

Online-Seminar Augsburg, 10.11.2021

Studie über die wirtschaftlichen Auswirkungen verschiedener energetischer Standards in Augsburg

Dr. Andreas Enseling, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt
Michael Grafe, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt

9:00 – 9:15: Begrüßung und Vorstellung

9:15 - 10:00: Block I: Kontext - Grundlagen

10:10 – 11:00: Block II: Ergebnisse der Studie - Wirtschaftlichkeit

11:10 – 12:00 Block III: Vorschlag „Augsburger Energiestandard“

In jedem Block Präsentation und Zeit für Fragen und Diskussion

10 Minuten Pausen zwischen den Blöcken

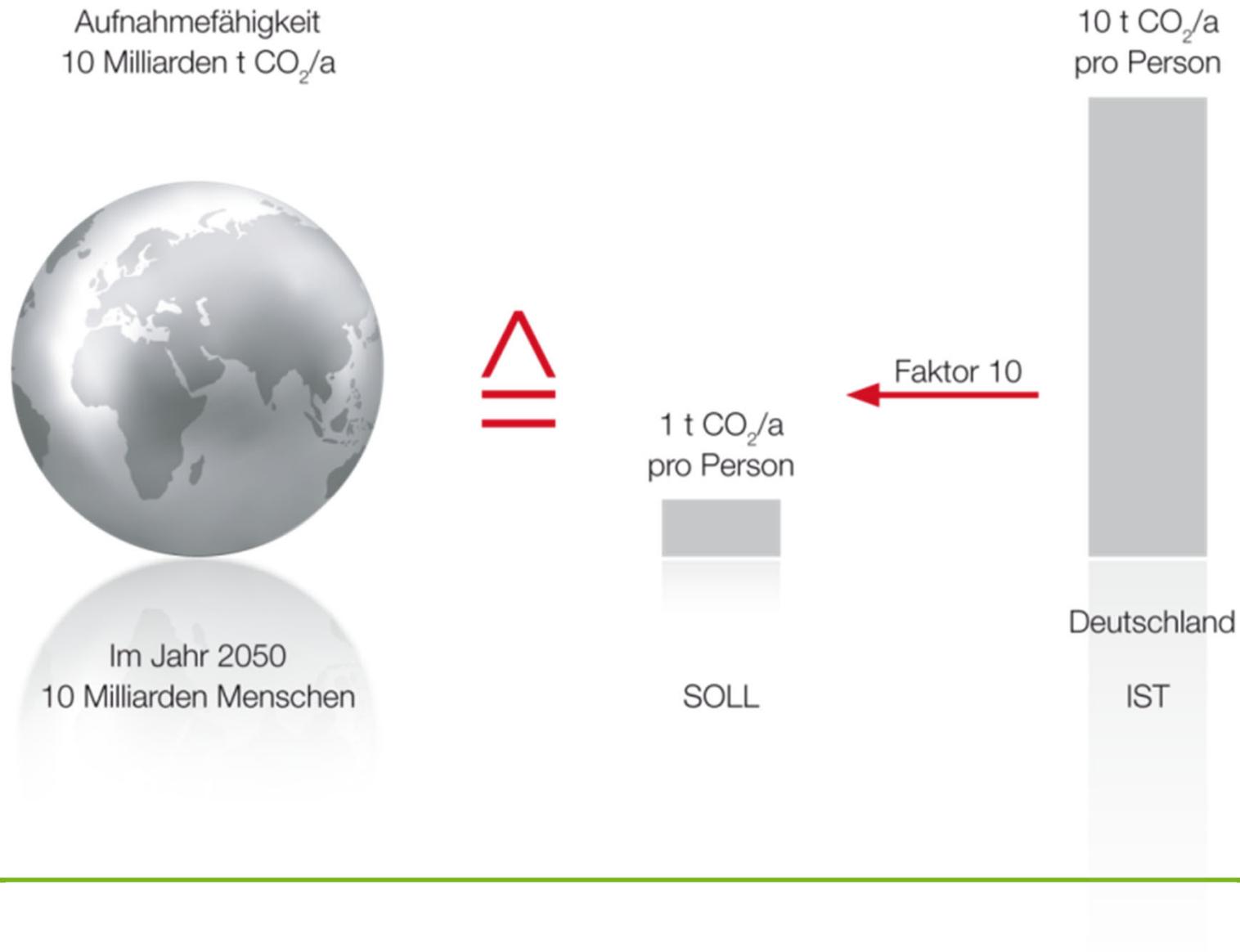
- Forschungseinrichtung des Landes Hessen und der Stadt Darmstadt
- ca. 40 Mitarbeiter
- Forschungsthemen: Wohnen, Energie, integrierte nachhaltige Entwicklung
- Forschungsprojekte in der Grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung für Kommunen, Länder, Bund, EU, Unternehmen



Ansicht des IWU-Hauses, das mit Passivhaus-Komponenten saniert wurde

- Klimaschutz im Gebäudebereich
 - Warum ist der Gebäudebereich ein wichtiges Handlungsfeld beim Klimaschutz?
 - Um welche Maßnahmen und Standards geht es?
- Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen und Standards
 - Welche Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung gibt es?
 - Was ist bei der Erfassung von Kosten und Einsparungen und bei der Festlegung von Randbedingungen zu beachten?

Kontext: CO₂-äquivalente Emissionen

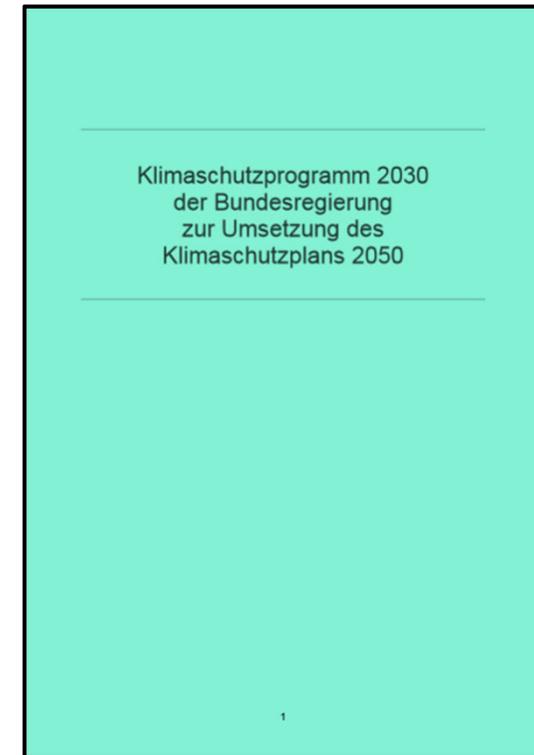


„Der **Gebäudebereich** ist für **14 Prozent** der gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland unmittelbar verantwortlich.“ (direkte Emissionen des „Sektors“)

„Berücksichtigt man **zusätzlich die indirekten Emissionen**, die im **Energiesektor** für die Bereitstellung von Energie im Gebäudesektor anfallen (vgl. „Beschreibung des Sektors“), liegt der Anteil an den Gesamtemissionen bei rund einem Viertel.“ (ca. **25 Prozent**)

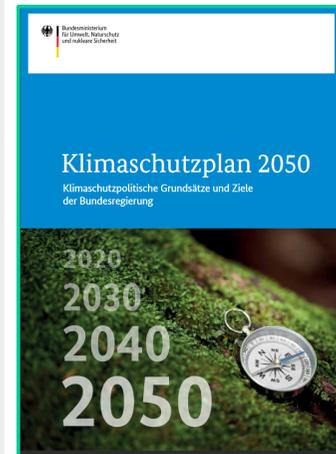
„Hinzu kommen **indirekte Emissionen**, die durch die **Produktion von Baustoffen, Bauteilen, Anlagentechnik etc. im Industriesektor** anfallen.“

Insgesamt beträgt der Anteil des Handlungsfeldes „Gebäude“ **40%** an den nationalen Treibhausgasemissionen bei sektorübergreifender Betrachtung.



Kontext: Klimaschutzplan 2050

Handlungsfeld	1990 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2014 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (Minderung in % gegenüber 1990)
Energiewirtschaft	466	358	175 – 183	62 – 61 %
Gebäude	209	119	→ 70 – 72	67 – 66 %
Verkehr	163	160	95 – 98	42 – 40 %
Industrie	283	181	140 – 143	51 – 49 %
Landwirtschaft	88	72	58 – 61	34 – 31 %
Teilsomme	1.209	890	538 – 557	56 – 54 %
Sonstige	39	12	5	87 %
Gesamtsumme	1.248	902	543 – 562	56 – 55 %



Quelle: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/Klimaschutzplan_2050_bf.pdf

- Bei dieser Betrachtung werden den Gebäuden nur direkte Treibhausgasemissionen zugeordnet.
- Zielanpassung nach Urteil des BVerfG: **Gesamtminderung bis 2030 65%** (Gebäude: 67 Mio. t/CO₂ bis 2030; 68% Minderung)
- Bis 2040 88% Gesamtminderung; **2045 „Netto-Treibhausgasneutralität“**

*„Die Wissenschaftsstadt **Darmstadt** verfolgt ab sofort das Ziel, da wo der Magistrat Handlungsoptionen und Einfluss hat, bis 2035 ihre Netto-CO₂-Emissionen auf null zu senken.“ (Beschluss der Stadtverordnetenversammlung 2019)*

*„Das Ziel der Stadt **Augsburg** ist es, den CO₂-Ausstoß alle fünf Jahre um zehn Prozent zu reduzieren und die Pro-Kopf-Emissionen (Basisjahr 1990) bis spätestens 2030 zu halbieren (ca. **4,75 Tonnen CO₂-e pro Einwohnerin/Einwohner und Jahr im 2030**).“ (Stadtratsbeschluss von 2019)*

=> Vorgabe von energetischen Standards für kommunale Wohn- und Nichtwohngebäude (Neubau und Bestand), Verkäufe von Grundstücken etc.

- Leitlinien für einen „klimagerechten“ Gebäudebestand:

Neubauten im KfW EH/EG 40 Standard



Sanierungen im KfW EH/EG 55 Standard (wenn möglich), ansonsten Sanierungen bestmöglich



Sanierungsquote verdoppeln

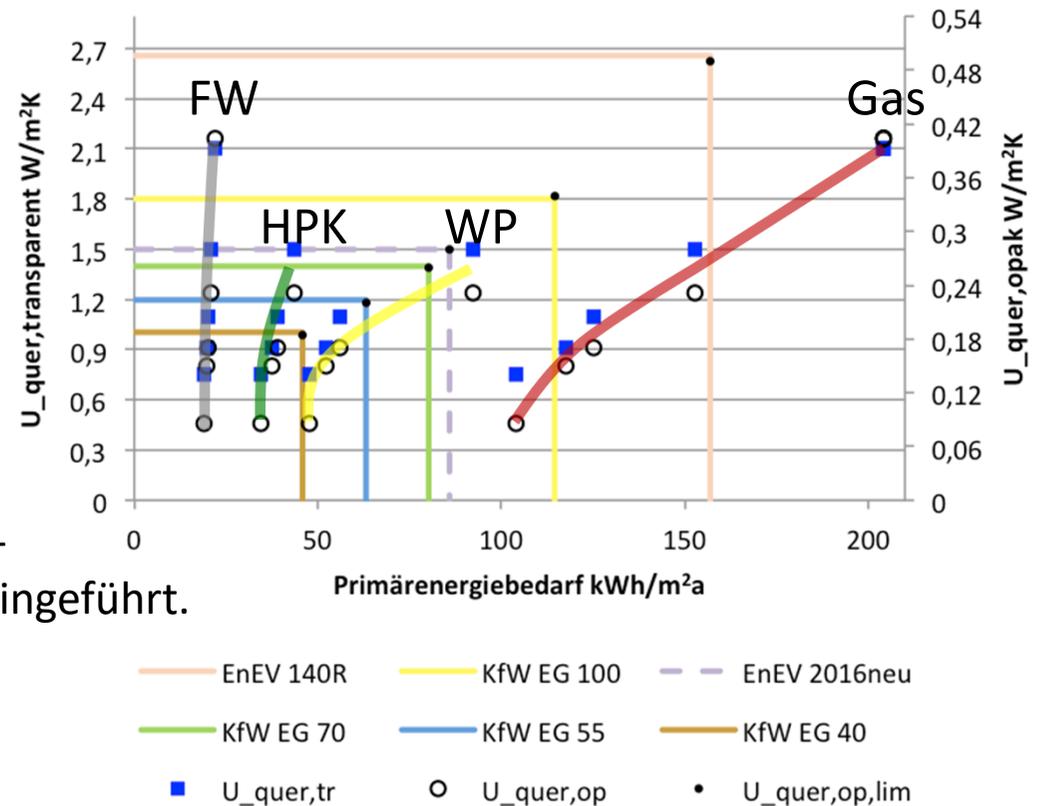


- Nachweis des Augsburger Energiestandards auf Basis der KfW-Nachweismethodik
 - EnEV/GEG und KfW-Nachweise – Referenzgebäudeverfahren für Wohn- und Nichtwohngebäude in Neubau und Bestand
 - KfW-Systematik lehnt sich stark an EnEV/GEG an
 - Nachweissystematik lässt Spielräume zur Ausgestaltung von Wärmeschutz und Anlagentechnik zur Erreichung eines energetischen Zielzustandes
 - **Wärmeschutz**
 - flächengewichtete energetische Qualität der Hüllbauteile
 - H'_T – Wohngebäude, \bar{U}_{opak} und $\bar{U}_{\text{transparent}}$ – Nichtwohngebäude
 - **Primärenergiebedarf**
 - Zusammenwirken von Wärmeschutz und Erneuerbarkeit der Wärmeversorgung
 - Größe abhängig von Geometrie, Anlagenkomponenten und Zonierung (NWG)

- Nachweis des Augsburger Energiestandards auf Basis der KfW-Nachweismethodik
 - Einhaltung von KfW-Standards
 - gehen über gesetzliche Mindestanforderungen hinaus
 - sind zielführend zur Einhaltung von Klimaschutzzielen durch hohe Anforderungen an Wärmeschutz UND Effizienz/Erneuerbarkeit der Wärmeversorgung
 - etabliert bei Akteuren
 - technologieoffen
 - berücksichtigen gebäudeindividuelle Merkmale (Geometrie, Nutzung, Anlagen)
 - Anforderungen an Wärmeschutz-Einzelmaßnahmen
 - Kontinuität der KfW-Standards
 - seit 2009 weitgehend unverändert
 - Anforderungen an den Wärmeschutz und die wesentlichen Aspekte zur Effizienz/Erneuerbarkeit der Wärmeversorgung können extrahiert werden (energetisch-ökonomische Gutachten)

Kontext: „Welche Energiestandards?“

- Anforderungen an Wärmeschutz (vert.) und Primärenergie (Zusammenwirken von Wärmeschutz und Wärmeversorgung, horizontal)
- Für einen bestimmten Wärmeschutzstandard werden je nach Effizienz/Erneuerbarkeit der Wärmeversorgung verschiedene KfW-Standards erreicht.
- Ein KfW EG 40-Standard für Nichtwohngebäude war zur Zeit der Studie nicht eingeführt.
- Die in der Studie angenommenen Anforderungen stimmen weitestgehend mit dem inzwischen eingeführten Standard überein.
- Einzige Abweichung: \bar{U}_{opak} in der Studie 0,185 W/m²K, im eingeführten KfW EG 40-Standard 0,18 W/m²K





Kontext: ...rechnet sich das?

→ Wirtschaftlichkeit – Einflussgrößen:

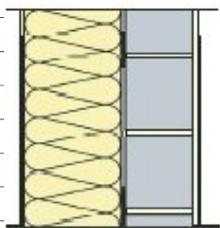
- ▶ Perspektive (z.B. selbstgenutztes Eigentum, Vermietung)
- ▶ Methodik (Verfahren der Berechnung)
- ▶ Auszahlungen (z.B. Investitionskosten der Maßnahmen)
- ▶ Einzahlungen (z.B. „realistische“ Energieeinsparungen)
- ▶ Randbedingungen (z.B. Energiepreise, Zinssatz)





	Methode	Fragestellung/Interpretation
1a	Dynamische Amortisationsrechnung	Liegt die Amortisationszeit unterhalb der Lebensdauer der Maßnahme bzw. unterhalb eines definierten Erwartungshorizonts?
1b	Amortisationszahl	Wie oft amortisiert sich die Maßnahme innerhalb der Nutzungsdauer?
2a	Kapitalwert (Rentabilitätsrechnung)	Bei welcher Maßnahme wird der höchste Kapitalwert erreicht? (relativ) Ist der Kapitalwert größer Null (absolut)?
2b	Annuität	Sind die Kosten nach einer Verbesserungsmaßnahme (neue Energiekosten + Zins und Tilgung für die Maßnahme) geringer oder höher als die ehemaligen Energiekosten? Wird ein annuitätischer Gewinn oder Verlust realisiert?
3	Dynamische Kostenvergleichsrechnung (Lebenszykluskostenrechnung)	Welche Variante weist den geringsten Barwert der Lebenszykluskosten auf?
4	Vollständiger Finanzplan	Welche Variante weist die höchste Eigenkapitalrendite bzw. den höchsten Vermögensendwert auf?
5	Äquivalenter Energiepreis	Ist es teurer oder billiger, eine kWh Endenergie einzusparen als eine kWh zu erzeugen bzw. zu beschaffen?
6	CO₂-Vermeidungskosten	Ist es teurer oder billiger, ein kg CO ₂ bzw. CO ₂ -Äquivalent zu vermeiden als mit einer Referenzalternative

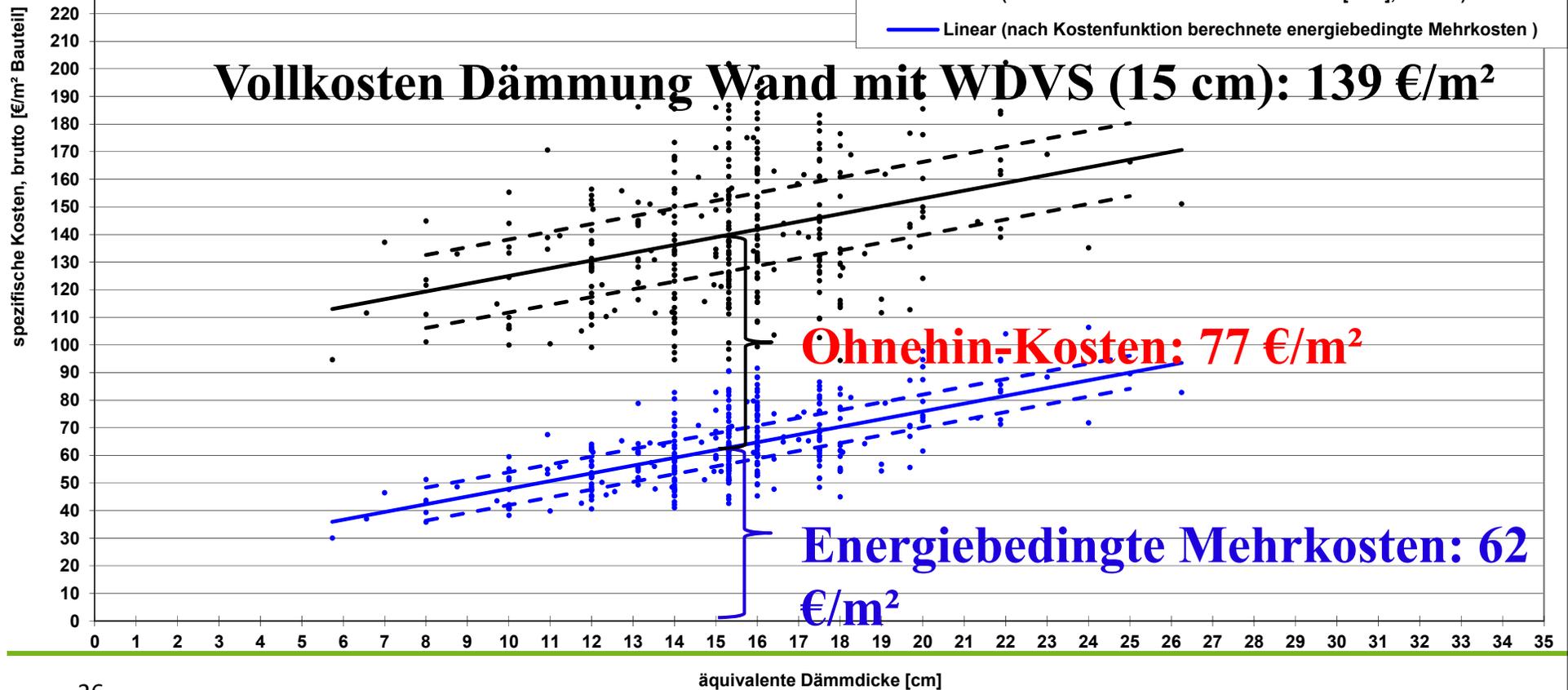
Kontext: Kosten (Beispiel Bestand)



Kostenrisiken aus:

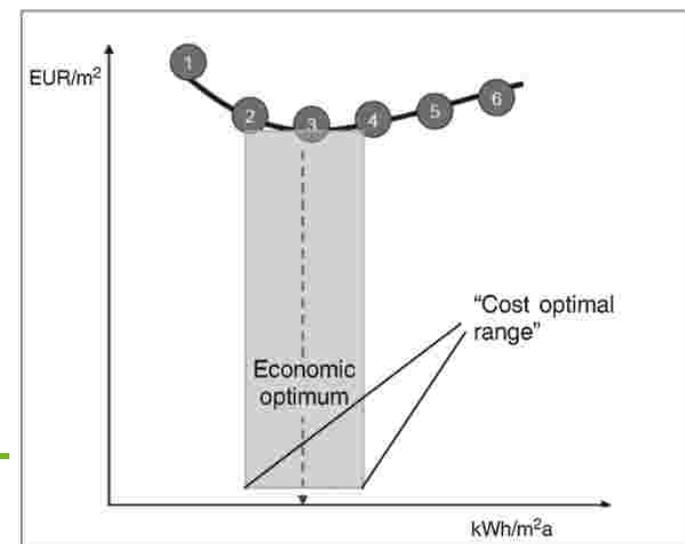
- baulichen und anlagentechnischen Voraussetzungen
- Kompetenz der Gewerke (Planung & Ausführung)
- regionalen Unterschieden
- ...

Wichtig bei der Bewertung der Ergebnisse



Methodik: Lebenszykluskostenanalyse (nach „global cost“-Ansatz der Europäischen Kommission)

- Berechnung des Barwerts der Gesamtkosten pro m² Wohnfläche bzw. m² Nettogrundfläche (NGF)
- Gesamtkosten_{Barwert} = Investition + Ersatzinvestition – Restwert + Kosten Wartung/Instand. + Energiekosten + (Externe Kosten)
- Kostenoptimum = Minimum der (barwertigen) Gesamtkosten
- Bezugsgröße Neubau: EnEV16/GEG
- Bezugsgröße Bestand: IST (inkl. Instand.)



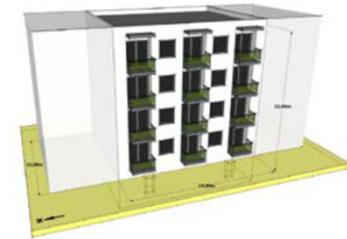


- Erfassung vorhandener Studien zur Wirtschaftlichkeit (AP1)
 - Studien zur Wirtschaftlichkeit energetischer Standards sichten (Neubau und Sanierung)
 - Übertragbarkeit auf Augsburg prüfen
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verschiedener energetischer Standards (AP 3)
 - Neubau und Sanierung (Nichtwohngebäude und Geschosswohnungsbau)
 - Zusatzbetrachtung für den öffentlich geförderten Wohnungsbau

-
- Die Sichtung von relevanten Studien zur Wirtschaftlichkeit energetischer Standards zeigt teilweise abweichende Ergebnisse (Gründe: unterschiedliche Methoden, Eingangsgrößen und Randbedingungen).
 - Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Augsburg ist in der Tendenz jedoch gegeben.
 - Bestehende Energiebilanzen des IWU können als Basis genutzt werden.
 - Anpassungen an Augsburger Randbedingungen bei Baukosten, Energiepreisen und weiteren Eingangsgrößen (z.B. Primärenergie- und CO₂-Faktoren) sind notwendig.
 - *Punktuelle Ergänzungen* bei Modellgebäuden, Wärmeversorgungssystemen und Zusatzsystemen sollten vorgenommen werden, um Augsburger Verhältnisse abzubilden.
-

- **Neubau Wohngebäude**

- Modellgebäude: Mehrfamilienhaus (MFH)
- Standards: EnEV 16 Neubau, KfW EH 55, KfW EH 40, PH
- Wärmeversorgungssysteme: Gas-BWK, WPE (Sole), HPK, *FW/KWK*, *Gas-BHKW*
- Zusatzsysteme: Solarthermie, Abluftanlagen, Lüftungsanlagen mit WRG



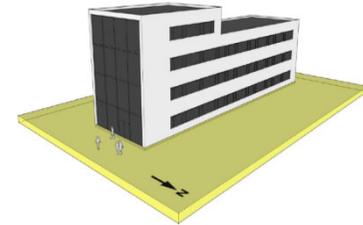
- **Sanierung Wohngebäude**

- Modellgebäude: *3 MFH aus unterschiedlichen Baualtersklassen*
- Standards: EnEV 16 Bestand (140er-Regel), KfW EH 100, KfW EH 70, KfW EH 55
- Wärmeversorgungssysteme: *Gas-ETH/-NTK/-BWK*, HPK, *FW/KWK*, *Gas-BHKW*
- Zusatzsysteme: Solarthermie, Abluftanlagen, Lüftungsanlagen mit WRG



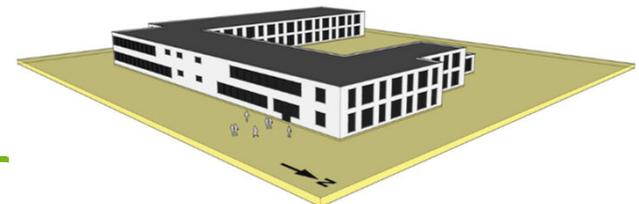
- **Neubau Nichtwohngebäude**

- Modellgebäude: Bürogebäude
- Standards: EnEV 16 Neubau, KfW EG 55, KfW EG 40*
- Wärmeversorgungssysteme: Gas-BWK, FW/KWK, HPK, WP Luft, WP Sole
- Zusatzsysteme: Abluftanlagen, PV-Anlagen (nur WP), *RLT-Anlagen mit WRG*



- **Sanierung Nichtwohngebäude**

- Modellgebäude: Bürogebäude, *Schulgebäude*
- Standards: EnEV 16 Bestand (140er-Regel), KfW EG 100, KfW EG 70, KfW EG 55
- Wärmeversorgungssysteme: Gas-NTK/-BWK, FW/KWK, HPK, WP Luft (nur Büro), WP Sole
- Zusatzsysteme: Abluftanlagen, *RLT-Anlagen mit WRG*



Ergebnisse: Randbedingungen

Parameter	Annahme	Orientierung an
Betrachtungszeitraum	30 Jahre	[BMU 2014]
Kalkulationszins	1,0 % (real)	Abstimmung mit AG
Energiepreissteigerung	0,5 %/a (real)	Abstimmung mit AG
Jährliche Wartungs- und Instandhaltungskosten (nur Anlagentechnik)	2 % der Anfangsinvestition (pauschal) nur Wärmeerzeugungs- und Lüftungsanlagen	[IWU 2012]
Preissteigerung Wartung, Instandhaltung und Ersatzinvestition	0,0 %/a (real)	Abstimmung mit AG
Externe Kosten	50 €/t CO ₂	Klimaschutzprogramm Bundesregierung
Restwerte und Ersatzinvestitionen	Berücksichtigung in Abhängigkeit der Lebensdauer der Bauteile	[IWU 2012]
Energiepreise	Verwendung von lokalen Energiepreisen	Abstimmung mit AG
Förderung	Ausschließliche Betrachtung der KfW-Programme und der Landesprogramme im öffentlich geförderten Wohnungsbau (Zusatzbetrachtung)	Abstimmung mit AG

Ergebnisse: Randbedingungen

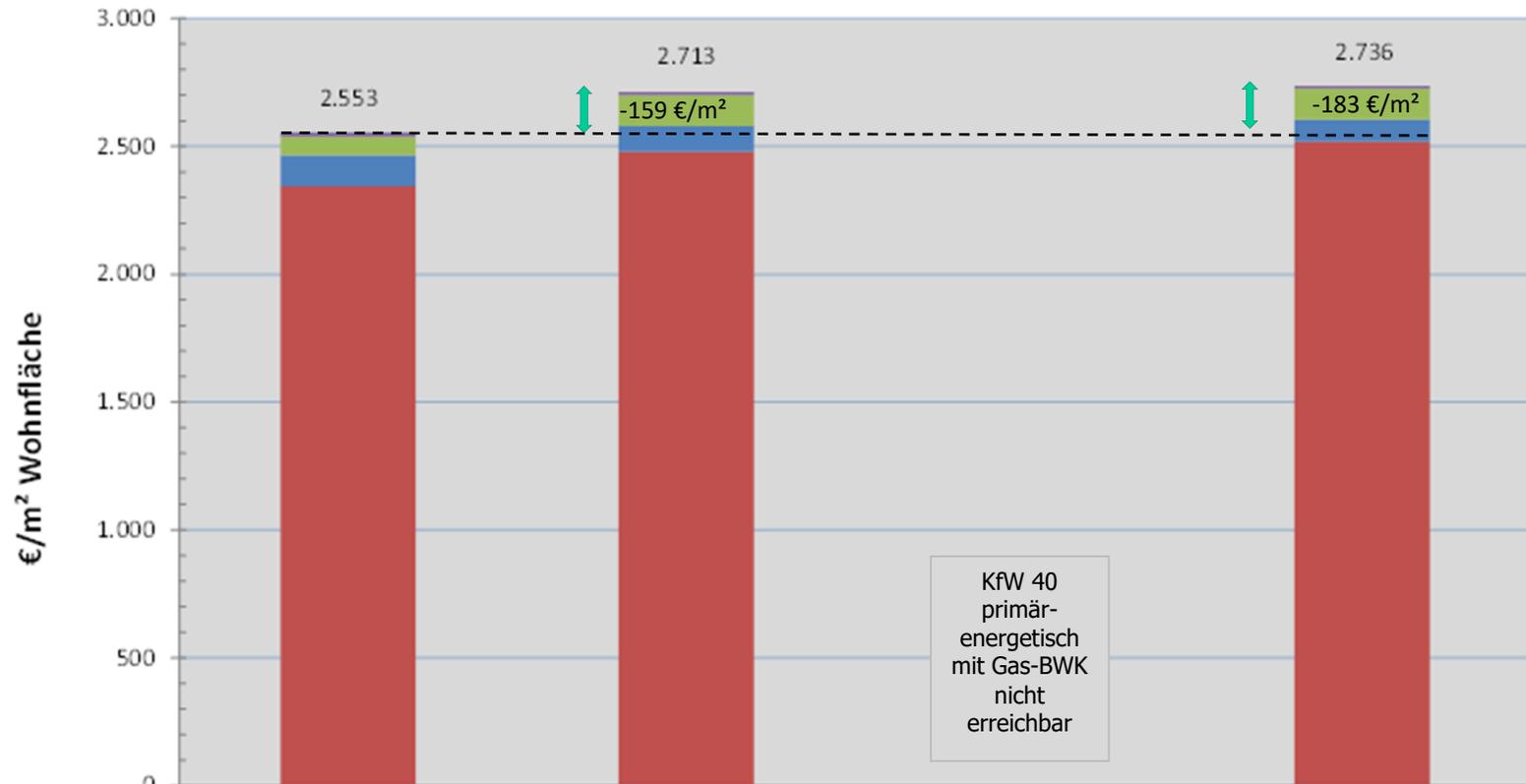
- Betrachtung der KfW-Programme (Stand 2020)
- Zuschussvariante
- **Aktuelle Förderung nach BEG ab 06/21 insb. für NWG höher!**

KfW-Förderung: Zuschüsse	KfW 100	KfW 70	KfW 55	KfW 40
Wohngebäude: Neubau	-	-	15 %	20 %
Wohngebäude: Sanierung	27,5 %	35 %	40 %	40 (45) %
NWG: Neubau	-	-	5 (15) %	5 (20) %
NWG: Sanierung	20 (27,5) %	27,5 (35) %	27,5 (40) %	27,5 (45) %

Ergebnisse: Wohngebäude Neubau



Gesamtkosten (Barwert) unterschiedlicher Effizienzstandards im Neubau (MFH)
Gas-BWK-Systeme



	H'T: 0,281 EnEV 16 BWK+Sol	H'T: 0,294 KfW 55 BWK+Sol+WRG	H'T: - KfW 40 BWK+Sol+WRG	H'T: 0,234 PH* BWK+Sol+WRG
Externe Kosten (Barwert)	17	12		10
Wartungskosten (Barwert)	71	122		121
Energiekosten (Barwert)	122	100		87
Investitionskosten (Barwert) abzgl. Förderung	2344	2479		2518
Förderung (Barwert)	0	0		0
Gesamtkosten (Barwert)	2553	2713		2736

Ergebnisse: Wohngebäude Neubau

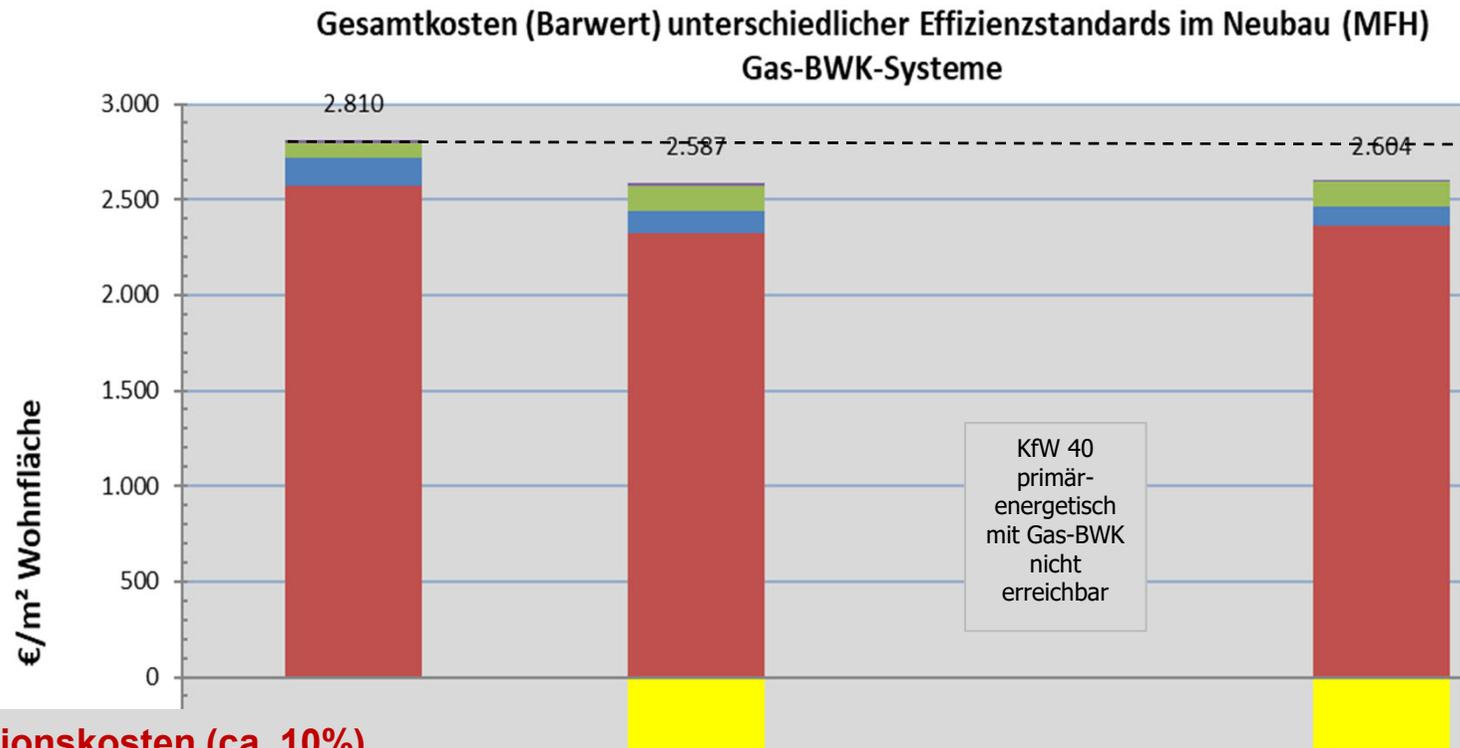
Gesamtkosten (Barwert) unterschiedlicher Effizienzstandards im Neubau (MFH)
Gas-BWK-Systeme



KfW 40 primär-energetisch mit Gas-BWK nicht erreichbar

	H'T: 0,281 EnEV 16 BWK+Sol	H'T: 0,294 KfW 55 BWK+Sol+WRG	H'T: - KfW 40 BWK+Sol+WRG	H'T: 0,234 PH* BWK+Sol+WRG
■ Externe Kosten (Barwert)	17	12		10
■ Wartungskosten (Barwert)	71	122		121
■ Energiekosten (Barwert)	122	100		87
■ Investitionskosten (Barwert) abzgl. Förderung	2344	2120		2152
■ Förderung (Barwert)	0	-359		-366
Gesamtkosten (Barwert)	2553	2354		2371

Ergebnisse: Wohngebäude Neubau



- **Höhere Investitionskosten (ca. 10%)**
- **1,5 %/a Energiepreissteigerung (nom.)**
- **keine Änderung bei der Förderung (prozentual)**

	EnEV 16 BWK+Sol	H'T: 0,294 KfW 55 BWK+Sol+WRG	H'T: - KfW 40 BWK+Sol+WRG	H'T: 0,234 PH* BWK+Sol+WRG
■ Externe Kosten (Barwert)	17	12		10
■ Wartungskosten (Barwert)	76	132		131
■ Energiekosten (Barwert)	142	116		102
■ Investitionskosten (Barwert) abzgl. Förderung	2574	2327		2361
■ Förderung (Barwert)	0	-394		-402
Gesamtkosten (Barwert)	2810	2587		2604

Ergebnisse: Wohngebäude Neubau

Energetische Zielstandards			EnEV 16	KfW 55	KfW 40	PH
BWK-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2553	2713	nicht erreichbar	2736
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	0	-159	-	-183
WPE-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2628	2620	2697	2810
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	-75	-66	-143	-257
HPK-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2689	2717	2751	2838
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	-135	-164	-198	-285
FW/KWK-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2636	2627	2642	2812
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	-82	-74	-89	-258

- Typisches Mehrfamilienhaus (MFH) ohne Förderung
- PH erreicht KfW EH 55-Standard

Ergebnisse: Wohngebäude Neubau

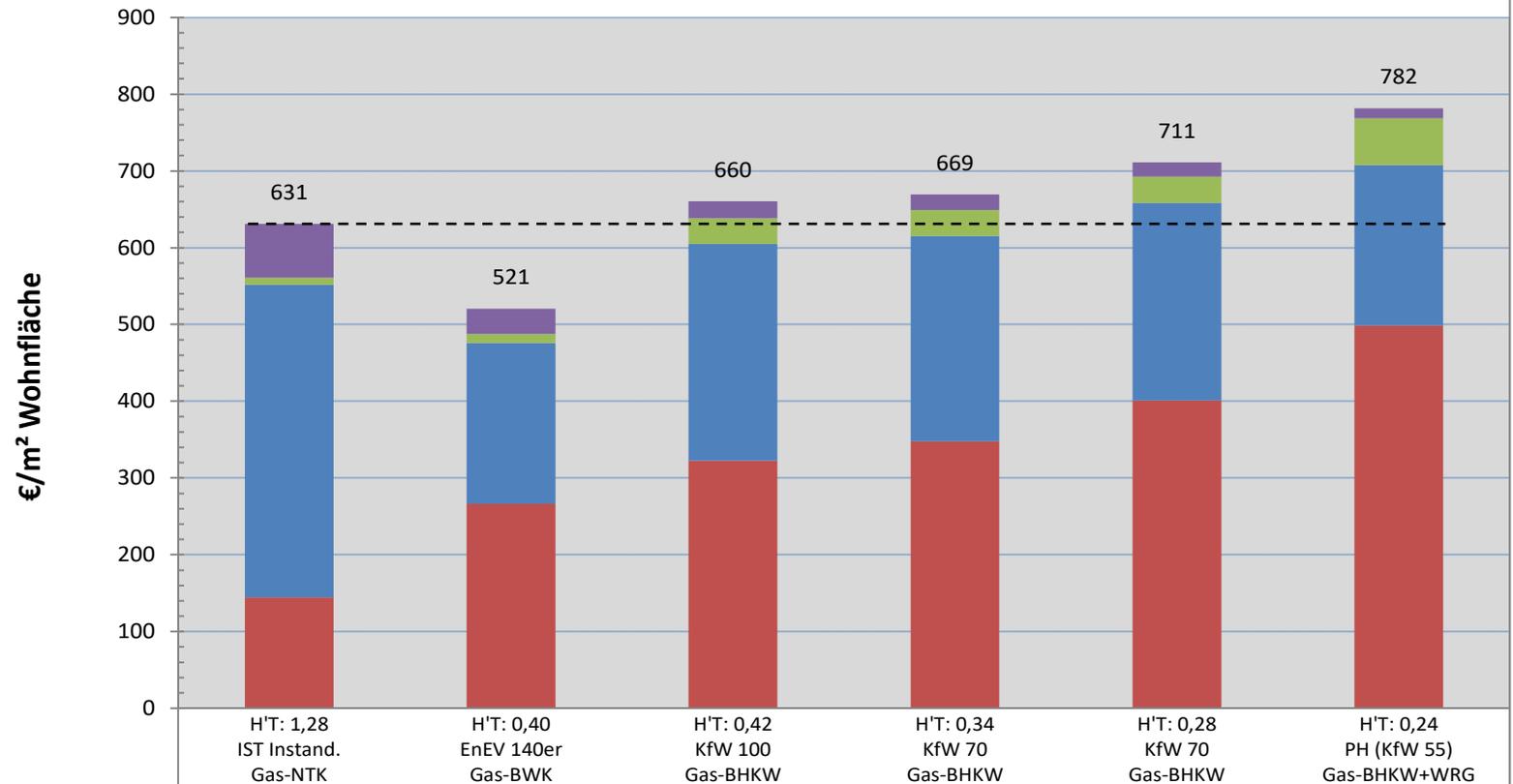
Energetische Zielstandards			EnEV 16	KfW 55	KfW 40	PH
BWK-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2553	2354	nicht erreichbar	2371
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	0	199	-	183
WPE-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2628	2274	2219	2318
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	-75	279	335	235
HPK-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2689	2369	2278	2349
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	-135	184	275	204
FW/KWK-Systeme	Gesamtkosten	€/m ² _{Wfl.}	2636	2283	2175	2321
	Kapitalwert (geg. EnEV 16 mit BWK)	€/m ² _{Wfl.}	-82	270	378	233

- Typisches Mehrfamilienhaus (MFH) mit Förderung
- PH erreicht KfW EH 55-Standard

-
- EnEV 2016/GEG stellt ohne Förderung das Kostenoptimum beim Neubau von Wohngebäuden (MFH) dar.
 - EnEV 2016/GEG lässt sich mit Gas-BWK zu den geringsten Gesamtkosten realisieren.
 - KfW EH 40 mit FW, WPE, HPK und Gas-BHKW beim Modellgebäude (MFH) erreichbar; mit Gas-BWK nicht erreichbar.
 - Weitergehende Standards wie KfW EH 55, KfW EH 40 und PH führen zu Mehrkosten d.h. sie sind ohne Förderung nicht wirtschaftlich. Die Mehrkosten bewegen sich im Bereich üblicher Baukostenschwankungen.
 - KfW EH 55, KfW EH 40 und PH sind im Neubau mit Förderung wirtschaftlich zu realisieren (geg. EnEV 2016/GEG).
-

Ergebnisse: Sanierung Wohngebäude

Gesamtkosten (Barwert) unterschiedlicher Effizienzstandards im Bestand (GMFH 68)

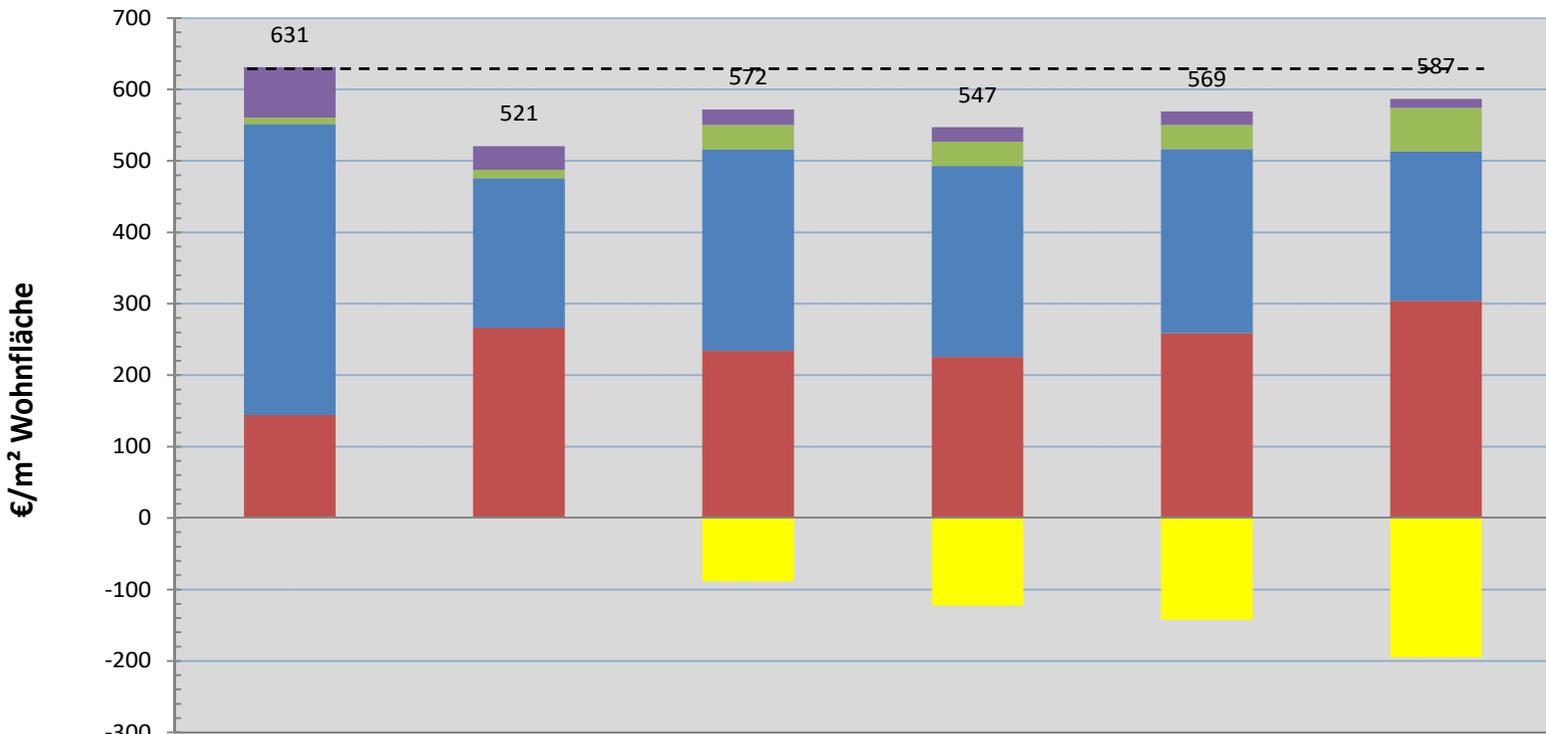


	H'T: 1,28 IST Instand. Gas-NTK	H'T: 0,40 EnEV 140er Gas-BWK	H'T: 0,42 KfW 100 Gas-BHKW	H'T: 0,34 KfW 70 Gas-BHKW	H'T: 0,28 KfW 70 Gas-BHKW	H'T: 0,24 PH (KfW 55) Gas-BHKW+WRG
Externe Kosten (Barwert)	70	33	22	20	19	13
Wartungskosten (Barwert)	9	12	34	34	34	61
Energiekosten (Barwert)	408	209	282	267	257	209
Investitionskosten (Barwert) abzgl. Förderung	144	266	323	348	401	499
Förderung (Barwert)	0	0	0	0	0	0
Gesamtkosten (Barwert)	631	521	660	669	711	782

Ergebnisse: Sanierung Wohngebäude



Gesamtkosten (Barwert) unterschiedlicher Effizienzstandards im Bestand (GMFH 68)

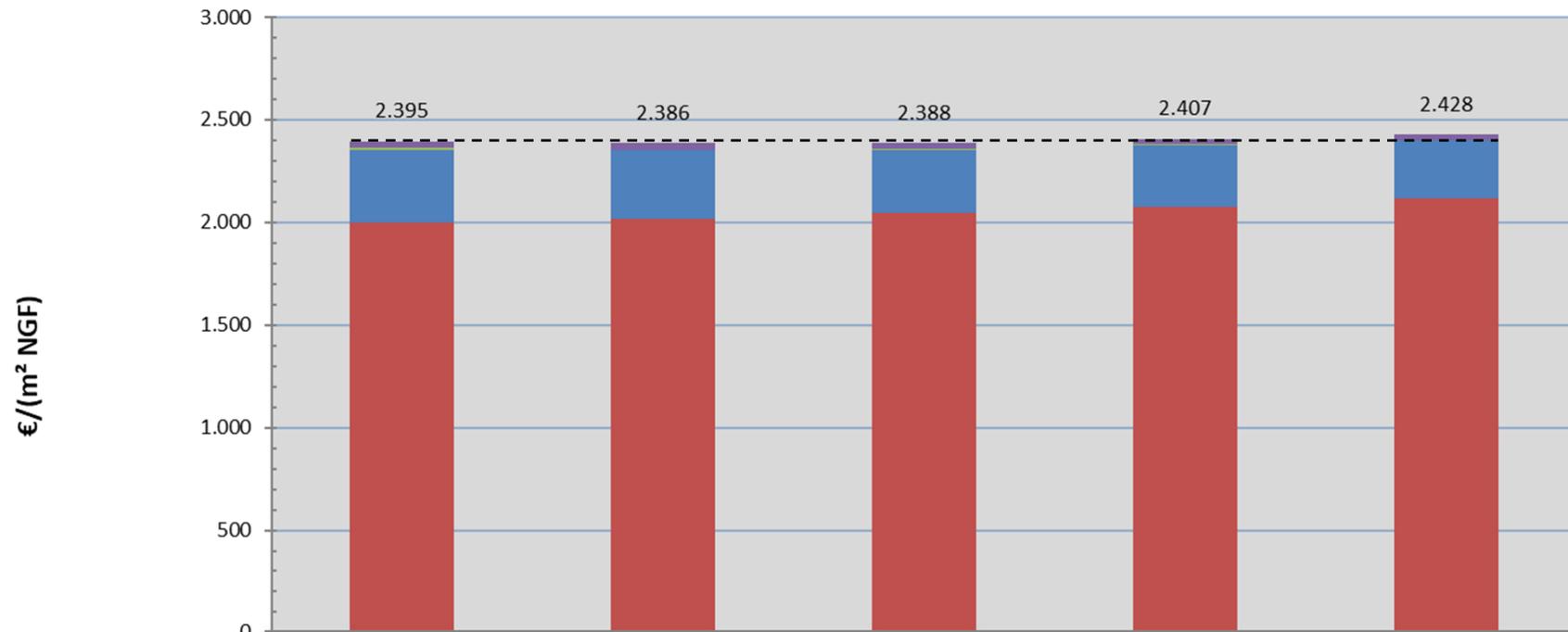


	H'T: 1,28 IST Instand. Gas-NTK	H'T: 0,40 EnEV 140er Gas-BWK	H'T: 0,42 KfW 100 Gas-BHKW	H'T: 0,34 KfW 70 Gas-BHKW	H'T: 0,28 KfW 70 Gas-BHKW	H'T: 0,24 PH (KfW 55) Gas-BHKW+WRG
Externe Kosten (Barwert)	70	33	22	20	19	13
Wartungskosten (Barwert)	9	12	34	34	34	61
Energiekosten (Barwert)	408	209	282	267	257	209
Investitionskosten (Barwert) abzgl. Förderung	144	266	234	225	259	304
Förderung (Barwert)	0	0	-88	-122	-142	-194
Gesamtkosten (Barwert)	631	521	572	547	569	587

-
- Die derzeitigen Anforderungen nach EnEV/GEG für den Bestand (sog. 140er-Regel) können wirtschaftlich umgesetzt werden (3 Modellgebäude; MFH).
 - Bei allen drei Modellgebäuden (gasversorgt im IST-Zustand) ist ein Wechsel des Wärmeversorgungssystems notwendig, um den Standard KfW EH 55 zu erreichen.
 - Höhere energetische Standards (KfW EH 100, 70 und 55) führen zu steigenden Gesamtkosten d.h. sie sind ohne Förderung nicht wirtschaftlich.
 - Höhere energetische Standards (KfW EH 100, 70 und 55) weisen mit Förderung in der Regel niedrigere Gesamtkosten auf und sind damit wirtschaftlich realisierbar.
 - Voraussetzung hierfür ist die **Kopplung** der energetischen Maßnahmen an ohnehin anstehende Instandsetzungs- und Instandhaltungsarbeiten.
-

Ergebnisse: NWG - Neubau

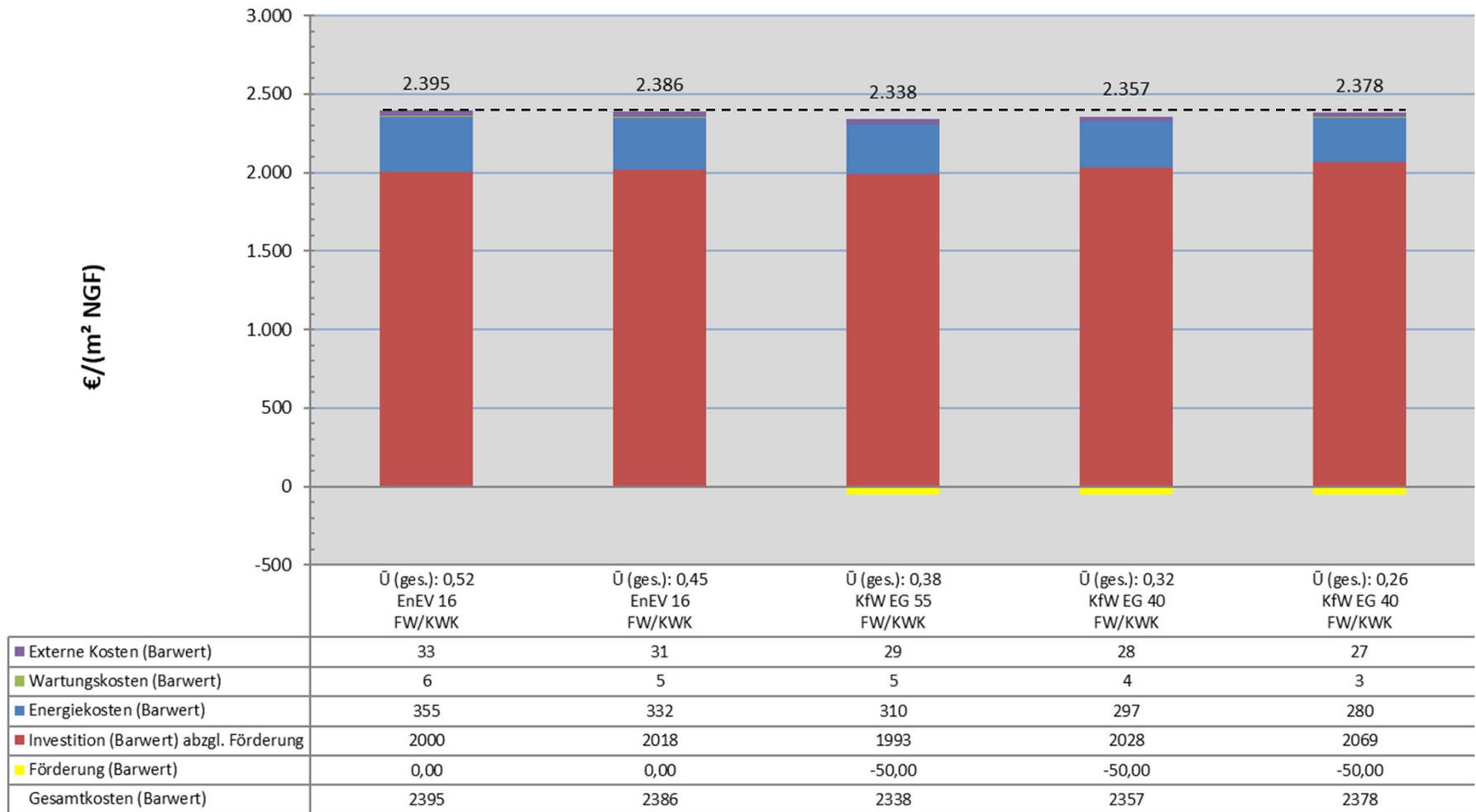
Gesamtkosten (Barwert) unterschiedlicher Effizienzstandards im Neubau (NWG-Büro)



	Ü (ges.): 0,52 EnEV 16 FW/KWK	Ü (ges.): 0,45 EnEV 16 FW/KWK	Ü (ges.): 0,38 KfW EG 55 FW/KWK	Ü (ges.): 0,32 KfW EG 40 FW/KWK	Ü (ges.): 0,26 KfW EG 40 FW/KWK
■ Externe Kosten (Barwert)	33	31	29	28	27
■ Wartungskosten (Barwert)	6	5	5	4	3
■ Energiekosten (Barwert)	355	332	310	297	280
■ Investition (Barwert) abzgl. Förderung	2000	2018	2043	2078	2119
■ Förderung (Barwert)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamtkosten (Barwert)	2395	2386	2388	2407	2428

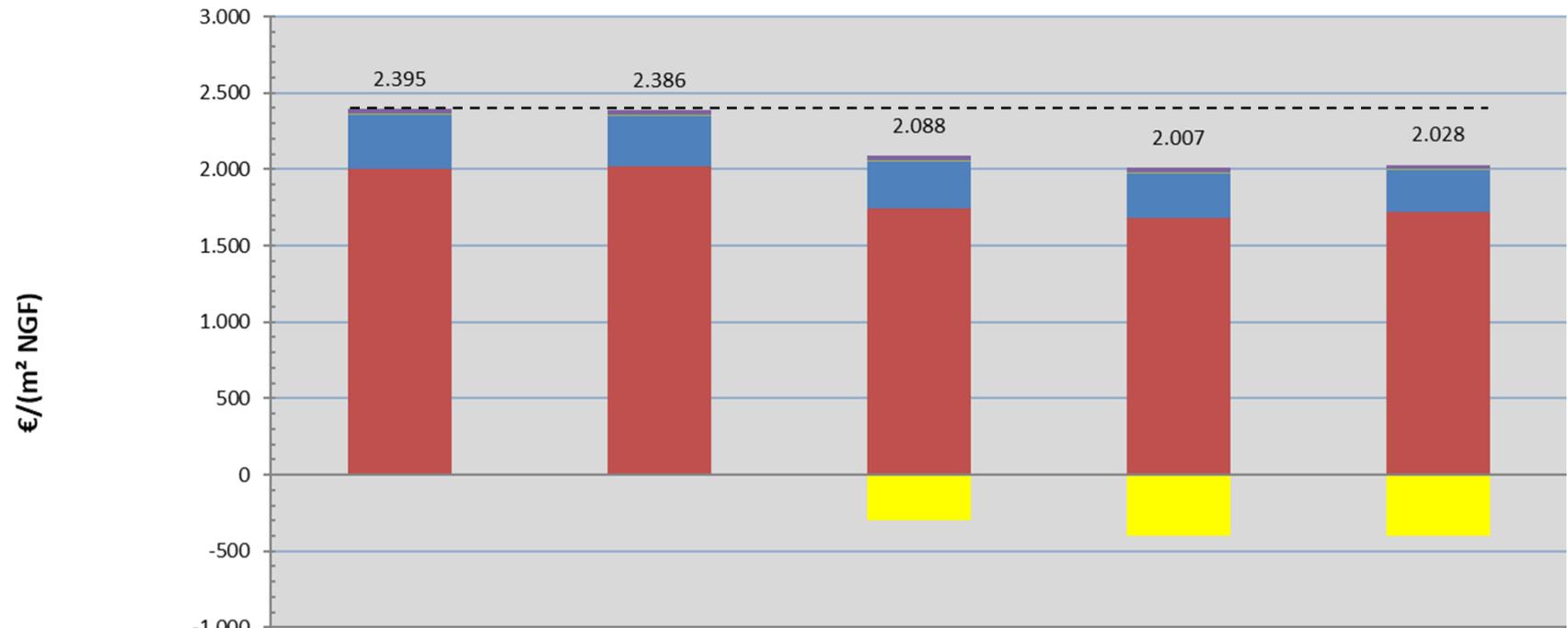
Ergebnisse: NWG - Neubau

Gesamtkosten (Barwert) unterschiedlicher Effizienzstandards im Neubau (NWG-Büro)



Ergebnisse: NWG - Neubau

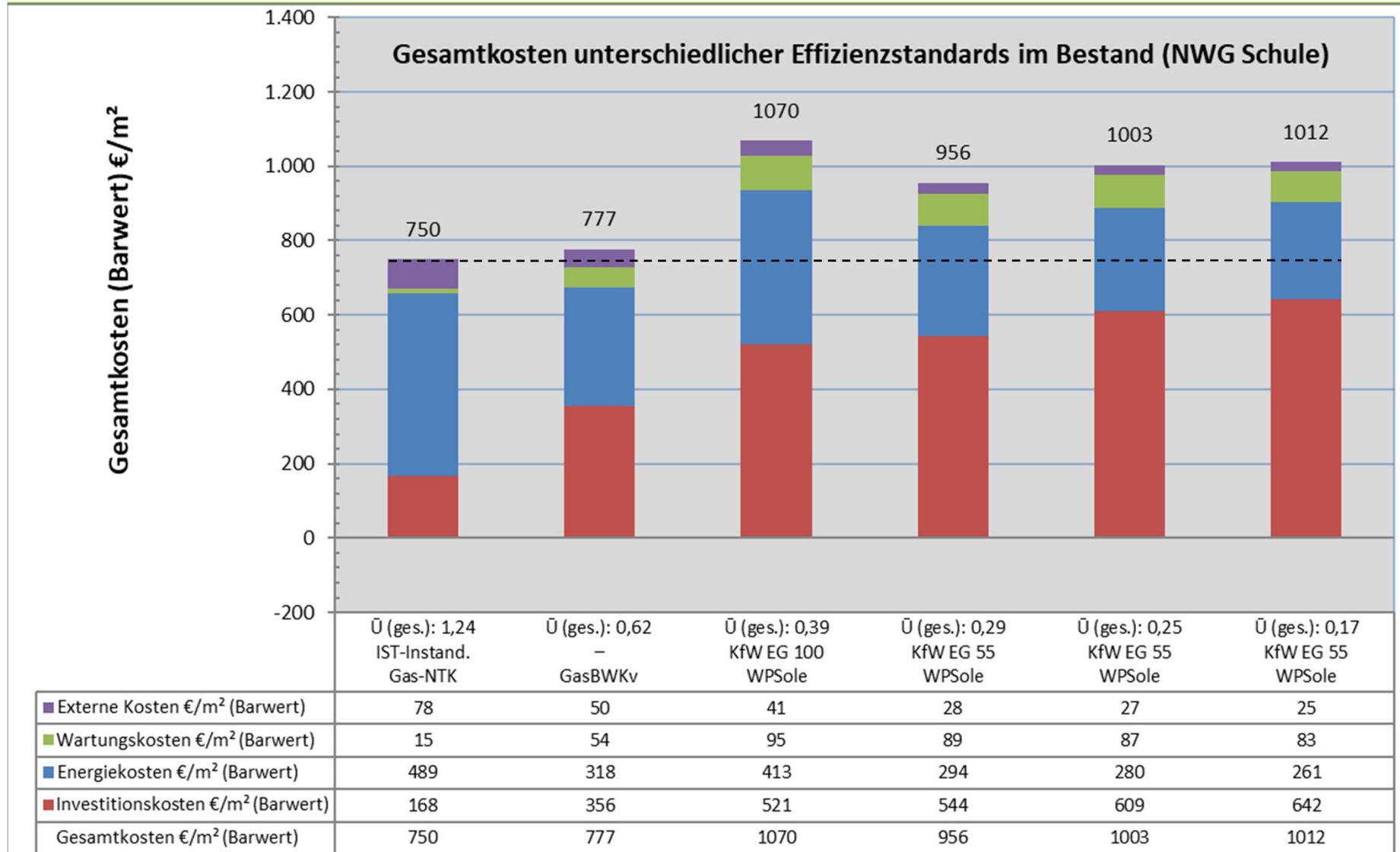
Gesamtkosten (Barwert) unterschiedlicher Effizienzstandards im Neubau (NWG-Büro)



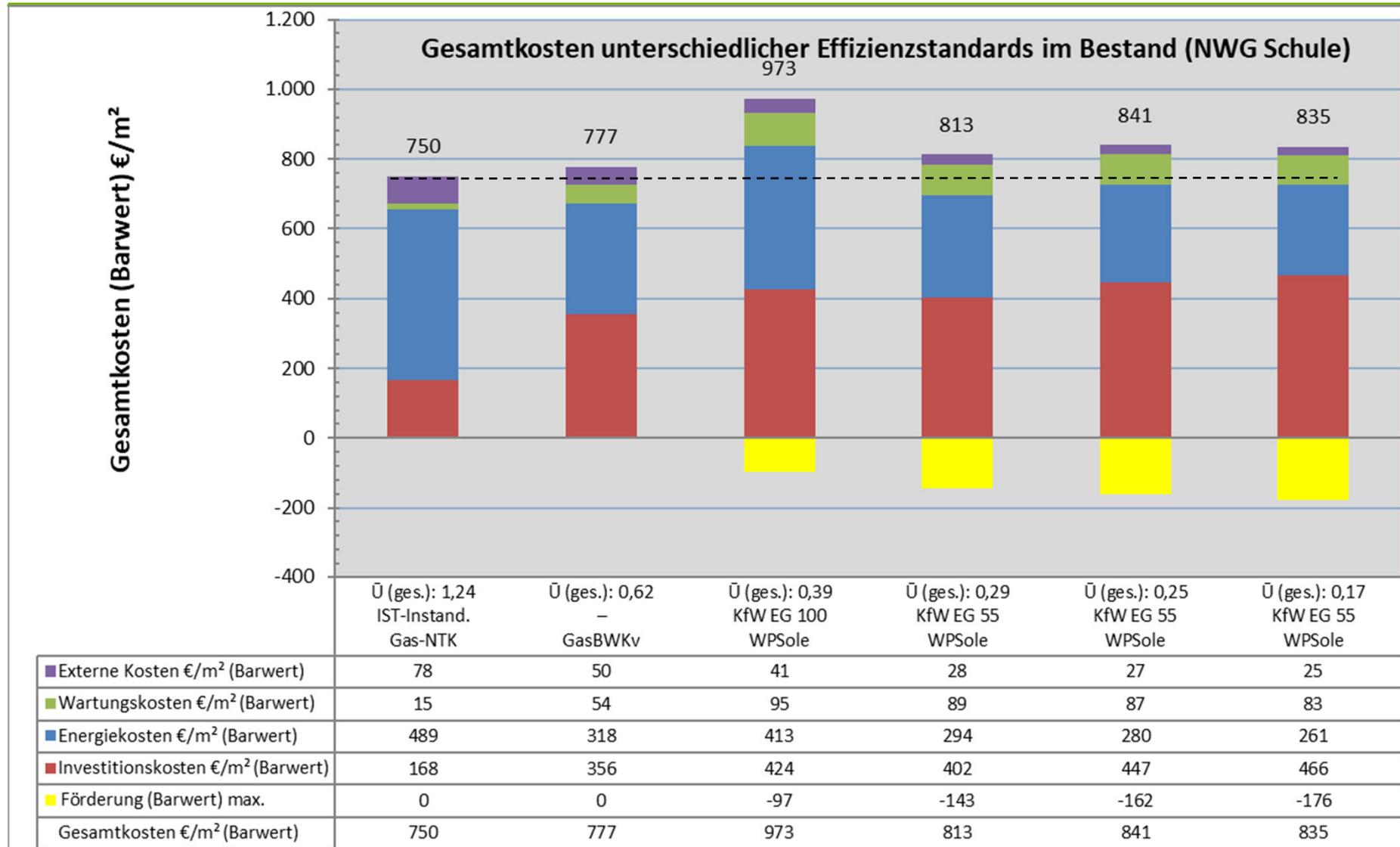
	Ü (ges.): 0,52 EnEV 16 FW/KWK	Ü (ges.): 0,45 EnEV 16 FW/KWK	Ü (ges.): 0,38 KfW EG 55 FW/KWK	Ü (ges.): 0,32 KfW EG 40 FW/KWK	Ü (ges.): 0,26 KfW EG 40 FW/KWK
■ Externe Kosten (Barwert)	33	31	29	28	27
■ Wartungskosten (Barwert)	6	5	5	4	3
■ Energiekosten (Barwert)	355	332	310	297	280
■ Investition (Barwert) abzgl. Förderung	2000	2018	1743	1678	1719
■ Förderung (Barwert)	0,00	0,00	-300,00	-400,00	-400,00
Gesamtkosten (Barwert)	2395	2386	2088	2007	2028

- EnEV 2016/GEG stellt ohne Förderung das Kostenoptimum beim Neubau von Nichtwohngebäuden dar (Modellgebäude Büro).
- EnEV 16/GEG lässt sich mit FW/KWK zu den geringsten Gesamtkosten realisieren.
- KfW EG 55 und KfW EG 40* mit Gas-BWK (und RLT-Anlage) nicht erreichbar.
- Weitergehende Standards (KfW EG 55 und 40*) führen zu Mehrkosten d.h. sie sind ohne Förderung nicht wirtschaftlich (Ausnahme: KfW EG 55 mit FW/KWK). Die Mehrkosten fallen im Vergleich zum Neubau von Wohngebäuden geringer aus.
- KfW EG 55 und KfW EG 40* mit HPK und FW/KWK sind mit Förderung wirtschaftlicher als EnEV 2016/GEG mit FW/KWK.
- KfW EG 55/40* mit Wärmepumpen sind unter den alten Förderbedingungen nicht wirtschaftlich zu realisieren (Grund: geringe Neubauförderung mit Deckelung).

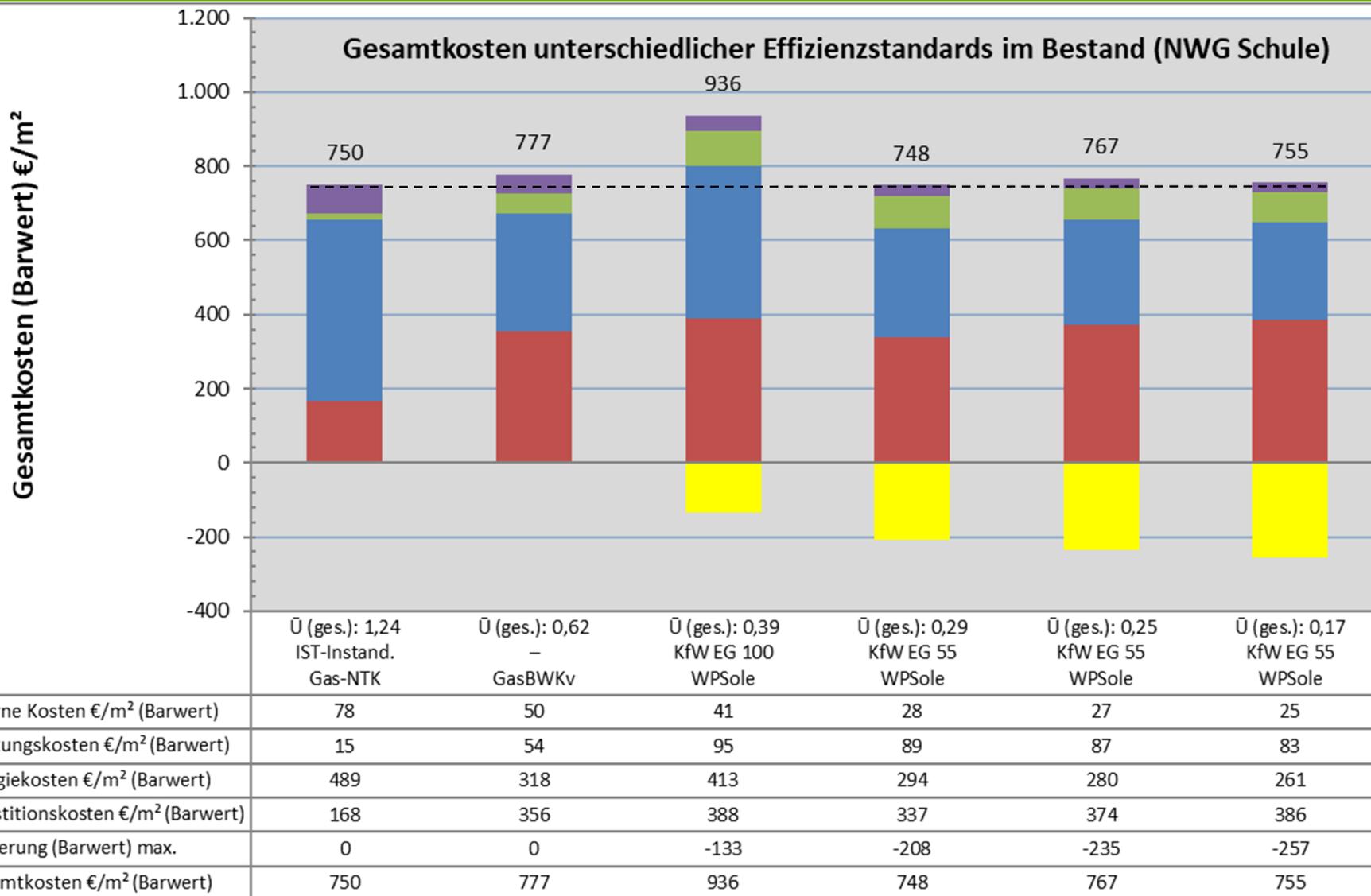
Ergebnisse: NWG-Sanierung



Ergebnisse: NWG-Sanierung



Ergebnisse: NWG-Sanierung



Ergebnisse: NWG - Sanierung

-
- Die derzeitigen Anforderungen der EnEV/GEG liegen in etwa im kostenoptimalen Bereich.
 - KfW EG 55 mit Gas-BWK in beiden Modellgebäuden (Büro, Schule) nicht erreichbar.
 - Gleichzeitig zeigen sich aufgrund der Heterogenität der Modellgebäude deutlichere Unterschiede in den Ergebnissen als bei den Wohngebäuden:
 - Beim Modellgebäude „Büro“ führen weitergehende Standards (KfW EG 55 und KfW EG 40*) mit FW/KWK und HPK zu sinkenden Gesamtkosten d.h. sie sind ohne Förderung wirtschaftlich.
 - Beim Modellgebäude „Schule“ ist kein höherer energetischer Standard ohne Förderung wirtschaftlich zu realisieren.
 - Mit Förderung sind weitergehende energetische Standards mit Gas-BWK (KfW EG 70 beim „Büro“ und KfW EG 100 bei der „Schule“) sowie mit FW/KWK bzw. HPK (bis KfW EG 40*) wirtschaftlich. Voraussetzung hierfür ist das Kopplungsprinzip.
 - Die Wärmepumpenvarianten sind unter den alten Förderbedingungen nicht wirtschaftlich
-

Ergebnisse: Geförderter Wohnungsbau

- Berechnungen für den öffentlich geförderten Wohnungsbau (Beispiel Neubau) mit geänderten Rahmenbedingungen:
 - Methodik: Vollständiger Finanzplan (30 Jahre)
 - mit Mieteinnahmen, Verwaltungs- und Instandhaltungskosten, Wohnungswechselkosten und Steuern
 - Eigenkapital: 20 %
 - Restfinanzierung: Darlehen und Zuschuss nach Einkommensorientierter Förderung (EOF) Bayern
 - ortsübliche Vergleichsmiete Neubau: 12,0 €/m² für alle Varianten

		EnEV 16 (FW/KWK)	KfW 55 (FW/KWK)	KfW 40 (FW/KWK)	PH (FW/KWK)
Eigenkapitalrendite (VoFi-Rendite)	[%]	4,72%	4,70%	4,59%	4,28%
Vermögensendwert	[€]	853.337	847.391	821.075	751.383

- Energieeffiziente Neubauvarianten weisen unter den Rahmenbedingungen des geförderten Wohnungsbaus leicht geringere Eigenkapitalrenditen auf als ein Neubau nach EnEV 2016/GEG.



Block III: Augsburger Energiestandard

- Vorschlag für einen „Augsburger Energiestandard“ (AP2)



Quelle: Modell der Gebäude: faktor10/Dörfer-Grohmeier Architekten

-
- Ableitung eines „Augsburger Standard für klimagerechtes und nachhaltiges Bauen und Sanieren“
 - Bezug zu nationalen Klimaschutzzielen
 - Bezug zu bestehenden Beschlüssen der Stadt
 - Berücksichtigung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen
 - Struktur des kommunalen Energiestandards
 - Übergeordnete Anforderungen (Gebäudeenergieeffizienz)
 - Vorschlag für (kommunale) Wohn- und Nichtwohngebäude (Neubau/Bestand)
 - Ausnahmeregelung mit Ausnahmeanforderung
 - Sonderfall Wärmeversorgung
 - Beispiele
 - Vorschlag zum Umgang mit bauteilbedingten Restriktionen und Beispiele
 - Ergänzender Vorschlag für Einzelmaßnahmen und Beispiel

- Berücksichtigung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen
 - Für Wohn- und Nichtwohngebäude in Neubau und Bestand gibt es Wärmeversorgungsvarianten in denen KfW-Standards unter Berücksichtigung der Förderung wirtschaftlich umsetzbar sind.
 - ! Akteursbeteiligung: Schwierigkeiten, auskömmliche Renditen im öffentlich geförderten Wohnungsbau zu erlangen → Ausnahmeregelung
 - Fossile Varianten (Gas-Kessel) mit hohen Dämmstandards sind wirtschaftlich, erreichen primärenergetisch aber die höheren KfW-Standards nicht (PV nicht berücksichtigt, WRG nur in PH-Varianten).
 - ! Höhere KfW-Standards können zu späterem Zeitpunkt dennoch erreicht werden, wenn in Sanierung/Neubau hohe Dämmstandards umgesetzt werden und Wärmeerzeugung zu späterem Zeitpunkt auf erneuerbare Energieträger umgestellt wird.
 - ! Akteursbeteiligung: Erneuerbare Energieträger sind nicht in allen Fällen umsetzbar → Sonderfall

Vorschlag „Augsburger Energiestandard“



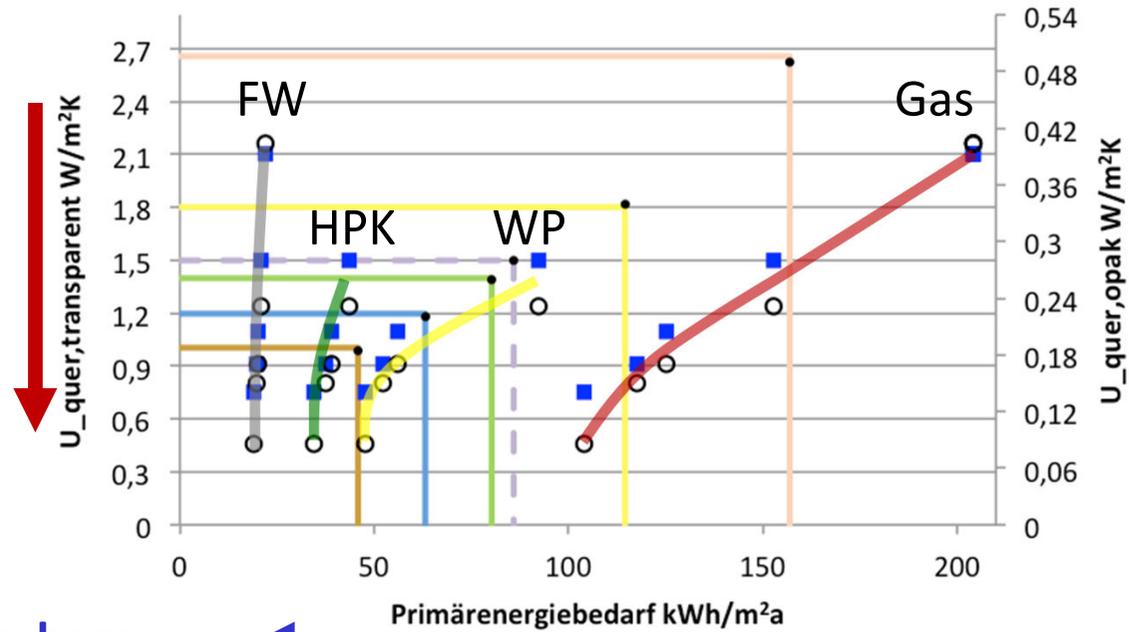
- Vorgeschlagene KfW-Standards, Ausnahmeregelung und Sonderfall

	Neubau	Bestand (umfassende Sanierung)
Wohngebäude (Geschosswohnungsbau)	KfW Effizienzhaus 40	KfW Effizienzhaus 55
Nichtwohngebäude	KfW Effizienzgebäude 40* mit $Q_{p,EG55} -27\%$, $\bar{U}_{EG55} -16\%$	KfW Effizienzgebäude 55
Ausnahmeregelung Öffentlich geförderter Wohnungsbau	<ul style="list-style-type: none"> – ein KfW-Standard geringer (Neubau KfW 55, Bestand KfW 70) – Ausnahme begründen 	
Sonderfall Restriktionen Wärmeversorgung	<ul style="list-style-type: none"> – Wärmeschutzanforderungen des jeweiligen KfW-Standards einhalten – Sonderfall begründen – nach 15 Jahren Umstellung der Wärmeversorgung prüfen, mit dem Ziel, den KfW-Standard nachträglich zu erreichen 	

3. Vorschlag „Augsburger Energiestandard“ IWU

- Verdeutlichung der Anforderungsniveaus – Beispiel Schule Bestand

**Wärmeschutz nachweisen
(ggf. als erster Schritt)**



**effiziente/erneuerbare
Wärmeversorgung
(ggf. auch zu einem
späterem Zeitpunkt)**



- Beispiel Neubau – Büro- und Verwaltungsgebäude

- Zielzustand: KfW EG 40* (Augsburger Energiestandard für Nichtwohngebäude im Neubau)



- Gebäude liegt im Nahwärmegebiet mit Gas-BHKW und Spitzenlastkessel, Anschluss- und Benutzungszwang



- Begründung Sonderfall: KfW EG 40* kann primärenergetisch nicht eingehalten werden



- Anwendung Sonderfall „Restriktionen Wärmeversorgung“, Nachweis des KfW EG 40* mit Ersatzannahme (erneuerbare Wärmeversorgung) und Wärmeschutz, der für Ersatzannahme KfW EG 40* einhält



- Nach 15 Jahren: Umstellung Wärmeversorgung prüfen, um KfW EG 40* nachträglich zu erreichen

- Beispiel Komplettsanierung – Schulgebäude

- Zielzustand: KfW EG 55 (Augsburger Energiestandard für Nichtwohngebäude im Neubau)



- Gebäude mit Gasversorgung (Kessel vor 10 Jahren erneuert)



- Begründung Sonderfall: KfW EG 55 kann primärenergetisch nicht eingehalten werden



- Anwendung Sonderfall „Restriktionen Wärmeversorgung“, Nachweis des KfW EG 55 mit Ersatzannahme (erneuerbare Wärmeversorgung) und Wärmeschutz, der für Ersatzannahme KfW EG 55 einhält



- Nach 15 Jahren: Umstellung Wärmeversorgung prüfen, um KfW EG 55 nachträglich zu erreichen

- Beispiel Komplettanierung – Öffentlich geförderter Wohnungsbau
 - Zielzustand: KfW EH 55 (Augsburger Energiestandard für Wohngebäude im Bestand)

 - Begründung Ausnahme: Öffentlich geförderter Wohnungsbau

 - Anwendung Ausnahme „Öffentlich geförderter Wohnungsbau“, Nachweis des KfW EH 70

 - Prüfung Sonderfall „Restriktionen Wärmeversorgung“: liegt nicht vor

 - KfW EH 70 ist vollständig umzusetzen (Wärmeschutz UND Primärenergieanforderung)

-
- Umgang mit bauteilbezogenen Restriktionen
 - Restriktionen
 - dauerhaft – Denkmalschutz, konstruktiv (z.B. Vorhangfassade), geometrisch (z.B. Laubengangbreite, Kellerhöhe)
 - mittelfristig wirksam – energetisch bereits sanierte Bauteile
 - Restriktionsfreie Bauteile => möglichst hoher Dämmstandard im Sinne des geforderten Energiestandards
 - Restriktionsbehaftete Bauteile
 - Standardfall – Ersatzannahmen für restriktionsbehaftete Bauteile
 - Härtefall – Ausklammern der restriktionsbehafteten Bauteile
 - Art (Denkmalschutz, geometrisch, konstruktiv) und Umfang (Bauteil/Fassade teilweise bzw. vollständig betroffen) der Restriktion begründen
 - nur betroffene (Teil-)Flächen als restriktionsbehaftet ansehen; übrige (Teil-)Flächen restriktionsfrei im Standardfall und im Härtefall

-
- Umgang mit bauteilbezogenen Restriktionen
 - **Standardfall**
 - Ersatzannahmen für U-Werte der restriktionsbehafteten Bauteile zum Nachweis des laut Augsburger Energiestandard vorgesehenen KfW-Standards
 - U-Werte entsprechend der Anforderungen beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG Anlage 7, Innentemp. $\geq 19^{\circ}\text{C}$)
=> besser als praktisch vorhanden, ca. KfW EH 70; leicht erhöhte Anforderungen an übrige, restriktionsfreie Bauteile
 - **Härtefall**
 - Energiestandard kann auch mit Ersatzannahmen des Standardfalls (Prüfen!) nicht eingehalten werden
=> Nachweis nach KfW-Methodik entfällt, restriktionsfreie Bauteile:
Einzelanforderungen an Bauteile nach alternativem KfW-EH-55-Nachweis einhalten
 - **Standardfall und Härtefall**
 - laut Augsburger Energiestandard keine eigenen Anforderungen an (Teil-)Flächen der restriktionsbehafteten Bauteile, GEG und Mindestwärmeschutz gelten ohnehin
-

- Beispiel bauteilbezogene Restriktionen (Bestand Wohngebäude)
 - Komplettsanierung Wohngebäude
 - ↓
 - Zielzustand nach Sanierung: KfW EH 55 (Augsburger Energiestandard für Wohngebäude im Bestand)
 - ↓
 - Begründung Restriktion: Raumhöhe Keller nach Sanierung zu gering
 - ↓
 - Ersatzannahme für restriktionsbehaftete Kellerdecke (GEG, Anlage 7, U-Wert: $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 - ↓
 - Der Nachweis eines KfW EH 55-Standards kann unter Verwendung der Ersatzannahme für die Kellerdecke rechnerisch erbracht werden, wenn für die übrigen Bauteile ein leicht erhöhter Wärmeschutz vorgesehen wird.

- Beispiel bauteilbezogene Restriktionen (Bestand NWG)

- Komplettsanierung einer Bestandsschule



- Zielzustand nach Sanierung: KfW EG 55 (Augsburger Energiestandard für Nichtwohngebäude im Bestand)



- Begründung Restriktion: denkmalgeschützte Fassade



- Prüfung Standardfall: KfW EG 55-Standard kann rechnerisch auch durch erhöhten Wärmeschutz bei restriktionsfreien Bauteilen nicht erreicht werden



- Härtefall: restriktionsfreie Flächen: Umsetzung der Einzelanforderungen an Bauteile nach dem alternativen KfW EH 55-Nachweis

Auswahl für Grenzwerte der U-Werte: Kellerdecke | Dach | Fenster 0,25 | 0,14 | 0,9

- Ergänzender Vorschlag für Einzelmaßnahmen
 - Anforderungsniveau der Einzelmaßnahmen dient der schrittweisen Erreichung des jeweils zu erreichenden KfW-Standards
 - Nichtwohngebäudesanierung: um 15% reduzierte Werte der Anforderungen bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG Anlage 7, für Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$) 0,20|0,20|1,1
 - Wohngebäudesanierung: Referenzwerte für Einzelmaßnahmen des „Alternativen Nachweis eines KfW-Effizienzhauses 55“ 0,20|0,14|0,9
 - Wohngebäudesanierung, Ausnahmeregelung „Öffentlich geförderter Wohnungsbau“: Anforderungen bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG Anlage 7, für Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$) 0,24|0,24|1,3
 - Denkmalschutz, bauteilbezogene Restriktionen: Einzelfallprüfung, welche Flächen der Bauteile zur Verfügung stehen

Auswahl für Grenzwerte der U-Werte: Außenwand|Dach|Fenster

- Beispiel Anforderungen an Einzelmaßnahmen
 - Sanierung eines Bestandsschule (Dämmung der Außenwand)

 - Zielzustand nach Sanierung: KfW EG 55 (Augsburger Energiestandard für Nichtwohngebäude im Bestand)

 - Durchführung Einzelmaßnahme Dämmung Außenwand (Anwendung EnEV-Einzelbauteilanforderung –15%)

 - einzuhaltender U-Wert $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

-
- Bezug zu klimapolitischen Zielsetzungen der Stadt Augsburg
 - Klimaschutzziele für den Gebäudebestand
 - Pro-Kopf-Emissionen (Basisjahr 1990) bis spätestens 2030 halbieren
 - Konsequente Umsetzung des Augsburger Energiestandards dient der mittelfristigen Zielerreichung (wesentliche Reduktion Energieeinsatz, weitgehende Nutzung erneuerbarer Energien)
 - Übergangslösungen für Einzelfälle mit Restriktionen
 - Hinweis zu potentiellen Fortentwicklungsmöglichkeiten des Standards (nicht Bestandteil der Studie)
 - Betrachtung von nachgelagerten Anforderungen z.B.
 - „Plusenergie“ (Wärmeschutz, Energieverbrauchsreduktion)
 - Einsatz PV- und Solaranlagen
 - „Ökobilanzen“; „Graue Energie“
 - Intensivierung der Energieberatung
-



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.iwu.de

Andreas Enseling
a.enseling@iwu.de

Michael Grafe
m.grafe@iwu.de