

Effizienz-Tuning

Workshop zur energieeffizienten Sanierung

- Friedhelm Maßong, Überlingen/Bodensee
- Jahrgang 1967, verheiratet, 1 Tochter
- Faching. f. Energieeffizienz, beratender Ing., SV für EnEV, Fachkraft für Thermografie Stufe 3 (TÜV), Dachdeckermeister
- stv. Vors. FG Gesamtenergieeffizienz/GEG IngBW
- Mitglied im AK Energie der BingK
- Ing.-Büro für **Energieplanung**, Fachautor, Trainer
- weitere Infos: www.ib-massong.de

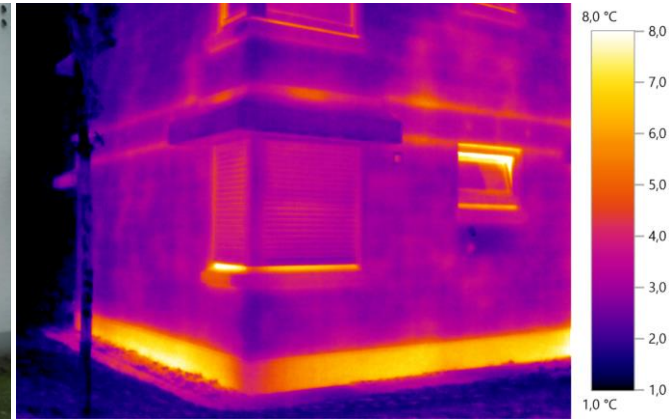


Effizienzhaus: Immer teurer als GEG?

Beispiel: Wohnheim (26 Plätze = 26 WE)



Augenfällig: Wärmebrücken...



Beispiel: Wohnheim (26 Plätze = 26 WE)



Aufstellung Mehrkosten BEG Einzelmaßnahme/100/85 gegenüber GEG

Bauteil	Fläche rund m ²	U-Wert Bestand ca.	Ausführung				Kosten GEG		Mehrpreis					
			GEG	BEG EM Einzelmaßnahme	BEG EH 100 EE Effizienzhaus 100 EE	BEG EH 85 EE Effizienzhaus 85 EE	spez. €/m ²	absolut €	Einzelmaßn.		EH 100 EE		EH 85 EE	
									spez. €/m ²	absolut €	spez. €/m ²	absolut €	spez. €/m ²	absolut €
Flachdach	940,00	0,25	(nur Abdichtung auf min. Gefälle-WD)	16 cm WD 035 im Mittel	16 cm WD 035 im Mittel	16 cm WD 035 im Mittel	220,00	206.800,00	40,00	37.600,00	30,00	28.200,00	30,00	28.200,00
Dachterrasse	12,00	0,80	8 cm PUR 023	-	8 cm PUR 023	8 cm PUR 023	400,00	4.800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Außenwand	720,00	> 1,0	12 cm WDVS 035	16 cm WDVS 035	16 cm WDVS 035	16 cm WDVS 035	180,00	129.600,00	10,00	7.200,00	10,00	7.200,00	10,00	7.200,00
Wand Perimeter	160,00	> 1,4	Sockel-WD 1 m u. GOK	Sockel-WD 1 m u. GOK	Sockel-WD 1 m u. GOK	10 cm XPS 041 bis Fund.	80,00	12.800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140,00	22.400,00
Kellerwand kalt/warm	40,00	1,00	-	-	-	10 cm Tektalan 035	0,00	0,00	0,00	0,00	70,00	2.800,00	70,00	2.800,00
Kellerdecke ü. kalt	270,00	1,00	-	-	10 cm Tektalan 035	10 cm Tektalan 035	0,00	0,00	0,00	0,00	70,00	18.900,00	70,00	18.900,00
Bodenplatte	680,00	1,20	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenster	260,00	3,50	U = 1,3 (UG 1,1, UF 1,2)	U = 0,95 (UG 0,7, UF 1,0)	U = 0,75 (UG 0,5, UF 1,0)	U = 0,75 (UG 0,5, UF 1,0)	700,00	182.000,00	50,00	13.000,00	60,00	15.600,00	60,00	15.600,00
Fenster UG	20,00	3,50	-	-	-	U = 0,75 (UG 0,5, UF 1,0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500,00	10.000,00
Außentüren	40,00	4,00	U = 1,8	U = 1,3	U = 1,5	U = 1,5	1500,00	60.000,00	150,00	6.000,00	100,00	4.000,00	100,00	4.000,00
Wärmebrücken	-	-	-	-	Zuschlag ΔUWB = 0,10	Zuschlag ΔUWB = 0,10	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00
Summe =	3.142,00													
								Summe Bauteile	596.000,00	63.800,00	76.700,00	109.100,00		
								Planung + Baubegleitung + Sicherheit	89.400,00	9.570,00	11.505,00	16.365,00		
								Summe Mehrkosten KfW	0,00	73.370,00	88.205,00	125.465,00		
								Summe Kosten	685.400,00	758.770,00	773.605,00	810.865,00		
								Anzahl Wohneinheiten	26	26	26	26		
								max. Volumen je Wohneinheit		60.000,00	150.000,00	150.000,00		
								max. Volumen gesamt		1.560.000,00	3.900.000,00	3.900.000,00		
								effektives Volumen (Kappung bei max. Kredit bzw. Baukosten)		758.770,00	773.605,00	810.865,00		
								Zuschuss %		20,0	32,5	35,0		
								Tilgungszuschuss €		151.754,00	251.421,63	283.802,75		
								eff. Mehrkosten BEG (ohne Zinsvorteil/Energieeinsparung)		-78.384,00	-163.216,63	-158.337,75		

Technik GEG bzw. Einzelmaßnahme: **Fernwärme Hegenberg, fp = 0,40**. Feuchteschutzlüftung (Abluft + Fensterfalzlüfter)

Technik Effizienzhaus: Keine Änderung gegenüber GEG, weil Fernwärme Hegenberg primärenergetisch günstig.

Anmerkung: Zinsvorteil und Energieeinsparung sind in der Betrachtung nicht berücksichtigt.

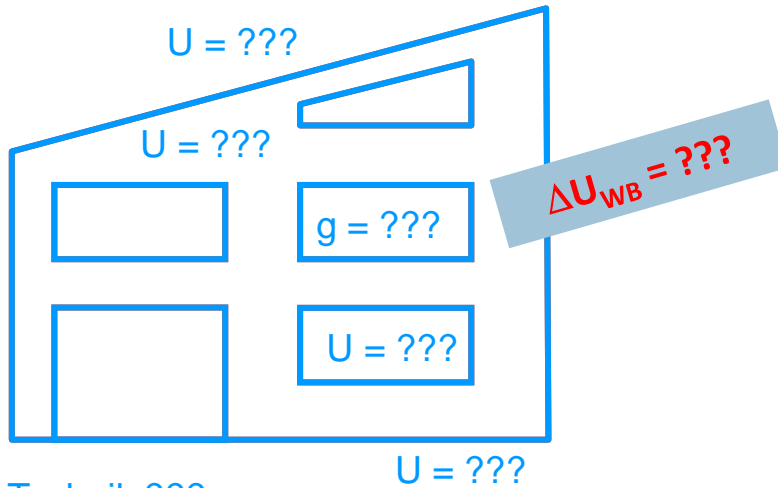


Schlüsselfaktor bei Wohngebäuden: Wärmebrücken

GEG Referenzgebäudeverfahren (Neubau WG)



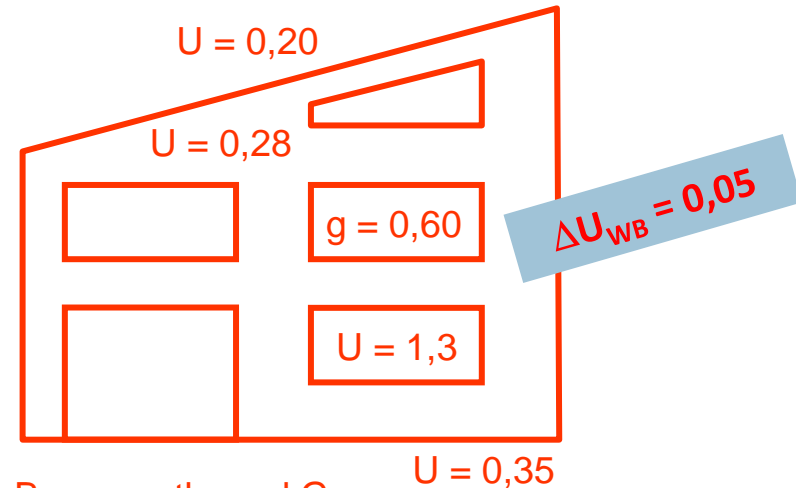
Reales Wohngebäude



Technik ???
EEWärmeG Bund, EWärmeG BW !!!



Referenzgebäude (EnEV 2009)



Brennwertkessel Gas,
Solaranlage Brauchwasser,
zentrale Abluftanlage



Primärenergiebedarf real Q_p	$\leq !!!$	$0,75 \cdot \text{ref } Q_p$
--------------------------------	------------	------------------------------

Mittlerer U-Wert real H'_T	$\leq !!!$	$1,0 \cdot \text{ref } H'_T$ (seit 01.01.16)
------------------------------	------------	--

$H'_T = U_{\text{mittel}} + \Delta U_{WB}$

Vom ψ -Wert zu ΔU_{WB} und H'_T



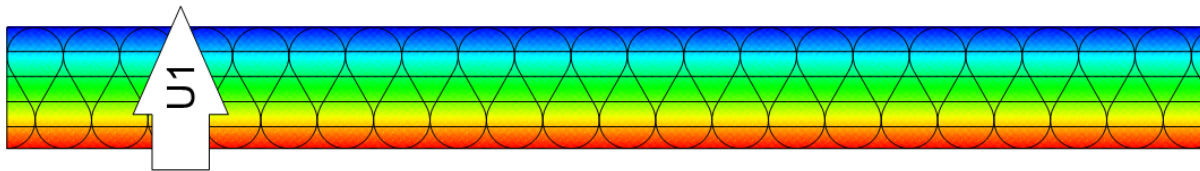
	A	B	D	E	F	G
1	BO: MFH Björn...					
2						
3	Detaillierter Nachweis der Wärmebrücken					
4						
5	Nr	Detail	Länge [m]	F_{xi (BKI)}	psi	H_T [W/K]
33	WB19	Brandwand Dach	19,04	1,00	0,0150	0,2856
34				1,00		0,0000
35	WB16	Fenster Leibung	85,68	1,00	-0,0040	-0,3427
36	WB17	Fenster Brüstung	49,80	1,00	0,0040	0,1992
37	WB18	Fenster Sturz	49,80	1,00	0,0130	0,6474
38	WB26	Haustür Leibung	26,52	1,00	-0,0080	-0,2122
39	WB27	Haustür Sturz Giebel	2,34	1,00	-0,0080	-0,0187
40				1,00		0,0000
41	WB28	Reserve	75,00	1,00	0,1000	7,5000
42						0,0000
43						0,0000
44					Summe	5,262
46		Hüllfläche [m ²]				885,93
47		delta U _{WB} [W/(m ² *K)]				0,006

Vereinfacht: $H'_T = U_{\text{mittel}} + \Delta U_{WB}$

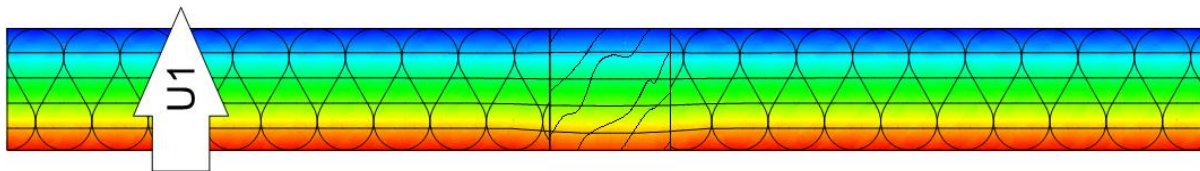
Beispiel: $H'_T = 0,20 + 0,05 = 0,25$

Zu abstrakt?
Dann ganz praktisch...

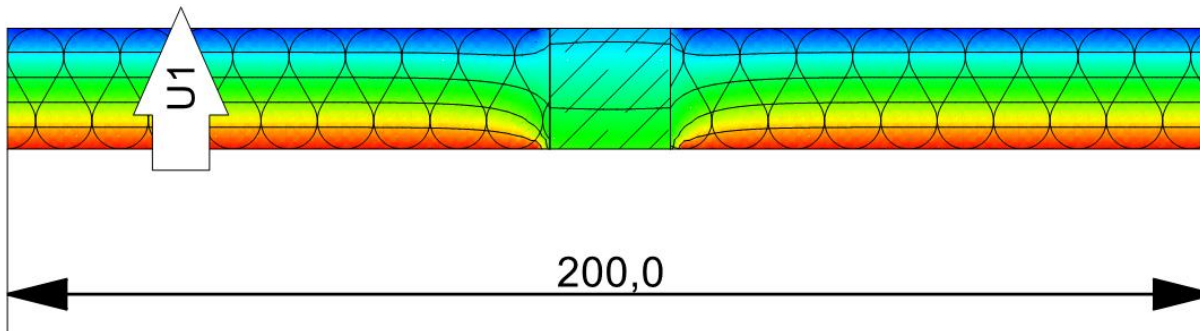
$$U_1 = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$



ungestört:
 $\psi = 0 \text{ W}/(\text{mK})$

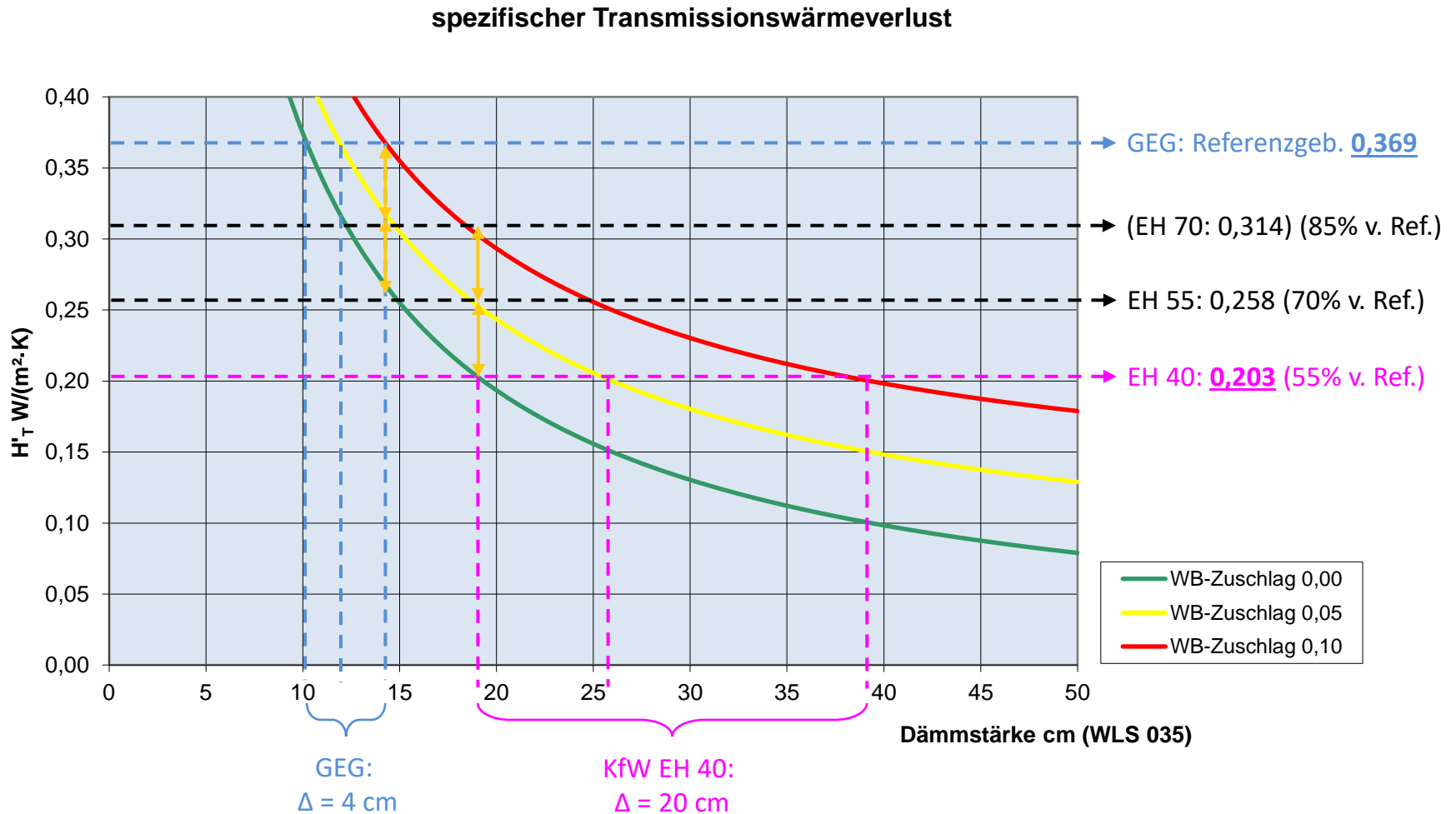


Holzstütze:
 $\psi = 0,08 \text{ W}/(\text{mK})$



Betonstütze:
 $\psi = 0,80 \text{ W}/(\text{mK})$

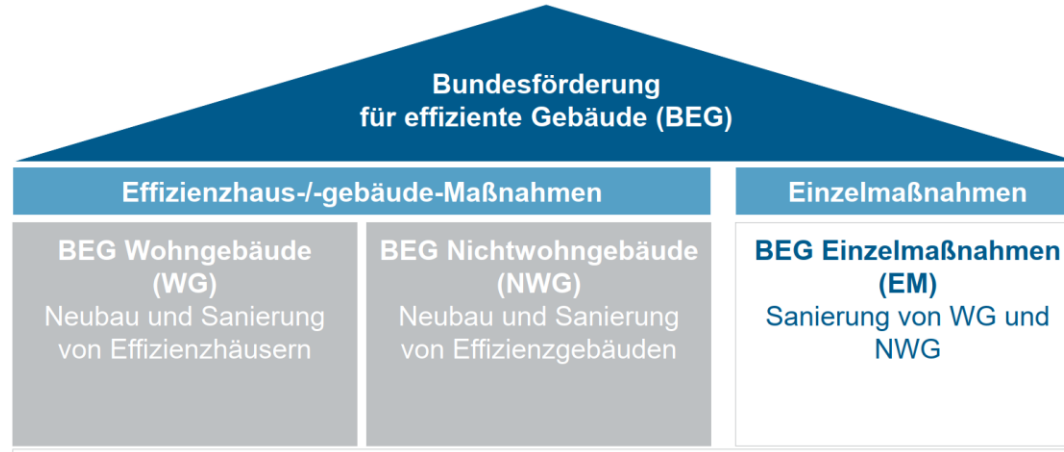
Dämmung, Wärmebrückenzuschlag und Energiestandard Wohngebäude



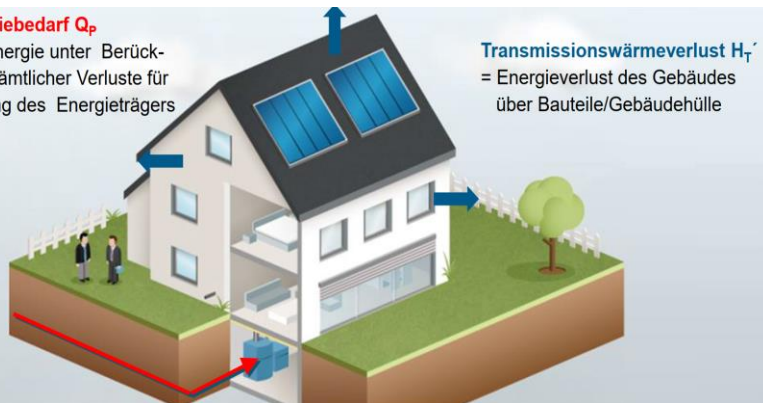
BEG-Förderung ab 01.07.2021

Übersicht BEG WG/NWG

Quelle: KfW

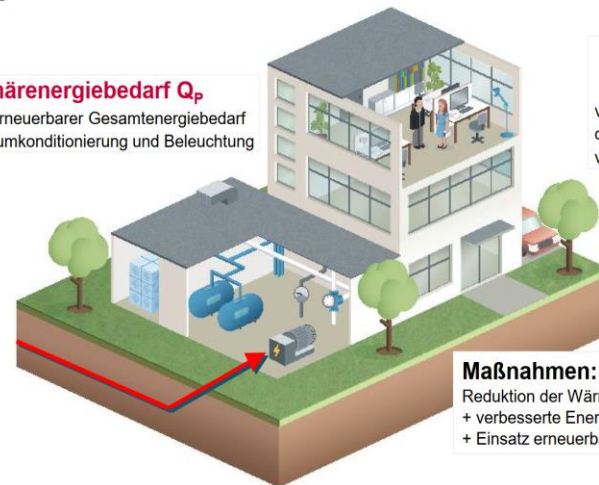


Primärenergiebedarf Q_p
 = benötigte Energie unter Berücksichtigung sämtlicher Verluste für Bereitstellung des Energieträgers



Transmissionswärmeverlust H_T
 = Energieverlust des Gebäudes über Bauteile/Gebäudehülle

Primärenergiebedarf Q_p
 nicht erneuerbarer Gesamtenergiebedarf für Raumkonditionierung und Beleuchtung



Mittlerer U-Wert der Bauteile
 verbesserte energetische Qualität der Gebäudehülle zur Reduktion von Wärmeverlusten

Maßnahmen:
 Reduktion der Wärmeverluste über Gebäudehülle + verbesserte Energieeffizienz der Anlagentechnik + Einsatz erneuerbarer Energien

Übersicht BEG WG/NWG



Effizienzhaus (Wohngebäude) bzw. Effizienzgebäude (Nichtwohngebäude)		Denkmal	Denkmal EE/NH	100	100 EE 100 NH	85	85 EE 85 NH	70	70 EE 70 NH	55	55 EE 55 NH	40	40 EE 40 NH	40 Plus
Primärenergie: Q _p in % bezogen auf Referenzgebäude				100 %		85 %		70 %		55 %		40 %		
Wohngebäude	Wärmeschutz: H' _T in % bezogen auf Referenzgebäude	entfällt		115 %		100 %		85 %		70 %		55 %		
	max. förderfähig € je Wohneinheit	120.000 €	150.000 €	120.000 €	150.000 €	120.000 €	150.000 €	120.000 €	150.000 €	120.000 €	150.000 €	120.000 €	150.000 €	150.000 €
	Sanierung	Zuschuss/Tilgungszuschuss	25,0 %	30,0 %	27,5 %	32,5 %	30,0 %	35,0 %	35,0 %	40,0 %	40,0 %	45,0 %	45,0 %	50,0 %
		max. Zuschuss € je Wohneinheit	30.000 €	45.000 €	33.000 €	48.750 €	36.000 €	52.500 €	42.000 €	60.000 €	48.000 €	67.500 €	54.000 €	75.000 €
	Sanierung nach iSPF	Zuschuss/Tilgungszuschuss	30,0 %	35,0 %	32,5 %	37,5 %	35,0 %	40,0 %	40,0 %	45,0 %	45,0 %	50,0 %	50,0 %	55,0 %
		max. Zuschuss € je Wohneinheit	36.000 €	52.500 €	39.000 €	56.250 €	42.000 €	60.000 €	48.000 €	67.500 €	54.000 €	75.000 €	60.000 €	82.500 €
Neubau	Zuschuss/Tilgungszuschuss									15,0 %	17,5 %	20,0 %	22,5 %	25,0 %
	max. Zuschuss € je Wohneinheit									18.000 €	26.250 €	24.000 €	33.750 €	37.500 €
Nichtwohngebäude	Wärmeschutz: T ≥ 19 °C	Ü _{opak}	entfällt		0,34				0,26		0,22		0,18	
		Ü _{transparent} / Ü _{Vorhang}			1,8				1,4		1,2		1	
		Ü _{Licht} (Dach)			3				2,4		2,0		1,6	
	Wärmeschutz: 12 °C ≤ T ≤ 19 °C	Ü _{opak}			0,4				0,32		0,28		0,24	
		Ü _{transparent} / Ü _{Vorhang}			2,2				1,7		1,5		1,3	
		Ü _{Licht} (Dach)			3,6				2,8		2,5		2,0	
	max. förderfähig € je m ² NGF	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €			2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	
	Sanierung	Zuschuss/Tilgungszuschuss	25,0 %	30,0 %	27,5 %	32,5 %			35,0 %	40,0 %	40,0 %	45,0 %	45,0 %	50,0 %
		max. Zuschuss € je m ² NGF	500 €	600 €	550 €	650 €			700 €	800 €	800 €	900 €	900 €	1.000 €
	Neubau	Zuschuss/Tilgungszuschuss									15,0 %	17,5 %	20,0 %	22,5 %
		max. Zuschuss € je m ² NGF									300 €	350 €	400 €	450 €

- EE = EE-Paket: mind. 55% des Wärme-/Kältebedarfs durch Nutzung **erneuerbarer Energie** gedeckt.
- NH = NH-Paket: **Nachhaltigkeits**zertifizierung gemäß Qualitätssiegel „Nachhaltiges Gebäude“ des BMI (www.nachhaltigesbauen.de). EE und NH sind anwendbar bei:
 - Nichtwohngebäuden in allen Standards
 - Wohngebäuden in den Neubaustandards 55 NH und 40 NH.
- EE und NH sind nicht kumulierbar.
- 40 Plus: Nur Neubau; Pluspaket beinhaltet u.a. regenerative Stromerzeugung mit Speicher + Visualisierung, sowie Lüftung mit WRG
- iSPF = **individueller Sanierungsfahrplan** (BAFA). Anwendbar, wenn schrittweise binnen 15 Jahren nach iSPF mindestens der darin genannte Zielstandard erreicht wird. Nicht anwendbar bei Vollsanierung auf Zielstandard im ersten Schritt.

Projekt 1:

KfW EH 40, Baujahr 2014, 3 WE

Projekt 1



$\Delta U_{WB} = -0,003$



Heizung
EG-DG: 18 kWh/(m²a)



Maßnahmen zur Erreichung der Zielstandards

Standard	Bauteile	Wärmebrücken	Technik
vorh: EH 40	sehr gut	$\Delta U_{WB} < 0,01$	<ul style="list-style-type: none"> Gas-Brennwert Solar-TWW Lüftung WRG
EH 40 EE	keine Änderung	keine Änderung	<ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe Solar-TWW Lüftung WRG
EH 40 Plus (informativ, nur im Neubau gefördert)	keine Änderung	keine Änderung	<ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe PV ≥ 5 kWp + Speicher... Lüftung WRG

Grenzwerte BEG WG		Ist (Bestand)	Referenz- gebäude	EH 40 EE	EH 40 Plus
Primärenergie:	Q_p [kWh/(m ² a)]	21,21	63,53	25,41	25,41
Wärmeschutz:	H'_T [W/(m ² K)]	0,225	0,410	0,226	0,226

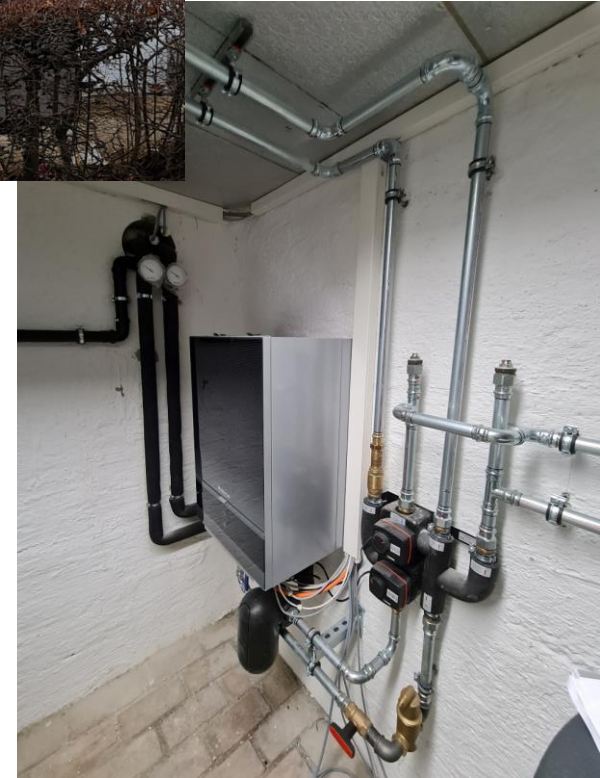
Projekt 2:

Doppelhaushälfte, Bj. 1950, 1 WE

Projekt 2



Projekt 2



Maßnahmen zur Erreichung der Zielstandards

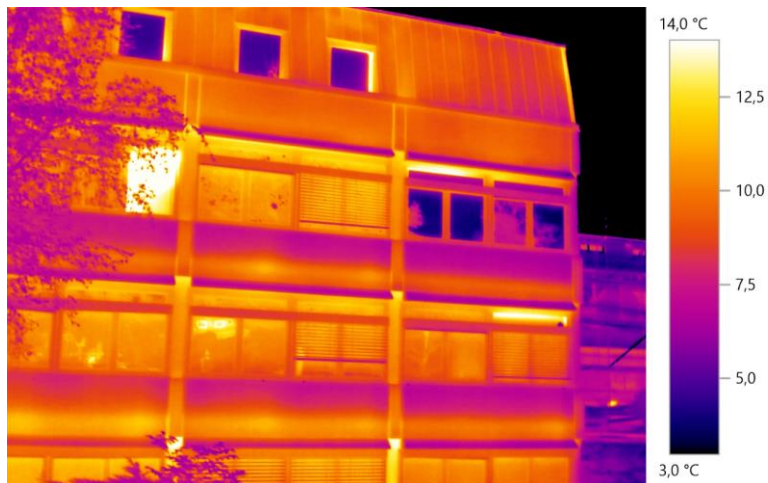
Standard	Bauteile	Wärmebrücken	Technik
vorh: EEK G	schlecht	irrelevant	<ul style="list-style-type: none"> Ölöfen el. Warmwasser
EH 100 (EE) bis 70 (EE)	moderat	$\Delta U_{WB} = 0,10$	<ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe Luft/Wasser
EH 55 EE	sehr gut	$\Delta U_{WB} \leq 0,05$	<ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe Luft/Wasser
EH 40 EE	etwas besser als EH 55	$\Delta U_{WB} \leq 0,02$	<ul style="list-style-type: none"> Wärmepumpe Luft/Wasser Lüftung WRG

Grenzwerte BEG WG		Ist (Bestand)	Referenzgebäude	EH 100 EE	EH 85 EE	EH 70 EE	EH 55 EE	EH 40 EE
Primärenergie:	Q_p [kWh/(m ² a)]	271,47	75,11	75,11	63,84	52,58	41,31	30,04
Wärmeschutz:	H'_T [W/(m ² K)]	1,073	0,365	0,420	0,365	0,310	0,256	0,201

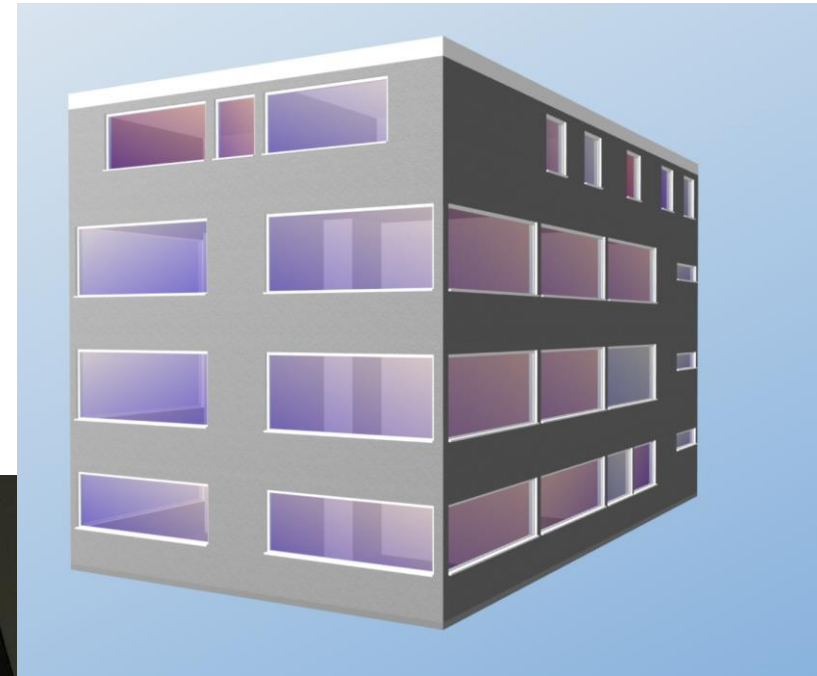
Projekt 3:

Verwaltungsgebäude, Bj. 1974

Projekt 3



Projekt 3



Maßnahmen zur Erreichung der Zielstandards

Standard	Bauteile	Wärmebrücken	Technik
Bestand: EEK G	opak: mittelmäßig Fenster: schlecht	$\Delta U_{WB} = 0,10$	Gas-NT-Kessel (+ Kühldecke KKM)
EG 100 EE	moderat	keine Änderung	Nahwärme reg. ($f_p = 0,30$)
EG 70 EE	moderat	keine Änderung	Nahwärme reg. ($f_p = 0,30$)
EG 55 EE	moderat bis gut	keine Änderung	Nahwärme reg. ($f_p = 0,30$)
EG 40 EE	gut	keine Änderung	Nahwärme reg. ($f_p = 0,30$) Kühlung über Brunnen

Grenzwerte BEG NWG		Ist (Bestand)	Referenz- gebäude	EG 100 EE	EG 70 EE	EG 55 EE	EG 40 EE
Primärenergie:	Q_p [kWh/(m ² a)]	268,00	120,06	120,06	84,04	66,03	48,02
Wärmeschutz: mittl. U-Werte [W/(m ² K)]	\bar{U}_{opak}	0,70	-	0,34	0,26	0,22	0,18
	$\bar{U}_{transparent}, \bar{U}_{Vorhang}$	4,30	-	1,80	1,40	1,20	1,00
	\bar{U}_{Licht} (Dach)	3,00	-	3,00	2,40	2,00	1,60

- Effiziente, zukunftsfähige Standards sind heute realisierbar.
- Bei Wohngebäuden sind optimierte Wärmebrücken der Schlüssel zur wirtschaftlichen Umsetzung.
- Die BEG-Förderung macht energieeffizientes Bauen bzw. Sanieren in vielen Fällen „wirtschaftlich ab dem ersten Tag“.
- Gleichmäßig niedrige U-Werte sind meist wirtschaftlich zielführend – zumindest im Wohngebäude.
- Der untere Gebäudeabschluss auf Erdreich ist häufig die Achillesferse.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Und nun: Fragen und Diskussion...