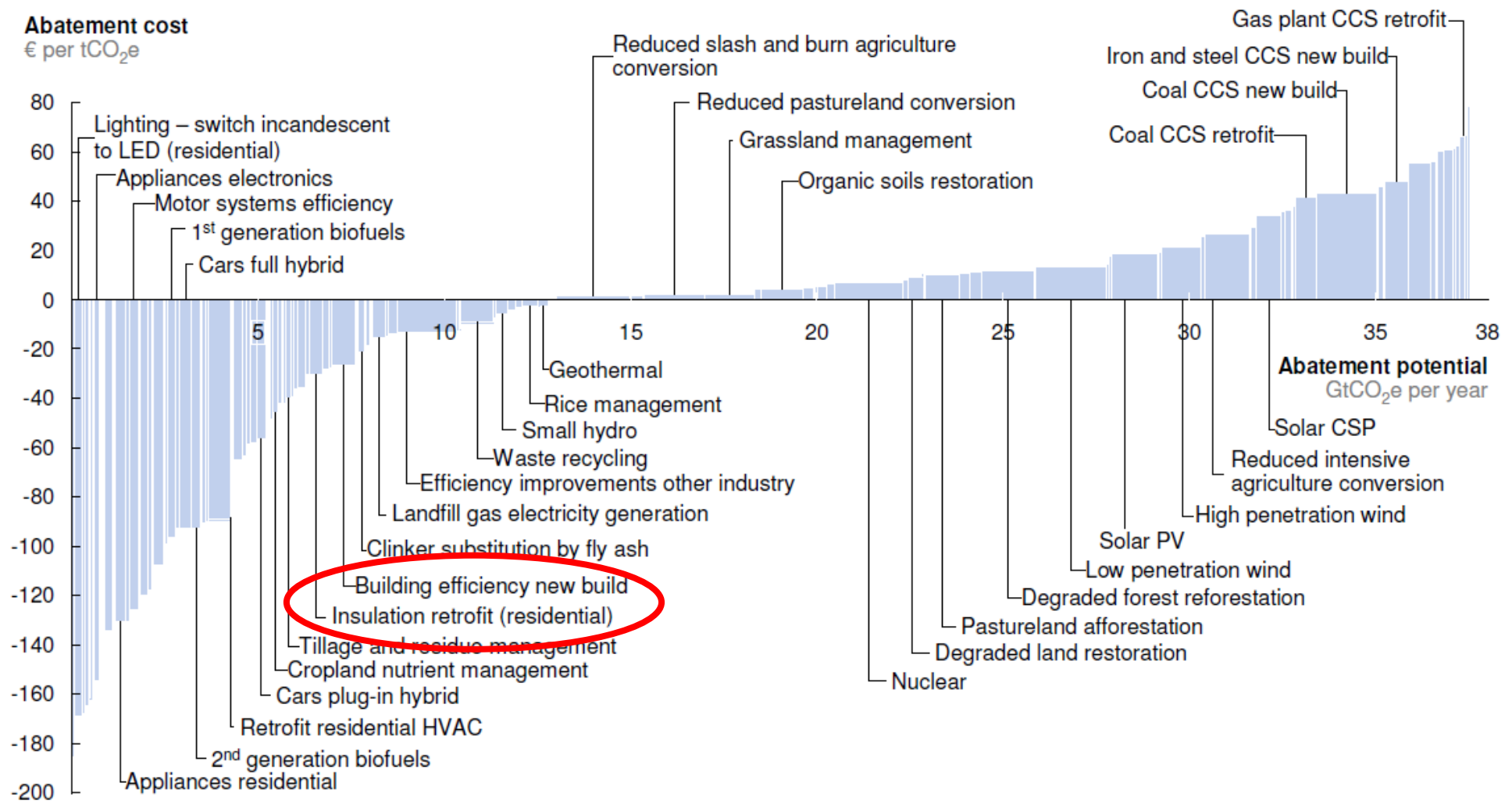


ENERGY SAVING COST CURVES FOR THE CASE OF THE GERMAN BUILDING STOCK

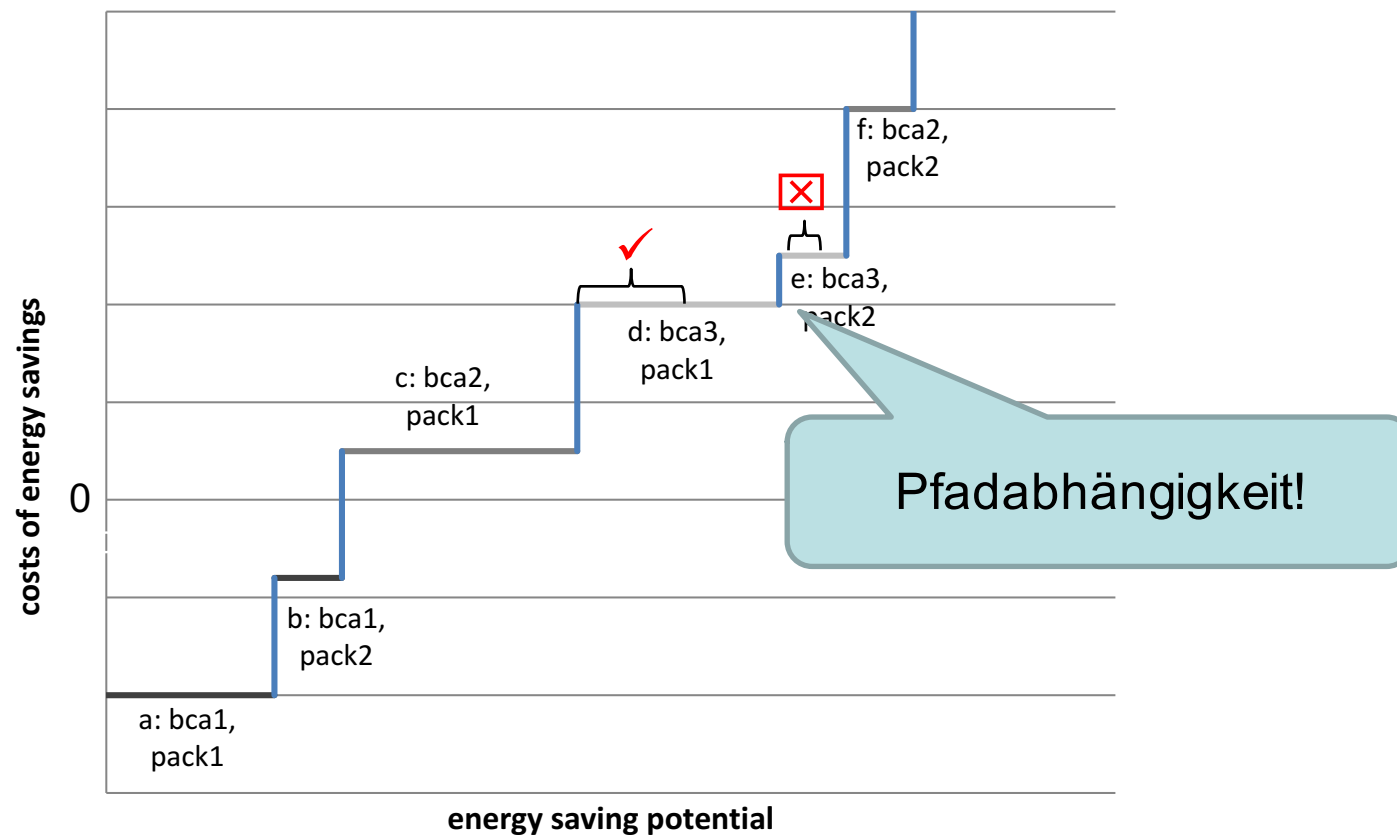
Lukas Kranzl

TU-Wien

EnInnov, Februar 2016



- Zwei wesentliche mögliche Komponenten der Disaggregation von Kosten-Kurven im Gebäudebestand
 - Gebäudekategorien
 - Auswahl und Zusammensetzung von Sanierungsmaßnahmen



Fragestellung

- Wie hoch sind Energie-Einsparpotenziale und entsprechende Kosten (aus Investorensicht) im deutschen Gebäudebestand bis zum Jahr 2030?
- Was ist der Einfluss unterschiedlicher Rahmenbedingungen wie Energiepreise, Förderungen, Technologieentwicklung, Transaktionskosten, Zinssatz etc auf die Ergebnisse?
- Welche methodischen Aspekte und Grundannahmen prägen die Ergebnisse? Was ist bei der Erstellung von Energieeinspar-Kosten-Kurven zu beachten?

Projekthintergrund

- Renovierung des deutschen Gebäudebestandes – eine ökonomische Bewertung aus Investorensicht
Projekt in Zusammenarbeit von BPIE, Fraunhofer-ISI und TU-Wien
(www.bpie.eu)
- Entwicklung und Anwendung der Methode von Energieeinsparkosten-Kurven im Gebäudebestand in Projekten für die Weltbank
- progRESsHEAT: Supporting the progress of renewable energies for heating and cooling in the EU on a local level
H2020-Projekt, www.progressheat.eu

Methodik

Disaggregierte
Beschreibung des
Gebäudebestands

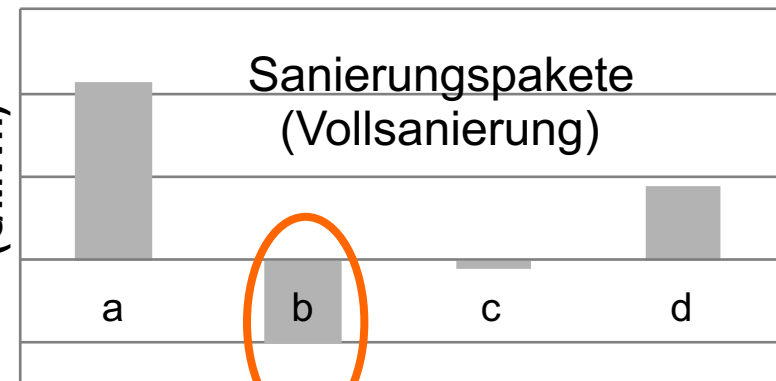


Energie-
bedarfsrechnung
nach EN13790

Für jeden Gebäudetyp

Einfluss Szenario-
Parameter
(Energiepreis,
Zinssatz etc)

Energiesparkosten
(€/MWh)

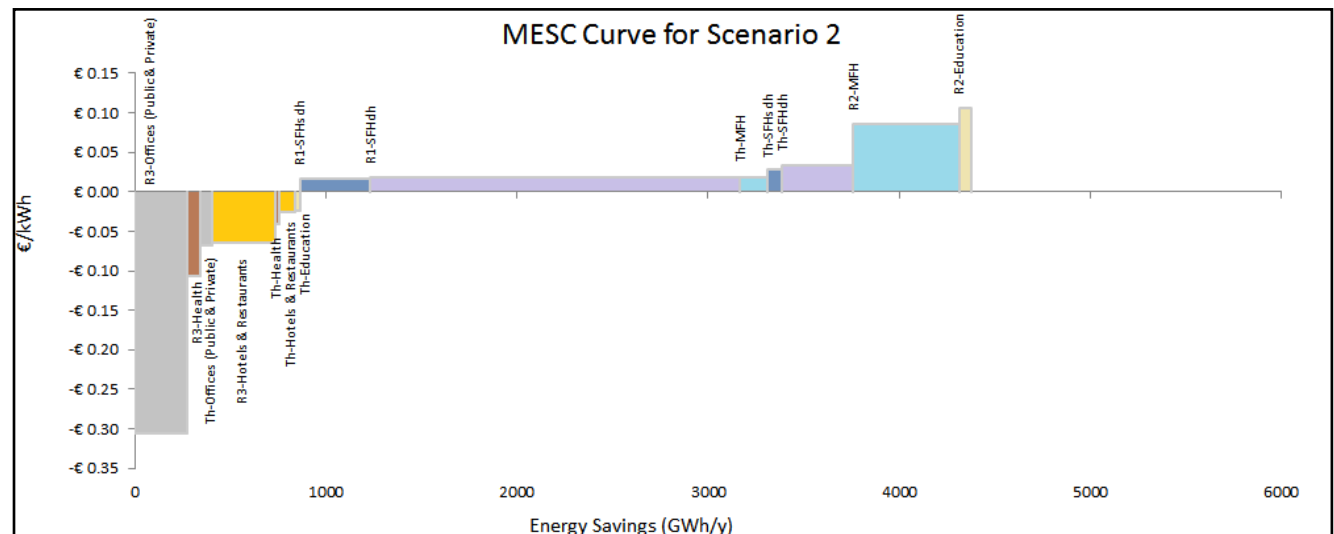


Energetische und ökonomische
Effekte von Sanierungsoptionen
in einem Gebäudetyp unter
Berücksichtigung von
Sanierungsraten

Ermittlung der
ökonomischsten Option
je Gebäudetyp



Reihung der Balken
(Auswahl ökonomischster
Optionen für jeden
Gebäudetyp) nach Kosten
und Erstellung der
Kostenkurve



Berücksichtigte Technologien

➤ Drei Maßnahmenpakete bzgl. der Gebäudehülle:

- Fenstertausch
- Wärmedämmung Fassade
- Wärmedämmung Dach
- Wärmedämmung Kellerdecke

in unterschiedlichen Sanierungstiefen

Referenz:
Gebäudeinstandhaltung
ohne thermische
Sanierung

➤ Effiziente bzw. erneuerbare Heiz- und Warmwassersysteme:

- Gas-Brennwertkessel
- Wärmepumpen (verschiedene Wärmequellen),
- Solarthermie

Referenz: Gas-
Brennwertkessel ohne
Solarthermie

➤ PV

Referenz: keine PV

Untersuchte Effizienzstandards und Sanierungspakete

Energieeinsparverordnung

Effizienzstandard Neubau

Gebäudehülle (H_T')

Primärenergiebedarf

| Referenzgebäude | [W/(m ² K)] |
|-------------------------------|------------------------|
| Außenwand | 0,28 |
| Unterer Gebäudeabschluss | 0,35 |
| Oberer Gebäudeabschluss | 0,20 |
| Fenster | 1,30 |
| Brennwertkessel + Solaranlage | x 1,1 |

1 Effizienzstandard Bestand
= Neubau Anforderung x 1,4

Sanierung zum KfW Effizienzhaus

2 KfW Effizienzhaus 100

Gebäudehülle (H_T') nach EnEV x 1,15

Primärenergiebedarf EnEV x 1,00

3 KfW Effizienzhaus 55

Gebäudehülle (H_T') nach EnEV x 0,70

Primärenergiebedarf EnEV x 0,55

Max. Transmissionwärmeverlust

~ 18 % bei KfW 100

~ 50 % bei KfW 55

unter EnEV Anforderung
bei Sanierung

Invert/EE-Lab-Modul zur Erstellung von Kostenkurven

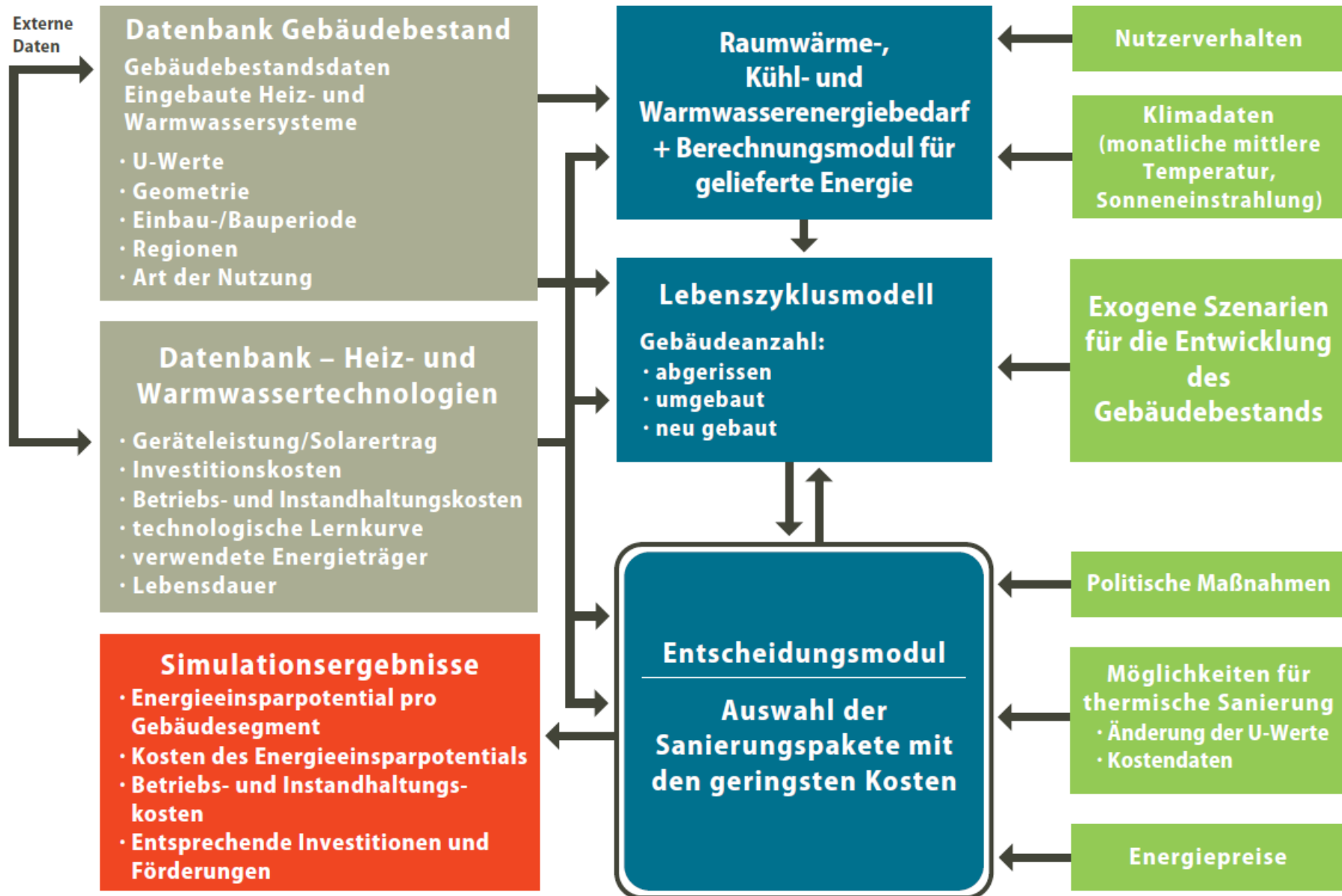


Abbildung des Gebäudebestandes in der Modellberechnung

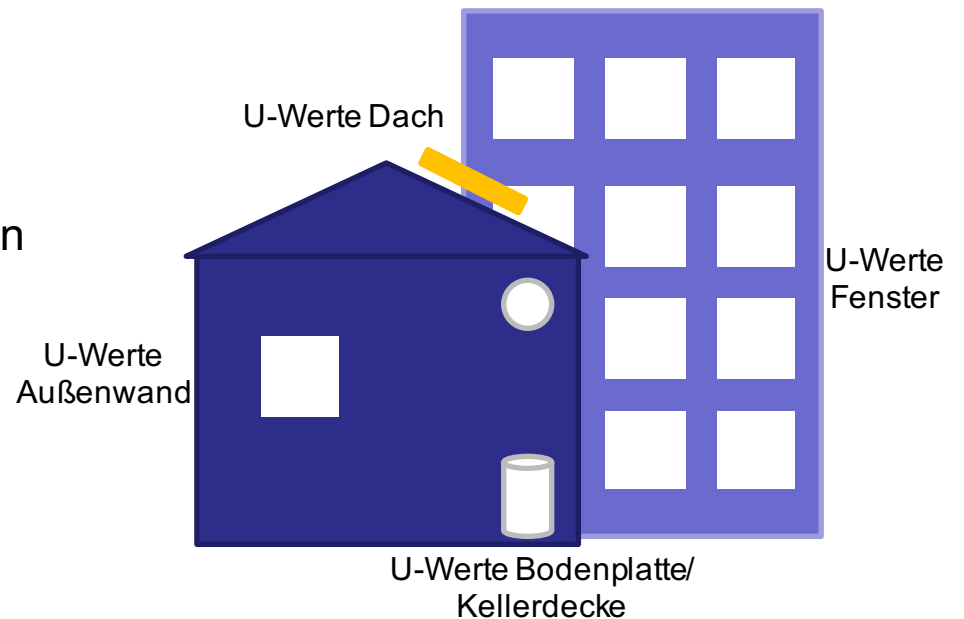
- Grundlage der Analyse ist die Abbildung des Gebäudebestandes über Referenzgebäude



- I. Unterscheidung nach Gebäudetyp
- II. Bauperiode → Typische Baukonstruktion
- III. Nachträgliche Sanierungsmaßnahmen
- IV. Anlagentechnik

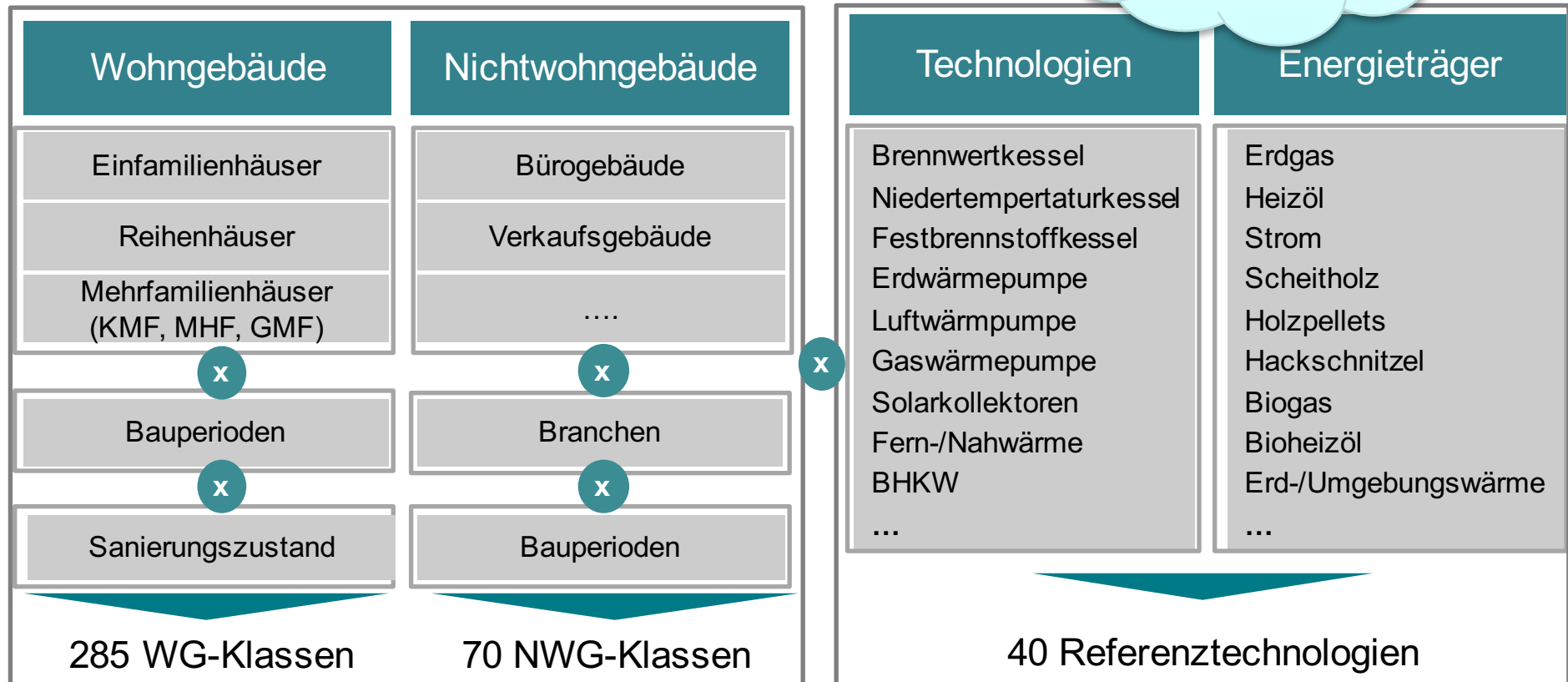
Datenquellen

- IWU Datenbasis Gebäudebestand
- IWU Deutsche Gebäudetypologie
- FhG-ISI Energieverbrauch GHD
- BBSR Typologie und Bestand Nichtwohngebäude



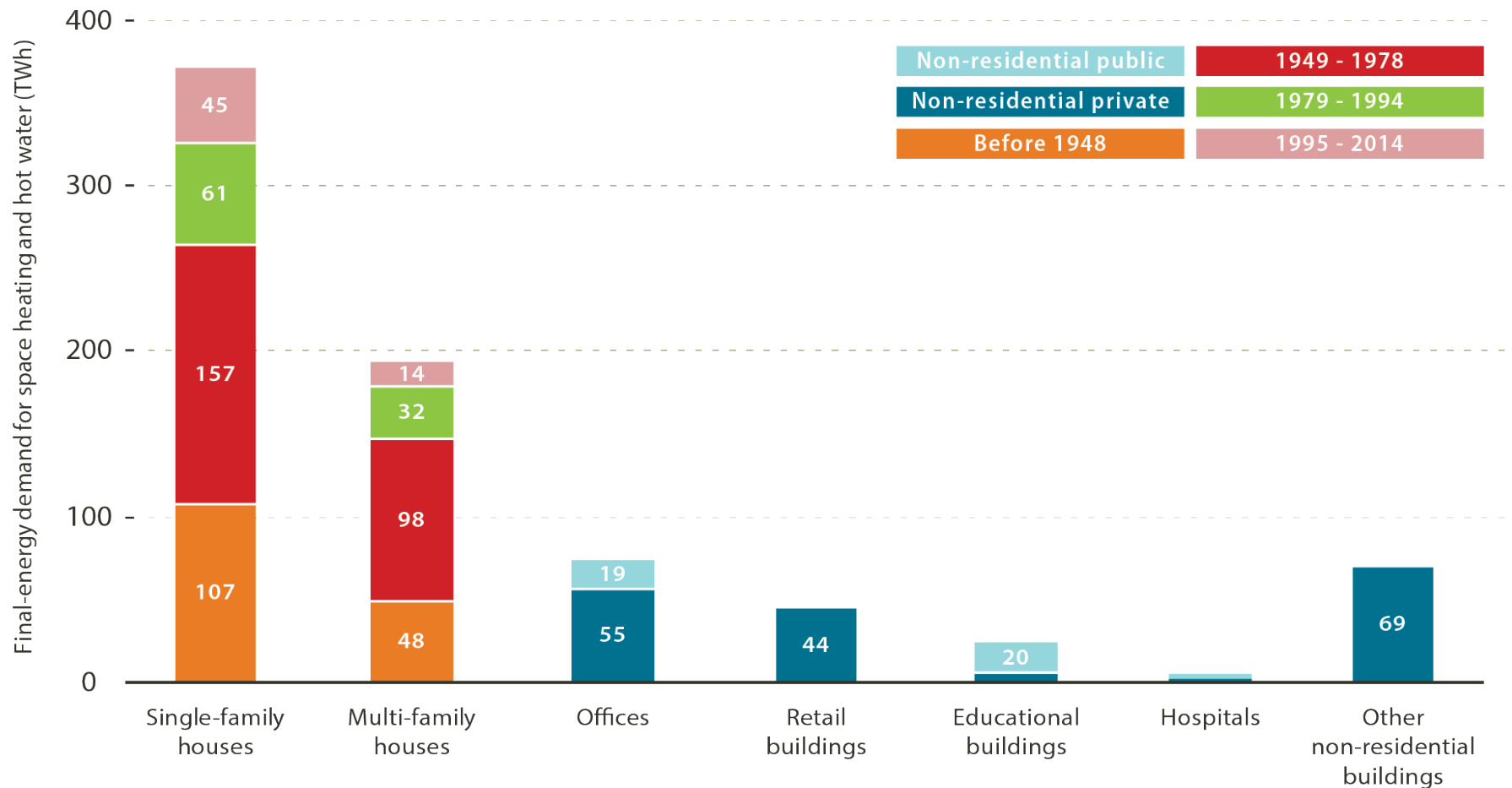
Gebäudetypologie für Deutschland

Anwendung in
vorherigen Projekten:
“Erarbeitung einer integrierten
Wärm- und Kältestrategie”, BMUB;
IEE Projekt “ENTRANZE”



> 4400 Referenzgebäude für Deutschland

Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser im Basisjahr 2014 (ca. 750 TWh)



Szenarien

Szenarien: Zielsetzungen und Motivation

- Ergebnis (Energieeffizienz-Kostenkurven) ist geprägt durch
 - Gebäudebestand
 - Technologiedaten
 - Technologisches Lernen und Kostenentwicklung
 - Politische Rahmenbedingungen (z.B. Förderungen, CO2-Steuer)
 - Entscheidungskalküle der Investoren (z.B. Zinssätze, Abschreibedauern ...)
 - Barrieren und Transaktionskosten
 - Energiepreis-Entwicklung
 - Sonstige Nutzeffekte (Komfortgewinn etc)

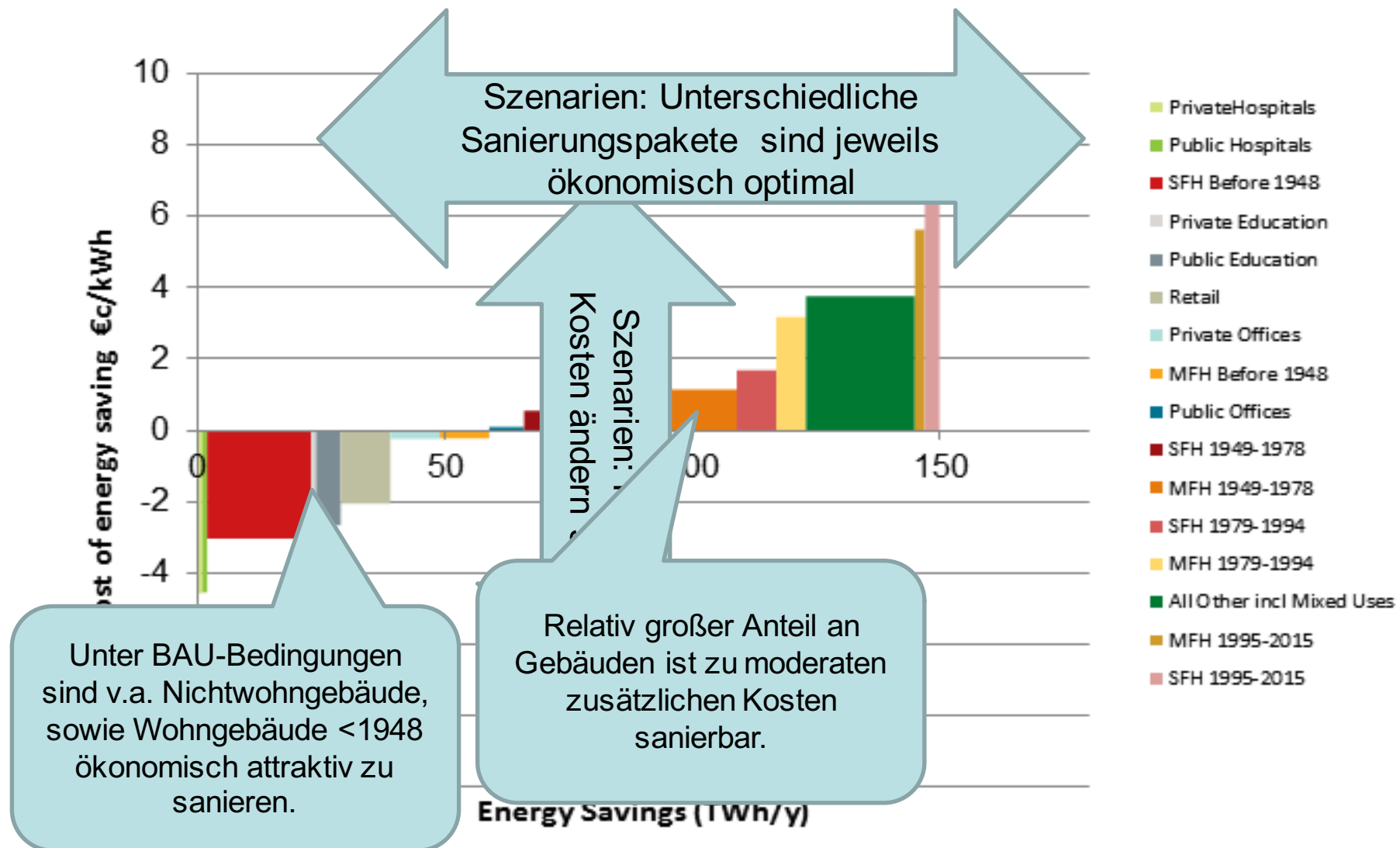
| Item | Description | Scenario variables | |
|---|--|--------------------|------------|
| Subsidy level for building envelope measures | Grants, implicit value of loan, or other external financial support as a % of total capital investment | low | 0% |
| | | central | 10-25% |
| | | high | 20%-35% |
| low | | 0% | |
| central | | 10-20% | |
| high | | 25%-40% | |
| Subsidy level for heating and hot water system measures | | | |
| | | central | 5% |
| | | | |
| Transaction costs | Costs associated with preparatory work, planning costs, approvals, etc., including staff time, expressed as a % of total capital investment | | |
| | | central | 5% |
| Discount rate | Cost of borrowing to finance energy saving investment | low | 2% |
| | | central | 4% |
| Learning and cost reduction until 2030 | The impact of future price reductions resulting from factors such as increased sales volumes, more efficient installation procedures, improved productivity or R&D resulting in new and better ways of saving energy | | |
| | | central | 6-25% |
| | | | |
| Energy price increase until 2030 | Increase in the real retail price of energy from 2015 to 2030 | | |
| | | central | 1.1% /year |
| | | | |

Ausgewählte Szenarien

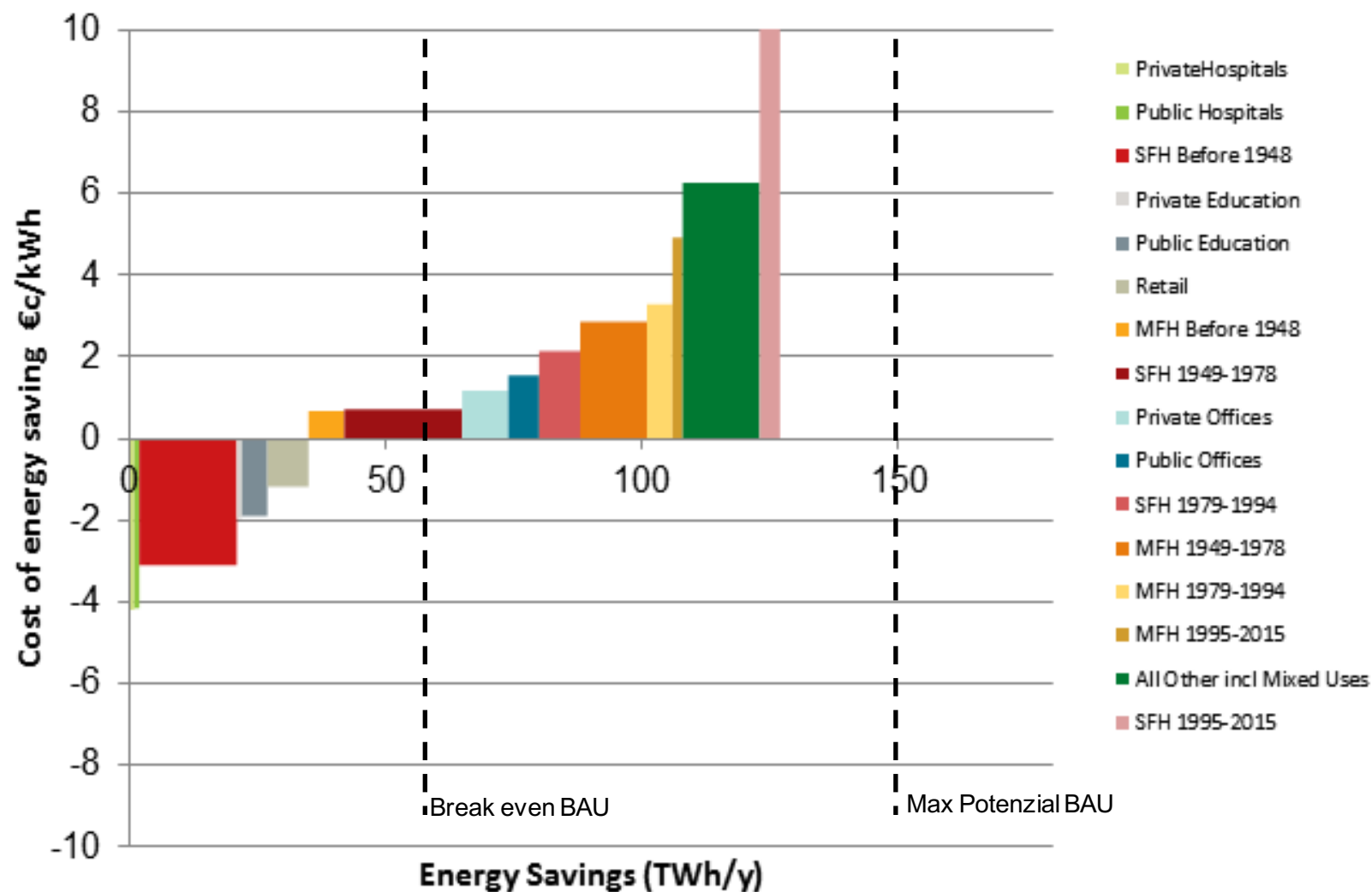
| Scenario | Subsidies | Transaction costs | Discount rate | Cost decrease to 2030 | Energy price increase to 2030 |
|-------------------|-----------|-------------------|---------------|-----------------------|-------------------------------|
| Business as usual | 10-25% | 5% | 4% | 6-25% | 1.1% /year |
| Low subsidies | 0% | 5% | 4% | 6-25% | 1.1% /year |
| High subsidies | 20-40% | 5% | 4% | 6-25% | 1.1% /year |
| Low interest rate | 10-25% | 5% | 2% | 6-25% | 1.1% /year |

Ergebnisse

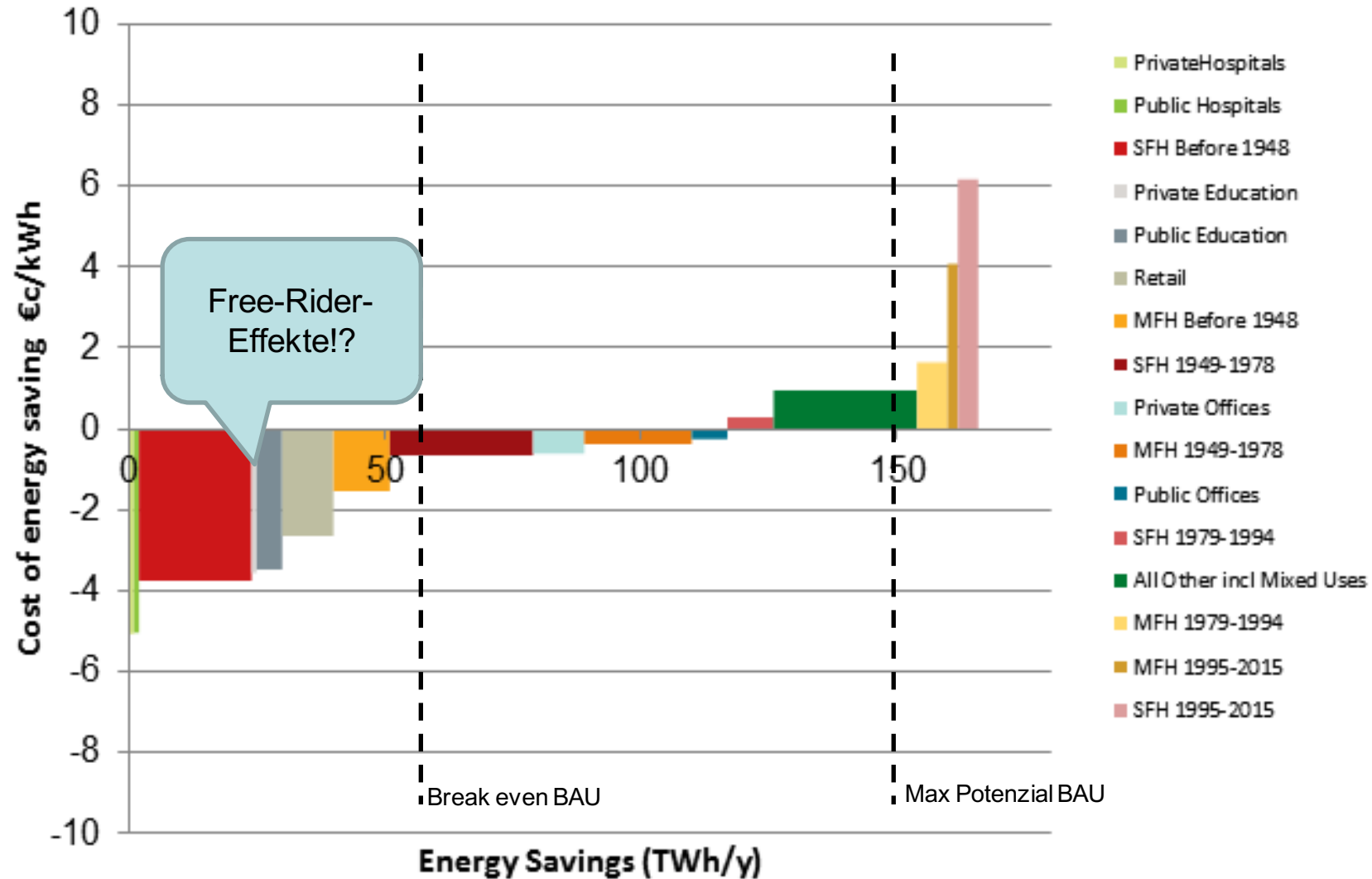
Szenario Business-as-usual



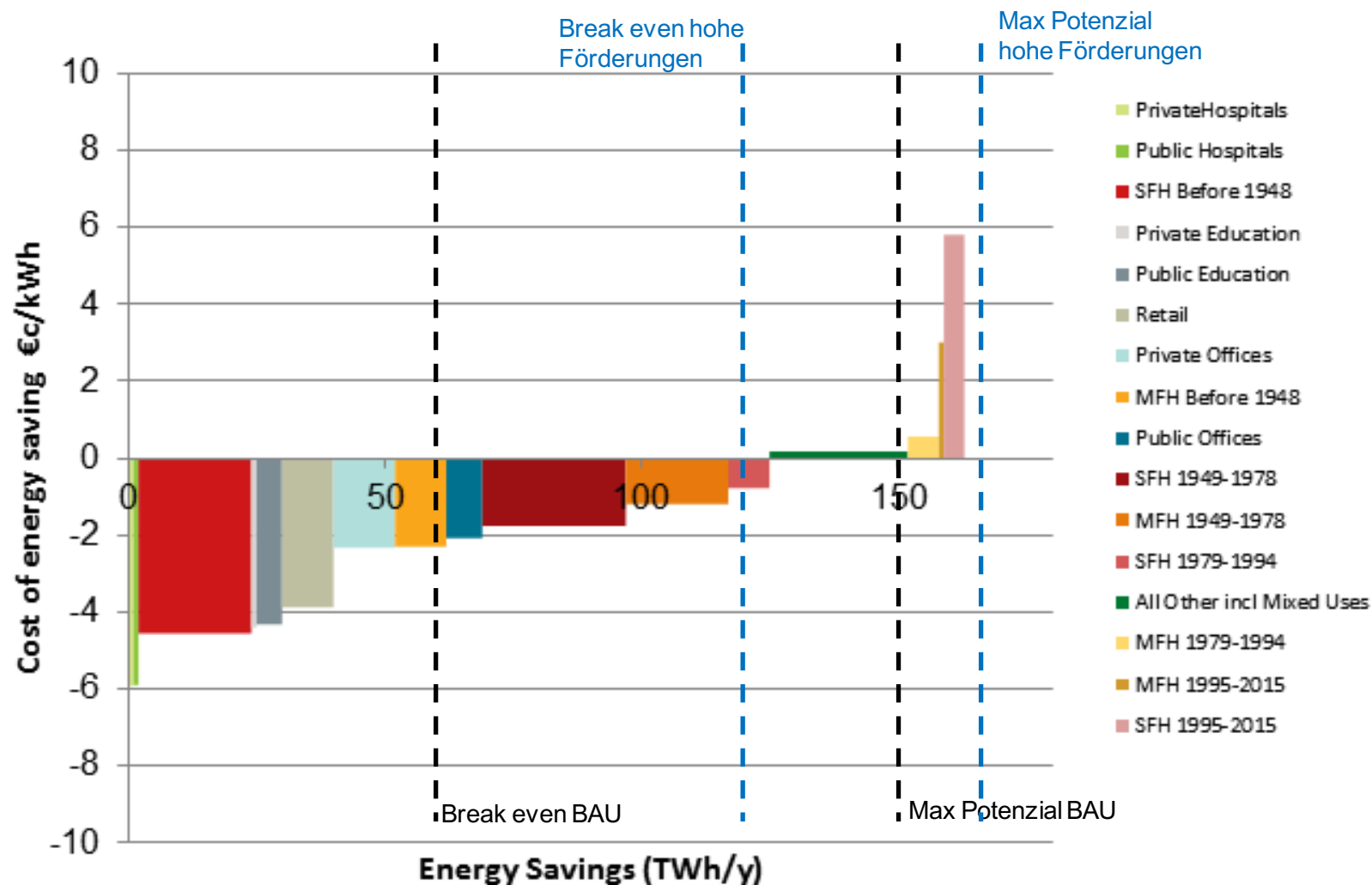
Szenario keine Förderungen



Szenario hohe Förderungen



Szenario niedriger Zinssatz



Schlussfolgerungen

Schlussfolgerungen

- Ohne Förderung oder andere Anreize ist unter BAU-Annahmen **nur ein relativ kleiner Anteil der Gebäudesanierungen ökonomisch attraktiv.**
- Angesichts der bestehenden **Klimaziele** stellt sich immer weniger die Frage, ob Gebäudesanierung ökonomisch Sinn macht, sondern wie Anreize geschaffen werden können (und wo im Zielzustand 2050 ein Optimum an erzielter Gebäudeeffizienz vs. Nutzung erneuerbarer liegt).
- Förderungen haben nicht nur den Sinn (und Effekt), Sanierungen zu triggern sondern auch die **Sanierungstiefe** zu erhöhen und somit **lock-in-effekte zu reduzieren.**

Schlussfolgerungen

- Die Absenkung des **Zinssatzes** hat ähnliche Wirkung auf die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen wie eine deutliche Erhöhung der Förderungen. => Pensionsfonds o.ä.?
- Reduktion von „cherry picking“ und free-rider-Effekten durch **öffentliche Ausschreibung von Sanierungsaktivitäten in Gebäudebündeln?**

Schlussfolgerungen

- **Kostenkurve** \neq **Kostenkurve**: Wahl der Methodik je nach Fragestellung!
- **Clusterung** von Gebäudetypen in der Kostenkurve führt zu unterschiedlichen Ergebnissen
- Nutzung von Einspar-Kostenkurven in **Optimierungsmodellen** (www.progresheat.eu)

Weitere Informationen:

Lukas Kranzl

TU-Wien, Energy Economics Group

email: lukas.kranzl@tuwien.ac.at

tel: +43 1 58801 370351

web: www.eeg.tuwien.ac.at

www.eeg.tuwien.ac.at

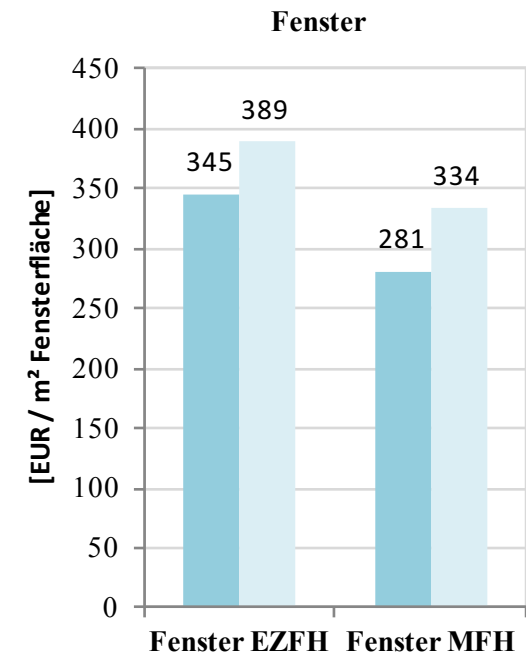
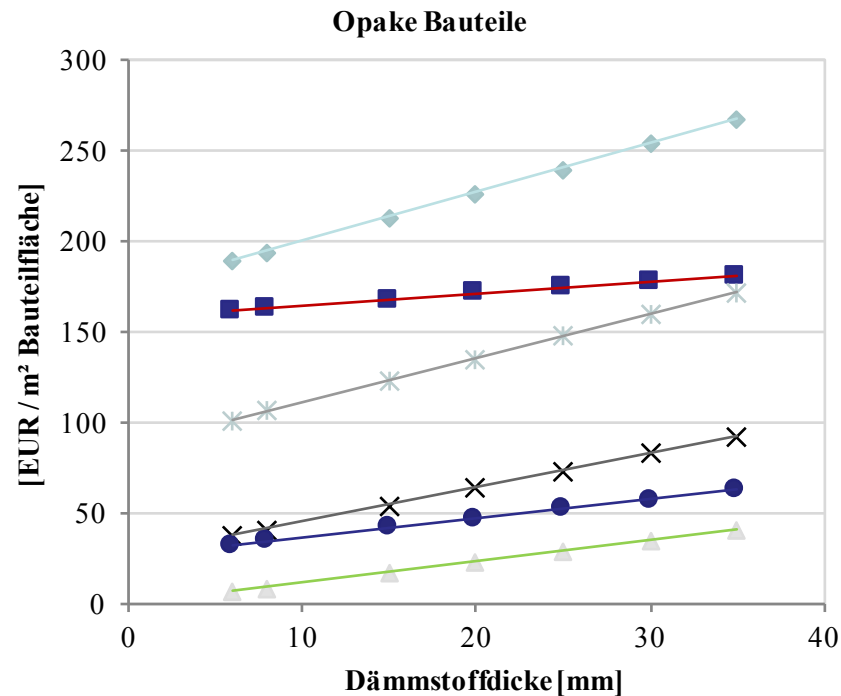
www.e-think.ac.at

www.invert.at

www.progressheat.eu

Backup

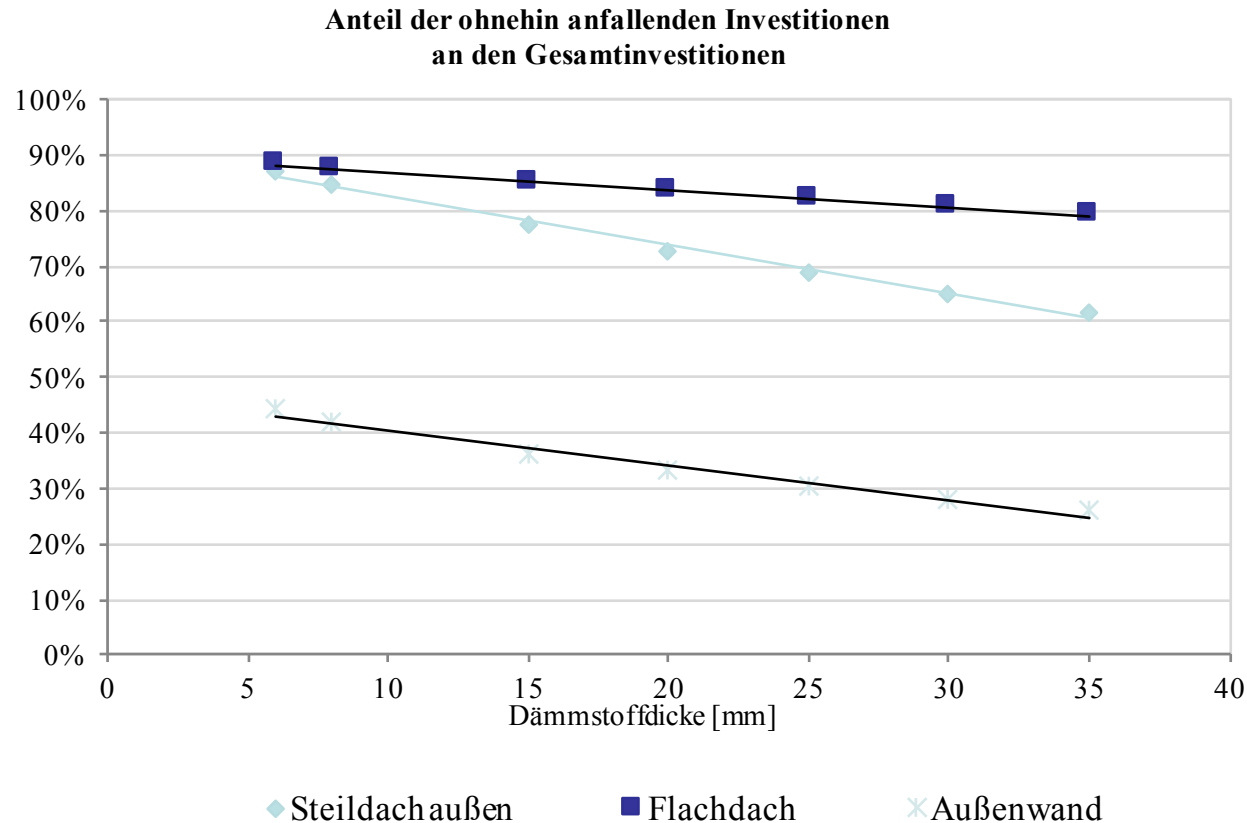
Spezifische Investitionen der einzelnen Bauteile



- ◆ Steildach außen
- ▲ Ob. Geschossdecke
- ✕ Außenwand
- Flachdach
- ✕ Ob. Geschossdecke (begehrbar)
- Kellerdecke
- 2-Scheibenschutzverglasung $U_w = 1,3$
- 3-Scheibenschutzverglasung $U_w = 0,9$

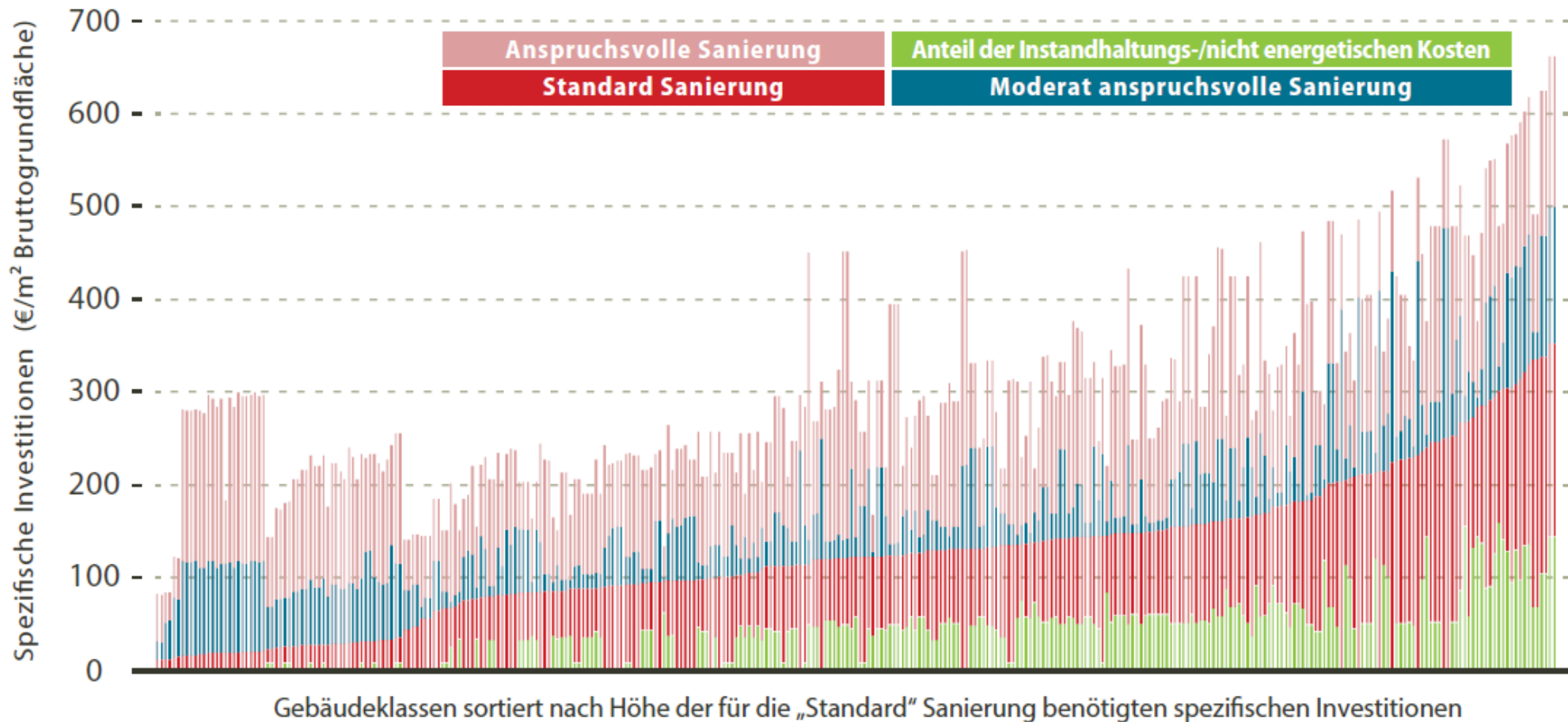
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Hinz (2011): *Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten*. Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) im Auftrag (BBSR)

Zurechnung der ohnehin anfallenden Investitionen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Hinz (2011): *Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten*. Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) im Auftrag (BBSR)

Resultierende spezifische Investitionen der Referenzgebäudeklassen (285 WG+70 NWG)



Ergebnis Zusammenfassung Investitionen

- Bei **Standard** Sanierung beträgt der Anteil der ohnehin anfallenden Maßnahmen \varnothing 32 %
- Gesamtinvestitionen für **Moderat Ambitioniertes** Sanierungspaket \varnothing 30 % höher als *Standard* Sanierung
- Gesamtinvestitionen des Sanierungspakets **Ambitioniert** im Durchschnitt mehr als doppelt so hoch wie *Standard* Sanierung

| | Gesamt- investitionen [EUR/ m ² BGF] | Energ. Mehr- investitionen [EUR/ m ² BGF] |
|-------------------------|--|--|
| Standard | 165 | 113 |
| Moderat Ambitioniert | 217 | 169 |
| Ambitioniert | 343 | 291 |