

Das energieeffiziente Haus

Untersuchung verschiedener Einflussfaktoren
auf den Heizwärmebedarf in Gebäuden.

4.12.2018

Einleitung zum Thema

Analysen und Untersuchungen zum energieeffizienten Haus sind in Zusammenarbeit der Stadt Tübingen und der ebök Planung und Entwicklung GmbH entstanden. Ausgewertet wurden insgesamt 11 Gebäudetypen in 15 Varianten.

Die Berechnungen wurden mit dem Berechnungstool PHPP (Passivhaus-Projektierungspaket) durch das Ingenieurbüro ebök erstellt und gemeinsam mit der Stadt Tübingen ausgewertet. In den folgenden Charts werden die Varianten genauer beschrieben und die detaillierten Ergebnisse aufgeführt. Zum Abschluss gibt ebök ein Resümee zum Heizwärmebedarf für das energieeffiziente Haus.

Untersuchte Gebäudetypen

$A_{\text{Hülle}}/V_{\text{brutto}}$
[m²/m³]

Gebäudetyt mit Grundrissgröße u. Geschossigkeit

0,94	EFH L-Form 14,5 x 4, 1 Geschoss unterkellert
0,76	EFH 10x10, 1 Geschoss unterkellert
0,72	EFH+EL 10x15, 1 Geschoss unterkellert
0,59	ZFH 10x15, 2 Geschoss unterkellert
0,53	MFH 13x15, 2 Geschoss unterkellert
0,47	MFH 13x15, 3 Geschoss unterkellert
0,43	MFH 13x15, 4 Geschoss unterkellert
0,39	MFH 14x20, 4 Geschoss unterkellert
0,37	MFH 14x20, 5 Geschoss unterkellert
0,33	MFH 14x20, 5 Geschoss unterkellert 3 Fassaden
0,29	MFH 14x20, 5 Geschoss unterkellert 2 Fassaden

A/V („Kompaktheit“): Verhältnis von Außenoberfläche des Gebäudes (A) zu Bruttovolumen (V).

Je kleiner die Außenoberfläche ist, desto kleiner sind die Transmissionswärmeverlustflächen. Der Heizwärmebedarf sinkt bei kleinerer Außenoberfläche.



Beispiele für ein zweigeschossiges Gebäude mit unterschiedlichen Grundrissen bei stets 100 m² Grundfläche. Bau X: $A/V = 0,74$; Bau Y: $A/V = 0,9$; Bau Z: $A/V = 0,78$.

1. Wärmedämm-Standards
2. Lüftung mit Wärmerückgewinnung
3. Wärmebrücken
4. Fassadentypen
5. Luftdichtigkeit Gebäudehülle bei Abluftanlagen
6. Luftdichtigkeit bei Zu-/Abluft-Anlagen mit WRG
7. Verteilung der Fenster in verschiedene Richtungen
8. Fensterflächenanteil +10%
9. Fensterflächenanteil -10%
10. Reduzierter Rahmenanteil
11. Glasqualitäten (g-Werte)
12. Erker
13. Balkone
14. Dachterrassen
15. Loggien

1. Wärmedämmung / Dämmstandards

3 verschiedene Dämmstandards wurden untersucht:

Nachfolgend sind U-Werte in $[W/m^2K]$ und Dämmdicken in cm bei Wärmeleitfähigkeit $0,035 W/(mK)$:

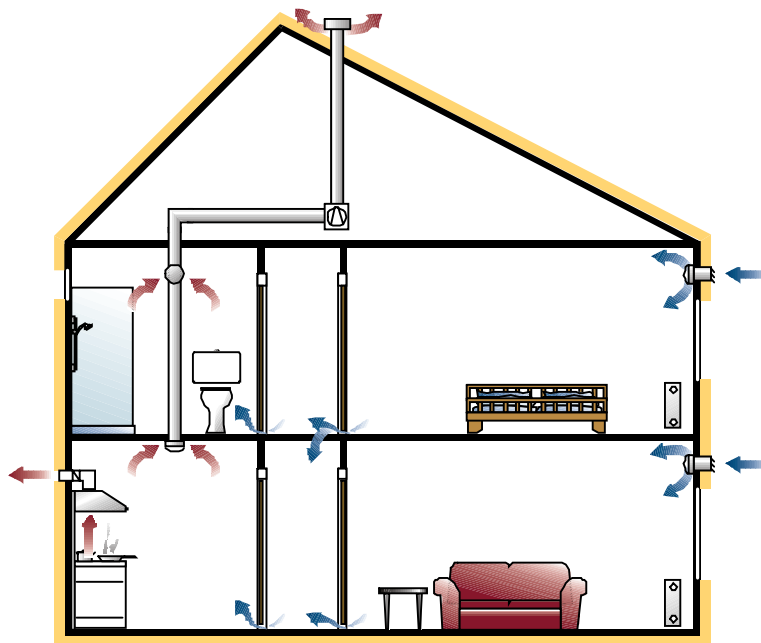
Dämmtyp:	EnEV (Grundmodell)	EH55 (Variante 1)	EH40 (Variante 2)
AW:	0,28 / 12	0,20 / 17	0,15 / 22
Dach:	0,20 / 17	0,14 / 25	0,11 / 32
Boden/Erd.:	0,35 / 10	0,25 / 14	0,19 / 18
Fenster:	1,3	0,91	0,71
Außentüren:	1,8	1,3	1,0

Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Verglasungen ist bei allen Dämmstandards gleich ($g = 60\%$)
 Wärmebrücken-Zuschlag bei allen Varianten gleich ($\Delta U = 0,05 W/(m^2K)$)

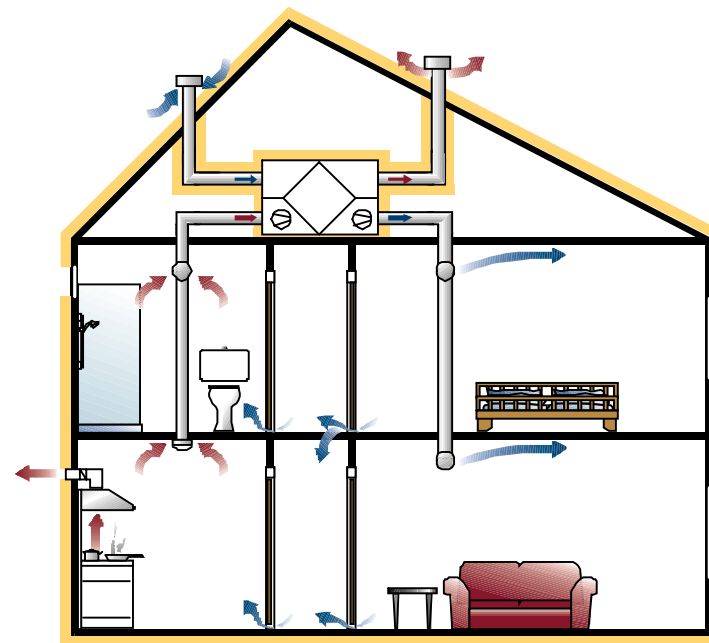
2. Es wurden 2 **Lüftungsvarianten** untersucht:

Grundmodell: Abluftanlage (ohne Wärmerückgewinnung)

Variante: Zu-/Abluftanlage mit 80% Wärmerückgewinnung



Abluftanlage



Zu-/Abluftanlage mit WRG

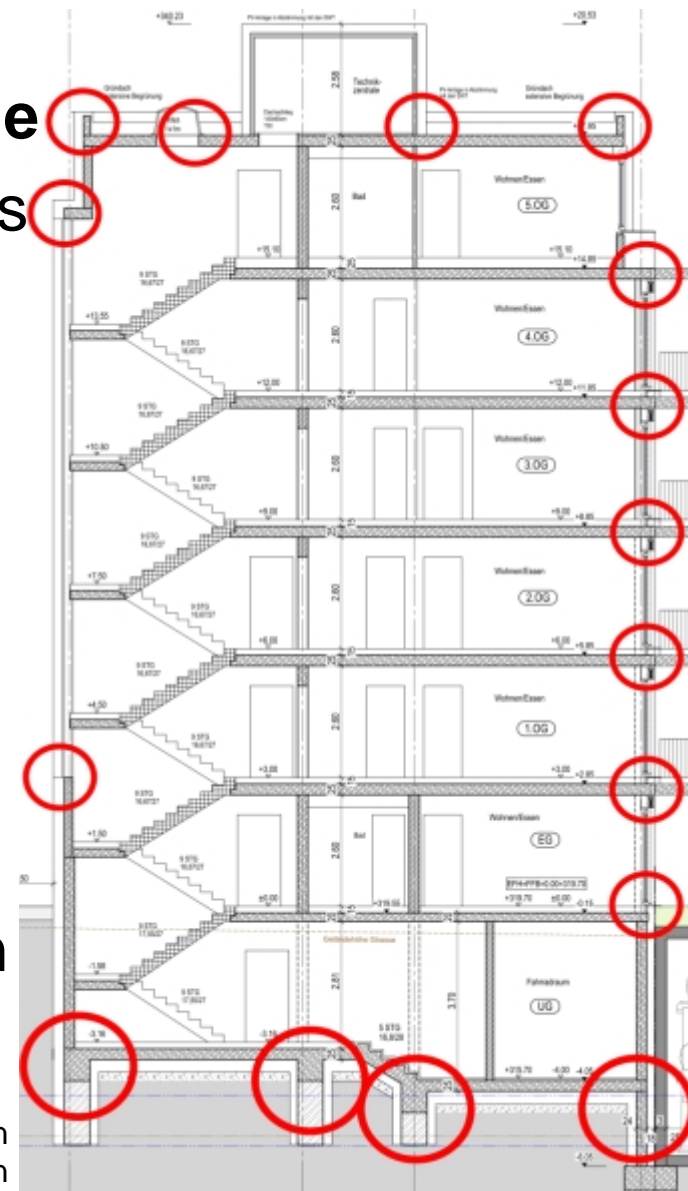
3. Wärmebrücken / U-Wert-Zuschläge

Wärmebrücken können an vielen Details auftreten (s. Schnitt-Zeichnung)

Grundmodell: $\Delta U = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ (für Ausführungen entsprechend DIN 4108 Beiblatt 2)

Variante: $\Delta U = 0,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ d.h. wärmebrückenfreie Ausführung.

Wärmebrückenfreie Ausführungen sind nicht immer möglich, oft aber näherungsweise. Es gibt auch Ausführungen mit negativen Wärmebrücken.



Stellen, an denen Wärmebrücken auftreten können
Schnitt: AB Ackermann & Raff, Tübingen

4. Fassadentypen

Grundmodell: WDVS (wärmebrückenfrei)

Variante: $\Delta U = 0,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (z.B. optimierte Natursteinfassade).

Bei Vorhangfassaden liegen die U-Wert-Zuschläge zwischen $\Delta U = 0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (gut optimiert) und $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Alu-Unterkonstruktion)

5. Luftdichtigkeit (bei Abluftanlagen)

Grundmodell: $n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$

Variante: $n_{50} = 1,5 \text{ 1/h}$



Quelle: ebök

dicht2w.de

Beispiel einer undichten Durchführung



Quelle: ebök

Blower 150.00

Blower-Door: Messvorrichtung zum testen und auffinden von Undichtigkeiten

6. Luftdichtigkeit (bei Zu-Abluftanlagen mit WRG)

Grundmodell: $n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$

Variante: $n_{50} = 1,5 \text{ 1/h}$

7. Fensterverteilung

Grundmodell: Fenster auf alle Fassaden gleichverteilt

Variante: Fensterfläche Nord: -25%, Süd: +25%



Beispiel einer günstigen Verteilung: Südfassade: 70%



Nordfassade: 30%

8. und 9. Fensterflächenanteil

Grundmodell: 30% Fensterfläche bezogen auf die Energiebezugsfläche (EBF)

Variante 9: 40% Fensterfläche bezogen auf die EBF (+10%)

Variante 10: 20% Fensterfläche bezogen auf die EBF (-10%)



Süd: 70% Fensterfläche / *Fassadenfläche*

Gesamt-Fensterflächenanteil: 30% Fensterfläche / EBF (wie im „Grundmodell“)



Nord: 30% Fensterfläche / *Fassadenfläche*

10. Rahmenanteil bei den Fenstern

Grundmodell: 35%
Variante: 25%



Beispiel: Südfassade 21% Rahmenanteil (ohne Jalousien)



Nordfassade 40% Rahmenanteil

11. Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Verglasung

Grundmodell: g= 60%

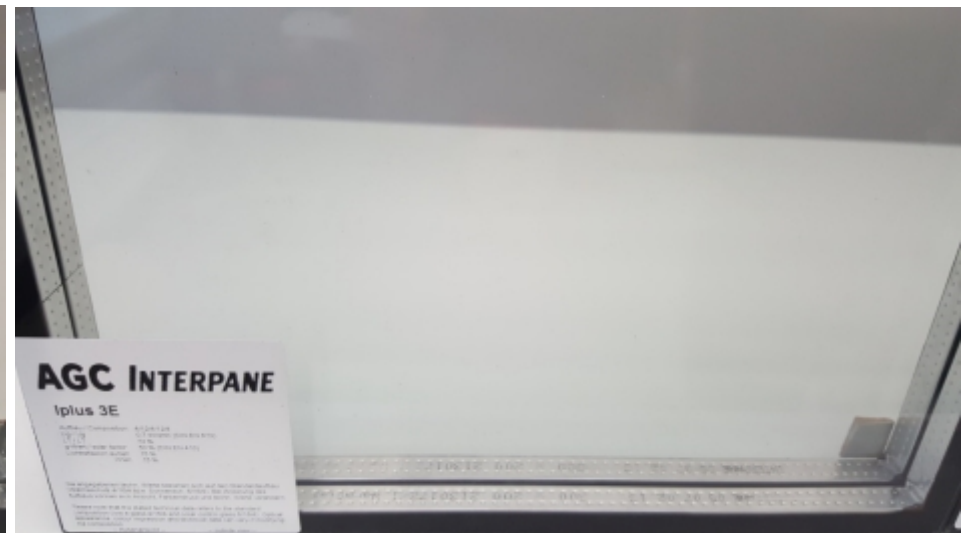
Variante: g= 50%



Beispiel: 3fach-Wärmeschutzverglasung mit g= 63%

Die Unterschiede im visuellen Bereich sind gering:

$\tau = 74\%$



3fach-Wärmeschutzverglasung mit g= 50%

$\tau = 72\%$

12. Erker

Grundmodell:

Ohne Erker

Variante:

Je Wohneinheit 1 Erker

mit 3,0m x 1,75m x 2,8m (Breite x Tiefe x Höhe)

Berücksichtigt wurden:

- Zusätzliche Außenflächen
- größere Energiebezugsfläche

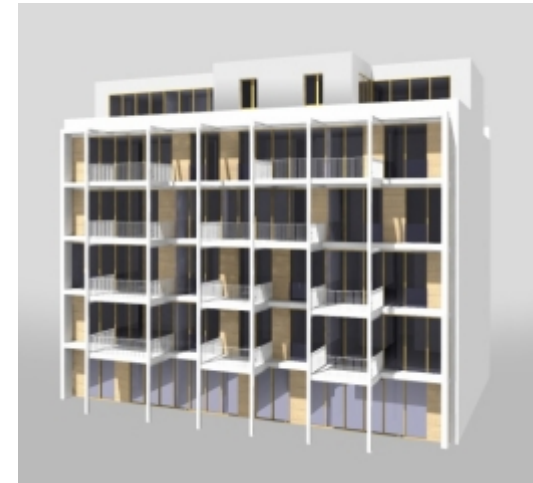
13. Balkone

Grundmodell:

Ohne Balkone

Variante:

Je Wohneinheit 1 Balkon
auf der Südseite mit 2,5m Tiefe



Beispiel für Balkone
Zeichnung: AB Ackermann & Raff, Tübingen

Berücksichtigt wurden:

- Zusätzliche Verschattung
- zusätzliche Wärmebrücke durch „ISOKORB“
 $\Psi = 0,25 \text{ W/mK}$.

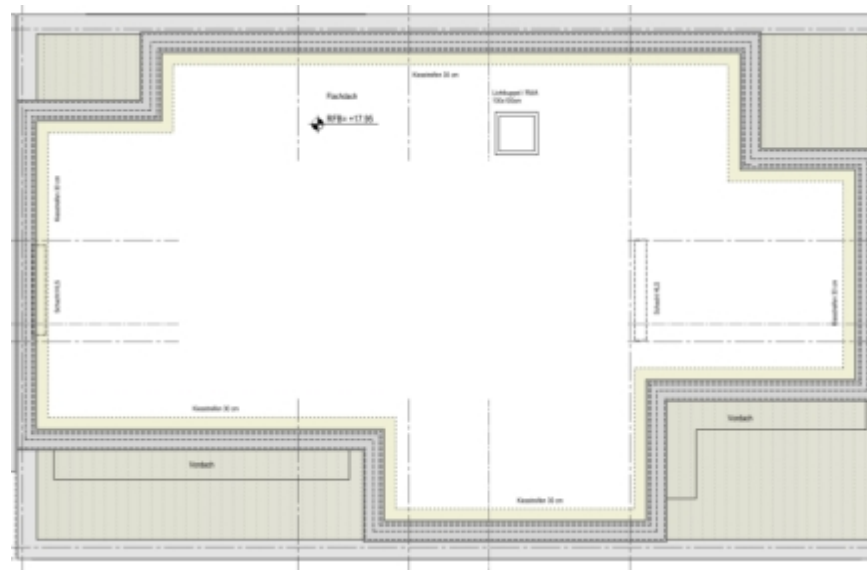
(Das ist ein durchschnittlicher Ψ -Wert eher auf der sicheren Seite. Die Schwankungen sind erheblich je nach Auskragung, mit/ohne Stützen, Brandschutz, Deckenhöhe, Statiker,)

14. Dachterrassen (nur ab 2 Geschossen)

Grundmodell: Vollgeschoß

Variante: 25% Dachterrasse

Berücksichtigt wurde in der Variante
- kleinere Energiebezugsfläche im DG



Beispiel: 25% Dachterrasse

15. Loggien

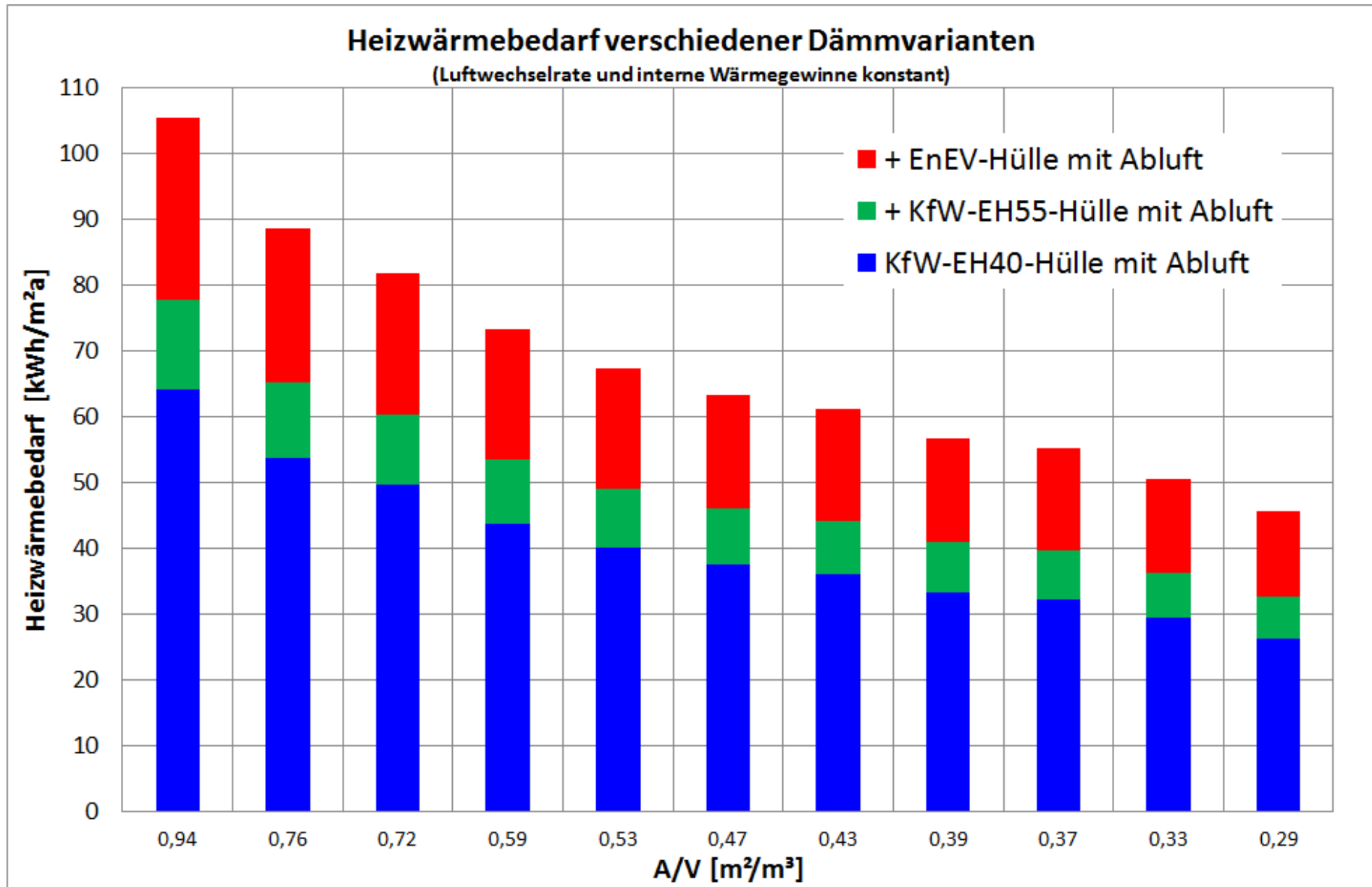
Grundmodell: Ohne Loggien

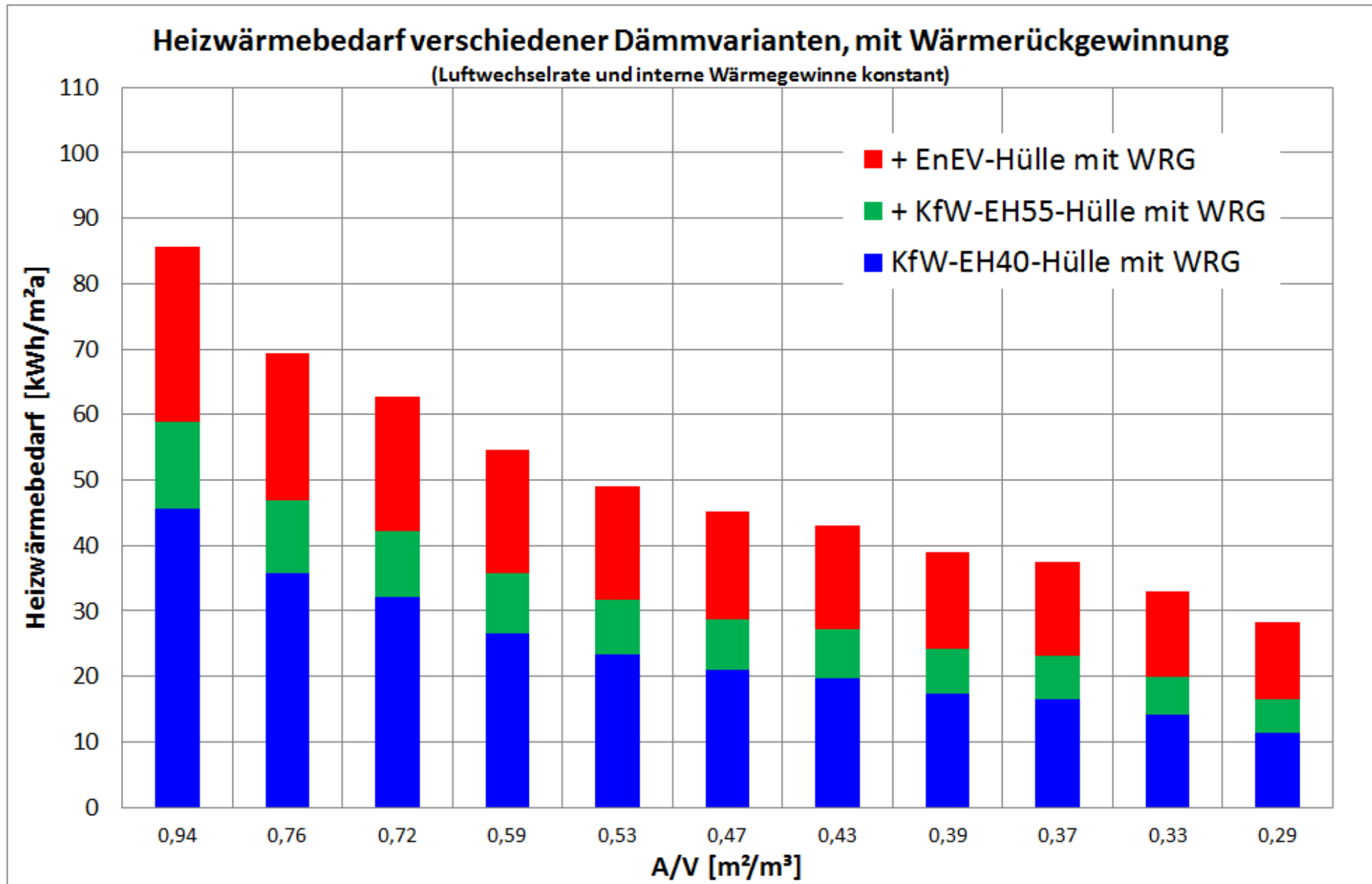
Variante: Je Wohneinheit 1 Loggia

mit 3,0m x 1,75m x 2,8m (Breite x Tiefe x Höhe, versetzt)

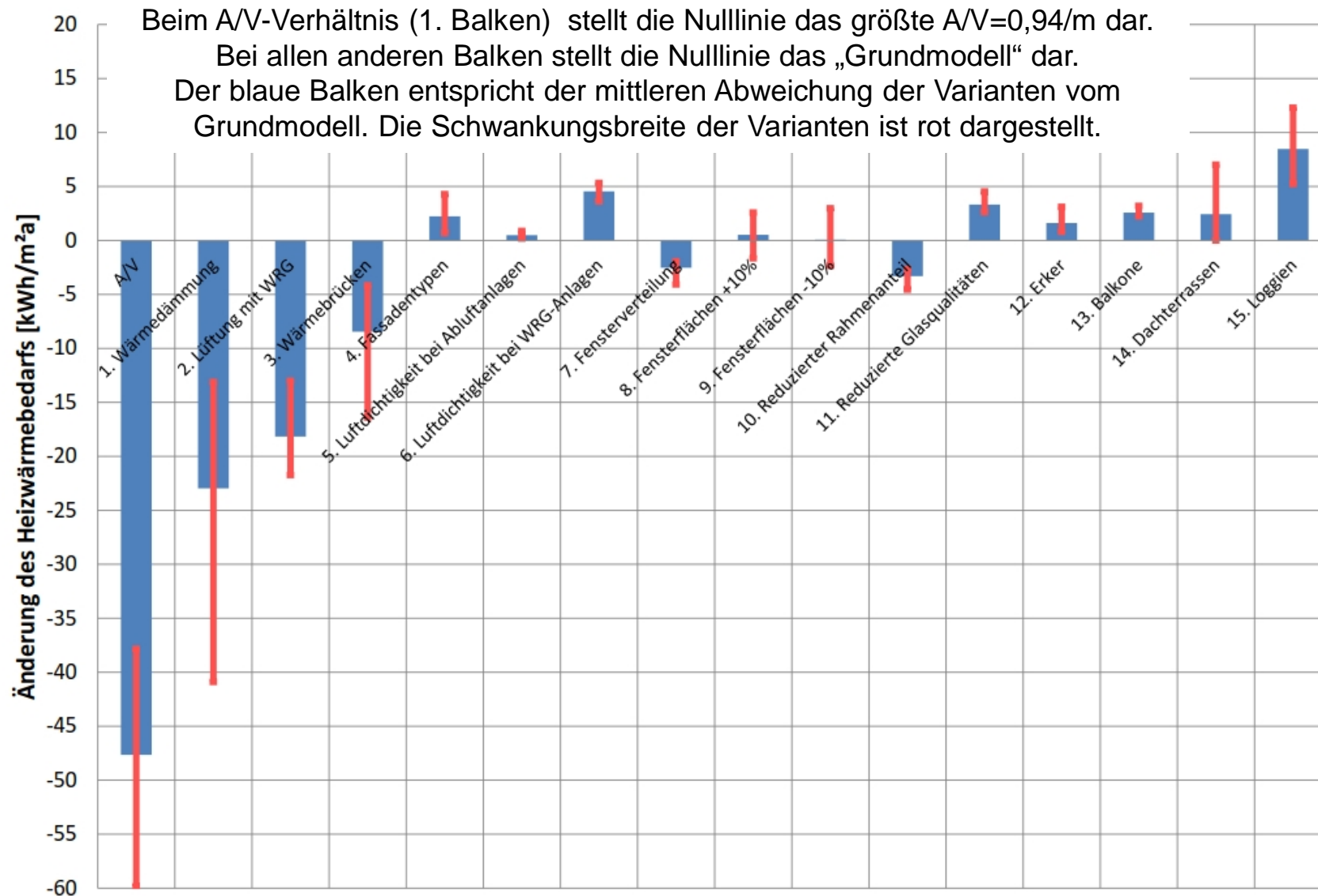
Berücksichtigt wurden in der Variante

- zusätzliche Außenflächen,
- zusätzliche Verschattung auf der Ost-/Westseite,
- weniger Energiebezugsfläche

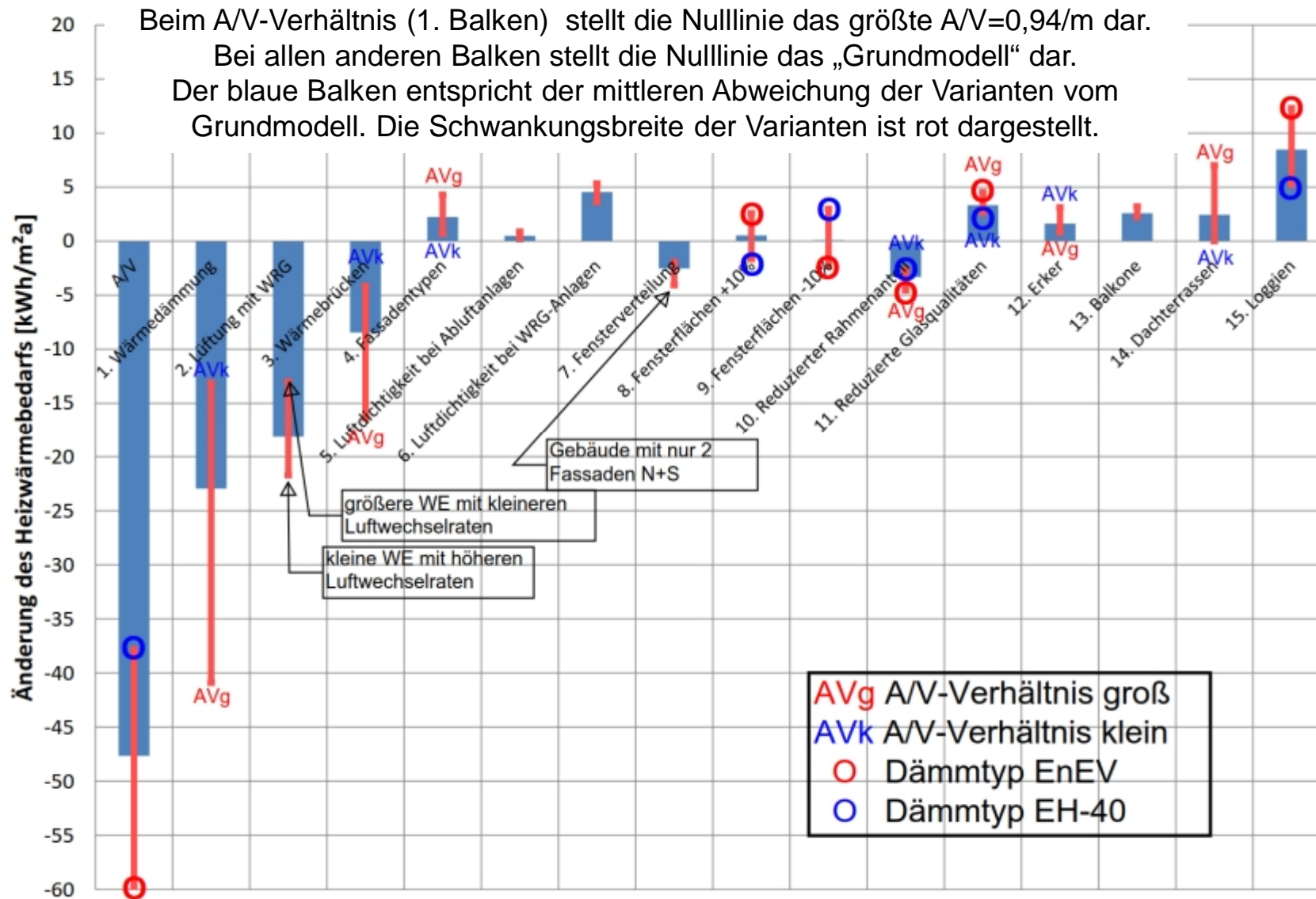


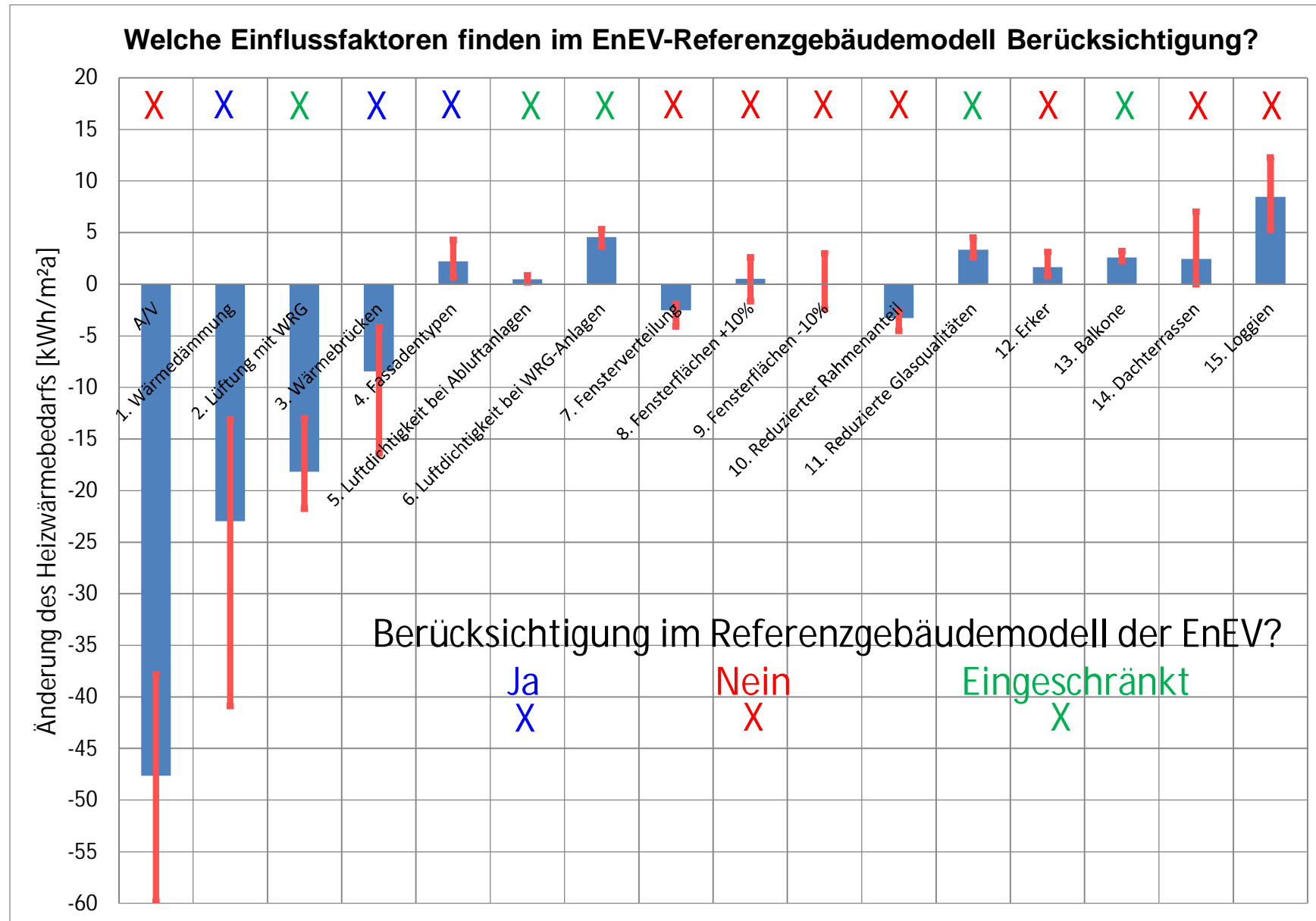


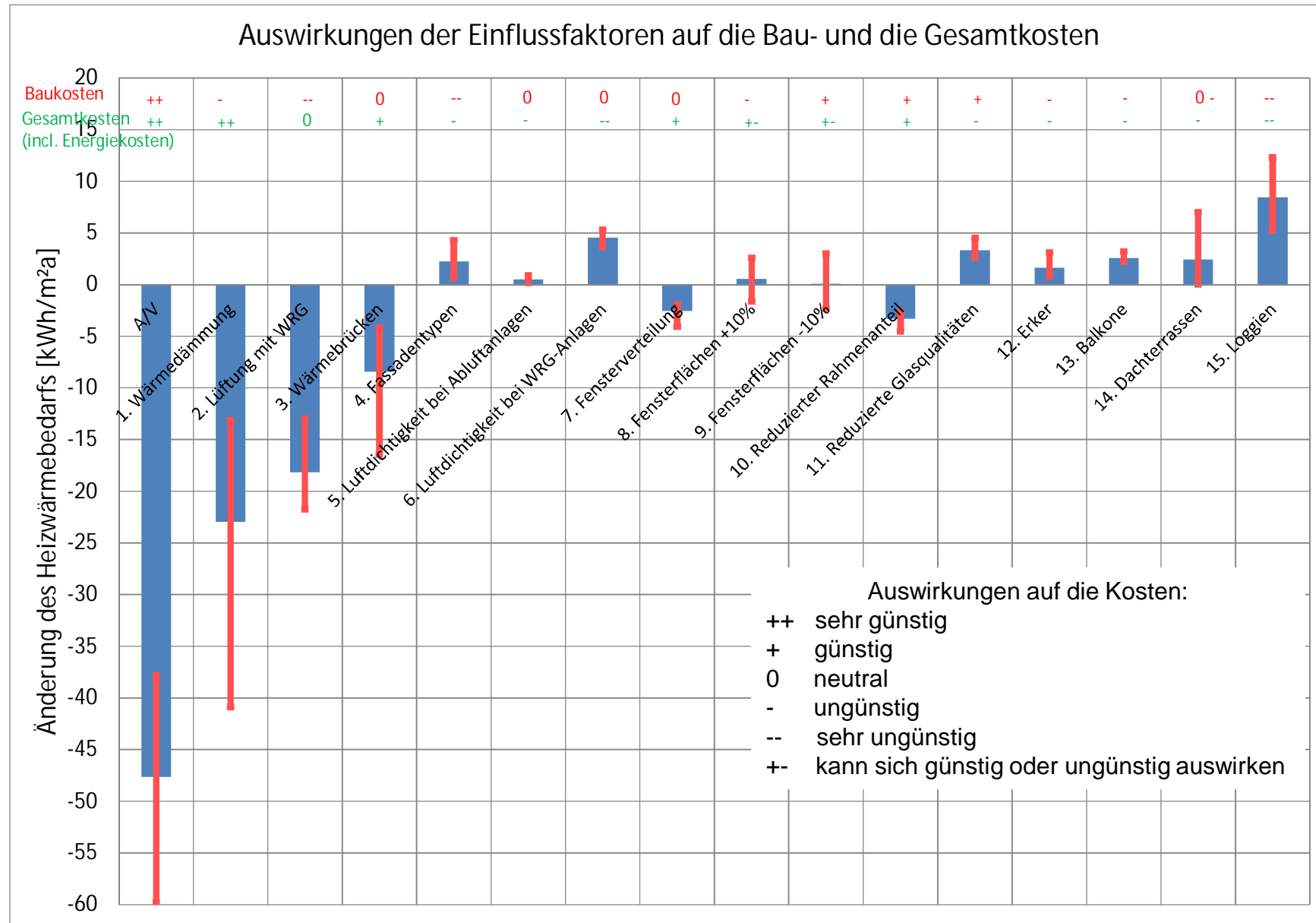
Einfluss der Varianten auf den Heizwärmebedarf



Einfluss der Varianten auf den Heizwärmebedarf







- Gebäude mit großem A/V-Verhältnis benötigen einen besseren Wärmeschutz, um den höheren Heizwärmebedarf zu kompensieren (siehe Charts 20-23).
- Wesentliche Einflussfaktoren auf den Heizwärmebedarf finden keine oder nur eingeschränkte Berücksichtigung im Referenzgebäudemodell der aktuellen Energieeinsparverordnung („EnEV 2016“) und den KfW-Effizienzhäusern (siehe Chart 24).
- Ein niedriger Heizwärmebedarf führt nicht unbedingt zu höheren Baukosten und i.d.R. zu niedrigeren Gesamtkosten (siehe Chart 25).



Bei Fragen, Anregungen oder für Kommentare zum *energieeffizienten Haus* wenden Sie sich bitte an die Stabsstelle für Klima- und Umweltschutz der Stadt Tübingen