

## Wege zu einem klimaneutralen Wohngebäudebestand bis zum Jahr 2050

P. Hansen, P. Markewitz, W. Kuckshinrichs, J.-Fr. Hake

Institut für Energie- und Klimaforschung – Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE)

Forschungszentrum Jülich GmbH

12. Symposium Energieinnovation - Alternativen für die Energiezukunft Europas

Graz, 16. Februar 2012

### **1. Aufgabenstellung und Ziel der Untersuchung**

### **2. Studieninhalte**

- Untersuchte Szenarien
- Prämissen und Rahmenbedingungen
- Berücksichtigte Entwicklungen

### **3. Ergebnisse der Studie**

- Entwicklung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen
- CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten

- **Klimaziele in Deutschland:**

- **bis 2020:** - 40% der Treibhausgasemissionen geg. 1990

- **bis 2050:** - 80% der Treibhausgasemissionen geg. 1990

### Umsetzung durch:

- **Energiekonzept der Bundesregierung (2010)**

- **Eckpunktepapier zur Energiewende (2011)**

⇒ **Steigende Bedeutung der Energieeffizienz im Gebäudesektor:**

- derzeit ca. 40 % des Endenergieverbrauchs und ca. 30 % der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen

- Bestand: > 70 % der 18,5 Mio. Wohngebäude vor 1. WSchVO 1977 errichtet

⇒ **Zentrales Ziel bis 2050: nahezu klimaneutraler Gebäudebestand**

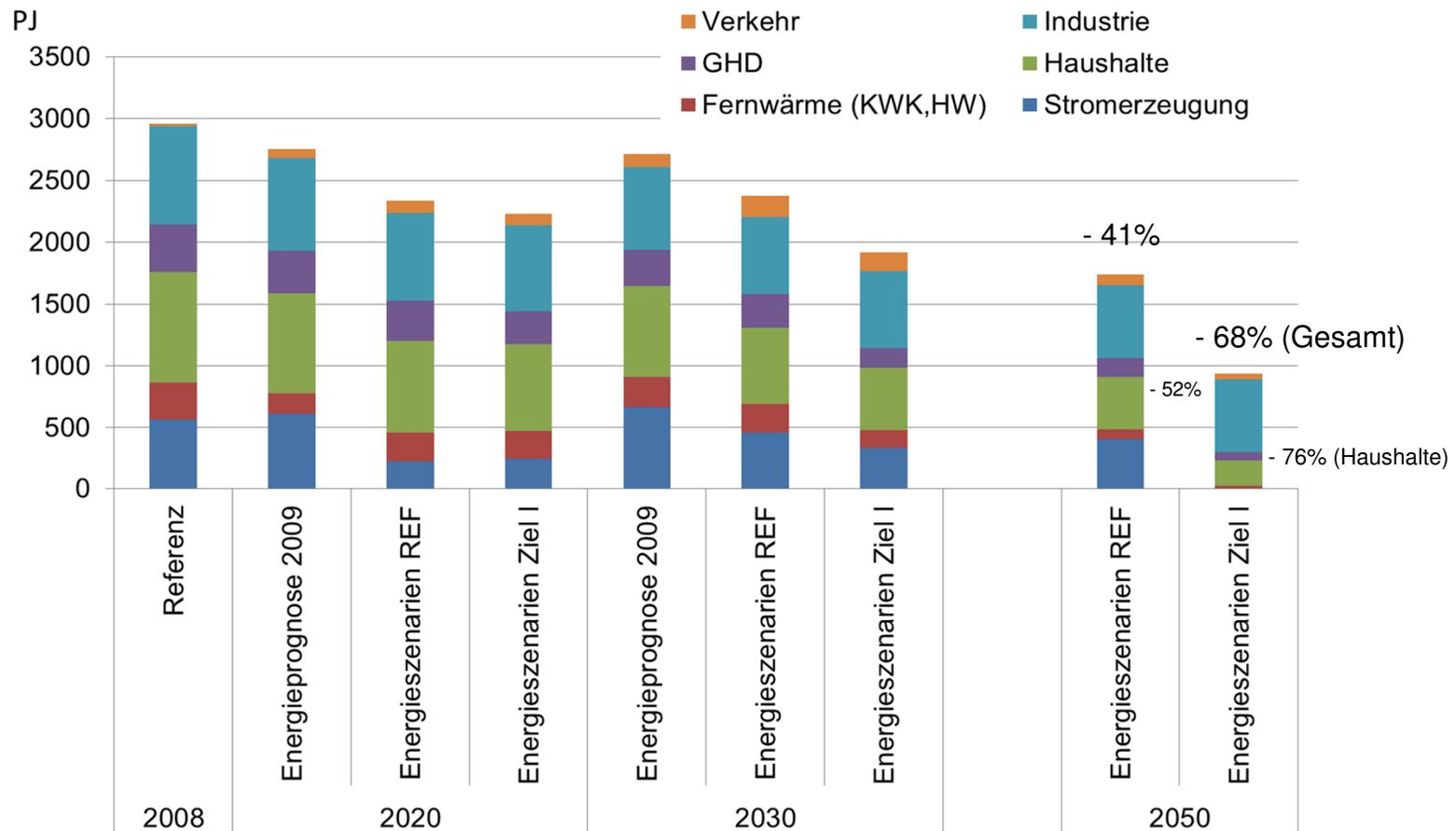
- Reduktion der Treibhausgasemissionen um min. 80 % geg. 1990

- > Aufstellung eines Sanierungsfahrplans (beginnend ab 2020)

- > Verdopplung der energetischen Sanierungsrate auf 2 % pro Jahr

- **Untersuchungsgegenstand:**  
Die Auswirkung unterschiedlicher CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategien auf die Emissionsbilanz und die Gesamtkosten für die häusliche Energieversorgung von Wohngebäuden (Raumheizung und Warmwasserversorgung)
- **Analysezeitraum: 2010 – 2050**
- **Vorgaben:**  
Erfüllung der CO<sub>2</sub>-Minderungsziele für Wohngebäude durch alternative Ansätze zum Energiekonzept der Bundesregierung
- **Ergebnisse:**  
Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kosten der CO<sub>2</sub>-Minderung

## Erdgaseinsatz in Deutschland nach Sektoren in ausgewählten Projektionen



Quellen: IER Stuttgart, rwi Essen, ZEW Mannheim: Die Entwicklung der Energiemärkte (Energieprognose 2009)  
 ewi Köln, gws Osnabrück Prognos AG Basel: Energieszenarien für ein Energiekonzept der der Bundesregierung 2010

Trend	Energiekonzept	Innovationsoffensive Gas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fortschreibung der aktuellen politischen Instrumente zur gebäudeseitigen Sanierung</li> <li>▪ Effizienzstandards EnEV 2009</li> <li>▪ Sanierungsrate von 1%/a mit moderater Erhöhung ab 2030 auf 1,5%/a bis 2050</li> <li>▪ Erneuerungszyklus von Heizungssystemen von 25 a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implementierung der gebäude-seitigen Maßnahmen des Energiekonzepts</li> <li>▪ Verschärfung der Effizienzstandards der EnEV in 2013 und 2020 um je 30%</li> <li>▪ Verdopplung der Sanierungsrate und Effizienz ab 2015</li> <li>▪ Erneuerungszyklus von Heizungssystemen von 25 a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maßnahmen wie Trend</li> <li>▪ Effizienzstandards wie Trend</li> <li>▪ Sanierungsrate von 1%/a mit Erhöhung ab 2020 auf 1,5%/a</li> <li>▪ Verstärkte Nutzung von gasförmigen EE</li> <li>▪ Erhöhte Nutzung gasbasierter Heizungssysteme mit verkürztem Erneuerungszyklus von 20 a</li> </ul>



Referenzszenario



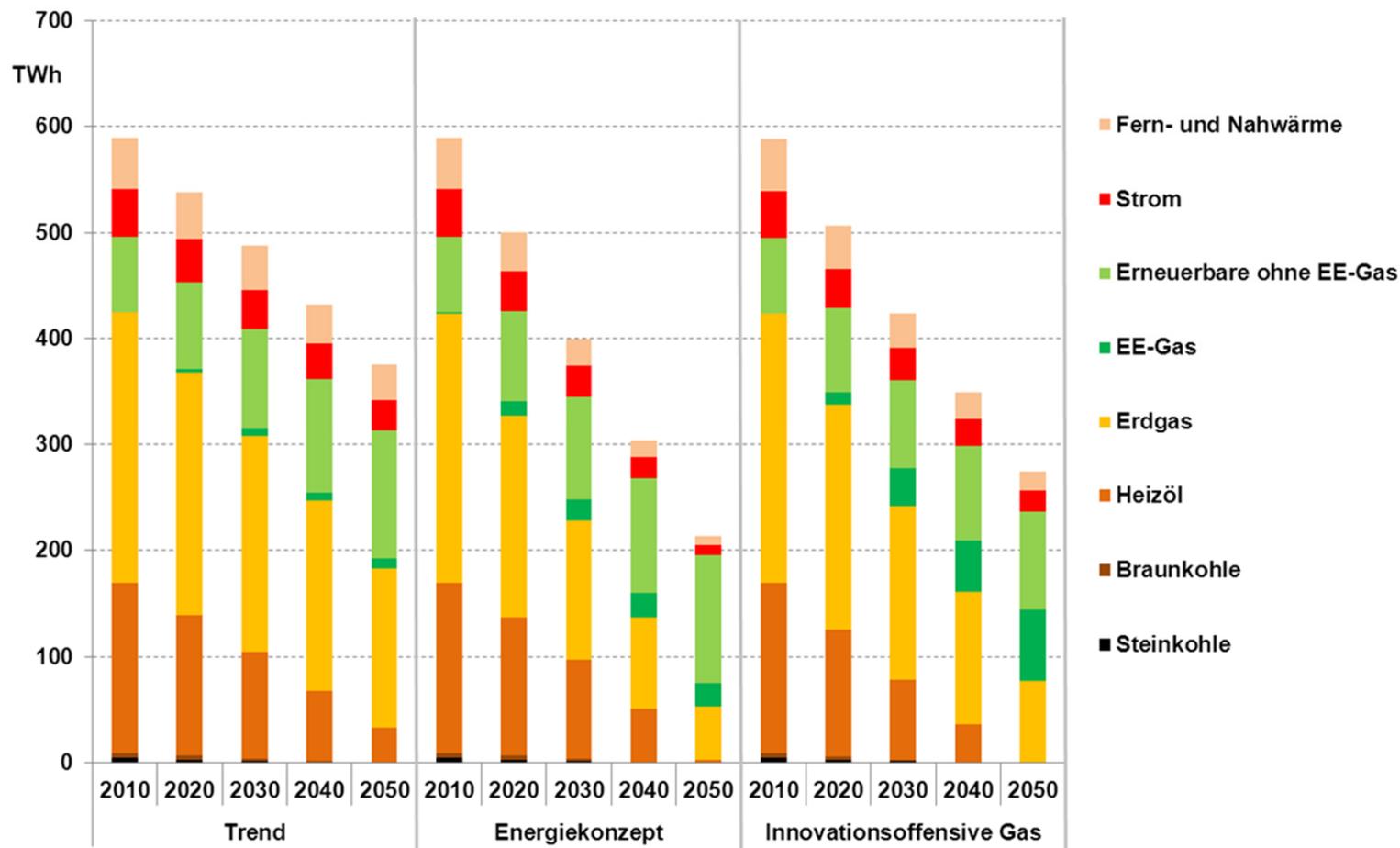
Fokus: Gebäudesanierung



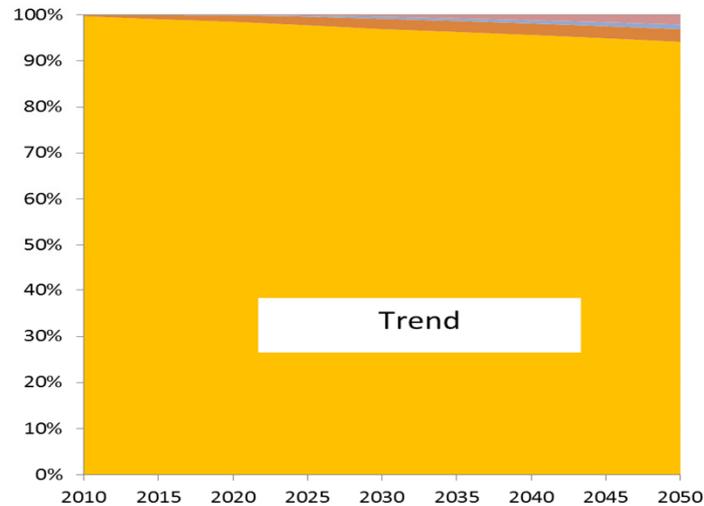
Fokus: Gebäudesanierung und effiziente Gasheizungssysteme

# Ergebnisse

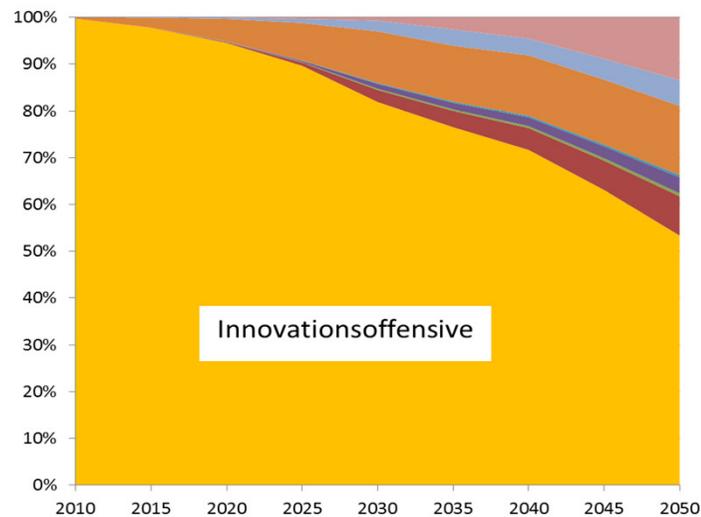
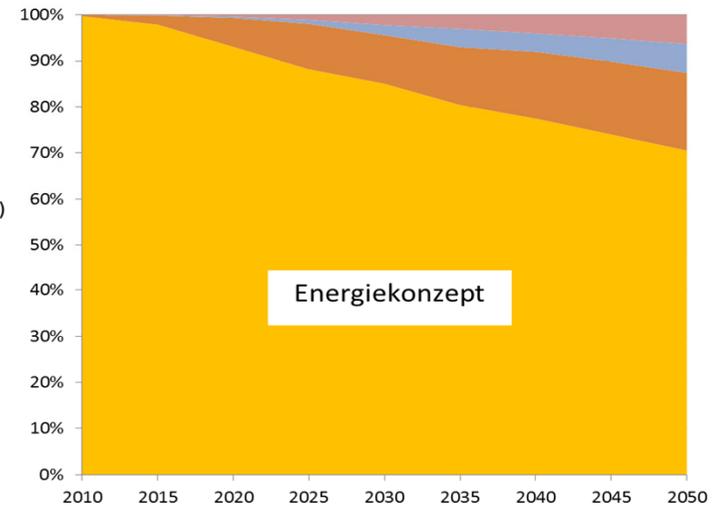
## Entwicklung des endenergieseitigen Verbrauchs für Raumwärme und Warmwasser bis zum Jahr 2050



## Entwicklung der Gaszusammensetzungen in den Szenarien (bezogen auf energetischen Anteil)



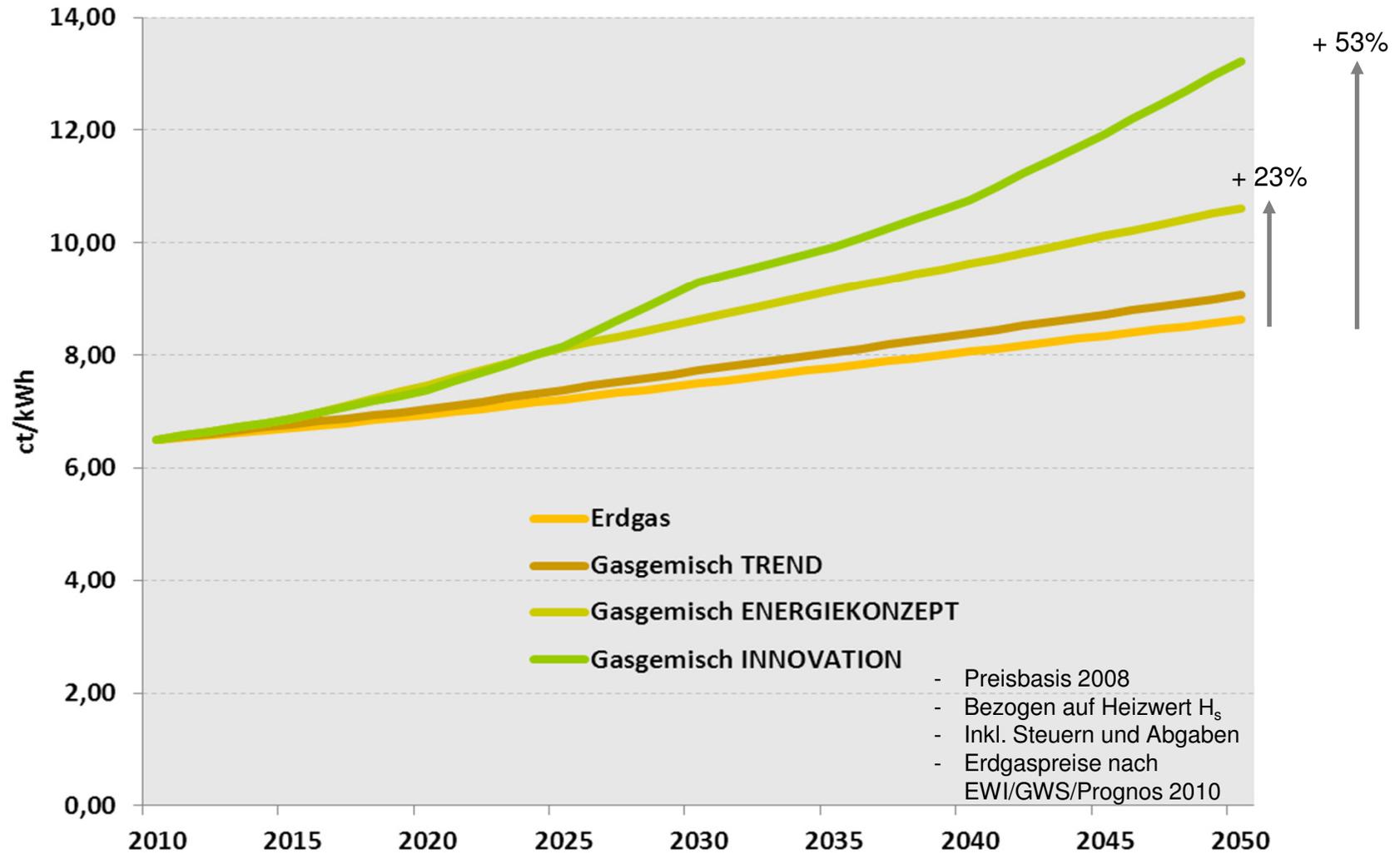
- SNG aus Holz
- Bioerdgas-Zumischung (Abfall)
- Bioerdgas-Zumischung (NawaRo)
- CH4 aus PV
- CH4 aus Wind
- H2 aus PV
- H2 aus Wind
- Erdgas



Energetischer Anteil <sup>1)</sup> Erneuerbarer Gase am Gasgemisch		
	2030	2050
Trend:	3,1%	5,9%
Energiekonzept:	13,2%	32,8%
Innovationsoffensive:	18,1%	46,7%

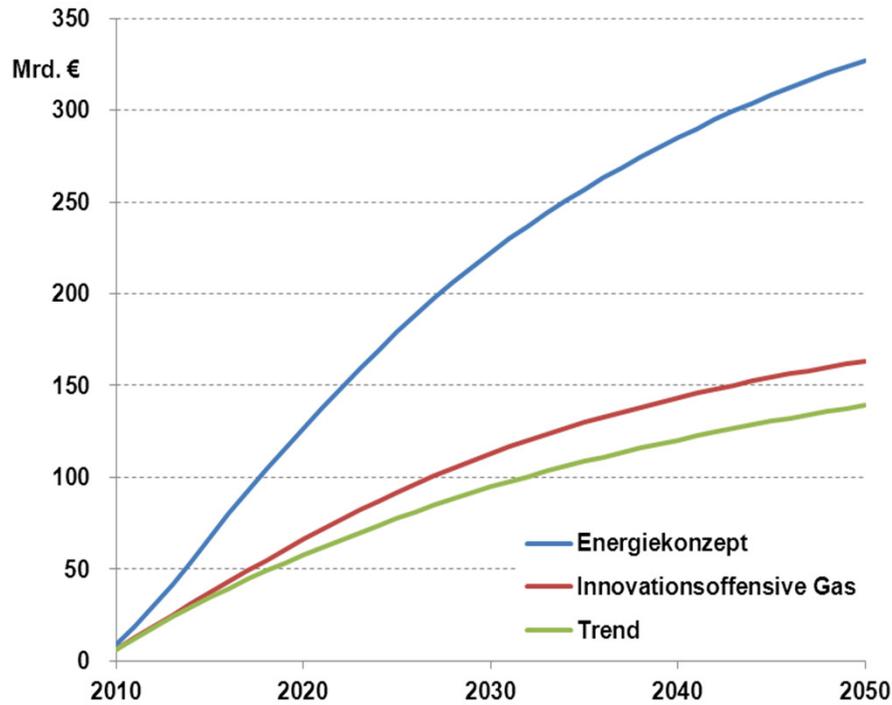
1) bez. auf Heizwert H<sub>s</sub>

## Verbraucherendpreise für Gas (private Haushalte)

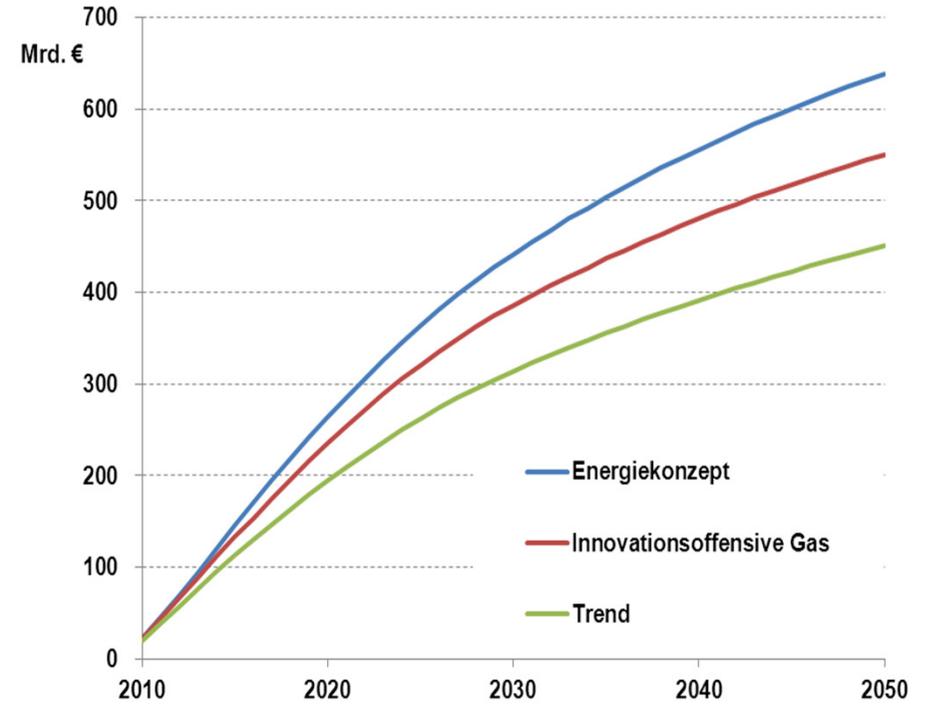


## Entwicklung der kumulierten Investitionen

Investitionen für Wärmedämmungen



Investitionen für Wärmedämmungen und Heizungssysteme



Kumuliert für den Zeitraum 2010 – 2050 ( $\Delta$ gegenüber Trend)	Energiekonzept	Innovations- offensive Gas	Innovations- offensive Gas
	ES 0	IS 0	IS 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mehrinvestitionen</li> <li style="padding-left: 20px;">-&gt; Heizungen im Bestand</li> <li style="padding-left: 20px;">-&gt; Heizungen im Neubau</li> <li style="padding-left: 20px;">-&gt; Wärmedämmungen im Bestand</li> <li style="padding-left: 20px;">-&gt; Wärmedämmungen im Neubau</li> </ul>	187,9 Mrd. € wie im Trendszenario wie im Trendszenario 185,3 Mrd. € 2,6 Mrd. €	72,7 Mrd. € 69,3 Mrd. € 3,4 Mrd. € wie im Trendszenario wie im Trendszenario	99,7 Mrd. € 69,3 Mrd. € 3,4 Mrd. € 27,0 Mrd. € wie im Trendszenario
■ Energiekosten	-113,8 Mrd. €	- 44,1 Mrd. €	- 54,9 Mrd. €
■ Erlöse KWK-Gutschrift	- 1,4 Mrd. €	25,4 Mrd. €	25,4 Mrd. €
■ Nettomehrkosten	75,5 Mrd. €	3,2 Mrd. €	19,4 Mrd. €
■ CO <sub>2</sub> -Emissionen (KWK-Gutschrift*)	- 632 Mio. tCO <sub>2</sub>	- 555 Mio. tCO <sub>2</sub>	- 642 Mio. tCO <sub>2</sub>
■ Spezifische Vermeidungskosten	120 €/tCO <sub>2</sub>	6 €/tCO <sub>2</sub>	30 €/tCO <sub>2</sub>

- Das Ziel der Bundesregierung von – 80% der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 geg.1990 wird in den Szenarien Energiekonzept und der Innovationsoffensive Gas erreicht („klimaneutraler Gebäudebestand“)
- Beide Szenarien (Energiekonzept, Innovationsoffensive) sind sehr ambitioniert, Umsetzung erfordert adäquate Rahmenbedingungen
- Deutliche Kostenvorteile für die Innovationsoffensive Gas gegenüber Energiekonzept bei gleichem Emissionsniveau im Jahr 2050
- Vermehrter Einsatz von Mikro-KWK-Anlagen führt im Szenario Innovationsoffensive Gas zu einer signifikanten Stromerzeugung (2050: 25 TWh)
- Entscheidender sensibler Parameter in allen Szenarien ist die Sanierungsrate und Effizienz der Sanierungen

### Offene Fragen:

#### ⇒ Strominfrastruktur:

- Auswirkungen eines forcierten Einsatzes von Mikro-KWK-Anlagen in seinen Wechselwirkungen zur sonstigen Stromwirtschaft (Erzeugungspark, Netze) ?

#### ⇒ Gasinfrastruktur:

- Power to Gas: Wasserstofftoleranz (z.B. Netze, Gasendgeräte) ?
- Stark sinkender Erdgasverbrauch: Modifikation des Erdgasnetzes ?

#### ⇒ Analyse der volkswirtschaftliche Implikationen (z.B. Budgeteffekte des Staates, Beschäftigungseffekte, verfügbare Haushaltseinkommen)

**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.

 DVGW  
FORSCHUNG

• [www.dgw-forschung.de](http://www.dgw-forschung.de)

**Studie**  
**Bewertung der Energieversorgung  
mit leitungsgebundenen gasförmigen  
Brennstoffen im Vergleich zu anderen  
Energieträgern**

13. Dezember 2011

**Dr. Hartmut Krause, Frank Eler**  
DBI-Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg

**Wolfgang Köppel**  
DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie

**Markus Fischer**  
Gaswärme-Institut e.V. Essen

**Dr. Patrick Hansen, Dr. Peter Markowitz, Dr. Wilhelm Kuckshinrichs, Prof. Jürgen-Fr. Hake**  
Forschungszentrum Jülich, Institut für Energie- und Klimaforschung – Systemforschung und  
Technologische Entwicklung

 DBI GTI  
 DVGW  
 gwi  
 JÜLICH  
FORSCHUNGSZENTRUM

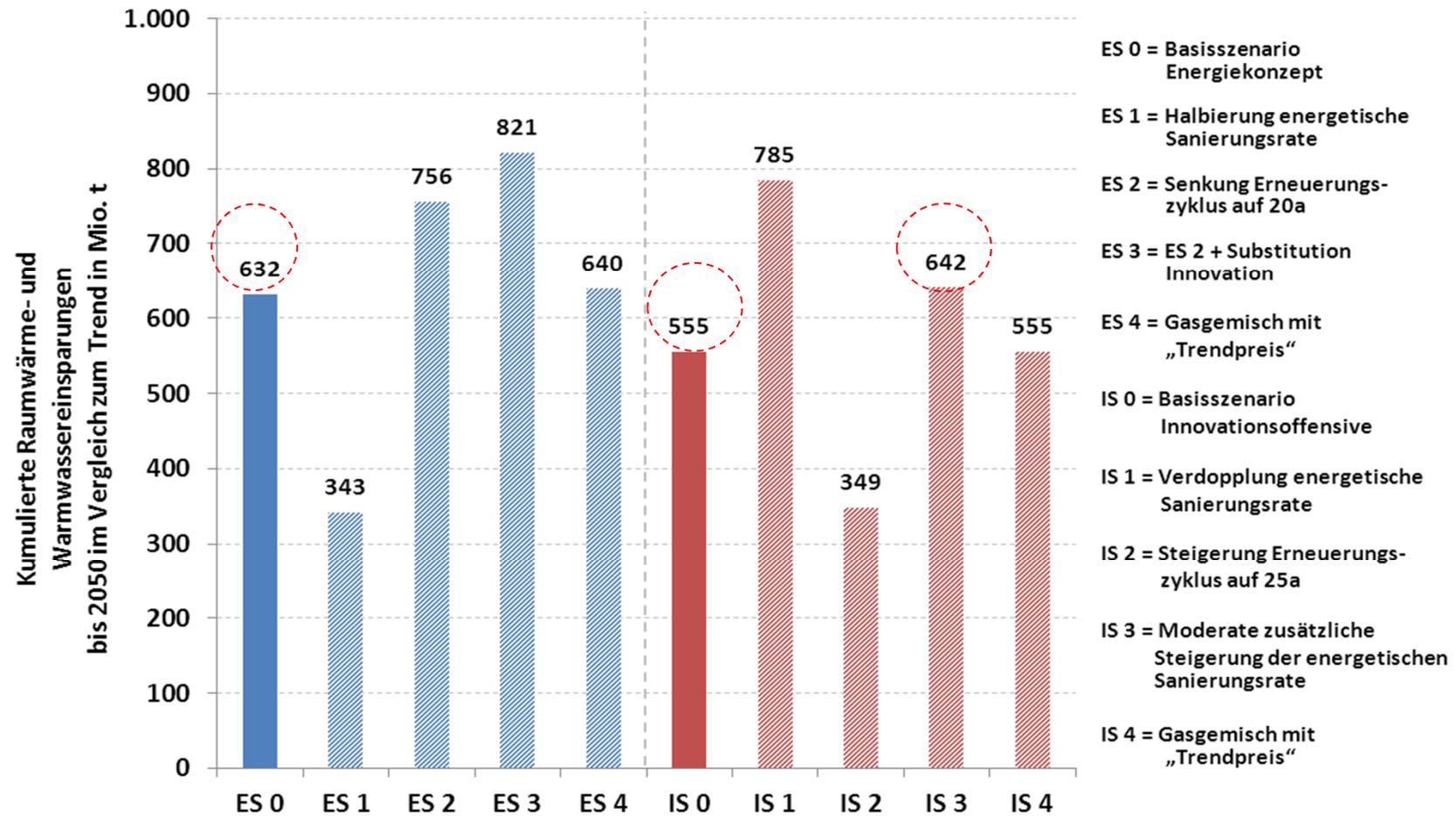
## Back up - Folien

### ■ **Prämissen für ein Alternativszenario**

- Fokussierung auf hocheffiziente Gastechnologien für die Gebäudeenergieversorgung, insbesondere dezentraler KWK-Systeme
- Umstellung v. a. der ölbasierten Heizungssysteme auf Gas bis zum Jahr 2050
- Energetische Gebäudesanierung auf Basis fortgeschriebener gesetzlicher Regelungen
- Verstärkte Beimischung von regenerativen Gasen in die öffentliche Gasversorgung (Bioerdgas, synthetisches Erdgas aus Holz, Wasserstoff und Methan aus Windstrom)

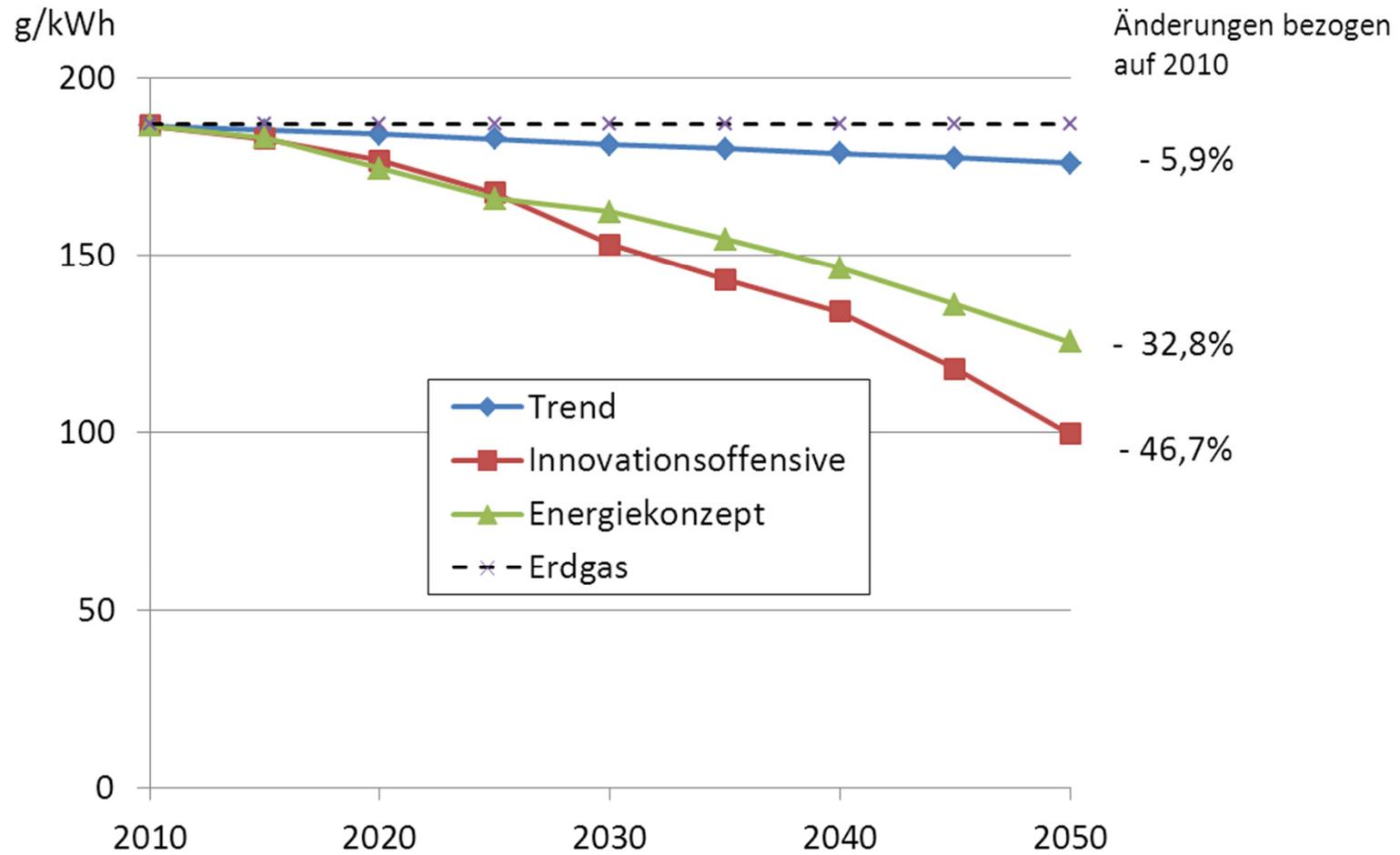
Kumuliert für den Zeitraum 2010 – 2050 ( $\Delta$ gegenüber Trend)	Energiekonzept	Innovations- offensive Gas	Innovations- offensive Gas
	ES 0	IS 0	IS 3
▪ Nettomehrkosten	75,5 Mrd. €	3,2 Mrd. €	19,4 Mrd. €
▪ CO <sub>2</sub> -Emissionen ohne Vorketten (mit KWK-Gutschrift*)	- 632 Mio. tCO <sub>2</sub>	- 555 Mio. tCO <sub>2</sub>	- 642 Mio. tCO <sub>2</sub>
▪ Spezifische Vermeidungskosten ohne Vorketten	<b>120 €/tCO<sub>2</sub></b>	<b>6 €/tCO<sub>2</sub></b>	<b>30 €/tCO<sub>2</sub></b>
▪ CO <sub>2</sub> -Emissionen mit Vorketten (mit KWK-Gutschrift*)	- 963 Mio. tCO <sub>2</sub>	- 776 Mio. tCO <sub>2</sub>	- 866 Mio. tCO <sub>2</sub>
▪ Spezifische Vermeidungskosten mit Vorketten	<b>78 €/tCO<sub>2</sub></b>	<b>4 €/tCO<sub>2</sub></b>	<b>28 €/tCO<sub>2</sub></b>

## Kumulierte CO<sub>2</sub>-Emissionseinsparungen bis 2050 im Vergleich zum Trend

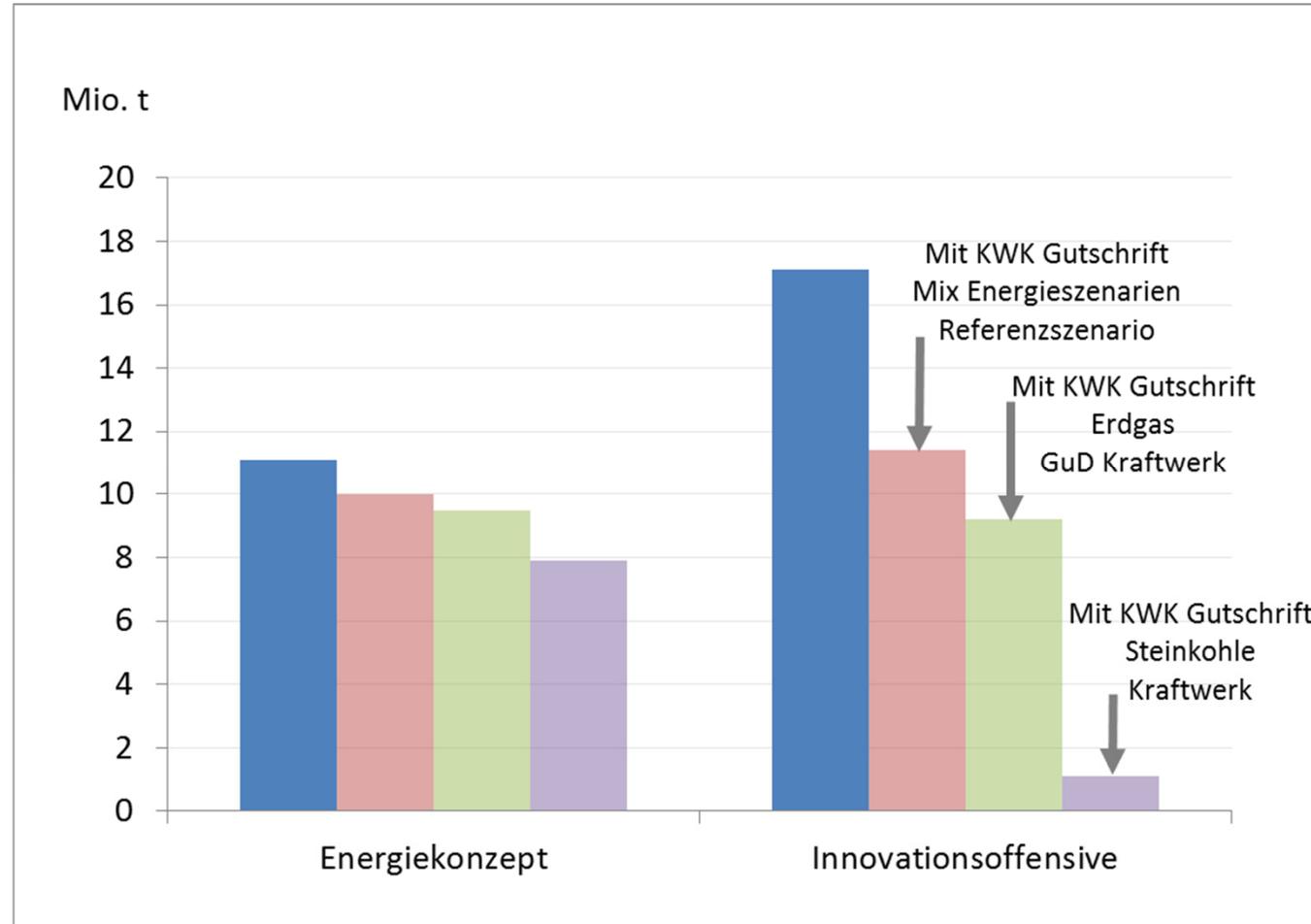


- ES 0 = Basisszenario Energiekonzept
- ES 1 = Halbierung energetische Sanierungsrate
- ES 2 = Senkung Erneuerungszyklus auf 20a
- ES 3 = ES 2 + Substitution Innovation
- ES 4 = Gasgemisch mit „Trendpreis“
- IS 0 = Basisszenario Innovationsoffensive
- IS 1 = Verdopplung energetische Sanierungsrate
- IS 2 = Steigerung Erneuerungszyklus auf 25a
- IS 3 = Moderate zusätzliche Steigerung der energetischen Sanierungsrate
- IS 4 = Gasgemisch mit „Trendpreis“

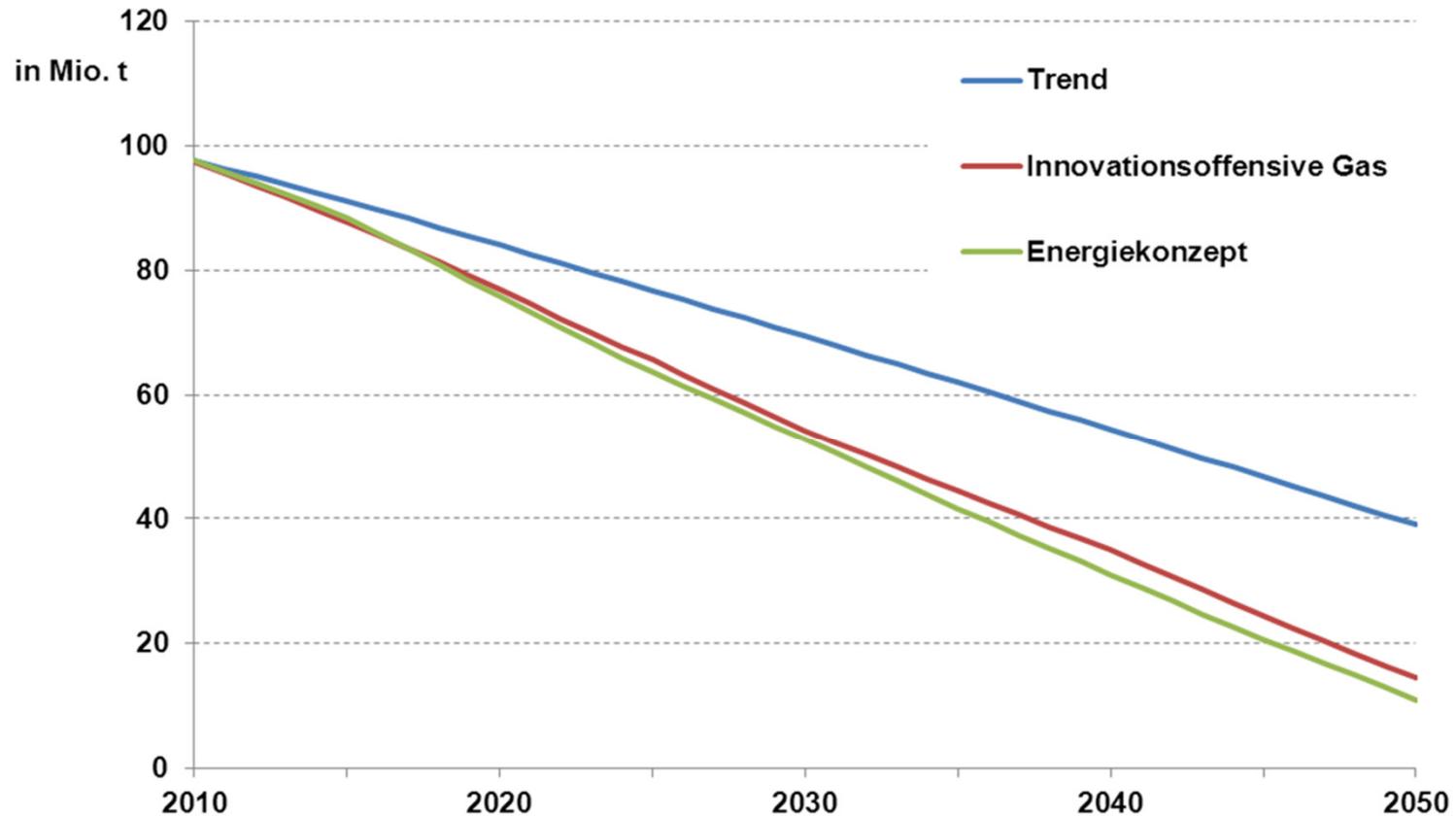
### CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren g/kWh (bez. auf Heizwert H<sub>i</sub>)



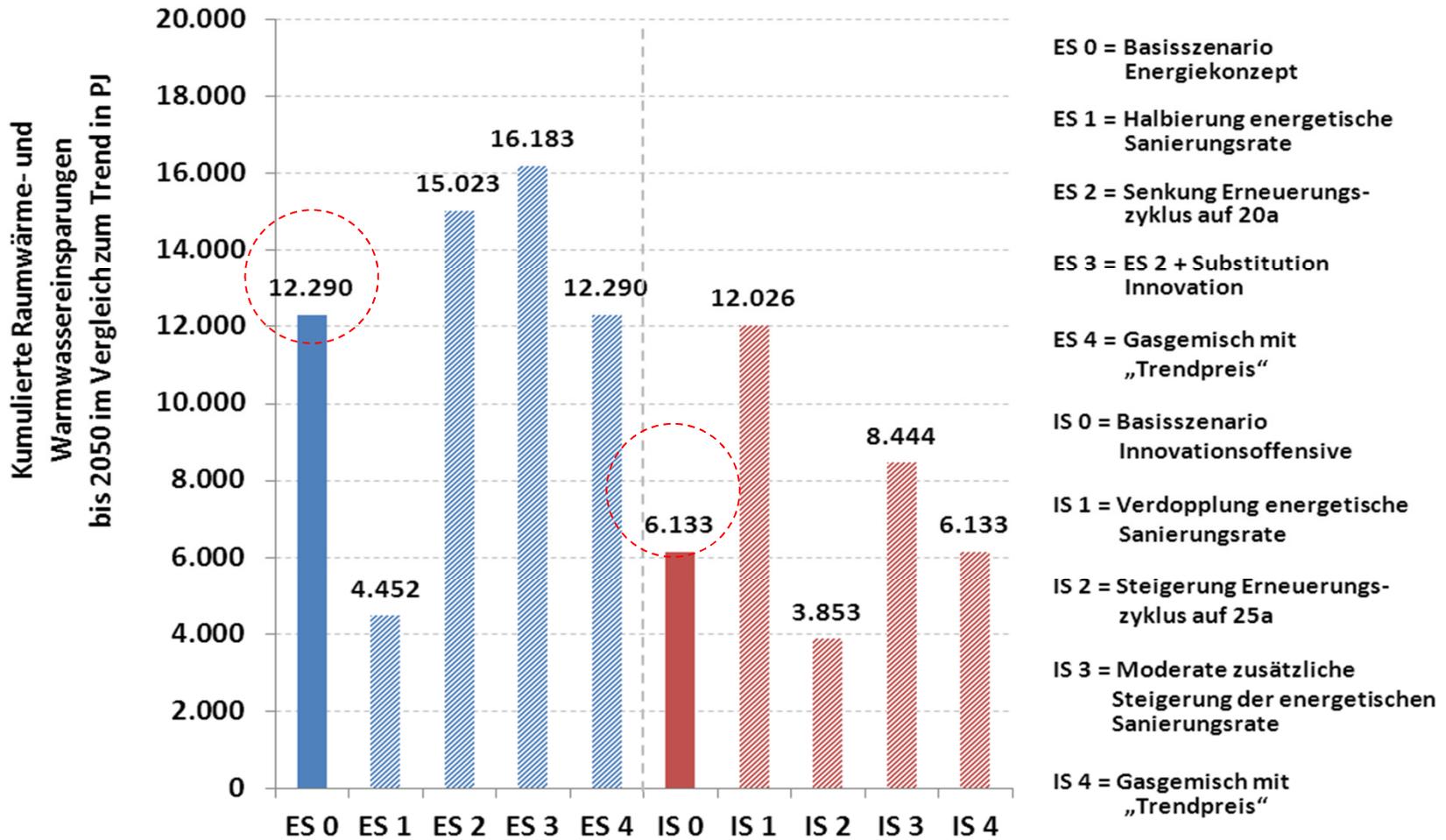
## CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2050 mit unterschiedlichen KWK Gutschriften



## Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 ohne KWK-Gutschrift



## Kumulierte Energieeinsparungen bis 2050 im Vergleich zum Trend



ES 0 = Basisszenario  
Energiekonzept

ES 1 = Halbierung energetische  
Sanierungsrate

ES 2 = Senkung Erneuerungs-  
zyklus auf 20a

ES 3 = ES 2 + Substitution  
Innovation

ES 4 = Gasgemisch mit  
„Trendpreis“

IS 0 = Basisszenario  
Innovationsoffensive

IS 1 = Verdopplung energetische  
Sanierungsrate

IS 2 = Steigerung Erneuerungs-  
zyklus auf 25a

IS 3 = Moderate zusätzliche  
Steigerung der energetischen  
Sanierungsrate

IS 4 = Gasgemisch mit  
„Trendpreis“