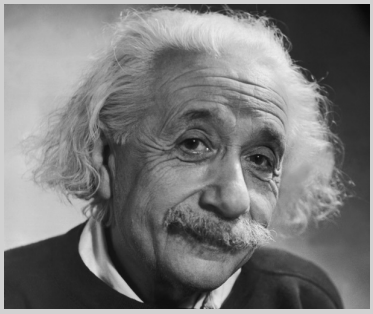


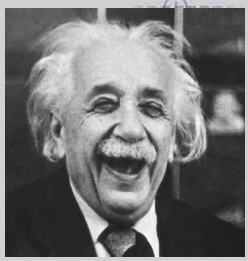
„Die reinste Form des Wahnsinns ist es,

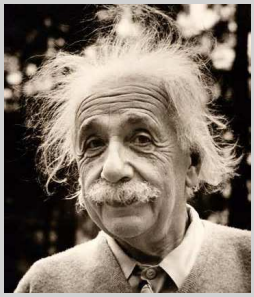
alles beim Alten zu belassen und gleichzeitig zu hoffen,

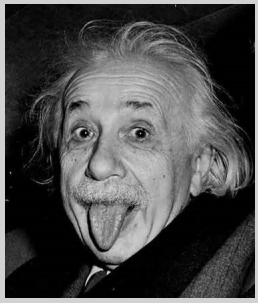
dass sich etwas ändert.“

Vielen Dank fürs Zuhören und Zuschauen.



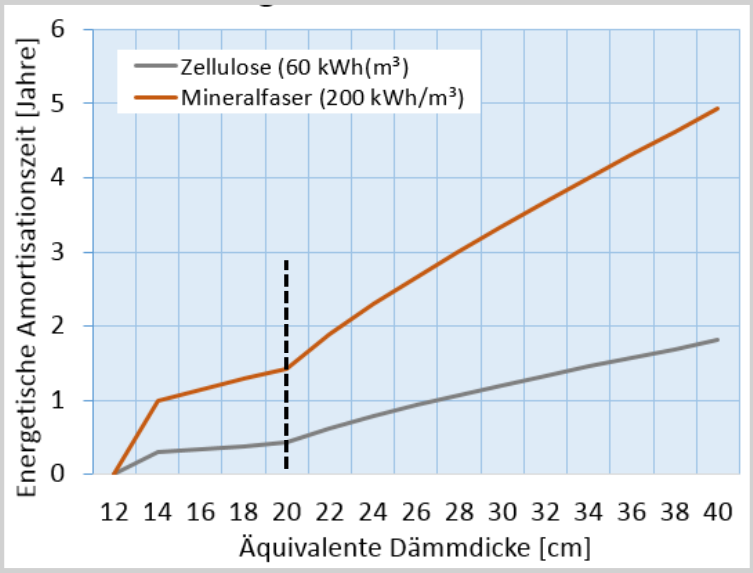






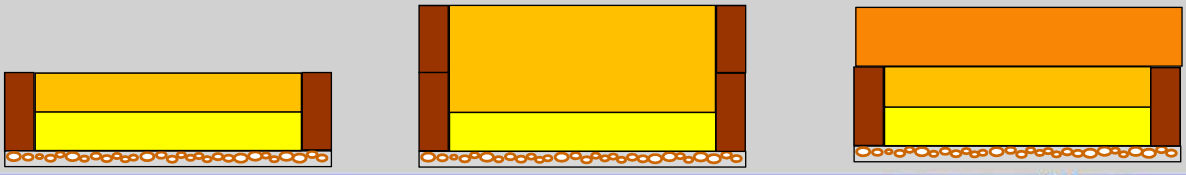
Nachschlag für die Skeptiker

Die energetische Amortisationszeit von Dachsanierungen (incl. Graue Energie)



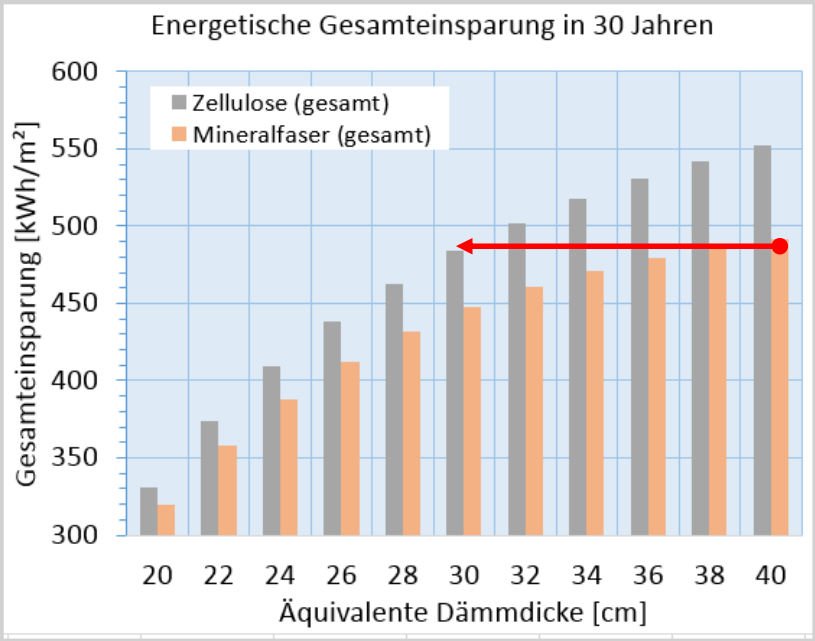
- Ausgangspunkt: Gefache teilgedämmt (U = 0,33 W/m²K)
- 1. Option: Volldämmung bis 20 cm (U bis 0,20 W/m²K)
- 2. Option: Aufdoppelung bis 40 cm (U bis 0,10 W/m²K). PEI Holzbedarf berücksichtigen!
- 3. Option: Überdämmung. Wärmetechnisch besser aber höherer PEI der Aufdachdämmung

PEI… Primärenergieinhalt



Auf dem Weg zu Klimaneutralität?

- Angesichts der langen Erneuerungszyklen im Baubereich ist nur die Methode „Wenn schon … denn schon“ zielführend.



- Was wir heute tun, muss auch 2050 noch auf der Höhe der Zeit sein.
- Bei hohen Dämmdicken wird der PEI der Dämmstoffe sehr bedeutsam.
- Die gleiche **Netto**-Einsparung (nach Abzug des PEI) wird bei Zellulose mit ca. 10 cm weniger Dämmdicke erreicht.