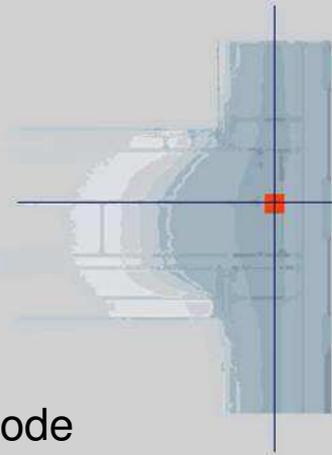


Wärmewende – wie geht das?

Mit welcher Heiz- und Bautechnik schaffen wir energiesparenden Wohnraum in bestehenden Gebäuden? Vom Gas zum Strom wechseln?

Es geht um energetische Gebäudesanierung nach der Methode „wenn schon – denn schon“



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 Energiebedarf des Bausektors

Wärme und Kälte
(ohne Strom)

48,8%

Wohnungen 27 %

Böll.Fakten Wärmewende

Strom

21,3%

29,9%

Verkehr
(ohne Strom)

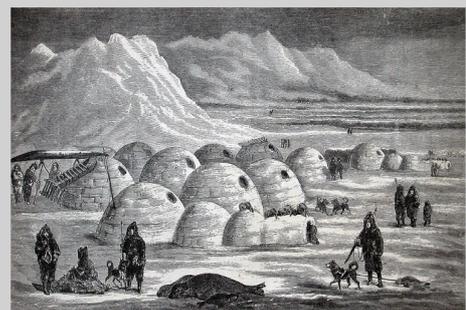
Quellen: Böllstiftung „Fakten Wärmewende“ / www.bauhausdererde.org

2 Fragen in die Runde:

- Wer hat in diesem Herbst die Heizung noch nicht angemacht?
- Was ist die beste Heizung?
- Die „**Nicht** – Heizung“!
- Es geht nicht um „**Mega-Watt**“ sondern um „**Nega-Watt**“ (Amory Lovins, Rocky Mountines Institute, USA)
- 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?



<http://www.indianer-web.de/arktis/inuit.htm>

„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.



- Rekonstruktion archäologischer 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 1995

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!

Eine Faustformel für den Wärmedurchgang

Wärmedurchgangskoeffizient

U

Wärmeleitfähigkeit

λ

Dicke der Schicht

d

Beispiel Dämmschicht:

$$\lambda_D = 0,040 \text{ W/mK} = 4 \text{ W/cmK}$$

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

$$U = \frac{4}{d_{\text{Dämm}}}$$

Dämmdicke in cm

$$d_{\text{Dämm}} = \frac{4}{U}$$

Einheit für den U- Wert: [W/m²K]
... Watt pro m² Bauteilfläche
und Grad Temperaturunterschied

Das Fouriersche Gesetz der Wärmeleitung



Josef Fourier
(1768–1830)



$$\dot{Q} = \lambda \cdot A \cdot \frac{T_{W1} - T_{W2}}{d}$$

$$\lambda / d = U$$

Einheit für \dot{Q} ist Watt (W)

Q... Wärmestrom

Hierbei stehen die einzelnen Formelzeichen für folgende Größen:

- T_{W1} : Temperatur der wärmeren Wandoberfläche
- T_{W2} : Temperatur der kälteren Wandoberfläche
- A: Fläche, durch die die Wärme strömt
- λ : Wärmeleitfähigkeit (temperaturabhängige Stoffgröße)
- d: Dicke des Körpers, gemessen von Wand zu Wand

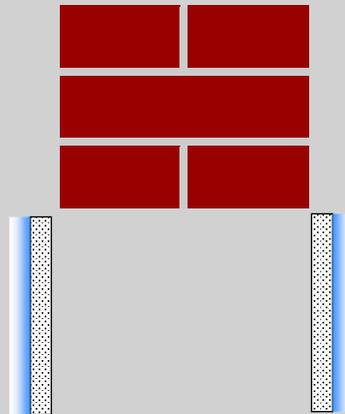
- Vor 200 Jahren formuliert ist diese einfache Grundgleichung aktueller denn je, wenn die Wärme im Haus bleiben soll.

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,
 $\lambda = 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$

Putzschichten
und Übergangs-
widerstände



1,2 cm

0,9 cm

- Summe der äquivalenten Dämmdicke **2,1 cm**
- U- Wert = $4 / \sum d_{eq} = 4 / 2,1 = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die Dämmfähigkeit 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

$$\delta = 0,04 / 0,81 = 0,05 = 5 \%$$

Äquivalente
Dämmdicke

d_{eq}

Dicke der
Baustoffschicht

d_B

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

Beispiel: 24er Voll-Ziegel

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

Frage: Wieviel Dämmwirkung hat die dicke Mauer eines Gründerzeithauses?

$$d_{eq} = 0,05 * 40 \text{ cm} = 2,0 \text{ cm}$$

Anforderungen an die Altbausanierung

- Die Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnung (1977 bis 2016) stellen seit jeher und jetzt auch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) „**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**).

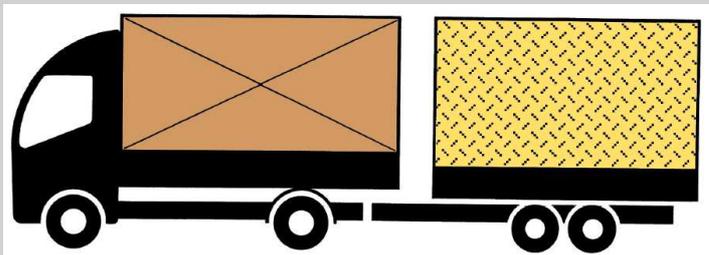


Abb. 1: Das Kopplungsprinzip bei der wärmetechnischen Altbausanierung: Wärmeschutz hängt sich an die sowieso geplanten Modernisierungsmaßnahmen an.
Grafik: R. Wendorff

Wo stehen wir, wo müssen wir hin?

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

- Etwa 50 – 60 % kaum oder nicht gedämmt (bis 4 cm Dämmung)
- Etwa 30 – 35 % mäßig gedämmt (10 bis 12 cm Dämmung).
- **Best practice:**
20 bis 24 cm (Außendämmung) bzw. 12 bis 16 cm (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/oder beim Einbau neuer Fenster
- Das Motto hierbei: **Wenn schon – denn schon.** Nichts halbgares sondern „Best practice“. Denn eine heutige Sanierung führt beim betreffenden Bauteil zu einem „Lock-in-Effekt“ für die nächsten 30 bis 50 Jahre.

Wieviel muss/ soll man dämmen?



Äquivalente Dämmdicken von Bestandswänden verschiedener Baualtersklassen und die erforderliche Dämmdicken bei der Sanierung.										
Typ der Aussenwand	Bestand					Forderung/ Förderung bei Sanierung				
	Baualter	Dicke [cm]	λ -Wert [W/mK]	U-Wert [W/m ² K]	d_{eq} ¹⁾ [cm]	$U_{max} \leq$	GEG	KfW/BEG	Best	W/m ² K
							0,24	0,20	0,15	
						Zusatzdämmung (WLS 040)			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
GEG: Gebäudeenergiegesetz (2020)			BEG: Bundesförderung effiziente Gebäude (2021)				Best: s. Tab. in Abb. 6			
¹⁾ Bezogen auf $\lambda = 0,04$ W/mK										

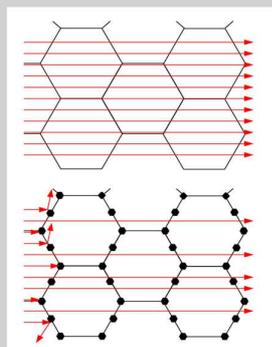
WLS ... Wärmeleitstufe (= λ - Wert)

- Wieviel soll man dämmen?
- Womit soll man dämmen?

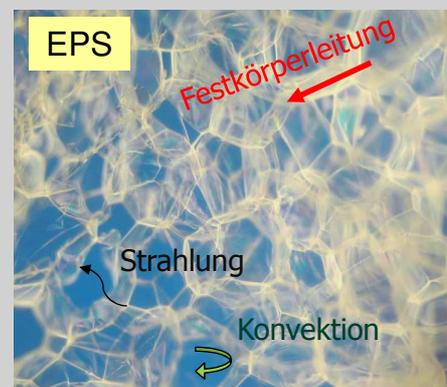
Wie erzielt man bessere λ - Werte ?



- Material mit geringer Wärmeleitfähigkeit, z.B. Zellulose & Holzfaser statt Mineralfaser
- Bei geschlossenzelligen Schaumkunststoffen (z.B. Polyurethan): Konvektion vermindern durch „schwere“ Füllgase (gasdichte Deckschichten erforderlich, i.d.R. Alufolien)



- Bei Polystyrol (EPS): Hohlräume verkleinern durch höhere Rohdichte = mehr Material = mehr „Graue Energie“. Rechnet sich das?
- Wärmeübertragung durch Strahlung vermindern



- Ein physikalischer Trick: Grafit-Absorber (= Ummantelung eines Teils der EPS- Perlen) reduziert den Wärmetransport durch Strahlung.

Neue Wege zum besseren Dämmstoff

- λ 040 → 035 durch 25% mehr Material amortisiert sich erst nach 13 Jahren.

Nr.	Material	λ- Wert [W/mK]	U-Wert W/m ² K]	Rohdichte [kg/m ³]	Graue Energie *) [kWh/m ²]	Von nach	Energetische Amortisation *) [Jahre]
2 Expand. Polystyrol für WDVS							
2.1	Weißer Standardware	0,040	0,150	18	102	---	---
2.2	Verbesserter Dämmstoff (weiß)	0,035	0,133	23	121	2.1 → 2.2	13
2.3	"graues" EPS (30% Anteil)	0,035	0,133	15,5	88	2.1 → 2.3	-10
2.4	"graues" EPS (70% Anteil)	0,032	0,122	15,5	88	2.2 → 2.4	-14

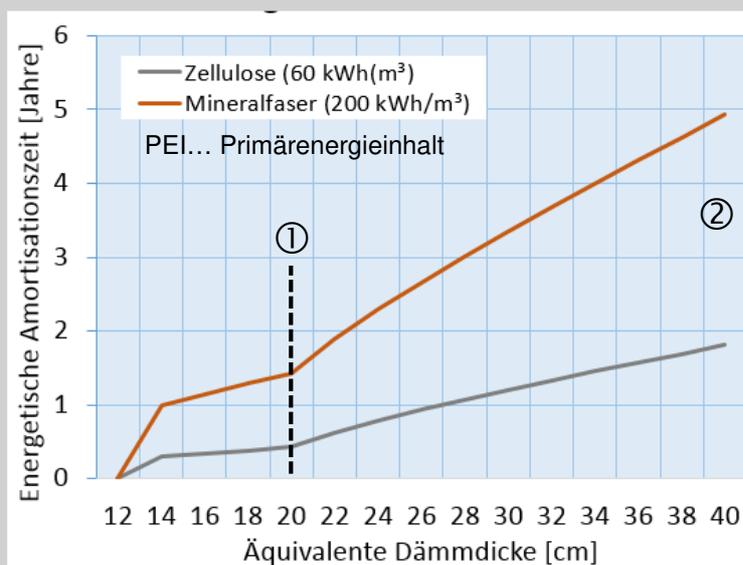
*) Wanddämmung: 240 mm; U-Werte incl. KS-Mauerwerk und Putze

- Die beste **Alternative**: Neopor (o.ä.)
- Bei λ= 0,035 W/mK: 30% grauer EPS- Anteil (Zeile 2.3) braucht 27% weniger Material als weiße Ware mit hoher Rohdichte (Z. 2.2)
- 70% grauer Anteil → λ= 0,032 W/mK (Z. 2.4) spart zusätzlich durch 8% besseren U-Wert



Nachschlag für die Skeptiker

Die energetische Amortisationszeit von Dachsanierungen (incl. Graue Energie)

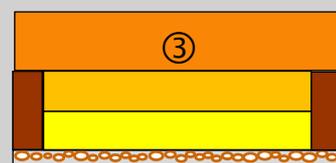
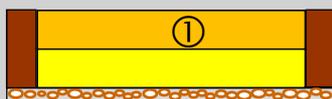


- Ausgangspunkt: Gefache teilgedämmt (12 cm) (U = 0,33 W/m²K)
- Option ①: Volldämmung bis 20 cm (U bis 0,20 W/m²K)
- Option ②: Aufdoppelung bis 40 cm (U bis 0,10 W/m²K). Primärenergie-Inhalt des Holzbedarfs berücksichtigt!

- Der Energieeinsatz amortisiert sich in wenigen Jahren!**

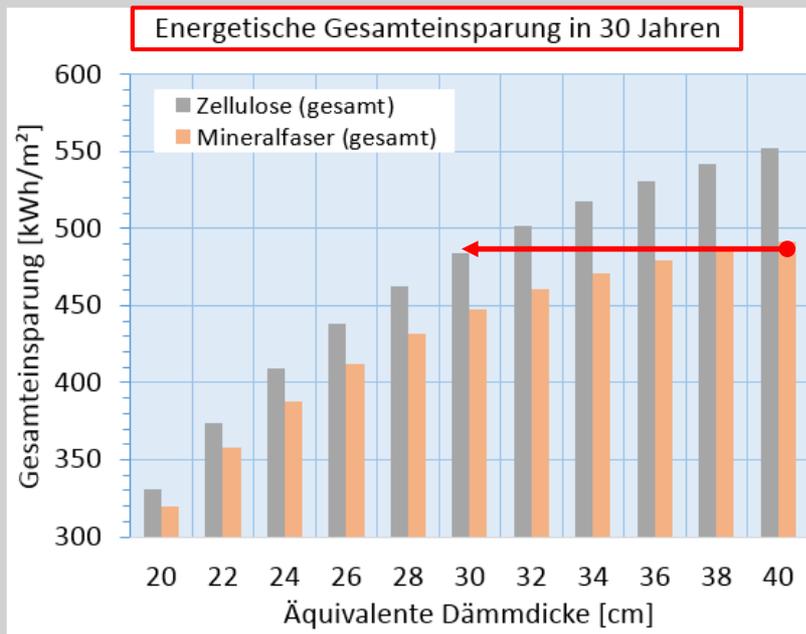
Option ③: Überdämmung. Wärmetechnisch besser, aber höherer PEI der Aufdachdämmung (Einzelfall prüfen)

Start bei 12 cm Dmg.



Auf dem Weg zu Klimaneutralität?

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



- Bei hohen Dämmdicken wird die „graue Energie“ des gewählten Dämmstoffs sehr bedeutsam für die Gesamtbilanz.
- Die gleiche **Netto-Einsparung** (nach Abzug des PE-Inhaltes des Materials) kann **bei Zellulose mit deutlich weniger Dämmdicke** erreicht werden.

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.

Weitere Ausnahmen im GEG

- Nachträgliche Kerndämmung: Nur entsprechend der vorhandenen Hohlschichtdicke. Erreichbare U-Werte: 0,4 bis 0,5 W/m²K. **Es gibt aber keine Nachrüstforderung!**
- „**Bestandsschutz**“ für alle Dämmmaßnahmen die nach der 2. 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. !
- Bei Erneuerung der **Dacheindeckung** ist nur eine Wärmedämmung entsprechend der Sparrenhöhe gefordert. Auch dann, wenn die allg. Vorgabe ($U \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$) verfehlt wird !



Zwingen Sie die Vermieter ihre Häuser zu dämmen.

„Wenn sie sich weigern, sollten Mietkürzungen folgen.“

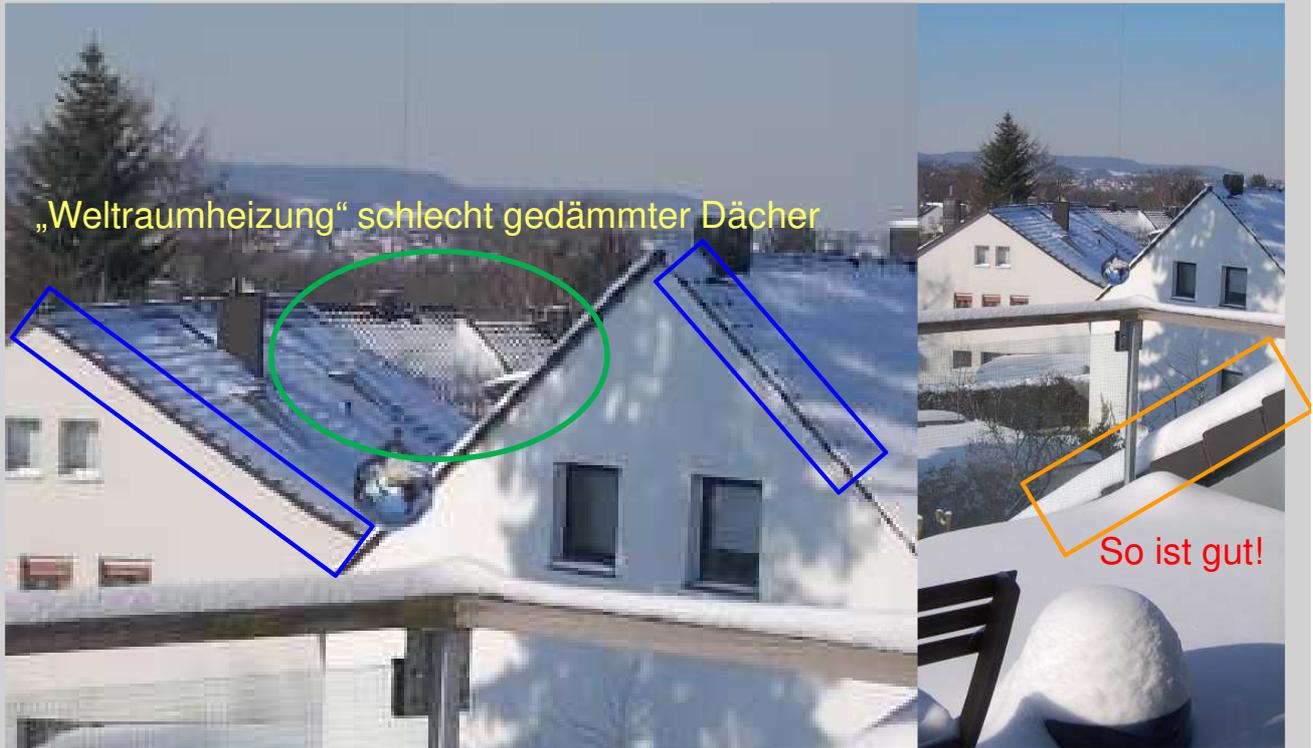
Sanierung von jungen Altlasten



Dachausbau bis Mitte 90er Jahre:
Nur teildämmt und hochgradig luftdurchlässig.

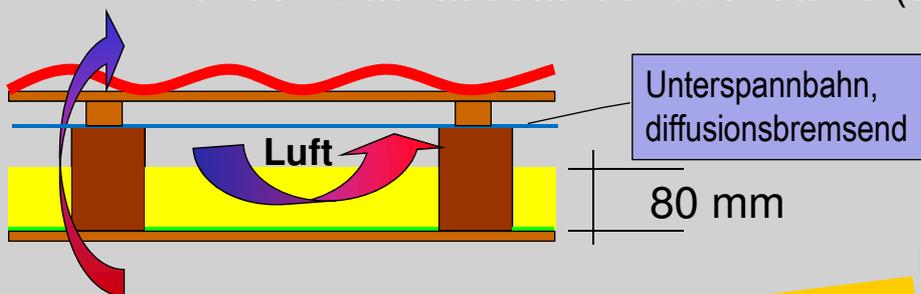


Schnee-Thermografie



Die fatale Ausnahmeregel EnEV*) 2014

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



U_m nur ca. $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

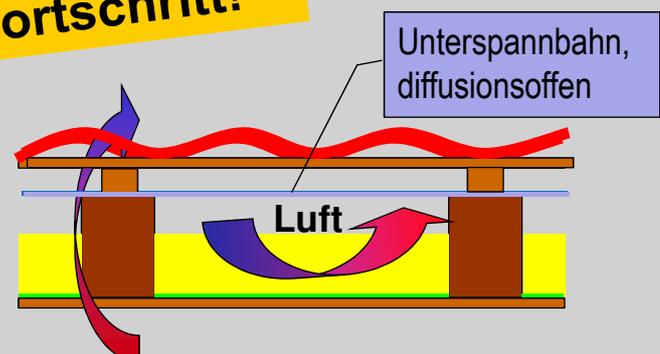
Fehlende Winddichtung der Gefache verschlechtert den λ -Wert drastisch.

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

*) EnEV... Energieeinsparverordnung

60 Jahre ohne Fortschritt!

Erneuerung der Eindeckung gem. Ausnahmeregel:



Schneethermografie 2020

Dachausbauten von 1984 & ff.

Rechts: Schneeschmelze durch Warmluftaustritt



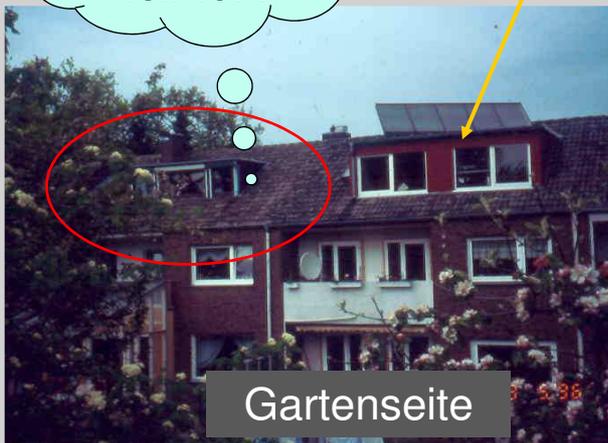
Links: Dachlawine nach Neueindeckung 2020

Ausblick: Modernisierung und Sanierung einer Reihenhauszeile (Baujahr 1963)

Haus 32 mit Dachausbau von 1971

Haus 30 mit Niedrig-Energie-Sanierung und Dachausbau 1994 (s. Teil 2)

Haus 32 mit Dachausbau von 1971



Gartenseite



Straßenseite

„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 Sommer unerträglich heiß



- Im Winter zugig und extrem trockene Luft

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





Firstpfette montiert:
„Her mit den Dachelementen“



Noch vor Sonnenuntergang wird das Dach wieder dicht

Dämmwerte: 24 cm Zellulose- + 8 cm Holzfaserplatten → $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Fenster 3-fach
verglast $U_W = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$



.. das Richtfest



Am Wochen-
Ende...

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“ Stromheizungen

- 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)



- bei unsachgemäßer Verwendung kein Haftungsgewinn
- sonstige Ansprüche gewährt werden.
- Keine scharfen Reinigungsmittel verwenden.
- Gerät ist in unbeschädigtem Zustand absolut wasserdicht.

Netzspannung: 230 V, 50 Hz
Leistung: 70 Watt

Leistungsaufnahme 70 W

IP 67  

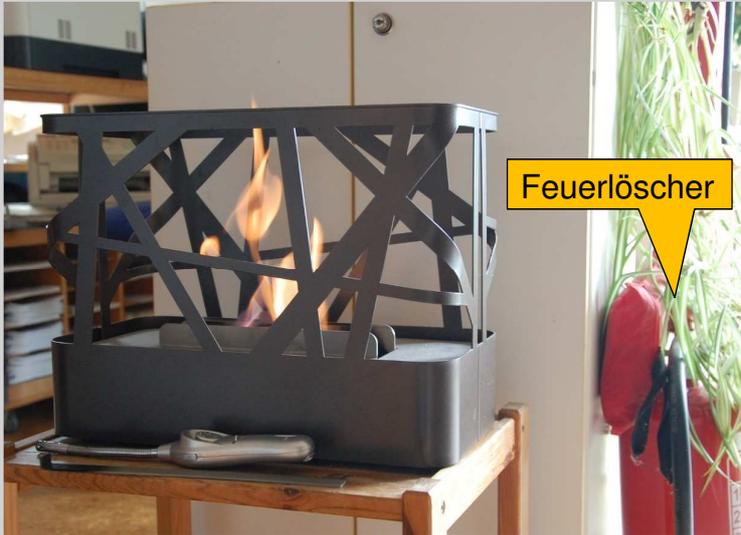
Witte + Sutor GmbH, D-7 1540 Murrhardt

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 CO₂)



Die Lösung der Nachbarn

- Aufdoppelung der Sparren, 24 cm Zellulosedämmung, außen diffusionsoffene Unterspannbahn und innen OSB-Platte. $U_m = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$



Der Schnee bleibt liegen



Was muss man politisch fordern... und fördern?

- Alles was bei den „bedingten Anforderungen“ sich entsprechend der Steigerung der Energiepreise als wirtschaftlich erweist, **muss nicht staatlich gefördert** werden.
- Aber eine **Anpassung der Mindest U-Werte** bei Sowieso-Sanierungen (derzeit noch auf Stand von 2009) muss an die heutigen Klimaschutzanforderungen dringend angepasst werden.
- **Abschaffung von Ausnahmeregelungen**, die seitens der Lobby von Interessengruppen in der EnEV (und dem GEG) geschaffen wurden.
- 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 wärmetechnischen 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 ungemütlich 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 nachvollziehbar, 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 einst 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 40-50% EE im Stromnetz?

Vom Gas zum Strom wechseln?

- Der Verbrauchspreis für Erdgas steigt derzeit je nach Versorger auf doppelte bis dreifache gegenüber 2021 ...
- Der Strompreis steigt bei vielen Versorgern ebenfalls – auch bei den „guten“ Ökostromanbietern ca. 40 bis 50%.
- Dennoch: Alle Formen der elektrischen Direktheizung ist finanziell und ökologisch keine vernünftige Alternative. Warum?



Wieviel kostet die kWh?



Erdgas (STAWAG ab 15.11. 22):
Arbeitspreis: 14 ct/kWh (bto)

Strom (EWS ab 1.1.23):
Arbeitspreis: 43 ct/kWh (bto)

Eine Wunderheizung?

Temperatur-Differenz bei [°C)	15	Wohnfläche [m ²]
Baujahr bis...	Heizlast	30
	Watt/m ²	Watt
1994	50	1.500

Normheizlast am kältesten Wintertag im Rheinland (- 10 °C)
100 W/m² Wfl. Vergleichsrechnung bei Wintermittel: + 5 °C

- Wie groß ist die max. Leistung von Haushaltsanschlüssen?
- 16 A * 220 V = 3.500 W
- Was ist, wenn alle so heizen? **BLACK OUT!**

Heizleistung: 750 bis 1.500 Watt



Achtung: Das Gerät muss ganztägig laufen

Achtung: Werbeaussage!

Fazit: Lohnt es sich?

Ja, 100 %. Jetzt, wo der Winter vor der Tür steht, ist das Keilini tragbare Heizgerät die billigste und einfachste Möglichkeit sicherzustellen, dass die Wohnung stets warm und gemütlich ist.

Von der momentanen Leistung zum Energieverbrauch im Jahr

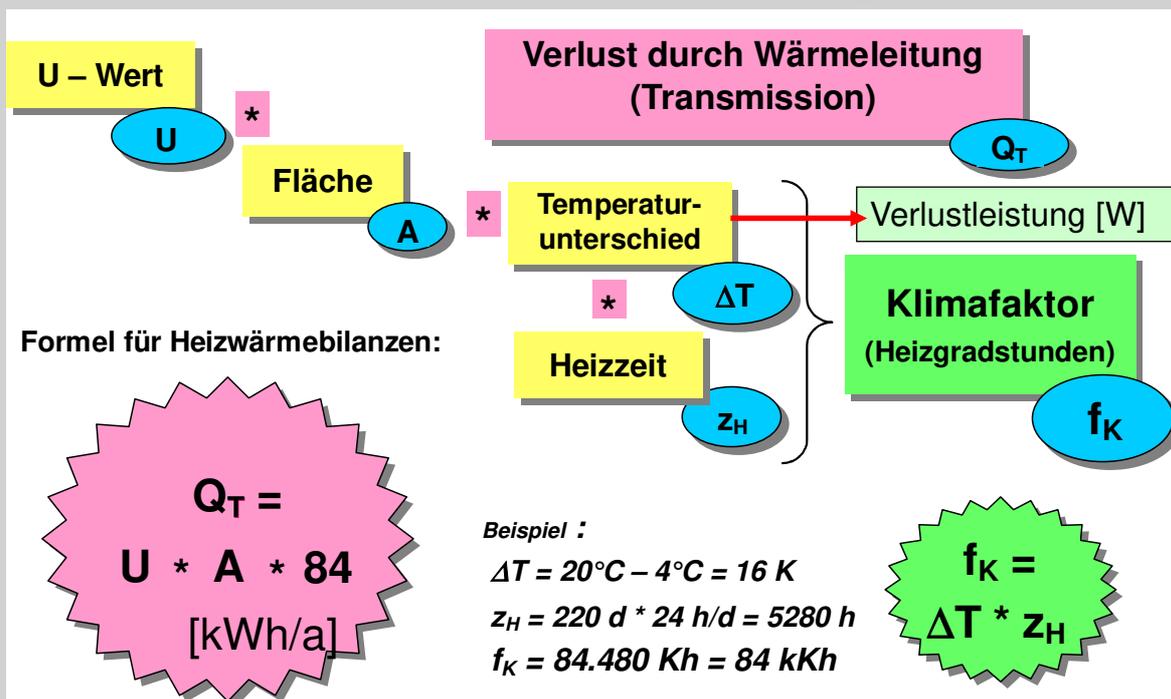


Die Energieeffizienz von Gebäuden wird über den Jahresenergiebedarf bzw. den Energieverbrauch pro m² Nutzfläche definiert

Energieausweis © s-motive, stock.adobe.com

Wärmeverlust eines Bauteils

- Das Fourier'sche Gesetz praktisch angewandt



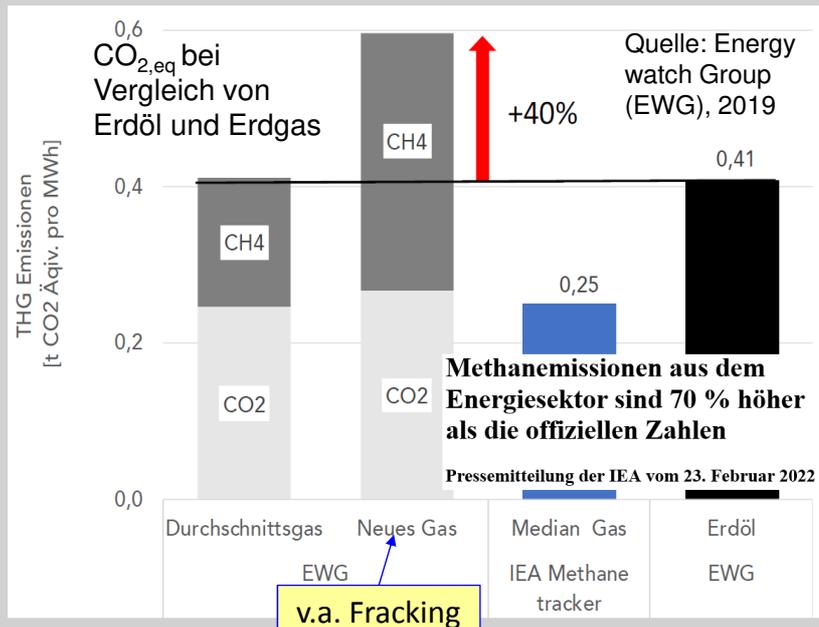
Heiztechnik neu denken?

- Ja! Wir müssen weg von allen fossilen Energieträgern

- Das **Erdgas** ist schlechter als sein Ruf. Grund: Die Methangasemissionen bei Förderung und Transport (insbes. bei LNG aus Fracking).

- Holz** ist eine wertvolle CO₂- Senke, wenn es als Baustoff eingesetzt wird.

- Selbst Schwach- und Restholz eignet sich eher für dauerhafte Holzwerk- und Dämmstoffe. Zum Verheizen ist es viel zu schade!



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

Zwei Heizungen zur Auswahl

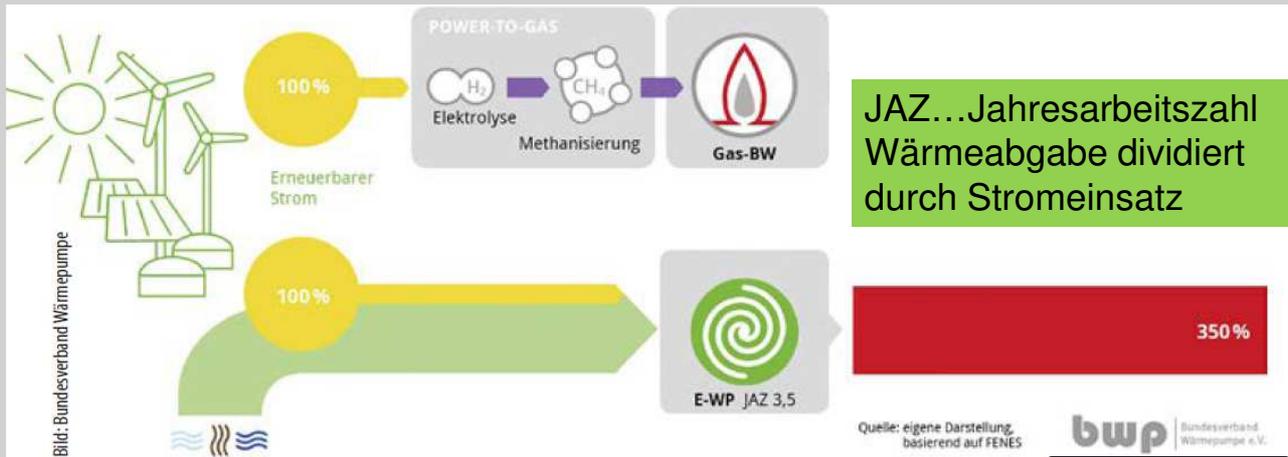
- 1. Wir bleiben bei konventioneller Heiztechnik erzeugen aber das Heizgas künftig aus Wind- und Sonnenstrom



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

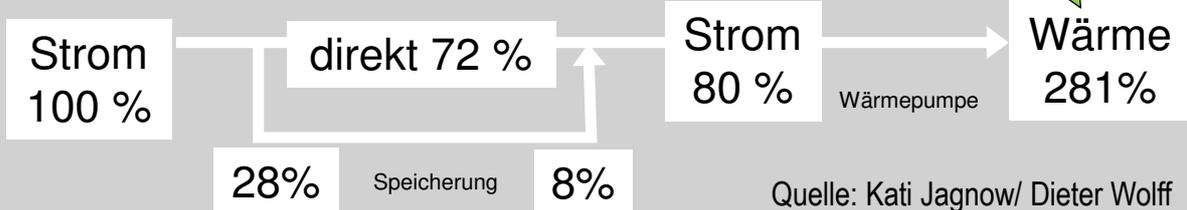
Quelle: Kati Jagnow/ Dieter Wolff

Die Alternative: Umweltwärme nutzen

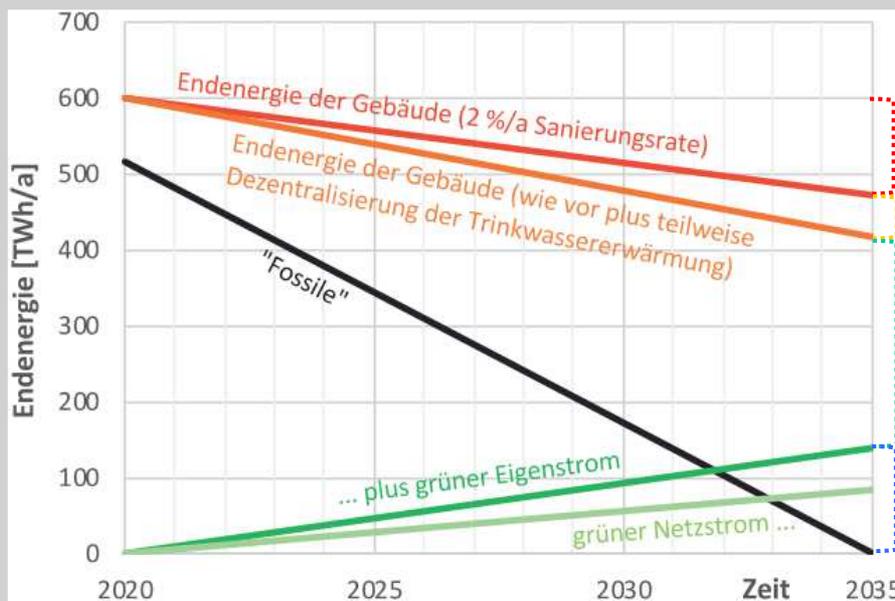


2 Heizsysteme der Zukunft: Effizienzvergleich Wärmepumpe und Power-to-Gas.

JAZ = 2,81



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

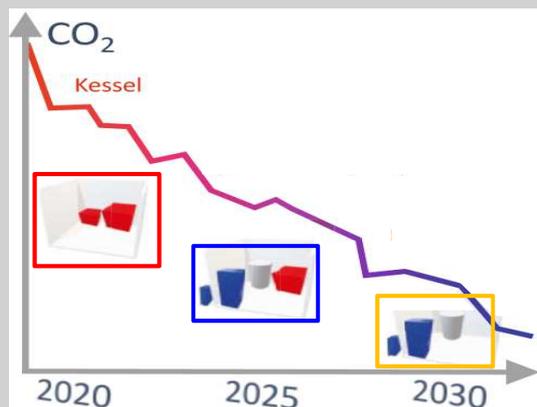
- Bonus: Die Umstellung auf dezentrale Wärmepumpen vermeidet die Verluste der fossilen Vorketten der konventionellen Heizenergien sowie deren Warmwasserverteilung (Verluste bei Fernwärme- und TWW- Verteilung sind erheblich)

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 sehr hohen 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 Umweltwärmenutzung durch die Wärmepumpe alleine ausreicht.

Das Hybridsystem für die Heizung



- Beispiel: Ein-/Zweifamilienhaus mit 142 m² Wohnfläche (Effizienzklasse E)

System	Deckungs- anteile	Wärme- bedarf ab Erzeuger [kWh/(m ² a)]	Leistungen	
			Kessel	Wärme- pumpe
			[kW]	
heute	1/0	123/23	16	–
hybrid	0,64/0,36	125/23	16	3,7
künftig	0/1	65/23	–	3,7

Heizung

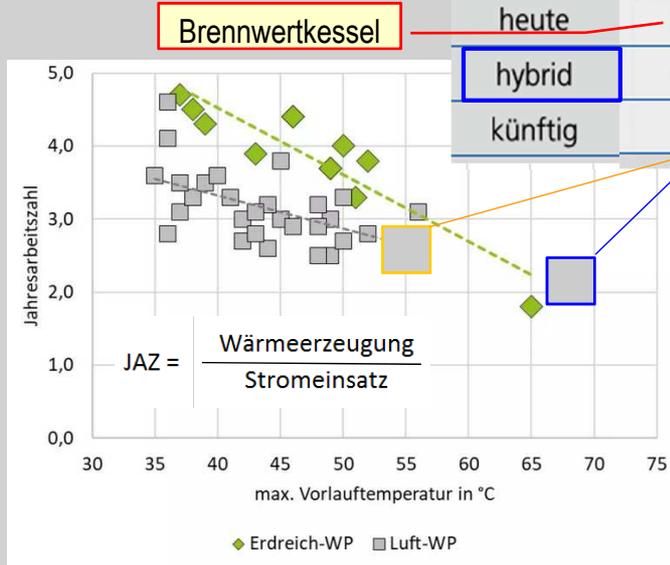
TWW

- Start: Ein „mittel-schlechter“ Altbau ($H_T = U_{\text{mittel}} = 0,67 \text{ W/m}^2\text{K} \approx 6 \text{ cm Dämmung}$)
- Der Bedarf an Heizwärme – HWB - liegt bei knapp 18.000 kWh/Jahr (mit Trink-Warmwasser – TWW - 21.000 kWh/a) (**Effizienzklasse E**)
- Die Hybrid-WP ist die Zukunftslösung durch Halbierung des Heizwärmebedarfs.

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

Schritt für Schritt...

- Die Effizienz einer WP (Jahresarbeitszahl) hängt ab vom Temperaturniveau von TWW und Heizwasser.



System	Effizienz		H _t '	Temperaturen
	Kessel	Wärmepumpe		
	[%]	[-]		
heute	0,93	-	0,67	70/55
hybrid	0,93	2,33/2,03	0,67	70/55
künftig	-	2,67/2,03	0,36	54/44

- Erst eine Sanierung des Wärmeschutzes macht das Heizsystem tauglich für einen ganzjährigen Niedertemperaturbetrieb.
- Bis dahin übernimmt der (alte) Kessel die Versorgung bei sehr niedrigen Außentemperaturen

Niedertemp. Heizung

Grafik: ifeu Heidelberg gGmbH / Quelle: Fraunhofer ISE (2020)

Was bringt die Umrüstung?

- Die Hybridlösung senkt den Gasverbrauch (= alte Endenergie für Heizung und Warmwasser) des Beispielhauses von rd. 22.000 auf 7.000 kWh/a.
- Die Hälfte des Endenergiebedarfs wird bereits von der Wärmepumpe gedeckt.
- Ihre Umweltwärmenutzung ersetzt bereits 38% des Bedarfs an Nutzwärme

System	Endenergie	
	Gas	Strom
	[kWh/(m²a)]	
heute	157	-
hybrid	48	46
künftig	-	36

70% weniger Gasverbrauch

Ist derzeit nur zu 40-50% fossilfrei!

Endenergiebedarf sinkt um 60% gegenüber Hybrid

- Die schrittweise Nachrüstung des Wärmeschutzes macht die fossile Gasheizung überflüssig und verbessert die Effizienz der Wärmepumpe.
- Wieviel des verbleibenden Nutzwärmebedarfs noch fossil gedeckt werden muss hängt nur noch vom Ausbau der erneuerbaren Energiequellen ab.

Die gute Nachricht zum Schluss

Die Hybrid-Wärmepumpe als Ergänzung im Bestandsgebäude hat angenehme Nebenwirkungen:

- Keine Überdimensionierung: Das spart Platz und Anlagenkosten und lässt die Erfahrung mit der neuen Heiztechnik 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. Ein hydraulischer Abgleich bringt beste Qualität.
- **Der aufwändige Einbau von Fußboden- und Wandflächenheizungen erübrigt sich, weil am Ende die vorhandenen Heizkörper im Niedertemperaturbetrieb mit hohem Strahlungsanteil betrieben werden können.**

Wieviel Technik verträgt das Haus?

- Der Heizungsmarkt ist in heftiger Bewegung.
- Alle etablierten Kesselhersteller bieten mittlerweile neue Gas/WP Kombigeräte an. Auch Solar- und Holzpellets- Hybride und Anlagen zur Wärmerückgewinnung aus Lüftungsanlagen sind am Markt. Die Versprechungen der Hersteller sind groß - ihre wirtschaftliche Bewährung steht oft noch aus.
- Meine Empfehlung, wenn die Systemfrage im Raum steht: Einfache Systeme (mono- statt multivalent) sind am kostengünstigsten, haben die geringsten Fehlerquellen und Wartungskosten ... und erfahrungsgemäß die längste Lebensdauer.
- Wärmepumpen mit dem umweltfreundlichen Kältemittel Propan können auch bei Vorlauftemperaturen von 70°C noch gute Effizienzwerte liefern.
- Die weitere Verminderung der Heizwärmeverluste durch „Best practice“-Dämmung ist die sicherste und langlebigste Energiesparmaßnahme. Dazu viele Details im zweiten Teil.

Wir sind auf der Titanic unterwegs...

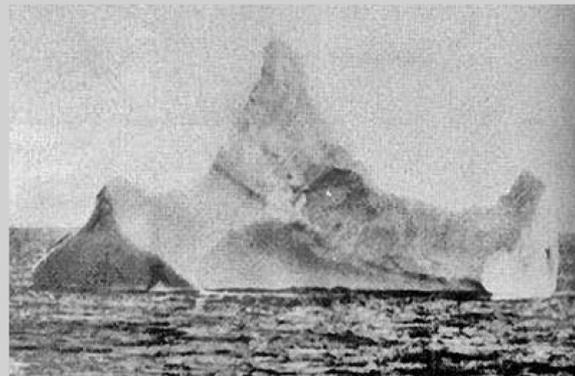
... wir wissen was die Kollision mit einem Eisberg bewirken kann

... aber wir hoffen, dass durch den Klimawandel es nicht zum Untergang kommt...

... weil der Eisberg rechtzeitig schmilzt

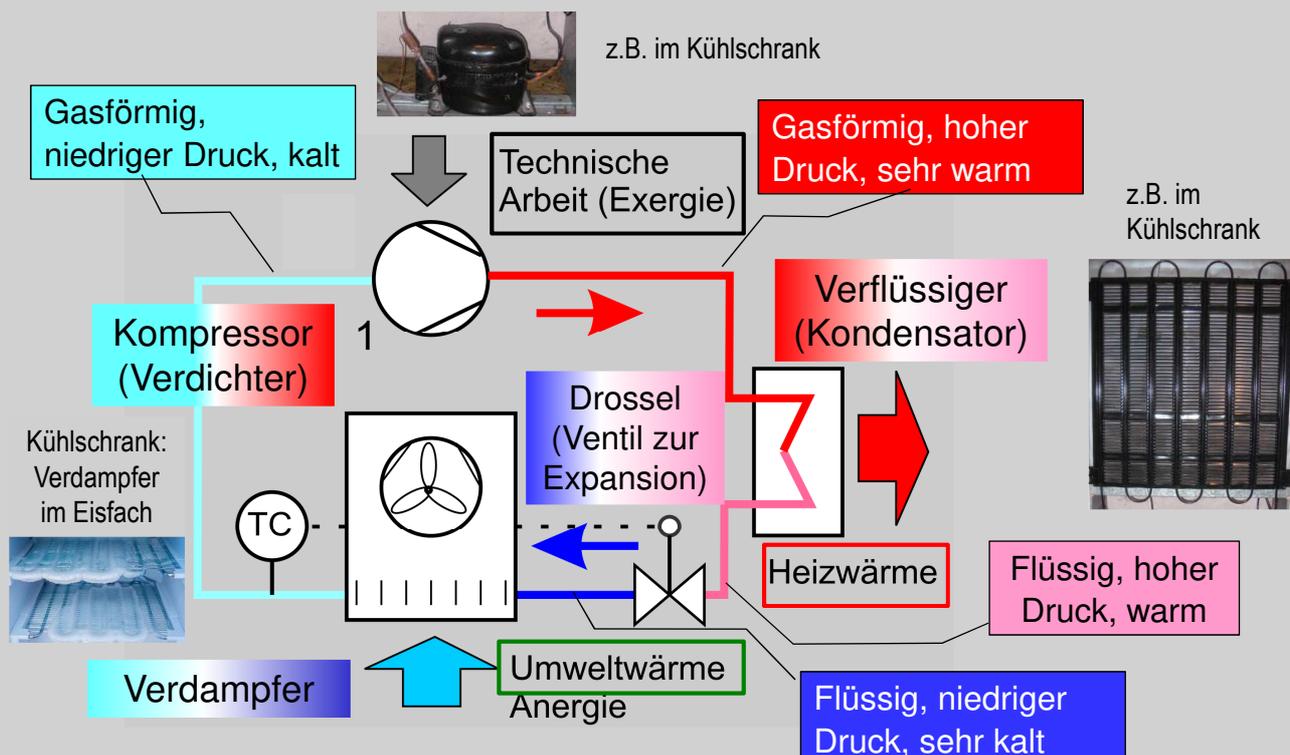


<https://static.fanpage.it/wp-content/uploads/2016/03/titanic-iceberg.jpg>



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1849590>

Zugabe: Wie arbeitet eine Wärmepumpe?



Grafikquelle: Wikipedia. Rainer Sielker - Eigenes Werk. Animation: RBL