

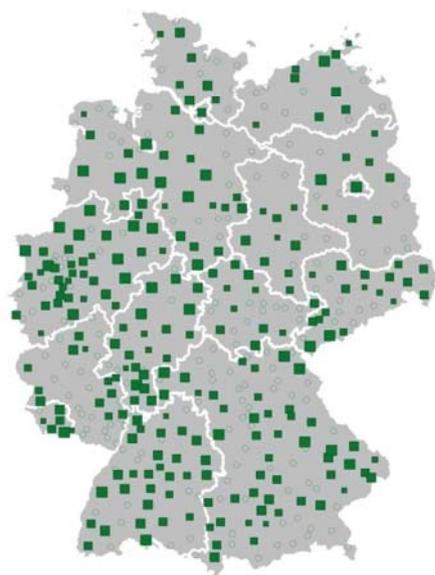
# Basisdaten und Szenarien für den Klimaschutz im Wohngebäudebestand

Nikolaus Diefenbach, Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt

Präsentation auf der Tagung „Die energetische Zukunft des Wohngebäudebestandes“ am 31.5.2012 im IWU, Darmstadt

- Datengrundlagen
- Szenarien zum Energiekonzept der Bundesregierung (Wohngebäude / Wärmeversorgung)
- IWU-Beispielrechnungen zu ökonomischen Instrumenten

## Datenbasis Gebäudebestand



Anzahl  
Stadt- und Landkreise Deutschland 2008

○ ≤ 0	■ ≤ 20	■ ≤ 50
■ ≤ 5	■ ≤ 30	■ ≤ 200
■ ≤ 10		

### Stichprobendesign:

Mehrstufige, geschichtete Stichprobe, Korrektur von Antwortausfällen, Anpassung an Bautätigkeitsstatistik

### Fragebogen:

16 Seiten: Wärmeschutz, Wärmeversorgung, allgemeine Angaben, Förderung, Restriktionen, Modernisierung ohne Dämmung

### Kooperation mit Schornsteinfegern aus 415 Kehrbezirken

### Rückläufe aus 241 Stadt- und Landkreisen

56% der Gesamtzahl (429, Stand 2008/9)

### Insges. 7.510 auswertbare Fragebögen

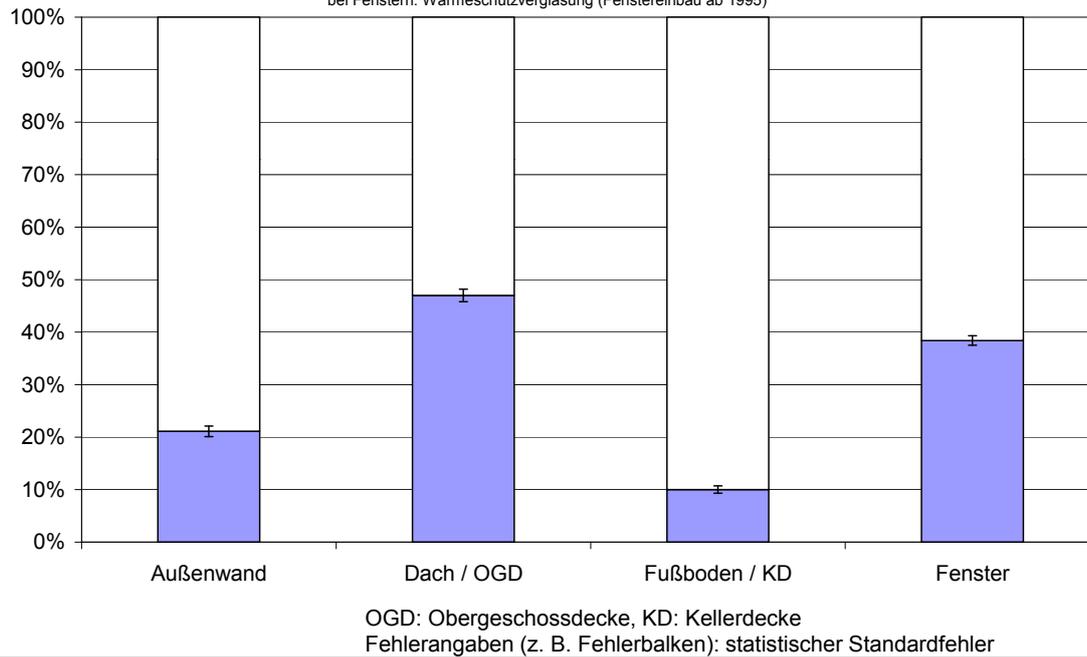
- 7.364 Wohngebäude
- 146 Nichtwohngebäude (mit Wohnungen)

Durchführung: IWU, Bremer Energie Institut  
Fördermittelgeber: BBSR (Zukunft Bau), KfW, HMUELV

# Wärmeschutz im Altbau: Modernisierte Bauteilfläche

## Altbau (Baujahr bis 1978): Nachträglich gedämmte Bauteilfläche

bei Fenstern: Wärmeschutzverglasung (Fenstereinbau ab 1995)

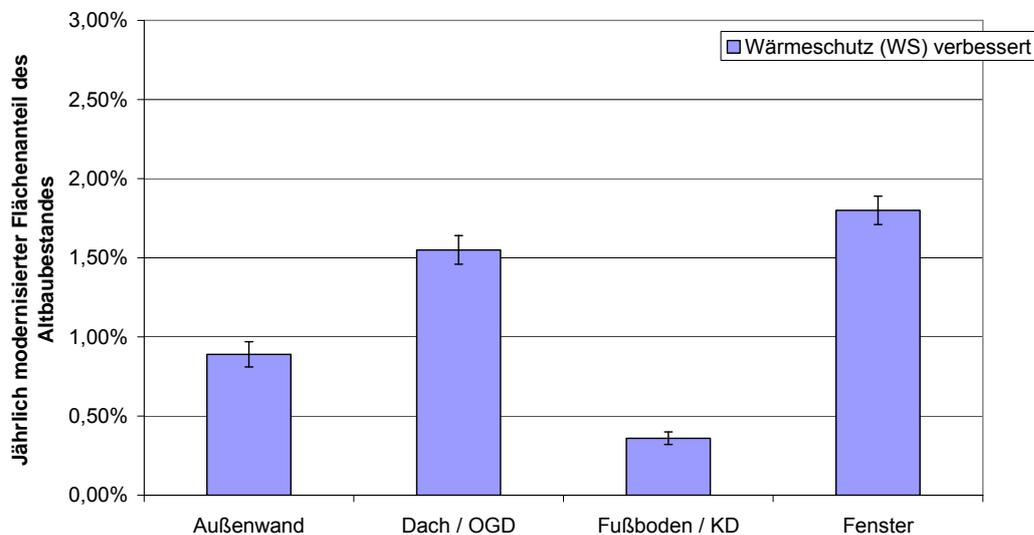


# Wärmeschutz im Altbau: Modernisierungsraten (I)

Wärmedämmung der Bauteile bzw. Einbau neuer Fenster

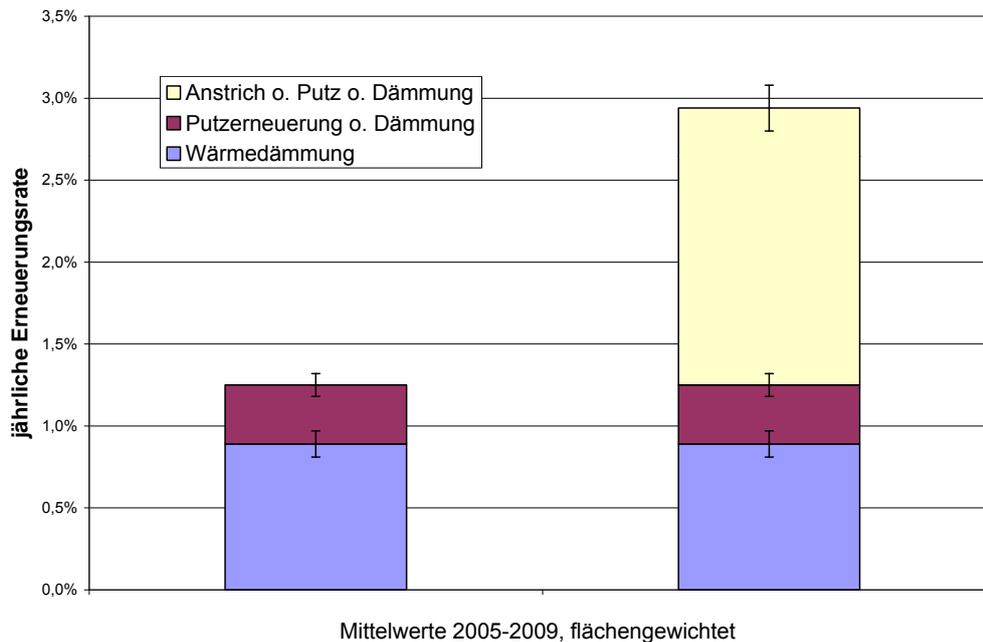
100%: alle Wohngebäude-Altbauten mit Baujahr bis 1978

## Altbau: Jährliche Modernisierungsraten (flächengewichtet) beim Wärmeschutz (WS) Mittelwerte 2005 - 2009



# Wärmeschutz im Altbau: Modernisierungsraten (II)

## "Verpasste Chancen" bei der Außenwanddämmung



## Modellansatz

### Modellentwicklung: EU-Projekt TABULA

EU-Programm Intelligent Energy Europe, Kofinanzierung Zukunft Bau

- Projekt im Programm Intelligent Energy Europe, wird 2012 abgeschlossen
- Erstellung / Weiterentwicklung von Gebäudetypologien in 13 Ländern
- Projektteil: Energiebilanzen für den deutschen Wohngebäudebestand

⇒ **Erstellung eines Energiebilanzmodells auf Basis der deutschen Gebäudetypologie und der Datenbasis Gebäudebestand**

Ansatz: 6 Gebäudeklassen im Gebäudebestand (+ 2 im Neubau)

- Unterscheidung: Ein-/Zweifamilienhäuser (EZFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH)
- Altersklassen im Bestand:  
I (bis 1978, „Altbau“), II (1979-1994), III (1995-2009),  
Neubau ab 2010

# Überblick über die betrachteten Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung

für Projekt „Zielerreichungsszenario“ im Auftrag des BBSR

## Langfristige Ziele bis 2050:

alle Sektoren: Treibhausgasemissionen -80 % (gegenüber 1990)

Gebäudesektor: Klimaneutralität => Primärenergiebedarf -80% (gg. 2008\*)

\* Basisjahr 2008 = Projektansatz

## Kurzfristige Ziele bis 2020:

alle Sektoren: Treibhausgasemissionen -40 % (gg. 1990)

Gebäudesektor:

- klimaneutraler Neubau ab 2020
- Verdopplung der energetischen Sanierungsrate auf 2 %/a
- Wärmebedarf -20% (gg. 2008\*)

*Brutto-Wärmebed. = Heizwärme + Warmwasser + Verteil-/Speicherverluste*  
*Netto-Wärmebed. = Brutto-Wärmebed. - Beitrag Gebäude-Solaranlagen*

## Zielanalyse Neubau 2020

### Klimaneutralität nach Definition des Energiekonzepts:

Primärenergiebedarf -80 % von 660 Mrd. kWh (2008) auf 130 Mrd. kWh (2050)

Annahmen zur Wohnflächenentwicklung: ca. 3,4 Mrd. m<sup>2</sup> (2008) => 3,7 Mrd. m<sup>2</sup> (2050)

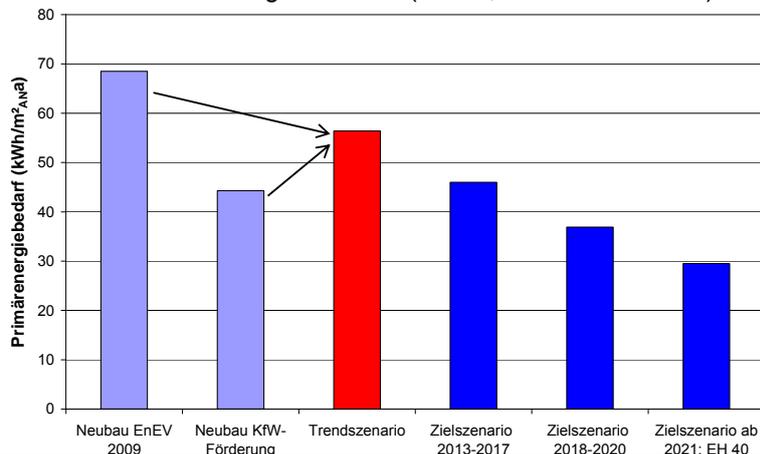
⇒ Klimaneutrale Gebäude (Neubau-Ziel 2020):

Primärenergiebedarf  $Q_p$  der Wärmeversorgung:

$Q_p \approx 130/3,7 \approx 35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (bezogen auf die Wohnfläche)

$\approx 27 \text{ kWh/m}_{AN}^2\text{a}$  (bezogen auf die Gebäudenutzfläche  $A_N$  nach EnEV)

$\approx$  Effizienzhaus 40 gemäß KfW (EH 40, Basis EnEV 2009)



Trendszenario:  
50 % EnEV 2009  
50 % KfW-Förderung

Zielszenario 2020:  
3 Stufen bis zum  
Effizienzhaus 40

# Trendanalyse Wohngebäudebestand

Auswertung der Datenbasis Gebäudebestand (Modernisierungen 2005-2009): 

- **Energetische Sanierungsraten der Gebäudehülle (Wärmeschutz):**

Wände: 0,7 %/a, Dächer: 1,5 %/a, Obergeschossdecken: 0,95 %/a,  
Kellerdecken: 0,25 %/a, Fenster: 1,35 %/a (alle Gebäudebaujahre bis 2009)

⇒ **Energetische Sanierungsrate gesamt (Flächenmittel): 0,8 %/a**

**Ziel: laut Energiekonzept Verdopplung (1,6 %/a) bzw. 2 %/a, Ansatz: 1,8 %/a**

- **Heizungsmodernisierung:**

**jährliche Rate (Erneuerung Haupt-Wärmeerzeuger): 2,9 %/a**

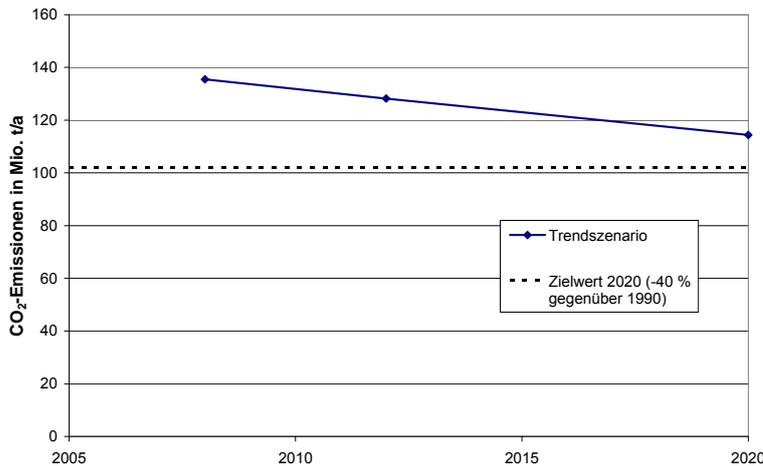
**Neuanlagentypen:**

„Standardsysteme“	:	„alternative Systeme“
Erdgas-/Öl-(Brennwert)kessel		Wärmepumpen, Biomasse, KWK, Nah-/Fernwärme
ca. <b>83 %</b>	:	<b>17 %</b>

Weitere Auswertungen u. a.: Dämmstoffdicken, Fenstertypen, Modernisierungsraten  
Wärmeverteilung, Einbau thermischer Solaranlagen, Typ der zurückgebauten Heizanlagen,  
Lüftungsanlagen

## Trendzenario 2020 (Bestand und Neubau)

CO<sub>2</sub>-Emissionen:



Ergebnisse Trendzenario 2020:

	Trendzenario 2020	Zielwerte
CO <sub>2</sub> -Emissionen (gegenüber 1990)	-33%	-40%
Primärenergiebedarf (gg. 2008)	-14%	
energet. Sanierungsrate	0,8 %/a	<b>1,8 %/a</b>
Brutto-Wärmebed. gesamt (gg. 2008)	-7%	-20%
Netto-Wärmebed. Bestand (gg. 2008)	-11%	-20%

⇒ Ziele deutlich verfehlt

## Zielszenarien 2020 (Bestand und Neubau): Grundannahmen



### Untersuchung von 4 Szenarien (I-IV),

#### gemeinsame Ansätze:

- Einhaltung des **zentralen Klimaschutzziels** (CO<sub>2</sub>-Emissionen - 40 % gegenüber 1990) und des Ziels für die **energetische Modernisierungsrate Wärmeschutz** von 1,8 %/a
- Übergang zu höheren Dämmstoffdicken / besseren Fenstern bei Bestandsmaßnahmen
- grobe Ansätze zur Berücksichtigung von Restriktionen  
*z. B. Außenwanddämmung: i.d.R. im Altbau 25 % aller Modernisierungen als Innen- oder Kerndämmung mit reduzierten Dämmstoffdicken*
- Erneuerungsrate Heizung (Haupt-Wärmeerzeuger): geringfügiger Anstieg gegenüber Trend (2,9 %/a -> 3,2 %/a)
- deutliche Erhöhung der jährlichen Installationsrate von thermischen Solaranlagen (0,7 %/a -> ca. 2-3 %/a)
- Neubau-Zielszenario (3 Stufen bis Effizienzhaus 40)

## Ansätze der Zielszenarien I – IV 2020



### Energetische Sanierungsrate Wärmeschutz:

Zielszenarien I/II: Starker Anstieg (I: 2,5 %/a, II: 3,3 %/a),

näherungsweise (I) bzw. tatsächliche (II) Einhaltung des Ziels -20% für den Brutto-Wärmebedarf (ges.)

Zielszenario III: Einhaltung des Zielwerts 1,8 %/a im Durchschnitt 2013-2020

Zielszenario IV: Kontinuierlicher Anstieg, 2020 Erreichen des Ziels 1,8 %/a

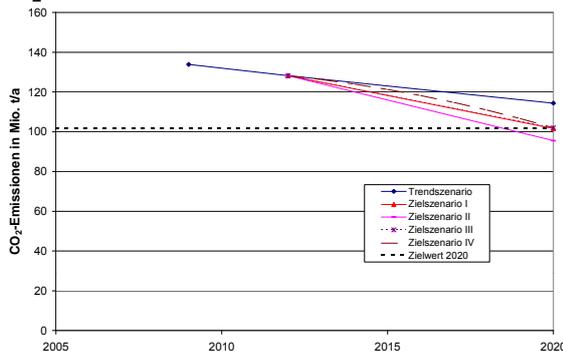
### Neuanlagen bei Heizungsmodernisierung (Haupt-Wärmeerzeuger):

Zielszenarien I-III: moderate Erhöhung des Anteils alternativer Systeme auf 25 % - 35 % (Durchschnitt 2013 - 2020)

Zielszenario IV: bis 2020 fast vollständiger Übergang zu alternativen Systemen (2020: 90 %, Durchschnitt 2013-2020: 42 %)

# Ergebnisse der Zielszenarien 2020

CO<sub>2</sub>-Emissionen:



Ergebnisse Trend- und Zielszenarien 2020:

	Trend	Zielsz. I	Zielsz. II	Zielsz. III	Zielsz. IV	Zielwerte
CO <sub>2</sub> -Emissionen (gegenüber 1990)	-33%	-40%	-44%	-40%	-40%	-40%
Primärenergiebedarf (gg. 2008)	-14%	-23%	-28%	-23%	-22%	-22%
energet. Sanierungsrate	0,8 %/a*	2,5 %/a*	3,3 %/a*	1,8 %/a*	1,4 %/a*	1,8 %/a
Brutto-Wärmebed. gesamt (gg. 2008)	-7%	-15%	-20%	-12%	-10%	-20%
Netto-Wärmebed. Bestand (gg. 2008)	-11%	-21%	-26%	-18%	-15%	-20%

\* Mittelwerte 2013-2020

Endwert  
2020:  
1,8%/a

Einhaltung  
2022 bzw.  
2023

- Zentrales Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduktion wird auf unterschiedlichen Wegen erreicht
- Einhaltung Sanierungsrate => Ziel für (Netto-)Wärmebedarf wird (leicht) verspätet erreicht („Ungleichgewicht der Nebenanforderungen für Sanierungsrate und Wärmebedarf“)
- Primärenergiebedarf sinkt um mehr als 20 % gegenüber 2008

## Zielanalyse 2050

**Ziel:** - 80 % (Primärenergiebedarf, Treibhausgase) = „Faktor 5“

Kriterien für Zielerreichung (Orientierungswerte):

### • Klimaneutraler Neubau

- **Wärmeschutz-Modernisierung > 75%** des Gebäudebestandes (BJ ≤ 2009)  
≥ 95 % bei „Altbauten“ bis 1978, ≥ 65 % BJ 1979 -94, ≥ 20 % BJ 1995 -2009

~ Modernisierungsrate ca. 1,5 %/a als Mittelwert bis 2050

=> „Verdopplung“ und Verstetigung der energet. Modernisierungsrate

- gleichzeitig verbesserte Qualität des Wärmeschutzes (vgl. Zielszenarien 2020)

=> (Brutto-)Wärmebedarf im Bestand: ca. -50 %<sub>(2008)</sub>, „Faktor 2(+x)“

### • Veränderte Struktur der Wärmeerzeugung (Haupt-Wärmeerzeuger)

**Anteil Wärmepumpen / KWK-Anlagen > 85 %**

- Anteil Heizkessel (Gas/Öl/Biomasse) < 15 %

- Biomasse-Anteil im Brennstoffmix der Wärmeversorgung ≈ 50 %  
(nachhaltige Biomassennutzung, Ansatz für Obergrenze: 100 Mrd. kWh/a)

- Strom für Wärmesektor o. KWK: (33 %) - 66 % regenerative Energieträger

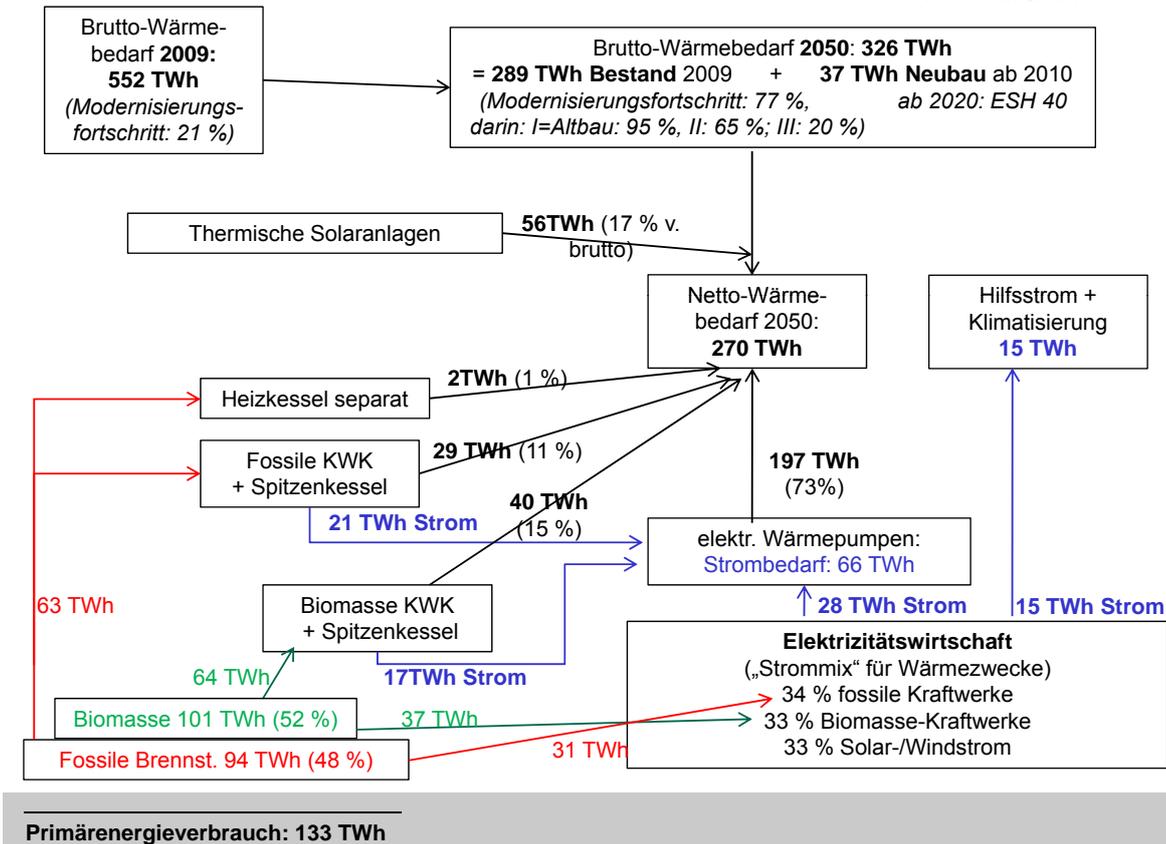
- ergänzende thermische Solaranlagen ≥ (65 %) -75 %

~ bei Modernisierungsrate von ca. 3 %/a: neue Struktur ab etwa 2020

=> Primärenergie-Aufwand der Wärmerversorgung ca. - 60 %<sub>(2008)</sub> „Faktor 2+x“

## Beispiel: Zielvariante I (2050)

insgesamt: 5 Zielvarianten  
1 TWh = 1 Mrd. kWh



## Schlussfolgerungen für kurzfristige Perspektive (2020)

### Ziele für Wärmeschutz- und Wärmeversorgungstechniken bis 2020:



1. **Verdopplung der energetischen Sanierungsrate im Gebäudebestand** (Wärmeschutz)  
+ Erhöhung der mittleren Wärmeschutzqualität (dabei: Berücksichtigung von Restriktionen)
2. Einführung einer **neuen Struktur der Wärmeversorgung bei Neuanlagen im Bestand**: Wärmepumpen und KWK als Haupt-Wärmeerzeuger  
+ ergänzende Solaranlagen
3. Einführung des **Effizienzhaus-40-Standards im Neubau**

⇒ **Schrittweise Erreichung dieser Ziele bis ca. 2020**

- führt zur Einhaltung der Klimaschutzziele des Energiekonzepts für 2020: CO<sub>2</sub> -40 %<sub>(1990)</sub> außerdem: Reduktion Primärenergiebedarf um mehr als 20 % (2008)
- liegt im Zielkorridor der langfristigen Klimaschutzziele des Energiekonzepts für 2050: CO<sub>2</sub> -80 %<sub>(1990)</sub>, Primärenergiebedarf -80%<sub>(2008)</sub>

## Ansätze für Klimaschutzinstrumente



Bisherige Trendentwicklung führt zur deutlichen **Verfehlung der Ziele des Energiekonzepts** (kurzfristig 2020 und langfristig 2050)

⇒ **Weiterentwicklung des Klimaschutzinstrumentariums** im Wohngebäudesektor ist notwendig

Mögliche Schwerpunkte im Instrumentenmix:

- im **Neubau**:  
**Ordnungsrecht** (EnEV / EnEG) + **Förderung** (KfW-Effizienzhäuser)
- im **Bestand** (unterschiedliche Vor-Ort Situationen / Sanierungszyklen)  
=> (gut beratener) **Hauseigentümer als Entscheider** über Zeitpunkt und Umfang der Maßnahmen  
=> **ökonomische Steuerungsinstrumente**

## IWU-Beispielanalysen ökonomische Steuerungsinstrumente



Problem: Keine Möglichkeit zur Prognose der Wirkung von ökonomischen Steuerungsinstrumenten

Ziel: Größenordnungsabschätzung

„Wenn-dann“-Analyse: „Wenn Maßnahmen wirtschaftlich attraktiv genug sind, dann läuft ein angenommenes Szenario ab.“

- Angenommenes Szenario: Zielszenario IV
- Modellannahme „wirtschaftlich attraktiv“:  
bei Wärmeschutz-Modernisierung: Amortisation nach 15 Jahren

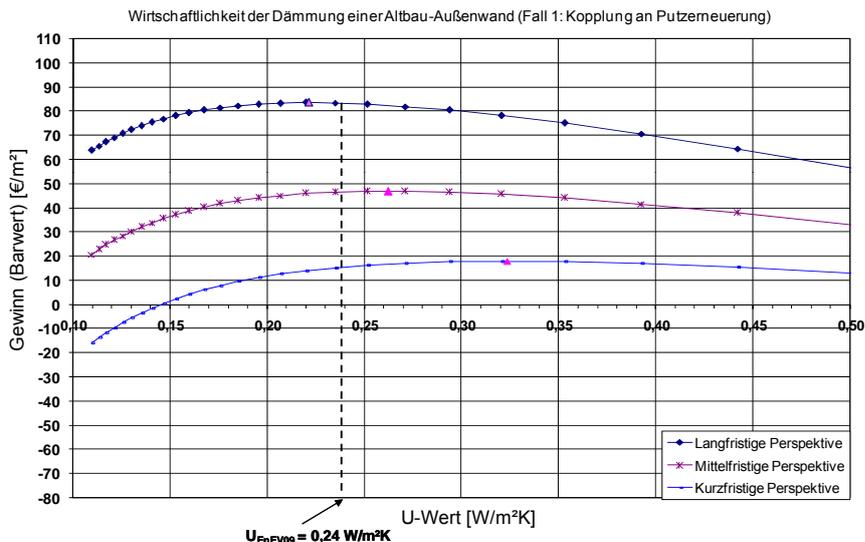
Ansatz für Steuerungsinstrument: Gleichgewicht aus positiven und negativen ökonomischen Anreizen (Förderung + Energieabgabe Primärenergie)

Praktische Umsetzung:

Monitoring / Zielkontrolle => Nachjustierung

# Perspektiven der Wirtschaftlichkeit: Außenwanddämmung, „Kopplungsprinzip“

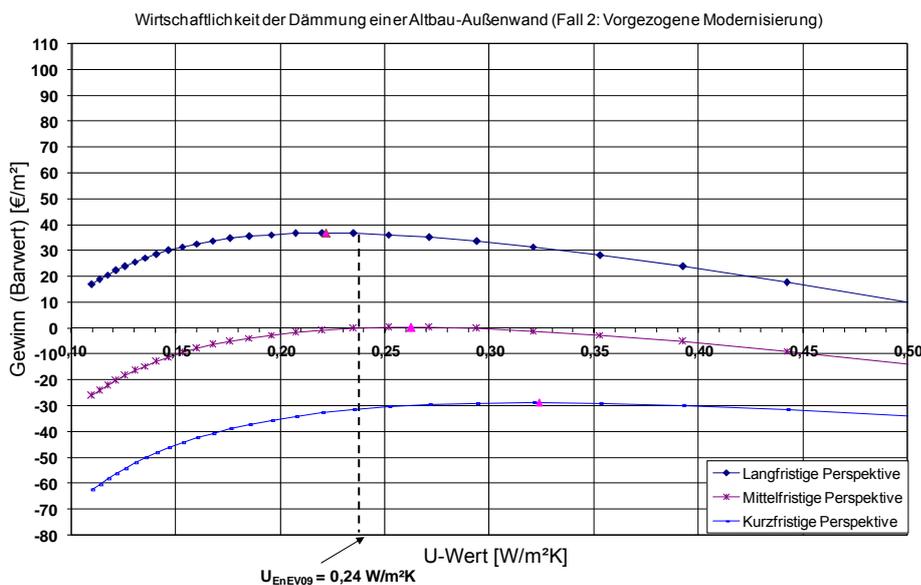
Außenwand mit  $U_0 = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Kopplung an Putzerneruerung (75 €/m<sup>2</sup>)



langfristig: 40 Jahre, mittelfristig: 25 Jahre, kurzfristig: 15 Jahre,  
 Realzinssatz: 3 %/a, Energiepreis Gas/Öl 7,5 ct/kWh, Energiepreisanstieg real 1 %/a

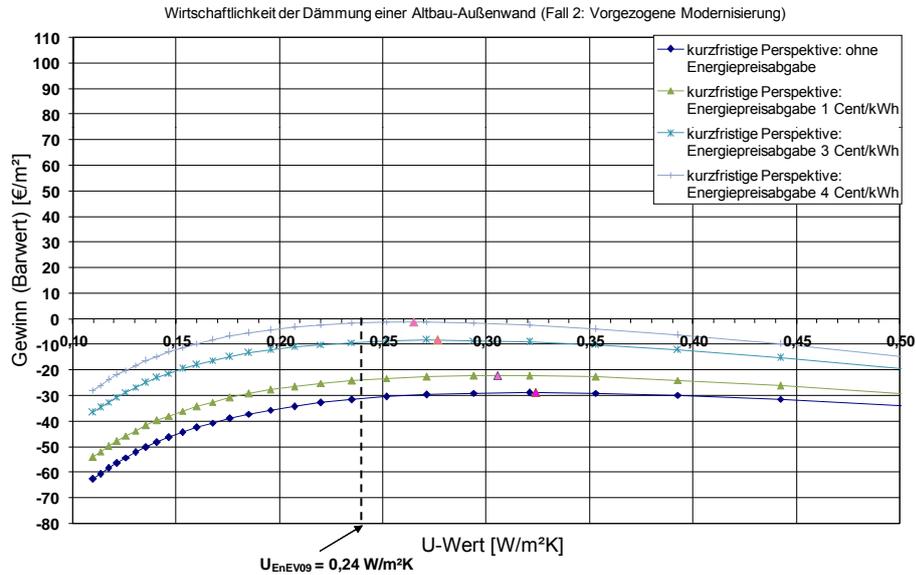
# Perspektiven der Wirtschaftlichkeit: Außenwanddämmung, „Vorgezogene Modernisierung“

Außenwand mit  $U_0 = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Kopplung an Anstrich (25 €/m<sup>2</sup>)



# Kurzfristige Perspektive, „Vorgezogene Modernisierung“: Auswirkungen einer Energiepreiserhöhung

Außenwand mit  $U_0 = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Kopplung an Anstrich

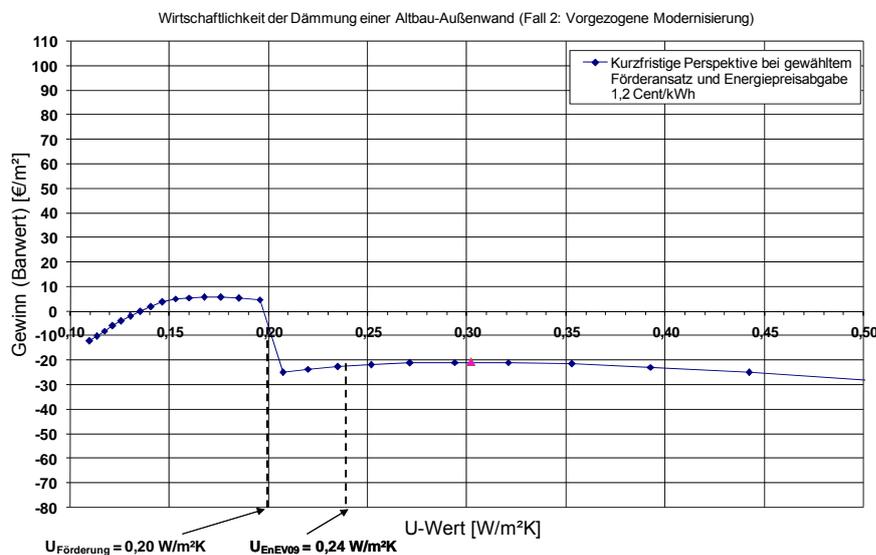


# Kurzfristige Perspektive, „Vorgezogene Modernisierung“: Energieabgabe + Förderung

Außenwand mit  $U_0 = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Kopplung an Anstrich

Förderung:  $30 \text{ €/m}^2$  ab  $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , linear bis  $40 \text{ €/m}^2$  ab  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energieabgabe:  $1,2 \text{ ct/kWh}$  ( $H_U$  für Gas, Öl) bzw.  $1,1 \text{ ct/kWh}$  Primärenergie



# „Wenn-dann“-Analyse

## Ansätze Energiesparförderung (Investitionszuschüsse als Beispiel):

- Außenwand (s.o.) / Obergeschossdecke / Kellerdecke: Erhöhung von Modernisierungsrate und Qualität
- Dach / Fenster: Erhöhung der Qualität
- Wärmeversorgung („Ad-Hoc-Ansatz“): Zuschuss 15 % (typ.) -> 25 %
- Neubau: separate Analyse (=> Zuschuss z.B. 10.000 € für ESH 40)

Kurzfristige Perspektive (15 a)

## Annahme: Zielszenario IV

=> Förderung wird immer in Anspruch genommen

=> Förderhöhe (Mittelwert 2013 – 2020):

Gebäudebestand 5,2 Mrd. €/a + Neubau 1 Mrd. €/a = 6,2 Mrd. €/a

=> Primärenergiebedarf (Mittelwert 2013 – 2020): 560 Mrd. kWh/a

=> Energieabgabe ca. 1,1 ct/kWh Primärenergie bzw. 1,2 ct/kWh Gas,Öl (H<sub>U</sub>) (Preiserhöhung ca. 16 %)

**=> „Abschätzung von Größenordnungen“**

# Fortschreibung bis 2030

Beispielanalyse bis 2020: Energieabgabe durchschnittlich 1,2 ct/kWh (H<sub>U</sub>, Öl, Gas)

ab 2020: Maximum der Mod.rate + vollst. Umstellung Wärmeerzeugerstruktur bei Neuanlagen + sinkender Primärenergiebedarf (+ Rückgang Neubauförderung)

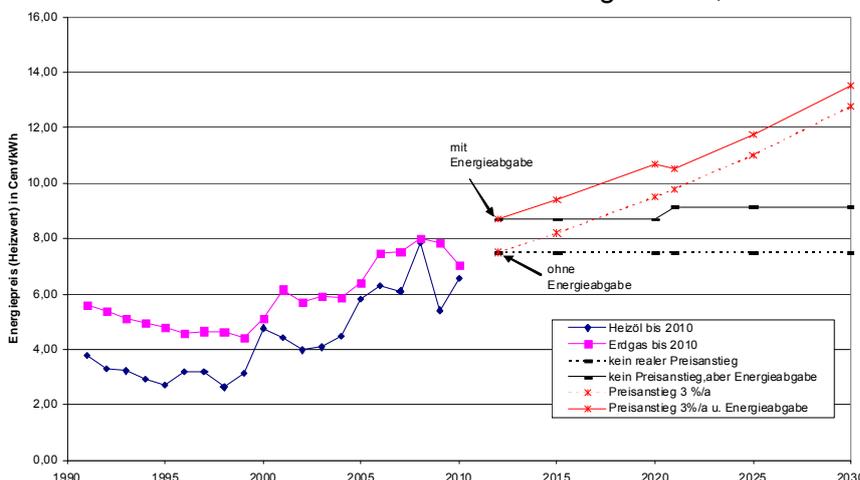
=> bei gleichbleibenden Fördersätzen im Bestand => 7,7 Mrd. €/a ab 2020

=> Anstieg der Energieabgabe auf 1,8 ct/kWh (Mittelwert 2020 – 2030)

=> Berücksichtigung der Steuerungswirkung der Abgabe => 1,65 ct/kWh

=> zusätzl. Energiepreisanstieg: 1,5 %/a => Abgabe 1,2 ct/kWh (keine Erhöhung)

3 %/a => Abgabe < 0,75 ct/kWh



reale Energiepreise

Analyse bis 2010 basierend auf Energiedaten (BMW)

Fortschreibung ab 2010: Abschätzungen basierend auf Wärmeschutzmaßnahmen Bestand

## Haushalte mit niedrigen Einkommen



Niedrigeinkommenssektor (EU-Kriterium „Armutrisiko“):

- Empfänger von Grundsicherungsleistungen (ca. 4 Mio. Haushalte)
- Empfänger von Wohngeld (ca. 1 Mio. Haushalte)
- Sonstige Bezieher niedriger Einkommen (ca. 2,7 Mio. Haushalte)

Beispielbetrachtung:

Energieabgabe 1,2 ct/ kWh

=> Ausgleich der Mehrkosten im Niedrigeinkommenssektor

=> Mittelbedarf 0,8 Mrd. €/a (bisherige Leistungsempfänger)  
bis 1,2 Mrd. €/a (alle Haushalte im Niedrigeinkommenssektor)

## Fazit



- Die kurzfristigen (2020) und langfristigen (2050) **Klimaschutzziele** sind im Wohngebäudesektor (Wärmeversorgung) **erreichbar**.
- Notwendig sind Anstrengungen im **Neubau („klimaneutrale Gebäude“)**, beim **Wärmeschutz im Bestand (verdoppelte Sanierungsrate)** und bei der **Wärmeversorgung (veränderte Systemstruktur bei Neuanlagen)**
- Für das Erreichen der notwendigen Dynamik steht eine **Anlaufzeit von knapp 10 Jahren** zur Verfügung. Diese muss für eine **kontinuierliche Entwicklung** in Richtung auf die angestrebten Ziele auch tatsächlich genutzt werden.
- Das bisherige **Klimaschutzinstrumentarium** im Wohngebäudesektor ist nicht ausreichend, es muss **konsequent weiterentwickelt** werden.
- Notwendig ist ein Instrumentenmix, im Wohngebäudebestand erscheinen die **ökonomischen Steuerungsmechanismen** (positive und/oder negative Anreize) als sinnvoller Schwerpunkt
- Exemplarische **Abschätzungen** des IWU **zum Mittelbedarf** liegen in tragbaren Größenordnungen
- In der praktischen Umsetzung sind regelmäßige **Zielkontrolle und Nachsteuern** entscheidend.