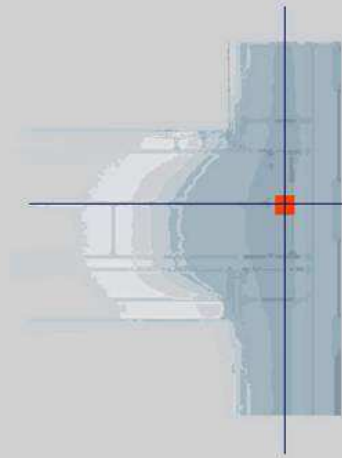


Wärmewende – wie geht das?

Teil 2: Den Pullover für das Haus stricken.

Wärmeschutzmaßnahmen im Detail. Was bringt nachweislich wieviel? Was lässt sich aus Fehlern lernen?



Robert Borsch-Laaks

Sachverständiger für Bauphysik, Aachen

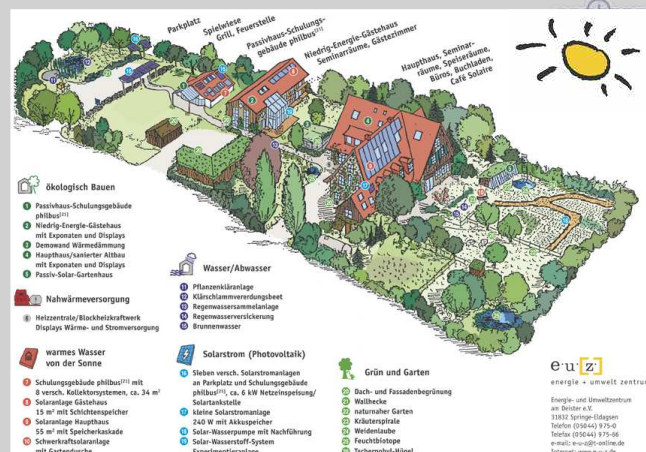
holz.bau.physik



Schulungsgebäude (PH-Holzbauweise (2000)

Niedrig-Energie-Gästehaus (1992)

Altbau (1926) auf Aplus-Standard saniert



Das energie + umwelt zentrum e.u.[z.] in Springe: Gegründet 1981 als Ort der praktischen Bauforschung zur Energiewende, der Entwicklung der Solartechnik u.a.m... und zur Weitergabe der Erkenntnisse und Erfahrungen. Der Referent war Mitbegründer und langjähriger Mit- und Zuarbeiter der Bausystem-Entwicklung des e.u.[z.]

holz.bau.physik

Das Beispielobjekt: Sanierung einer Reihenhauseszeile (Baujahr 1963)

Haus 32 mit
Dachausbau
von 1971

Haus 30 mit
Niedrig-Energie-
Sanierung und
Dachausbau 1994

Haus 32 mit
Dachausbau
von 1971

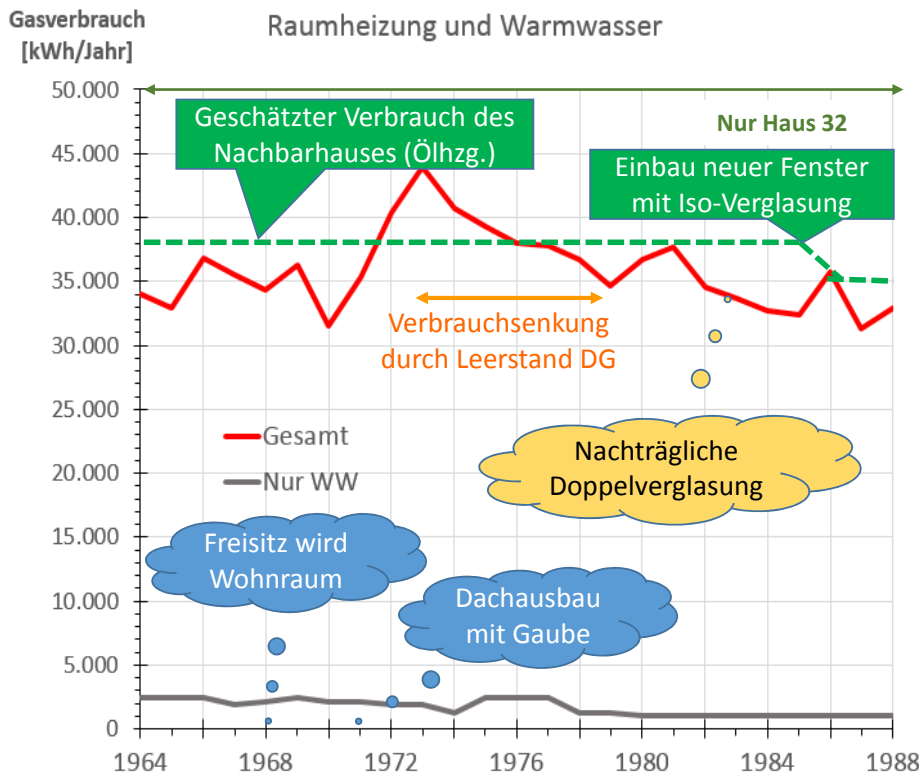


Chronologie der Maßnahmen Haus 32

- 1963 Fertigstellung
- 1968: EG Loggia wird Wohnraum-erweiterung (Iso-Glas, aber sonst nur schlechter Wärmeschutz)
- 1971: Dachausbau mit Gaube (Nur 3 cm Dachdämmung, katastrophale Luftdurchlässigkeit, s. Teil 1 der Veranstaltung)
- 1984/ 85: Nachträgliche Doppelverglasung, neue Gastherme EG
- 1991/92: Solar WW Anlage. Ersatz: 3 Gasthermen → EWFE Brennwertkessel



Der Gasverbrauch die ersten 25 Jahre (klimabereinigt)



Sehr hoher Heizenergieverbrauch:
35. bis 40.000 kWh
 $\approx 3\frac{1}{2} - 4$ Tsd. l Öl
bzw. m³ Erdgas

Wohnraumerweiterungen (Haus 32):
130 → 138 → 184 m²:
270 → 230 kWh/m²a

Anz. Bewohner:
am Anfang Familie mit 4 Personen.
Zeitweise DG vermietet. Am Ende nur noch 2 alte Damen

Chronologie der Maßnahmen Haus 32

- 1995: Neue Terrassenüberdachung plus Holzbau- Erweiterung der EG Loggia mit neuen NEH-Fenstern.
- Zwei neue NEH Fenster EG & OG
- 2001/02: Außendämmung Straßenseite. Eingangstür 3-fach WS-Glas
- Neue Dreifach- Fenster Treppenhaus, Bad EG & OG, Wohnzimmer EG.
- 2003: Neues Dachgeschoss in PH-Standard ohne Anschluss an Heizung. (s. Teil 1)
- 2004: Zweite Solaranlage
Neuer BW-Kessel mit Pufferspeicher.



Außendämmung in Holzbauweise



- 6 * 10 cm Hölzer an die Wand gedübelt
- 25 mm Holzfaserdämmplatte als Putzträger
- Fenster und Haustür in die Dämmebene → Minimale Wärmebrückeneffekte
- 20 cm Dämmung mit Einblaszellulose

Dachanschluss



- Wärmebrücken vermeiden – soweit es geht
- Wintereinbruch: Unfreiwilliger Härtetest für die Holzfaserplatten



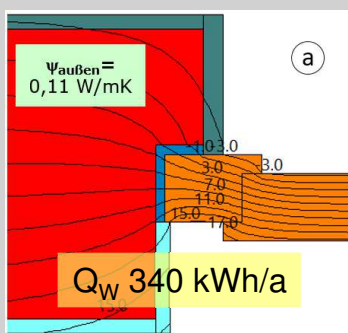
Verputzen und anschließen



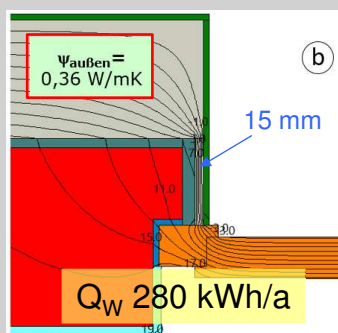
- Grundputz mit Gewebe aufbringen, dann Fensteranschlüsse abdichten und am Ende: mineralischer Oberputz
- Sockeldämmung und thermische Trennung des Treppengpodestes mit Backkorkplatten

Fensteraustausch & Außendämmung

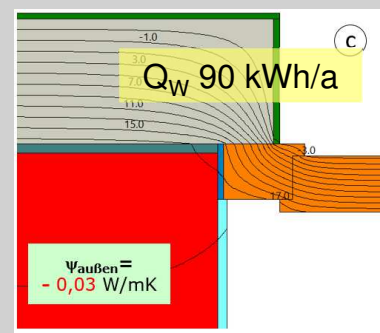
- Der Wärmeschutz neuer Fenster ist nur so gut wie ihr Einbau.
- Die **Wärmebrücke am Fensterrand** kann bei Wanddämmung sehr dominant werden. Der **Kennwert Ψ (Psi)**: Wärmeverlust pro lfm. Fensterrand (W/mK). Q_W ... Jahreswärmeverlust Fenster + Ränder.



Bestand: Fenster mit Anschlag
Fenster U-Wert: $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-Wert mit Einbau (Beispiel:
 $1,3 \text{ m}^2$ / Umfang $4,5 \text{ m}$):
 $U_{W,\text{effektiv}} = 3,1 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow + 17\%$



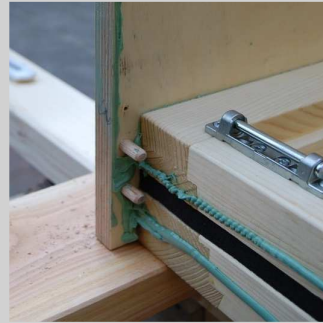
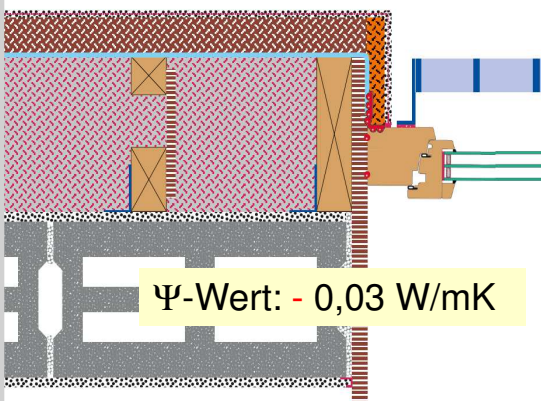
Fenstertausch $U_W = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Später: 20 cm Wanddämmung
Starker Anstieg des Ψ -Werts
Fenster U-Wert mit Einbau:
 $U_{W,\text{effektiv}} = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow + 97\%$



Anschlag abgeflext. Fenster
nach außen gesetzt
Rahmendämmung 80 mm
Fenster U-Wert: $0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{W,\text{effektiv}} = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow - 9\%$

Die elegante Lösung: Leibungskasten

- Fenster in der Dämmebene einer Holzbaudämmung mit Stegträgern und Zellulose-dämmung. Holzfaserdämm-platten als Putzträger.
- Vorfertigung: Fenster in einem Leibungskasten.



Einschieben in die Nische: Innere Leibung ist fertig

Vorteile: passgenau, keine Einbaufugen.

Minimale Verschattung durch Außenleibung: Licht- & Solargewinn

Alte Fassadenansicht bleibt erhalten



Richtig Fordern und Fördern (I)

- Fenstereinbau und Dämmung der Außenwände sollten immer **gemeinsam geplant** werden ... und mit Ermittlung der Wärmebrückeneffekte einhergehen. Auch dann, wenn die Maßnahmen nicht gleichzeitig erfolgen.
- Hierauf sollte das Gebäudeenergiegesetzes (GEG) Bauherren und Planer zumindest hinweisen.
- Die staatlichen Zuschüsse nach der „Bundesförderung energieeffiziente Gebäude“ (BEG) sollte **für die Kombination von Fenstertausch und Wanddämmung einen erhöhten Fördersatz** bereitstellen, um wirklich zielführende Ergebnisse zu erreichen.

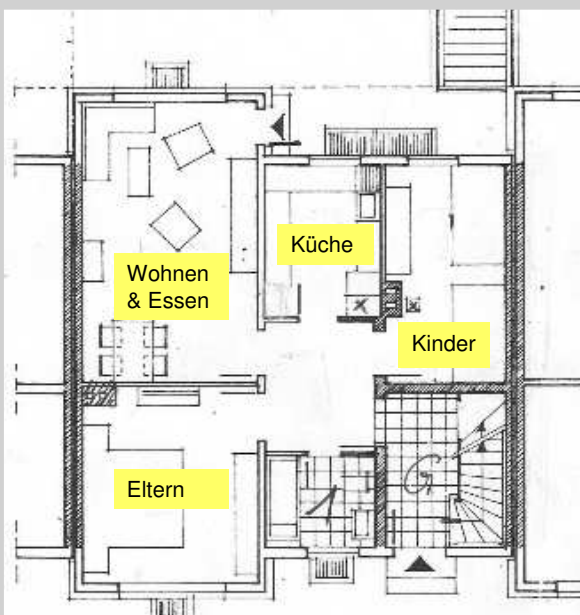


Chronologie der Maßnahmen Haus 30

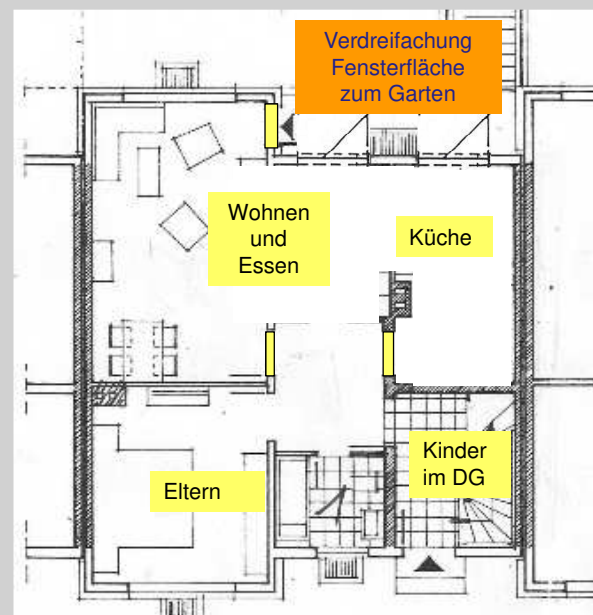
- 1963 Fertigstellung (Ölheizung)
- 1986: Neue Fenster, PVC 2-fach Glas
- 1992-08: Besitzerwechsel → Fam. Laaks
- 1993: Entsorgung Öl- Heizkessel, Anschluss an BWK in Haus 32
- 1994/95: **Grundsanierung mit Dachausbau für zwei Familien mit vier Kindern.** Neue offene Grundrisse.
 - Niedrig-Energie-Standard, Innendämmung EG & OG.
 - Umverglasung PVC- Fenster mit $U_{\text{glas}} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Dämmung Kellerdecke von oben (60 mm) und Kellerabgang,
 - Neue Heizkörper gem. NEH- Bedarf, Abluftanlage
- 1996/97: Außendämmung & Haustür Straßenseite.
- 2002: Statt Logien Anbau im EG und Wintergarten im OG.
 - alle Fenster EG Gartenseite. 3-fach
 - Außendämmung Loggiawand OG zum Wintergarten
- 2005: Umbau DG zu Studi- Apartment.

Neue Grundrissgestaltung

■ Alter Plan (62,5 m² Wfl.)



■ Neuer Plan



Das Übliche

- Wände rausreißen
- Schutt in die Container
- Heizkörper in den Schrott

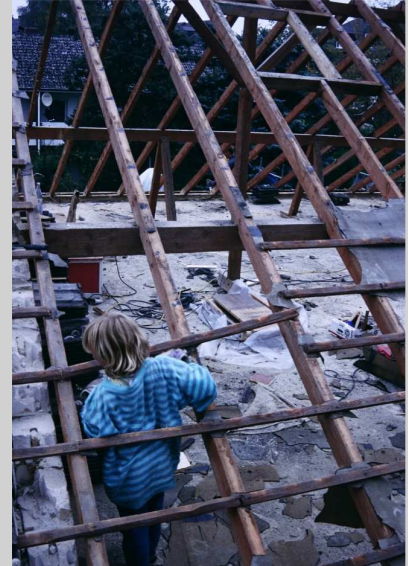


Für mehr Licht im Haus sorgen

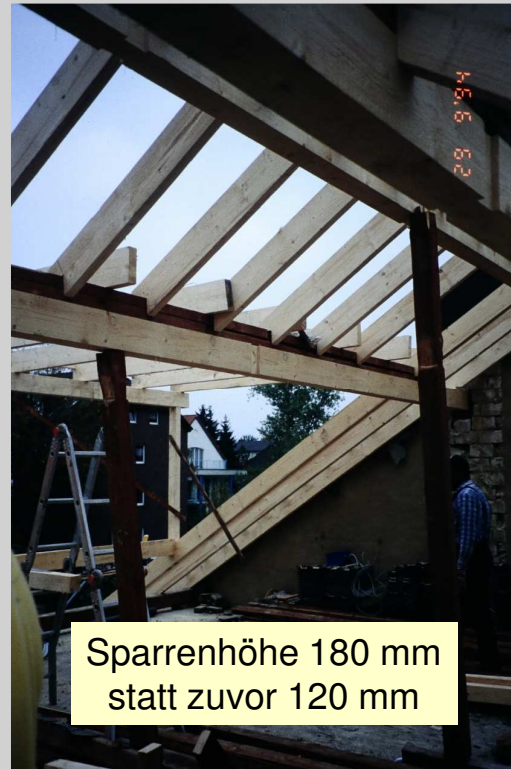


Abriss des alten Dachstuhls

- Neues Dachgeschoss für 4 Kinder mit eigenem Duschbad war konstruktiv mit Minigaube nicht möglich



Neuer Dachstuhl mit 2 großen Gauben



Unterdach und alte Dachsteine

- Unterdeckung Holzfaserplatten (20 mm)
- Sparmaßnahme: Keine Konterlattung, alte Pfannen wieder eingedeckt



Innen: OSB- Platte

- Ungewöhnlich, aber eine sehr empfehlenswerte Innovation aus dem Holzhausbau: Drei Funktionen in einer Bauteilschicht
- 1) Aussteifung des Dachstuhls --- 2) Moderate Dampfbremse (keine Folie erforderlich, weil außen diffusionsoffen) --- 3) Solide, langlebige Basis der Luftdichtung

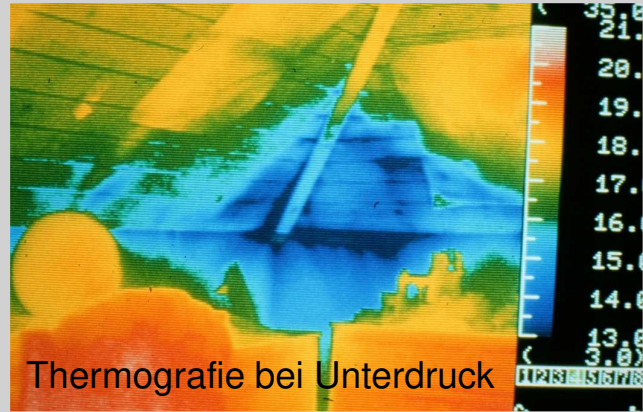


Luftdichtung – Warum?



Nebelaustritt bei Überdruck

- Luftströmung durch die wärmende Hülle sichtbar gemacht mit Thermografie oder Nebelgenerator bei Einsatz einer „BlowerDoor“



Thermografie bei Unterdruck

Richtig Fordern und Fördern (II)

- Bei Dachausbauten und deren Sanierung muss guter Wärmeschutz mit der Verminderung der Luftdurchlässigkeit der Dächer einhergehen.
- Für die Forderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) muss beides zusammen geregelt werden.
- Die staatliche Förderung von wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen der Dächer nach KfW bzw. BEG sollte neben der erforderlichen Minstdämmdicke die Prüfung der Gebäudedichtheit vorher und nachher fordern und bezuschussen.

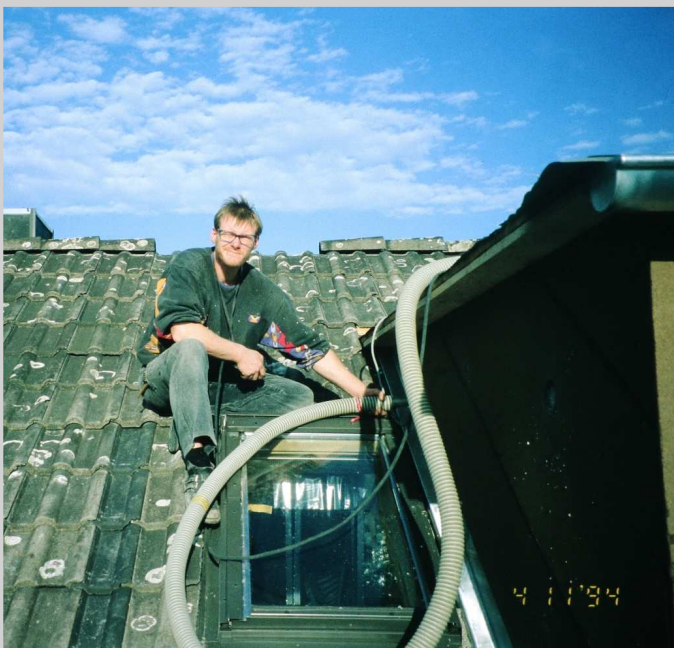


Bearbeitung der Anschlüsse



Am Ende die Dämmung

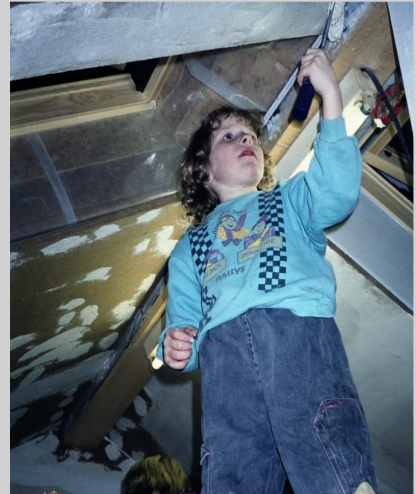
- Einblasen von Zellulosedämmstoff in alle Hohlräume (auch Innenwände zur Schalldämmung)



Der Innenausbau



- Die „Räuberhöhle“ ein gemeinsamer Alkoven im Dachspitz ...
- ... für die Kids und für den Besuch ihrer Freund*innen



- Der Untergrund für's Tapezieren: 20- 40 mm Holzweichfaserplatten direkt auf OSB- Platte

Chronologie der Maßnahmen Haus 30

- 1963 Fertigstellung (Ölheizung)
- 1986: Neue Fenster, PVC 2-fach Glas
- 1992-08: Besitzerwechsel → Fam. Laaks
- 1993: Entsorgung Öl- Heizkessel, Anschluss an BWK in Haus 32
- 1994/95: **Grundsanierung mit Dachausbau für zwei Familien mit vier Kindern.** Neue offene Grundrisse.
 - Niedrig-Energie-Standard, Innendämmung EG & OG.
 - Umverglasung PVC- Fenster mit $U_{\text{glas}} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Dämmung Kellerdecke von oben (60 mm) und Kellerabgang,
 - Neue Heizkörper gem. NEH- Bedarf, Abluftanlage
- 1996/97: Außendämmung & Haustür Straßenseite.
- 2002: Statt Loggien Anbau im EG und Wintergarten im OG.
 - alle Fenster EG Gartenseite. 3-fach
 - Außendämmung Loggiawand OG zum Wintergarten
- 2005: Umbau DG zu Studi- Apartment.

Die Alternative zu Loggia und Freisitz

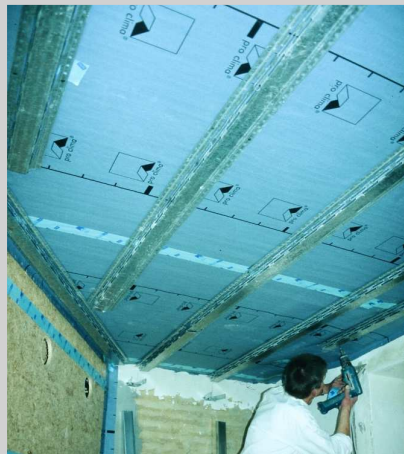


- Abriss von Betonplatte und Brüstung

- Im EG: Wohnraumerweiterung mit hoch gedämmtem Holzbau



- Dreifach PH-Fenster
- Gedämmte Holzbalkendecke



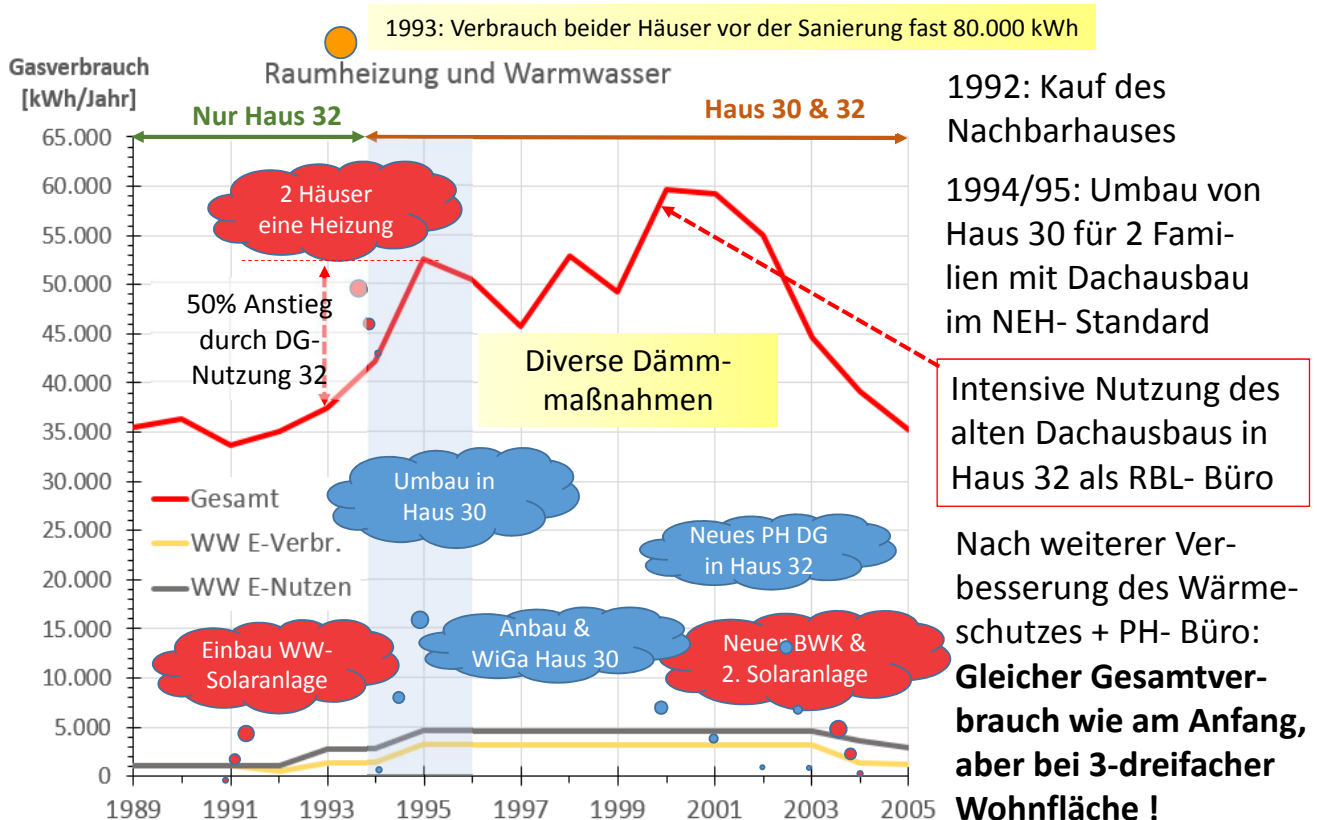
- Außendämmung der Loggiawand

Anbau und Wintergarten

Der Wintergarten hat sich nicht bewährt. Instabile Tragstruktur aus PVC-Profilen. Immer wieder gerissene Scheiben. Im Sommer viel zu heiß.

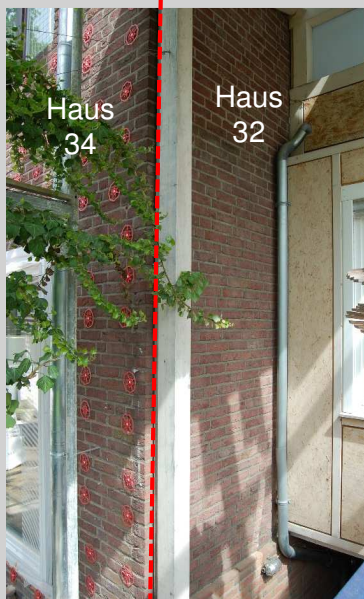


Der Generationswechsel – Was hat's gebracht?



Die (vorläufig) letzten Baumaßnahmen

- 2007: Nachbarschaftshilfe in der Reihenauszeile. Dämmen der versetzten Gebäudetrennwände auf dem Nachbargrundstück



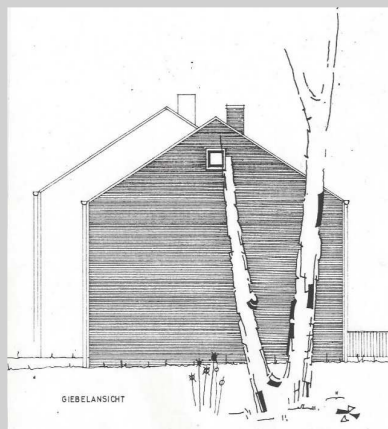
- Außendämmung von Haus 34 beseitigt auch die Wärmebrücke der Trennwand in Haus 32

Neue Nachbarn
sanieren Haus 34



Ein Win-Win-Geschäft

- Auf „unserer“ Seite werden im Gegenzug die letzten Dämmücken geschlossen und wieder eine Wärmebrücke beseitigt



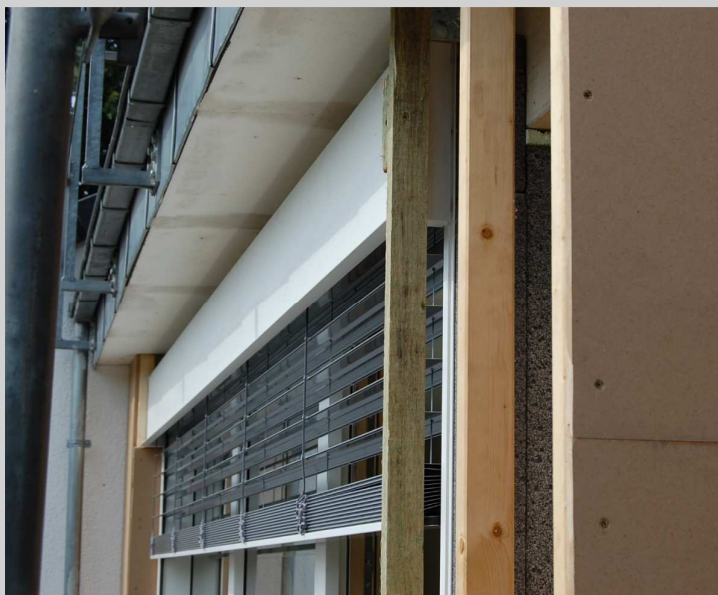
Die letzte Loggia wird zum Wohnraum



- 2009: Im Zuge des 2. Generationswechsel werden EG und OG im Haus 32 auf den Stand der Technik gebracht. Im OG werden auch die Grundrisse neu organisiert und die Wohnfläche erweitert.

Außenhülle Holzbau

- Best practice bei den Fenstern: U- Wert 0,57 W/m²K, mit Raffstoren zur Verschattung (Südwest- Orientierung)



Verklinkerte Außenwände

- Mein persönlicher „Denkmalschutz“. Der Charakter der Fassadengestaltung soll erhalten bleiben.
- Die Konsequenz:
Beim steinsichtigen Mauerwerk geht zum Wärmeschutz nur eine **Innendämmung**.
- Geht das gut?
- Ein Blick auf die Langzeit-Forschung an meiner alten Wirkungsstätte

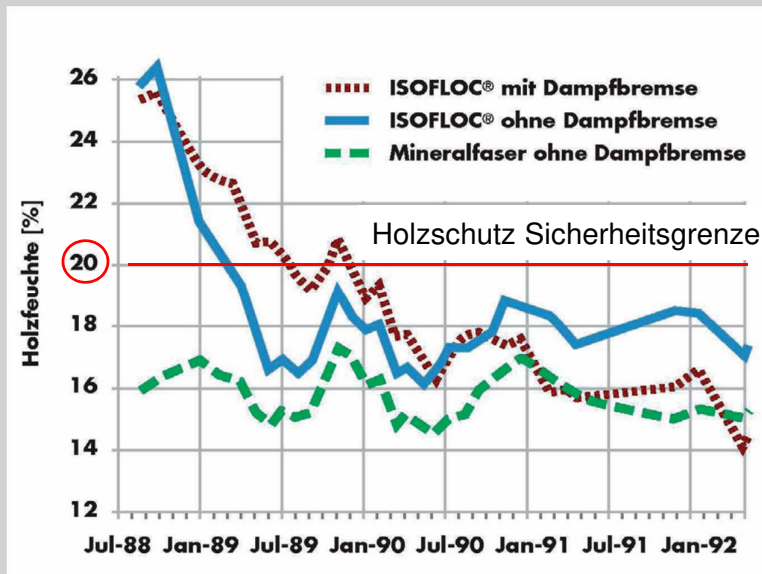


Start Langzeitmessung im e.u.[z.] 1988 (!)



- Zellulosedämmung im Anspritzverfahren

Austrocknung der feuchten Dämmung

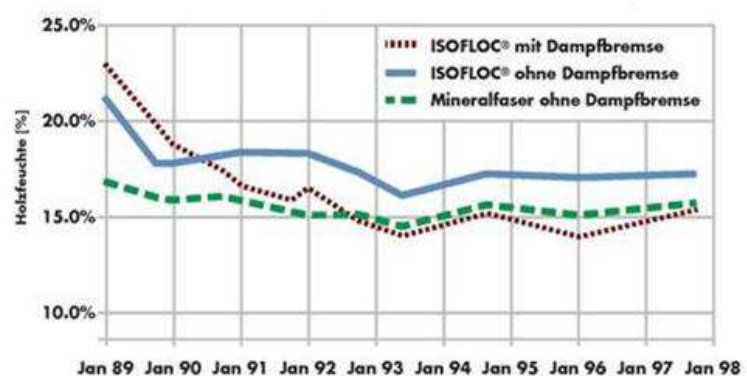


- Der Dämmstoff hat seine Einbaufeuchte schon im ersten Jahr abgegeben und zwar um so schneller, je diffusionsoffener die Konstruktion innenseitig ausgeführt wurde.

Eingeschwungene Zustände



Feuchteverlauf der Unterkonstruktion einer Innendämmung von 8 cm



Alle Holzfeuchten liegen auf Dauer im unkritischen Bereich. Keine Auffeuchtung.

In einem öffentlichen Bauphysik-Labor wurden die Konstruktionen nach 18 Jahren abschließend geöffnet und untersucht. Die elektrischen Feuchtemessungen lagen auf sicheren Seite. **Alles im grünen Bereich.**



Innendämmung Haus 30 (1994)

- Ständerwerk mit 12 cm Zellulose & 2 cm Holzweichfaserplatten



Keine
Dampfbremse.

Feuchte-
monitoring zeigt
keine kritischen
Holzfeuchten
trotz hoher
Schlagregen-
belastung (SW-
Orientierung)



10 Jahre später



- Öffnung der Konstruktion
- Keine Fäulnis am Holz kein Schimmel an der alten Wand
- Feuchte der Dämmstoffproben etwas erhöht, aber im unkritischen Bereich



Anwendung im Haus 32 (2009)



Rückbau der
Betonfensterbank

- Variante 1 (Straßenseite): Fenster außen am Anschlag der Klinkerschale



Neu: Innen
OSB + Gips



Leibungsdämmung
aus Holzfaser hat
sich bewährt

Variante 2: Gartenseite



PH-Fenster mit
schlankem
Rahmen



- Öffnung des Hintermauerwerks seitlich soweit verbreitert wie es der vorhandene Sturz zulässt
- Brüstung abgesenkt für freien Blick in den Garten

Fensterposition nach innen gerückt

- OSB- Platte als luftdichte Ebene.
- Luftdichter Anschluss vom Fensterblendrahmen an die Platte

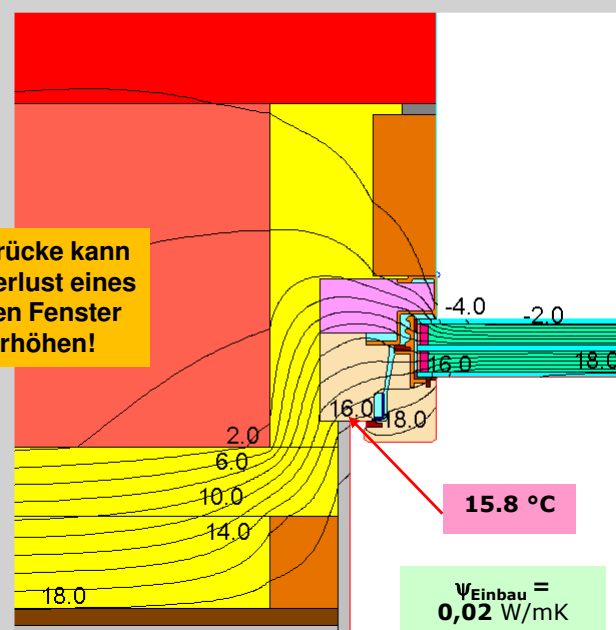
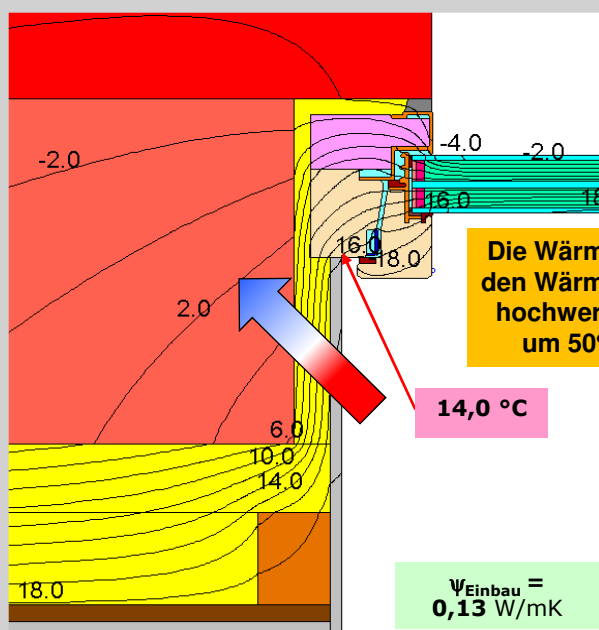
Laufschiene der Jalousie

Einblasöffnungen für die Zellulose

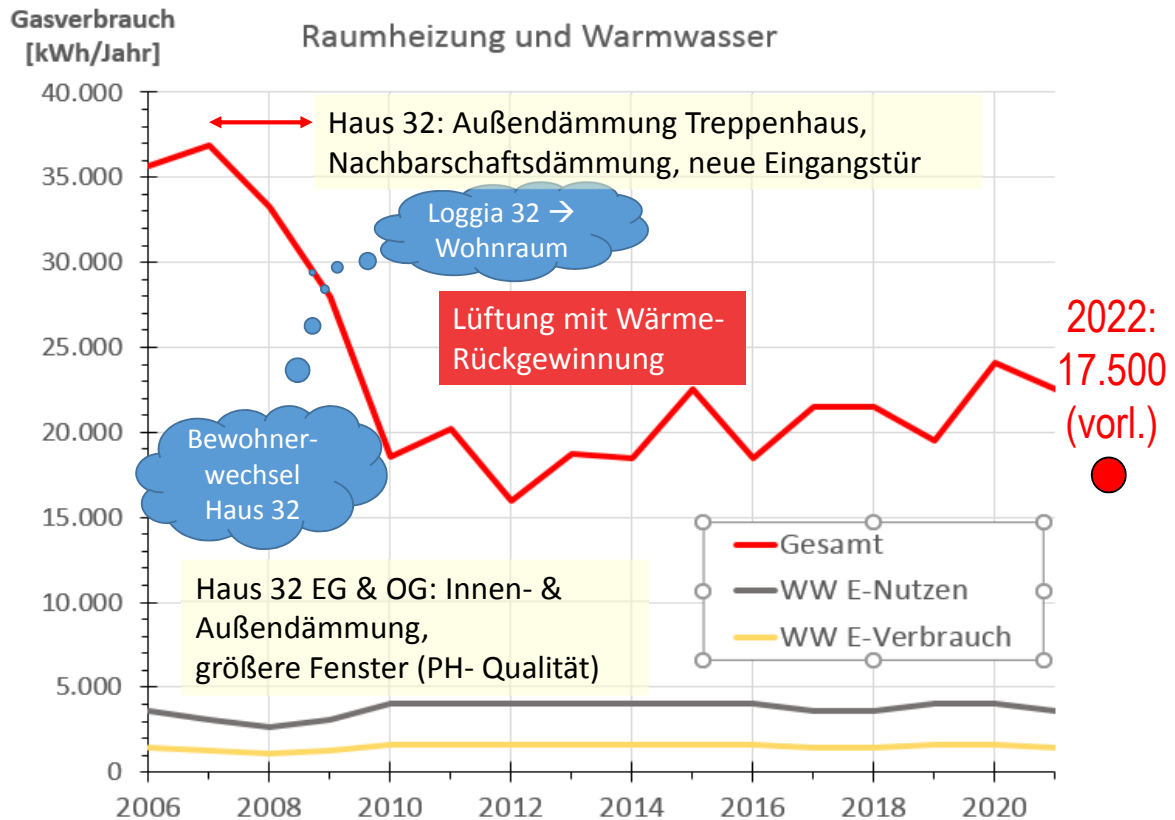


Kleine Unterschiede große Wirkung

- Position außen mit 30 mm Leibungsdämmung
- Position mittig mit 60 mm Leibungsdämmung



Der zweite Generationswechsel



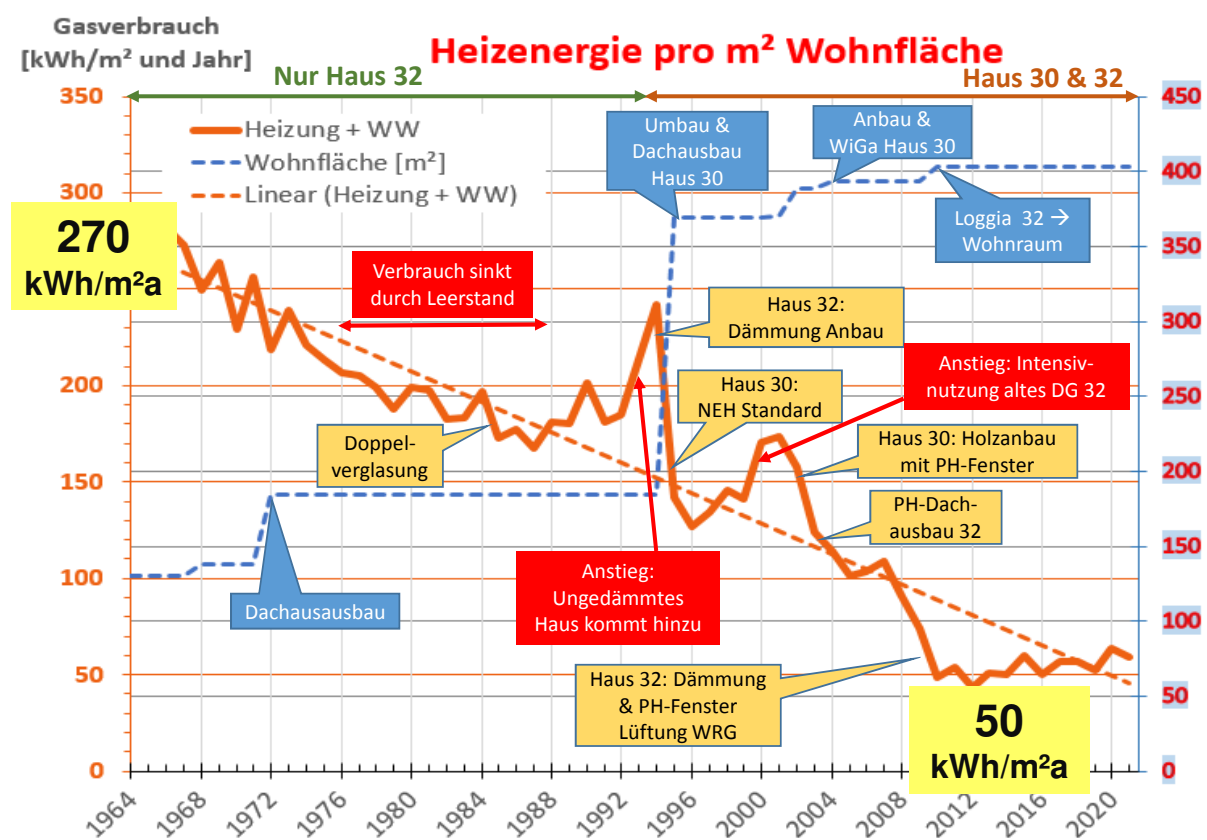
Das Effizienzmaß für die Gebäudequalität



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

Energieausweis © s-motive, stock.adobe.com

Das Maß für die Gebäudequalität



Wie die Wärmewende Wirklichkeit wird

Wer wohnt denn hier?



In den verbleibenden drei Wohnungen befindet sich seit 2009 unsere „Senioren-Hausgemeinschaft“ siehe Bild rechts:

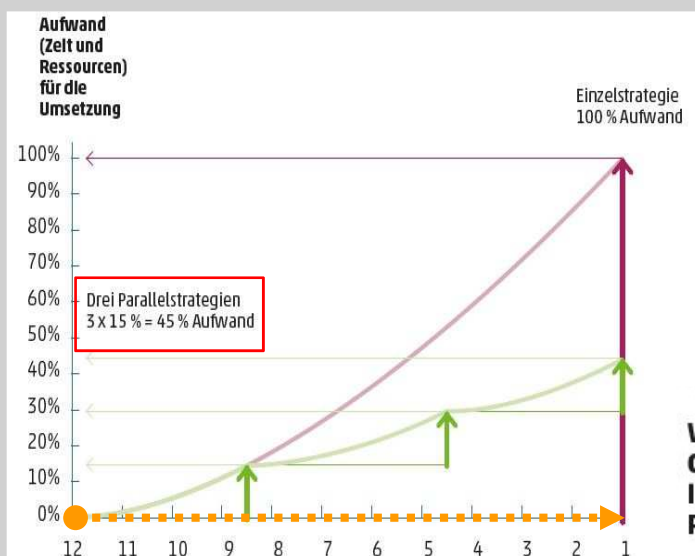
Die offene Frage

- Wieviel hilft die Sanierungsgeschichte dieser Häuser für den persönlichen ökologischen Fußabdruck seiner Bewohner*innen?
- Das Klimaschutzziel „unter 2°C globaler Erwärmung bleiben“ heißt pro Person auf diesem Planeten:
- Maximal eine Tonne CO₂ pro Jahr verursachen. Für alles. Das Wohnen, die Mobilität, die Ernährung usw. usf.**
- Darüber reden wir nach der Pause ☺.



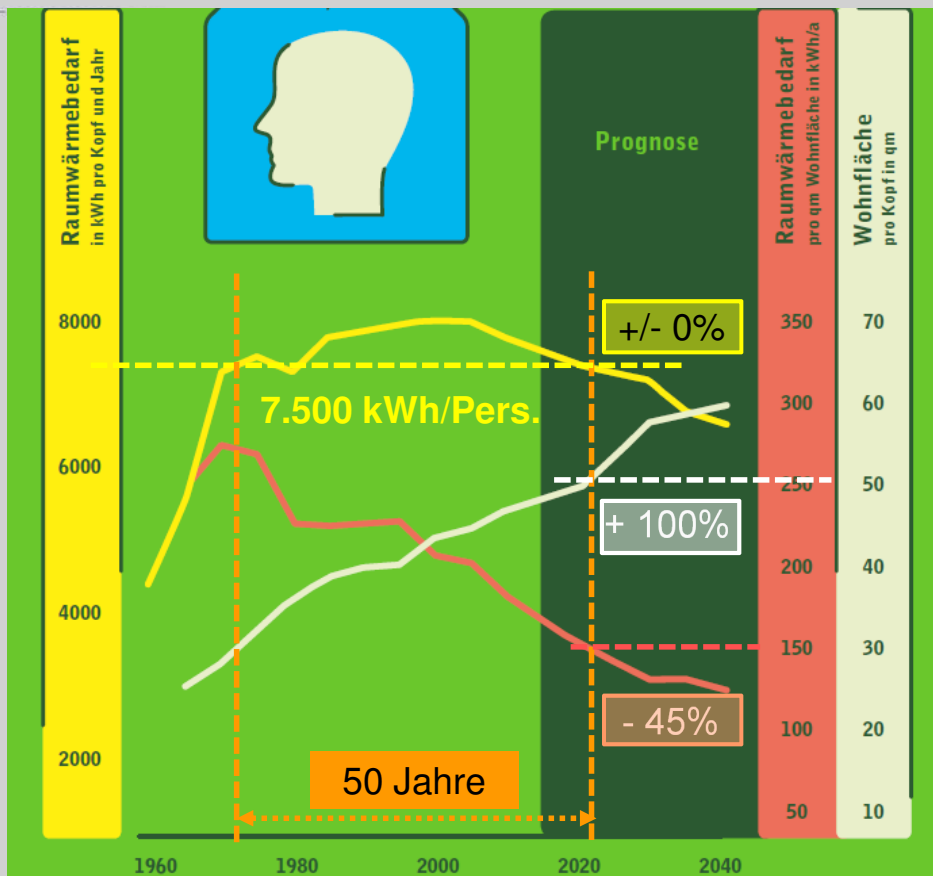
Ein ermutigender Ausblick

- Wir haben drei Strategien: **Energieeffizienz – Erneuerbare -- Lebensstil**
- Der Aufwand steigt immer exponentiell je näher wir dem Ziel kommen.



- An den 3 Stellschrauben gleichzeitig zu drehen, kann den Gesamtaufwand halbieren





**Historischer
Verlauf der
Effizienz-
steigerung
beim Raum-
wärmebedarf**

**Alles
vergebene
Liebesmüh‘?**

Grafik: Böllstiftung
„Fakten
Wärmewende“
Datenquelle:
Wuppertalinstitut

Endergebnisse in Stufen

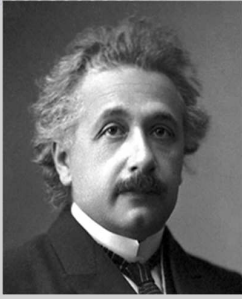
Raumheizung und Warmwasser in kWh pro Jahr (Erdgasheizung)							
Jahr	pro m ² Wfl.			pro Bewohner			
	m ²	kWh/a	Relativ	Anz. Bew.	kWh/ Pers.	CO _{2,eq} kg/Pers.	CO _{2,eq} kg/kWh
1964	130	262	100%	4	8.500	3.400	0,4
1989	184	193	74%	2	17.750	7.100	0,4
1996	370	138	53%	10	5.100	2.040	0,4
2021	400	57	22%	8	2.838	1.419	0,5
2024	410	44	17%	9	2.000	1.200	0,6
2021 (WP JAZ 2,7)	410	19	7%	8	977	293	0,3
2024 (WP JAZ 3,0)	410	14	5%	9	620	155	0,25

„Neues“
Gas

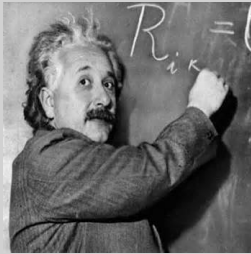
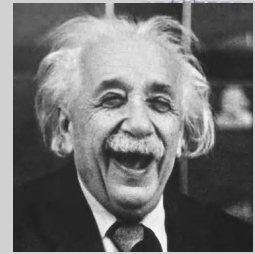
Ausbau
EE

Das Ziel: 1.000 kg CO_{2,eq} pro Kopf und Jahr bleibt mit Erdgas unerreichbar!
In Kombination von Effizienz, Umweltwärme und Lebensstil kann es klappen

Aber nur wenn an allen Stellschrauben was getan wird



*„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.

