



## „Möglichkeiten und Potenziale zur Energiespeicherung in Gasnetzen“

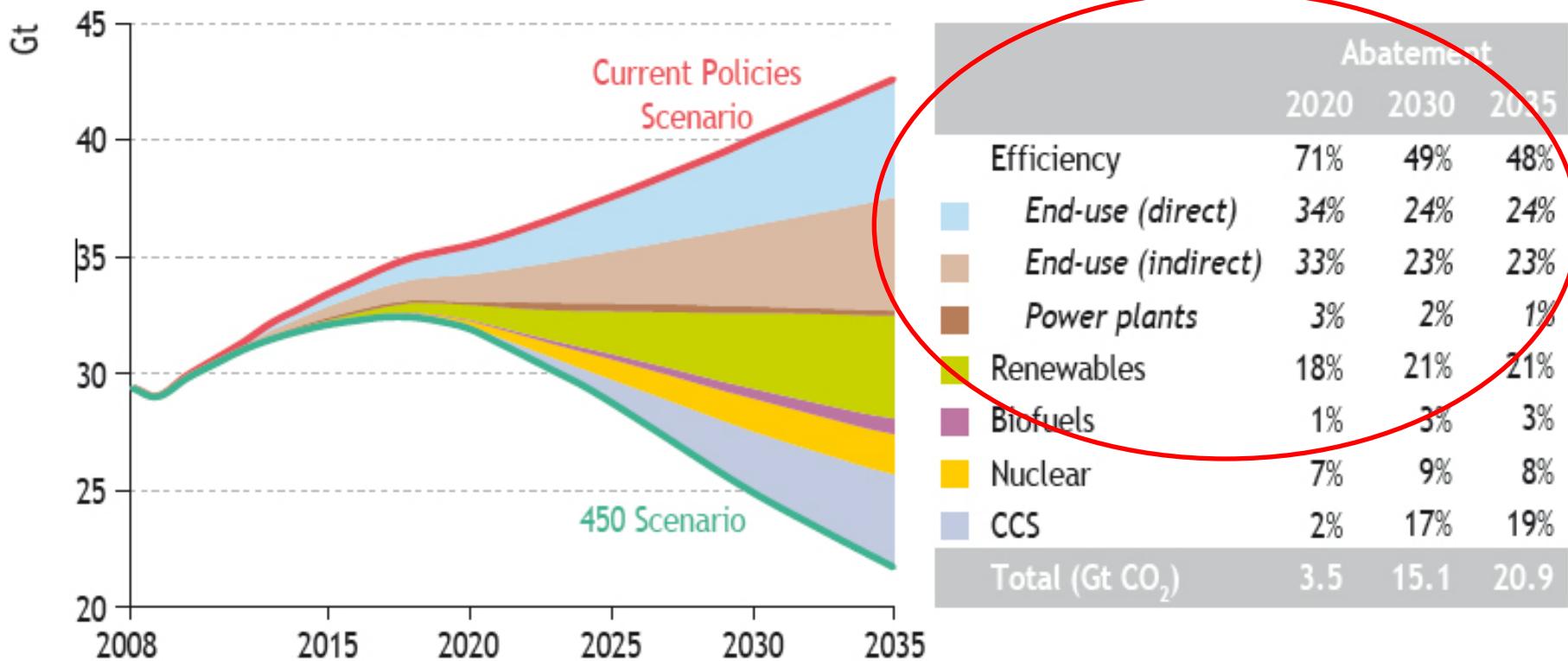
**Dr.-Ing. Bernhard Klocke,  
GELSENWASSER AG**

## Gliederung

- Das energiewirtschaftliche Umfeld
- Konzeptentwicklung
- Die DVGW-Innovationsoffensive
- Neue Ergebnisse

## Weltweite Energie bezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen

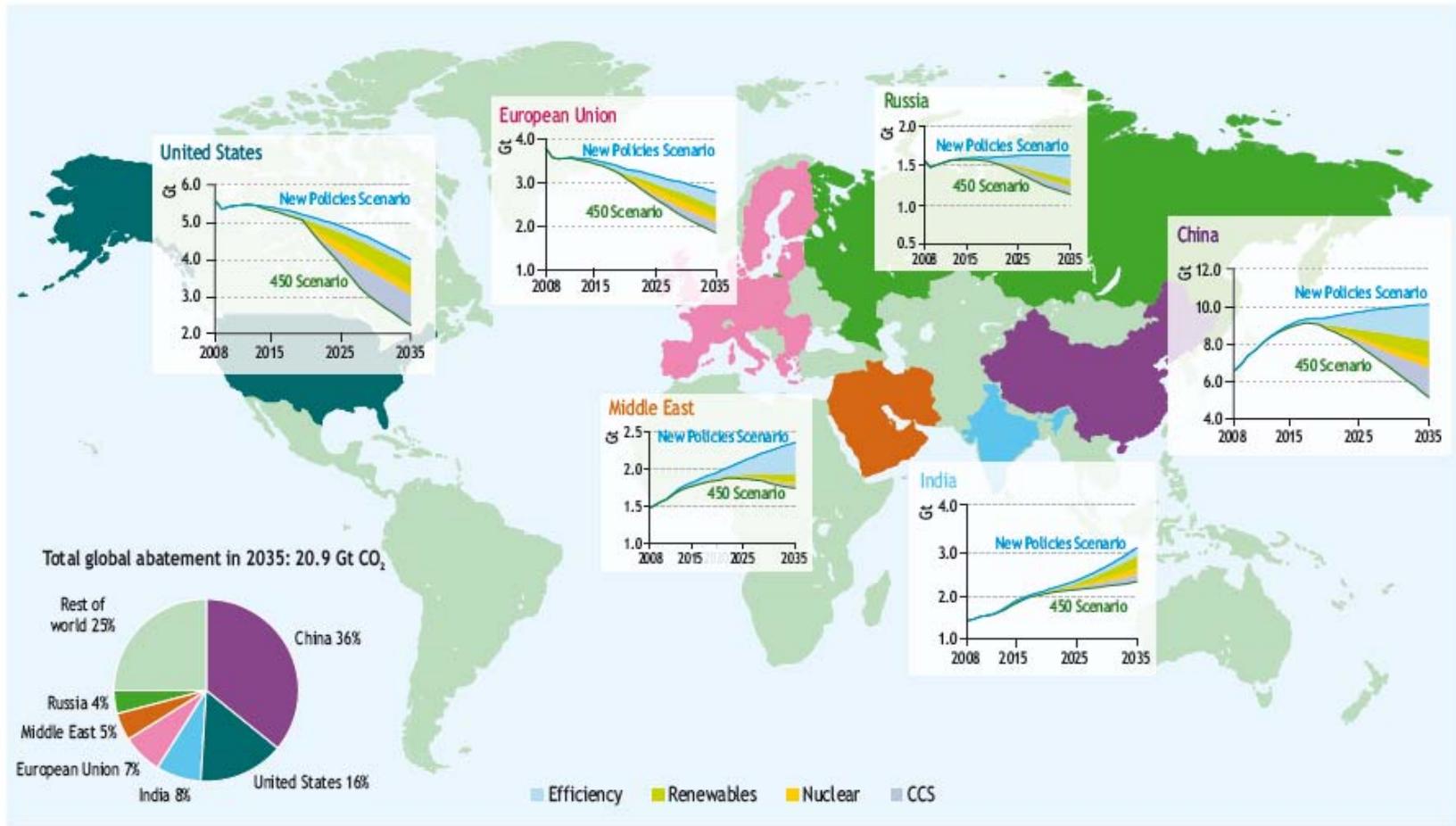
### Verschiedenen Mittel zur Erreichung des 450 Szenarios



Quelle: World-Energy Outlook 2010, [www.iea.org](http://www.iea.org)

# Weltweite Energie bezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen

## Verschiedene Pfade zur Erreichung des 450 Szenarios



The boundaries and names shown and the designations used on maps included in this publication do not imply official endorsement or acceptance by the IEA.

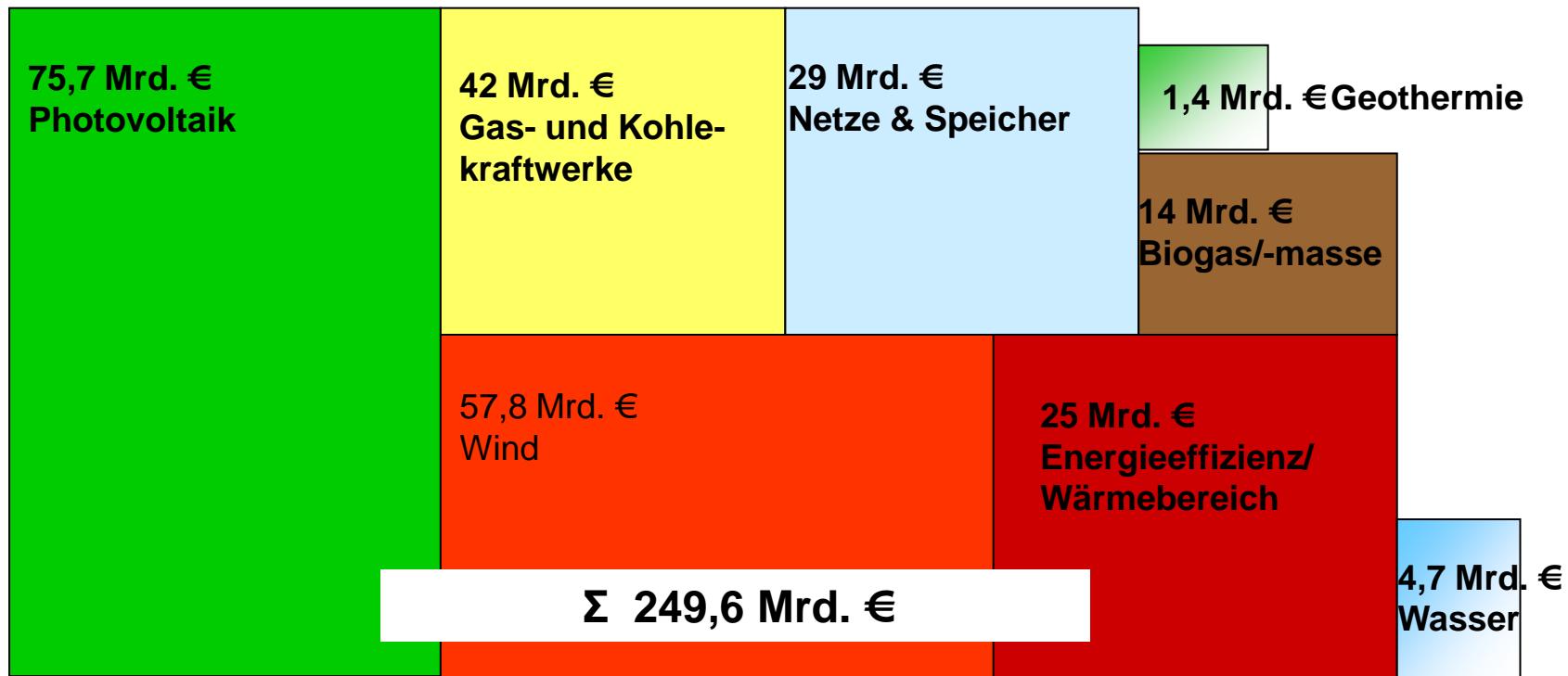
Quelle: World-Energy Outlook 2010, www.iea.org

## Auswahl energiepolitischer Ziele der Bundesregierung (2010):

- **Reduktion des Stromverbrauchs um 10% bis 2020, 25% bis 2050 gegenüber 2008**
- **Steigerung des Anteils der Erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 18% bis 2020, 60% bis 2050**
- **Steigerung des Anteils der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch auf 35% bis 2020, 80% bis 2050**
- **Beschleunigung des Ausbaus der installierten Leistung der Offshore-Windenenergie auf 25 GW bis 2030**
- **Beschleunigter Ausbau der (Strom-)Netzinfrastruktur**
- **1 Mio. Elektrofahrzeuge in Deutschland bis 2020, 5 Mio. bis 2050**

# Die Energiewende und ihre Folgen

## Investitionen für die Energiewende bis 2022



Quellen: Handelsblatt v. 27.7.2011/Trendsearch/DENA/KfW

## Alle schreien nach Energieeffizienz



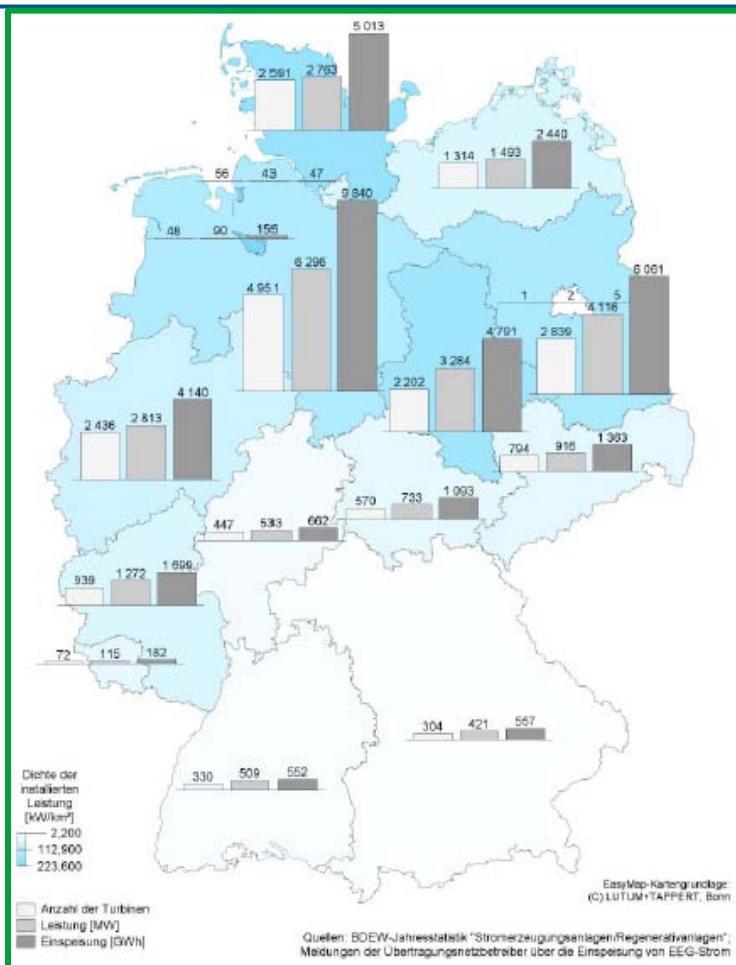
- Diese Kinder werden höchstwahrscheinlich die Temperaturerhöhung im Jahr 2100 erleben
- und die Rechnungen dafür bezahlen

## Gliederung

- Das energiewirtschaftliche Umfeld
- Konzeptentwicklung
- Die DVGW-Innovationsoffensive
- Neue Ergebnisse

# Ausbau in den Übertragungsnetzen

## Nutzung der Windenergie 2009

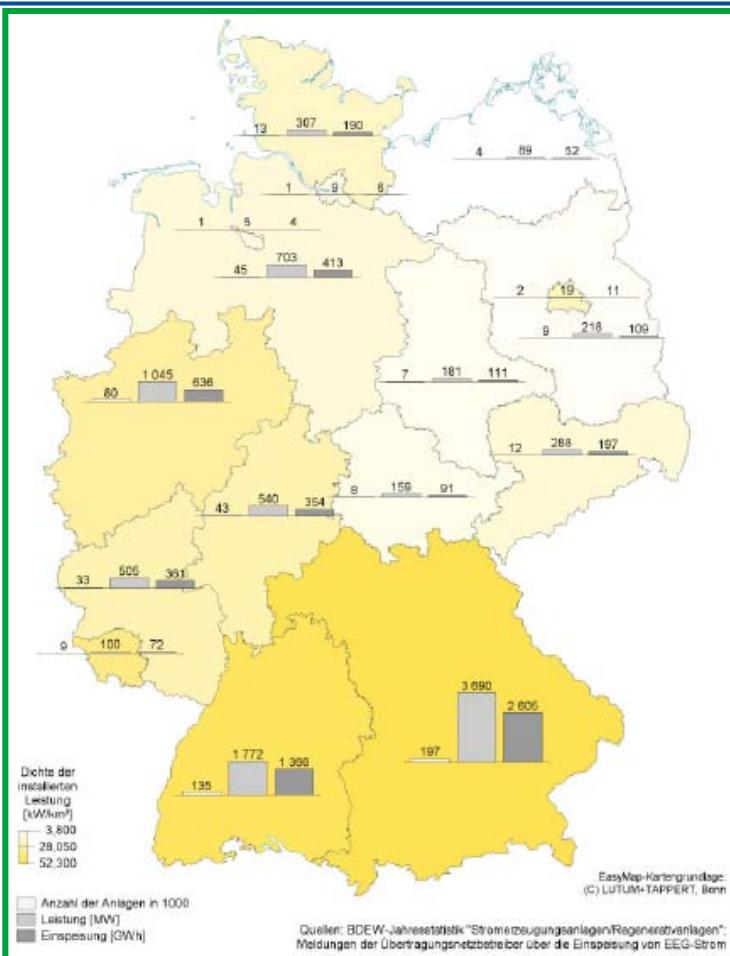


- Dena Netzstudie II: Zubau auf Übertragungsebene von 2015 bis 2020 ca. 3.600 km  
→ Freileitungen sind kostengünstigste Variante (~ 0,946 Mrd. €/a)
- Voraussetzung ist die Umsetzung der dena Netzstudie I → Zubaubedarf auf Übertragungsnetzebene von 2005 bis 2015 ca. 850 km (bislang realisiert 90 km)
- Genehmigungsverfahren (zurzeit ca. 10 Jahre) müssen beschleunigt werden, um Übertragungsnetze schneller auszubauen.
- Netzausbau muss europäisch erfolgen  
→ Eine stärkere Kooperation mit den Nachbarländern in erforderlich!

Quelle: BDEW

## Ausbau in den Verteilnetzen

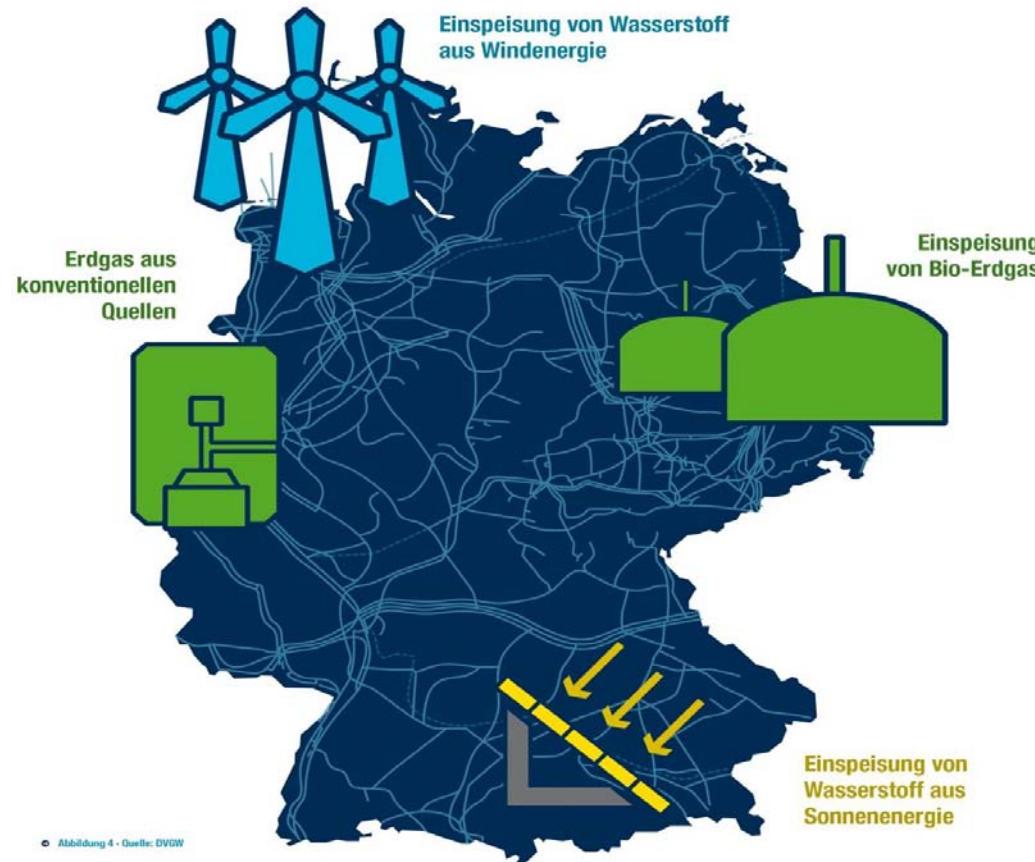
### Nutzung der Photovoltaik 2009



- Neben der Übertragungsnetzebene ist ein Ausbau der Verteilnetze unumgänglich!
  - Wachsender Anteil von Photovoltaik „drückt“ von unten in die übergeordneten Netzebenen
  - Verteilnetze haben mehr Aufgaben als früher, sind intelligent zu gestalten und der Schlüssel für ein zukunftsfähiges Energiesystem.
- Bis 2020 sind Investitionen von 10 bis 27 Mrd. € zum Ausbau der Verteilnetze notwendig (je nach Szenario, ohne Berücksichtigung der Kosten für Smart Grid-Komponenten).

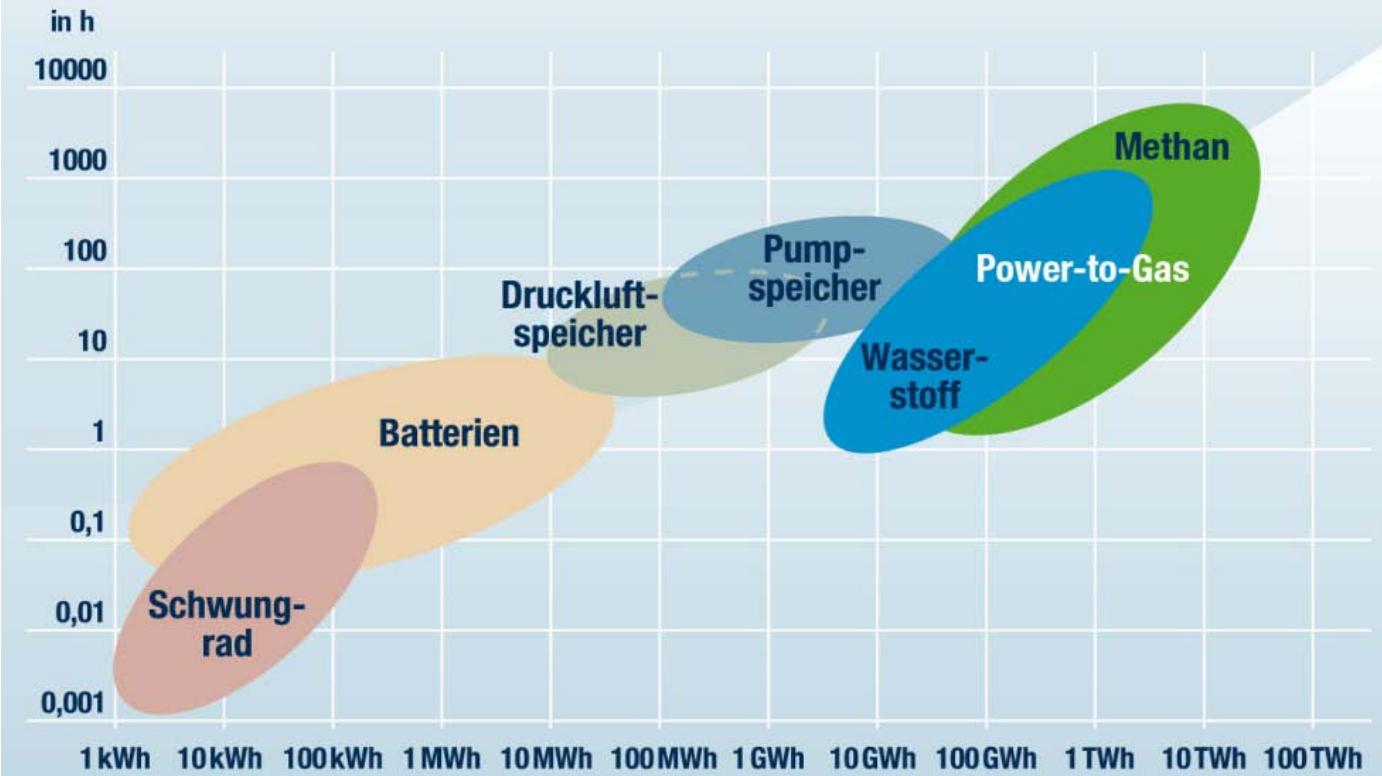
Quelle: BDEW

## Das Gasnetz der Zukunft – ein Sammelsystem: Erdgas, Bio-Erdgas, Gas aus Wind und Sonne



# Speichertechnologien im Vergleich

Gasnetz hat die größten Speicherkapazitäten in Deutschland



## Wasserstoff kann in das Gasnetz eingespeist werden

Das Arbeitsblatt G 260 wird überarbeitet

### Notwendige Speicherung von 10 % des Windstroms bei einer durchschnittlichen Tagesproduktion

**Januartag 2030:** Produktion ca. 1 TWh → Speicherbedarf = 100 GWh

**Junitag 2030:** Produktion ca. 0,24 TWh → Speicherbedarf = 24 GWh

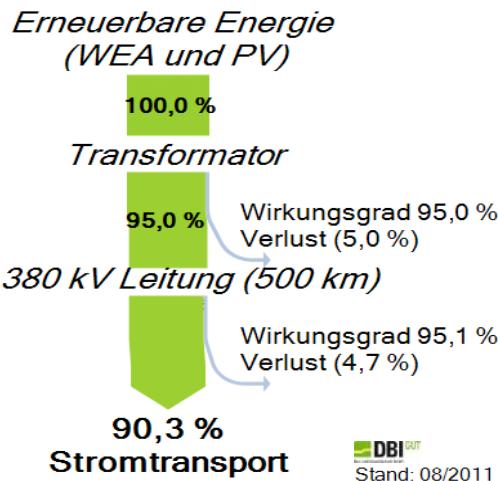
	Elektroauto „V2G“	Pumpspeicher „Goldisthal“	Wasserstoff-Elektrolyseur
Speicherkapazität	30 kWh/PKW	$8,5 \cdot 10^6$ kWh/PSKW	5 kWh/m <sup>3</sup> H <sub>2</sub>
Aufnahmeleistung	4 - 6 kW/PKW	500 MW/PSKW	5 MW/E-Einheit**
	↓	↓	↓
Januartag	4,2 Mio. PKW *	ca. 12 PSKW * (Goldisthal, Füllstand 0%)	ca. 830 Elektrolyseure* 20 Mio. m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> (5,3% Zumischung)
Junitag	1 Mio. PKW *	ca. 6 PSKW *	ca. 200 Elektrolyseure* 4,8 Mio. m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> (2,8% Zumischung)

\* Einheiten, die während des gesamten Tages am Netz verfügbar sein müssen (PKW-Verfügbarkeit 80%)

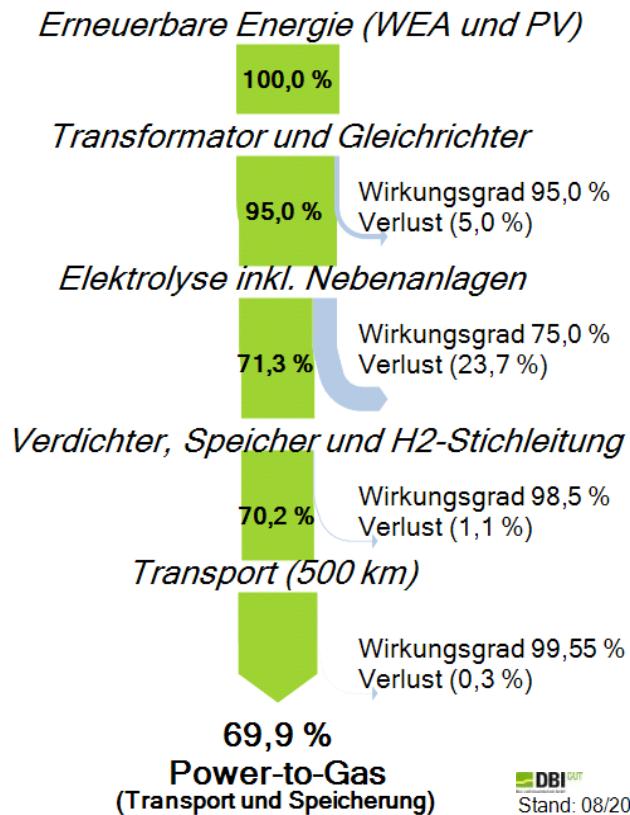
\*\* angenommene Elektrolyseur-Beispielanlage

## Wirkungsgrade

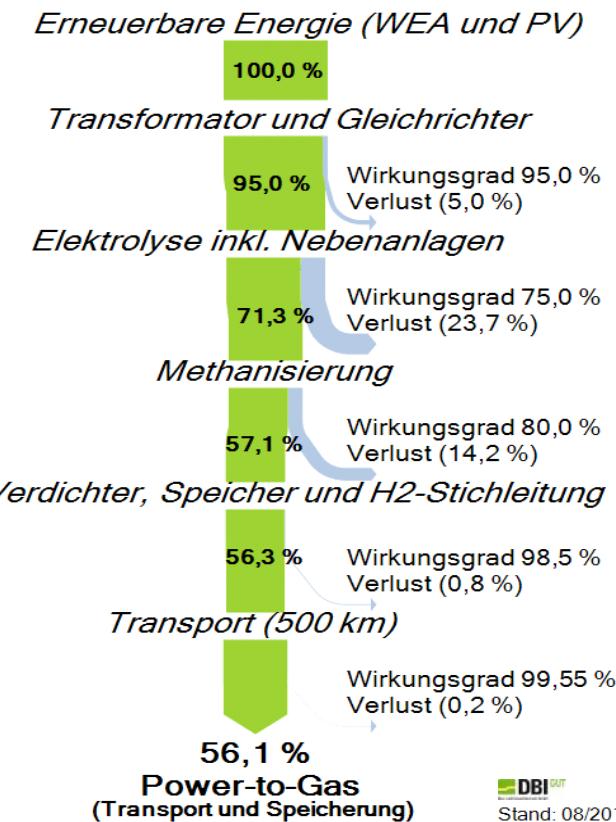
### Stromtransport



### Power-to-Gas „H<sub>2</sub>“



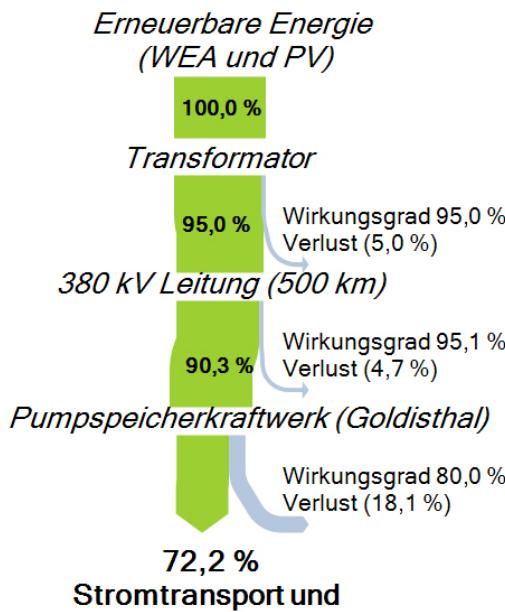
### „Power-to-Gas CH<sub>4</sub>“



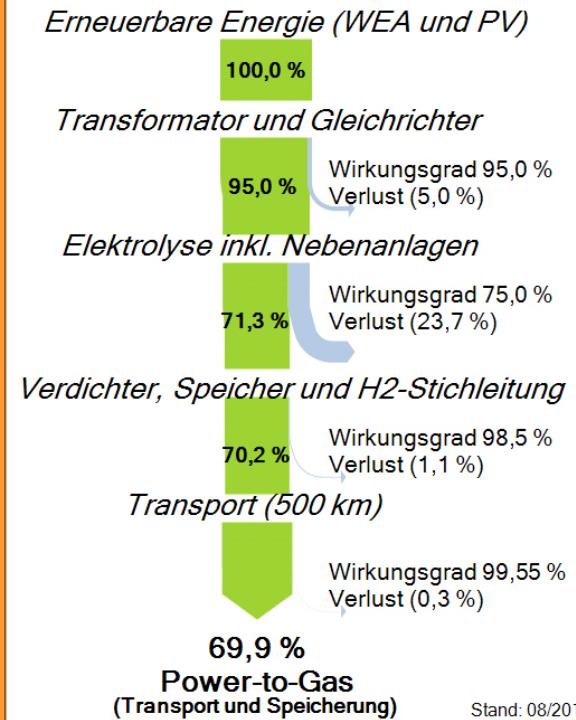
**Strompfad hat erst im Ferntransport Effizienzverluste; Wasserstoffzumischung effizienter als Methanisierung, Methan als Multitalent für Transport und Speicher**

## Wirkungsgrade

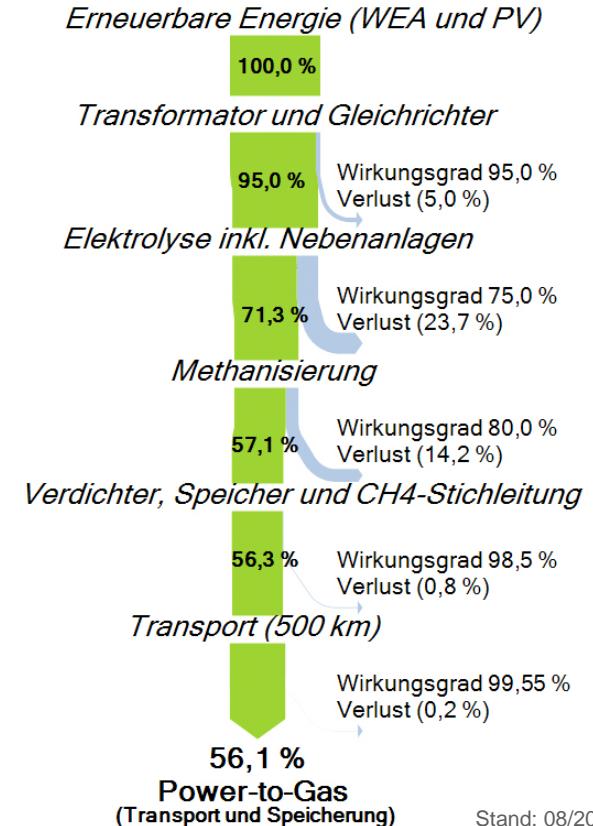
### Stromtransport



### Power-to-Gas „H<sub>2</sub>“



### „Power-to-Gas CH<sub>4</sub>“



Quelle: DBI GUT GmbH

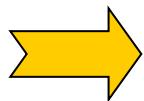
**Zwischenspeicherung im Strompfad erhöht die Effizienzverluste!**

## Gas (Erdgas, Biogas, Wasserstoff, Methan)

ist ein wesentlicher Bestandteil eines zukünftigen Energiesystems

### Die 4 Kernelemente sind:

1. Biogas als grundlastfähige regenerative Energie
2. Aufnahme und Speicherung von Wasserstoff und Methan im Gasnetz zur Stabilisierung der Stromnetze
3. Stromgeführte Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit hoher Effizienz zur Ausregelung von Windenergie und Photovoltaik
4. Intelligente Nutzung der Abwärme aus dezentraler KWK



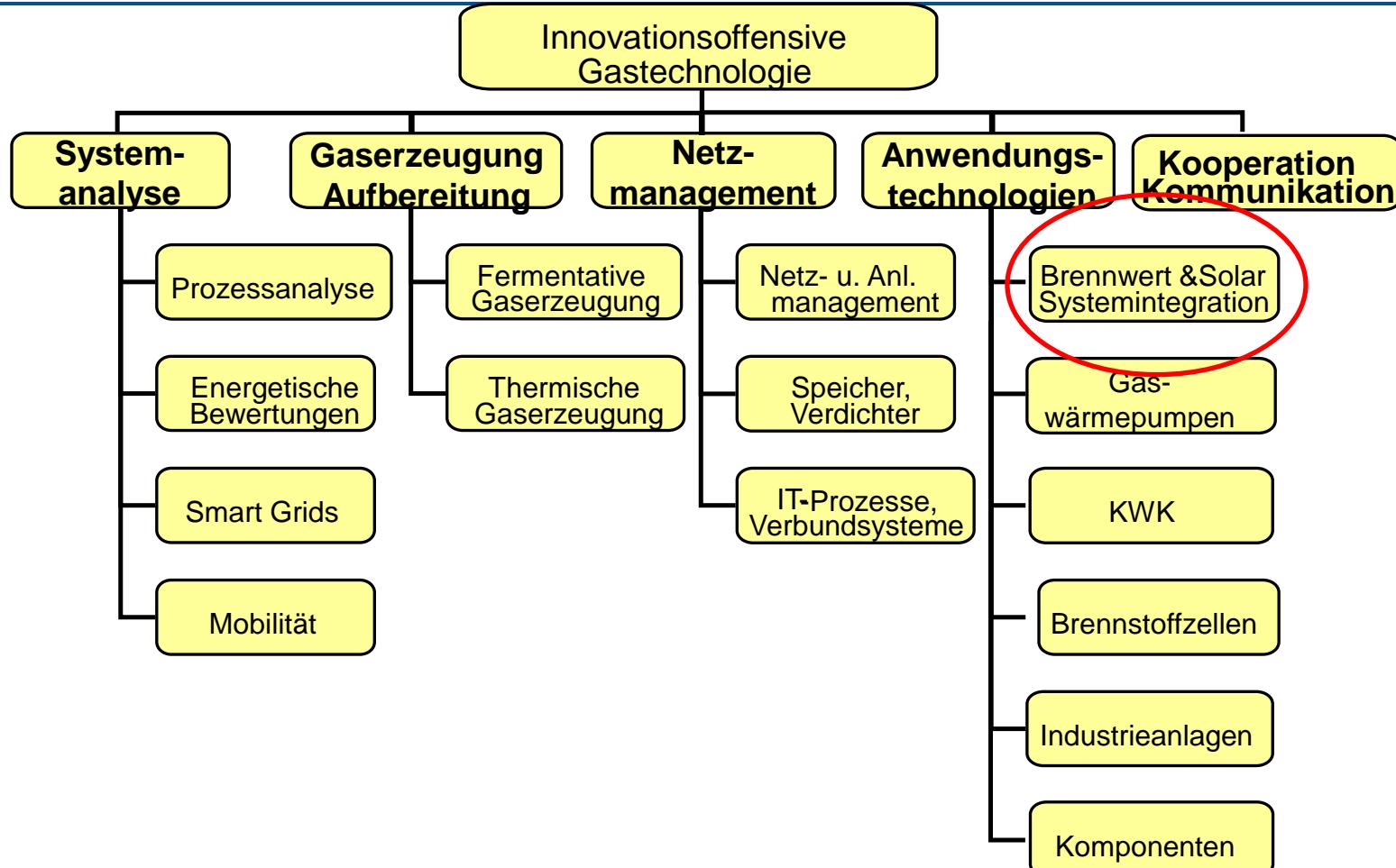
**Reduktion des Ausbaus von Strom-Transittrassen  
Vollständige Nutzung des regenerativen Stroms**

## Gliederung

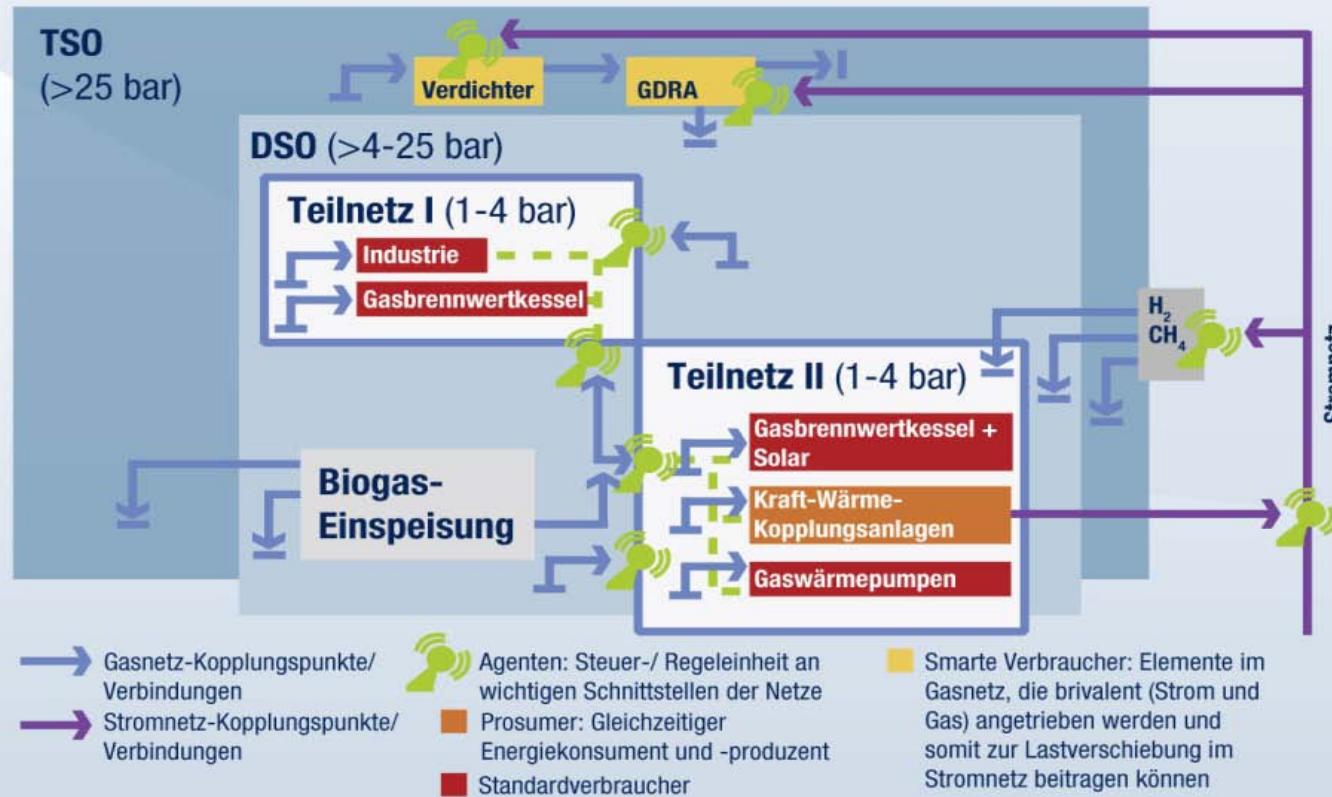
- Das energiewirtschaftliche Umfeld
- Konzeptentwicklung
- Die DVGW-Innovationsoffensive
- Neue Ergebnisse

## Die DVGW-Innovationsoffensive

ist technologisch umfassend und wirkt integrativ

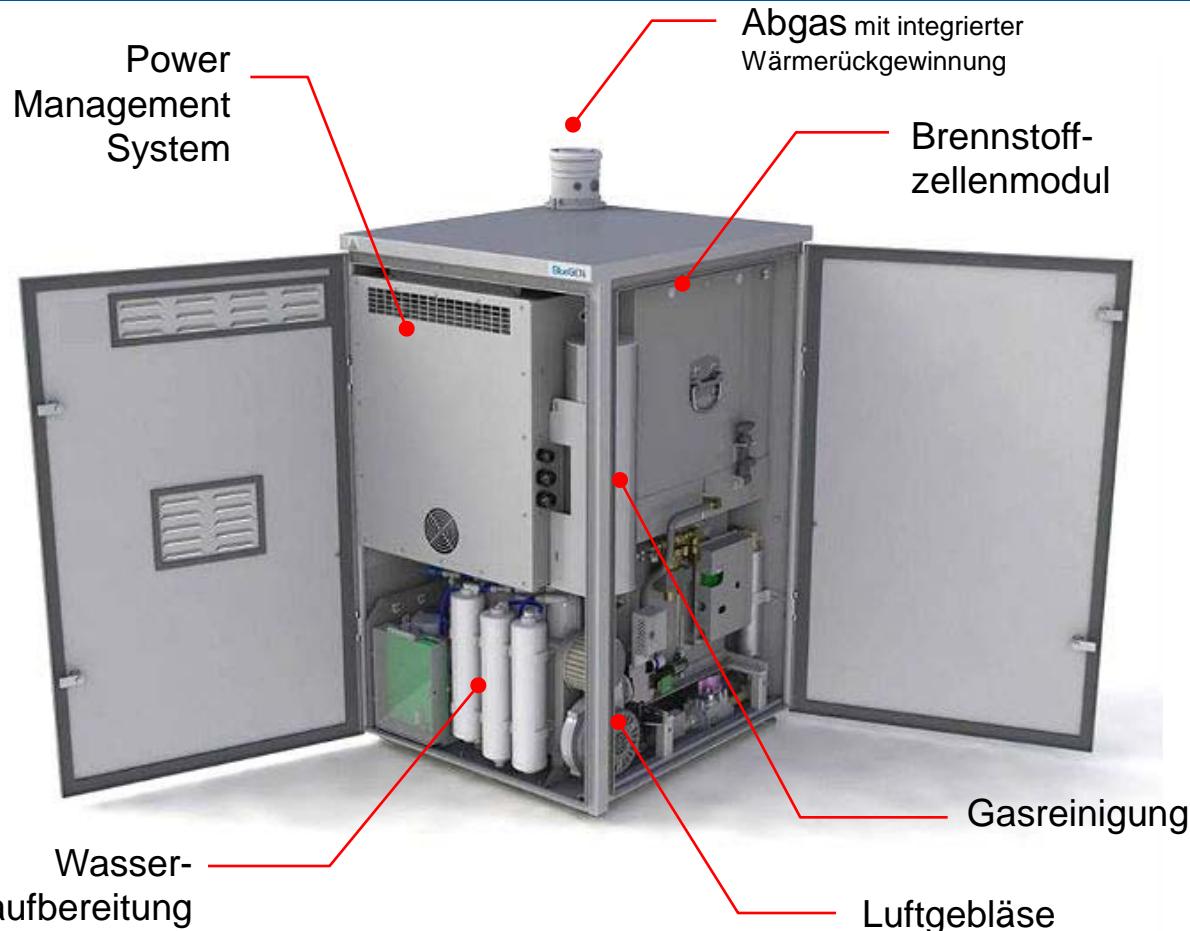


## Schematische Darstellung der Elemente von Smart Gas Grids



## KWK – Brennstoffzellen

Beispiel BlueGen: Im Versuchshaus des Gaswärme-Instituts seit Juni 2010 im Dauerbetrieb

**BlueGEN**

Quelle: CFCL GmbH

## Speichermöglichkeiten thermischer Energie

**Die Wärmespeicherung ist auf dem Weg zu  
einem *stromgeführten KWK-Betrieb* eine zentrale Herausforderung,  
die schnell, umfassend und wirtschaftlich gelöst werden muss!**



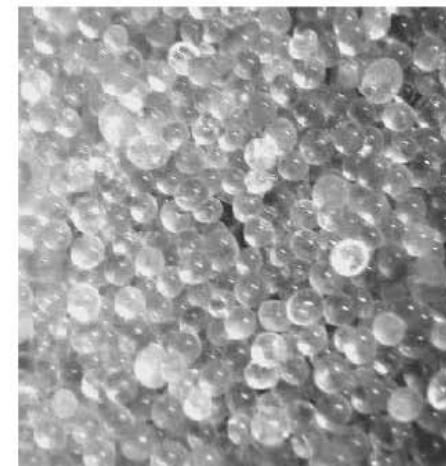
Bildquelle: 1

thermische Speicher  
(Warmwasserspeicher)  
max. Energiedichte:  
ca. 50 – 60 kWh /m<sup>3</sup>



Bildquelle: 2

Phasenwechselspeicher  
(PCM-Speicher)  
max. Energiedichte:  
ca. 50 – 120 kWh /m<sup>3</sup>



Bildquelle: 3

physikalisch-chemische  
Speicher (Sorbentien)  
max. Energiedichte:  
ca. 200 – 250 kWh /m<sup>3</sup>

Quelle: Prof. Dr. Bernhard Lenz, 2010

\*: Energiedichten bei einer angenommenen Spreizung von 50 K

1: Thermischer Speicher; Bernhard Lenz, Frankfurt

2: PCM verkapselt; Fa. Ewald Dörken, Herdecke

3: Silicagel orange; Michael Opsölder, „Wikimedia Commons“

## Gliederung

- Das energiewirtschaftliche Umfeld
- Konzeptentwicklung
- Die DVGW-Innovationsoffensive
- Neue Ergebnisse

## Szenarien für die Hausenergieversorgung

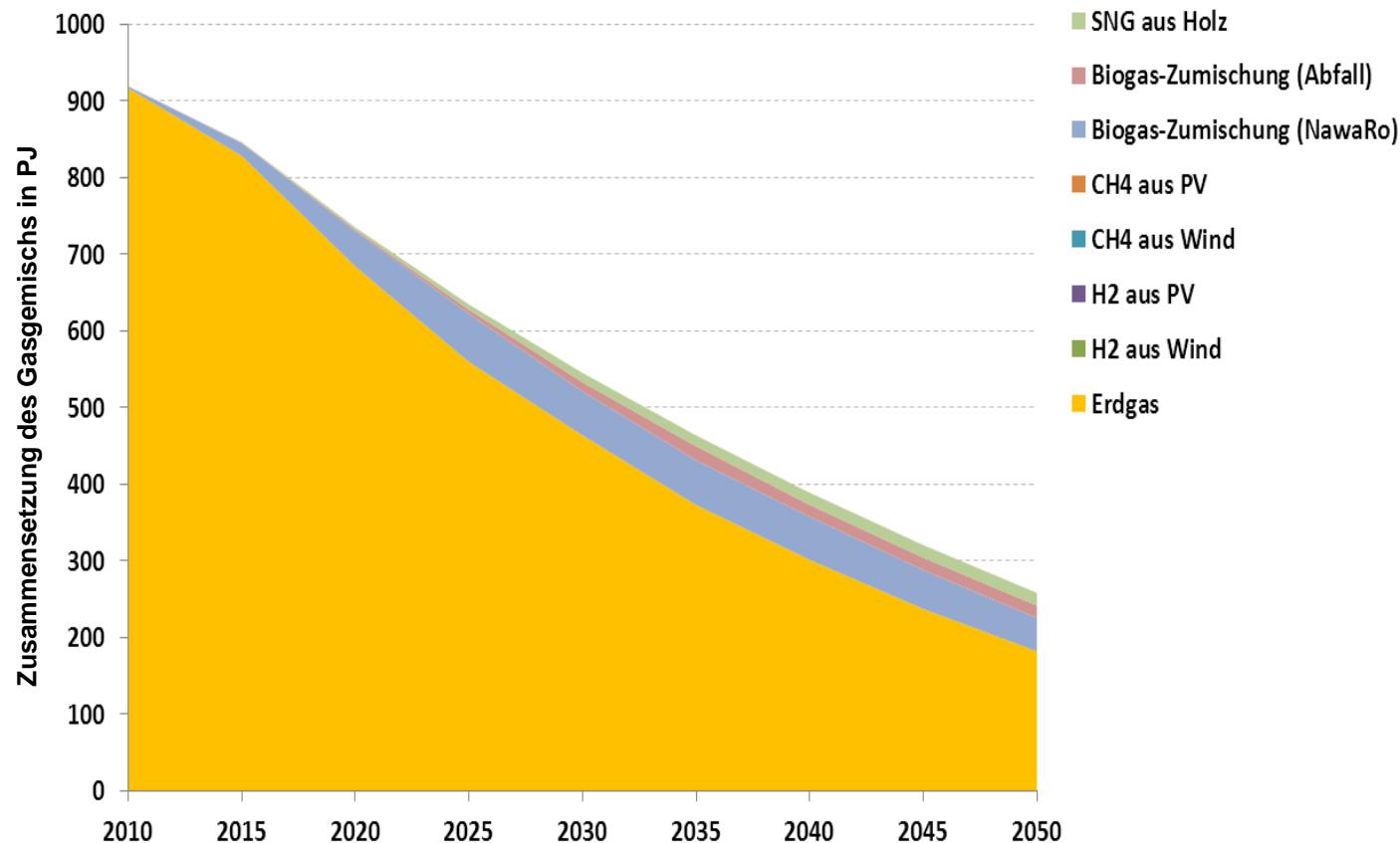
Trend	Innovationsoffensive Gas	Energiekonzept
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fortschreibung der aktuellen politischen Instrumente zur gebäudeseitigen Sanierung (Effizienzstandards EnEV 2009)</li> <li>▪ Fortschreibung der heutigen Sanierungsrate von 1%/a mit moderater Erhöhung ab 2030 auf 1,5 %/a</li> <li>▪ Einsatz von Heizungssystemen (Neubau, Altbau), Fortschreibung mit Erneuerungszyklus von 25 a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ähnlich wie Trend</li> <li>▪ ähnlich wie Trend</li> <li>▪ Forcierte Nutzung gasbasierter Heizungssysteme mit verkürztem Erneuerungszyklus von 20a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implementierung der gebäudeseitigen Maßnahmen des Energiekonzepts (Sanierungsfahrplan 2050)</li> <li>▪ Verschärfung der Effizienzstandards der EnEV in 2013 und 2020 im Alt- und Neubaubereich um je 30% und Verdopplung der Sanierungsrate und Effizienz ab 2015</li> <li>▪ Einsatz von Heizungssystemen (Neubau, Altbau), Fortschreibung mit Erneuerungszyklus von 25 a</li> </ul>
<b>Sensitivitätsvarianten</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steigerung der Sanierungsrate und Effizienz wie im Szenario Energiekonzept</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Forcierte Nutzung gasbasierter Heizungssysteme wie im Szenario Innovationsoffensive</li> </ul>

## Maßnahmen

Trend	Innovationsoffensive Gas	Energiekonzept
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm (KfW)           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieeffizient Bauen</li> <li>- Energieeffizient Sanieren</li> </ul> </li> <li>▪ Städtebauförderung           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stadtumbau West</li> <li>- Stadtumbau Ost</li> </ul> </li> <li>▪ Marktanreizprogramm EE</li> <li>▪ EnEV 2009</li> <li>▪ EEWärmeG 2009</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einsatz von hocheffizienten Gastechniken</li> <li>▪ Verstärkte Nutzung von gasförmigen EE</li> <li>▪ Ausweitung des EEWärmeG auf den Altbau (nach Vorgabe Baden-Württemberg)</li> <li>▪ Ökodesignrichtlinie für Heizkessel und Warmwasserbereiter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Förderprogramm Energetische Städtebausanierung</li> <li>▪ Steigerung der Förderungen im KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“</li> <li>▪ Novellierungen der EnEV 2009</li> <li>▪ Novellierung EEWärmeG: Verbesserung der Bedingungen zur Einspeisung von Biogas</li> <li>▪ Ökodesignrichtlinie für Heizkessel und Warmwasserbereiter</li> <li>▪ Wärme-Contracting im Mietwohnungsmarkt</li> </ul>

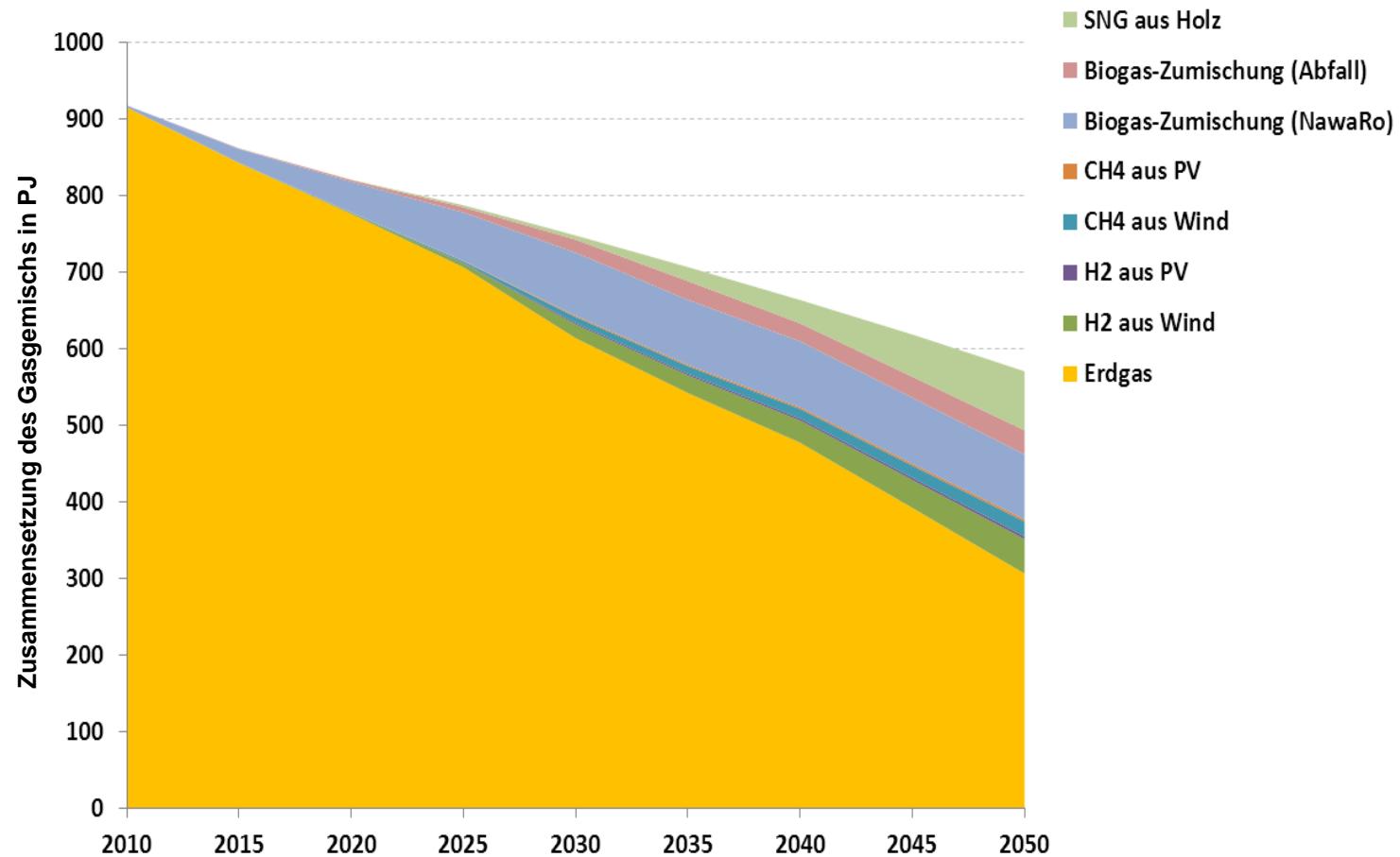
## Ergebnisse

### Szenario-Energiekonzept: Zusammensetzung des Gasgemischs



## Ergebnisse

### Szenario-Innovationsoffensive: Zusammensetzung des Gasgemischs



## Ergebnisse

	<b>Energiekonzept</b>	<b>Innovationsoffensive Gas</b>
▪ Mehrinvestitionen		
-> Heizungen im Bestand	185,3 Mrd. €	72,7 Mrd. €
-> Heizungen im Neubau	-/-	69,2 Mrd. €
-> Wärmedämmungen im Bestand	182,7 Mrd. €	3,5 Mrd. €
-> Wärmedämmungen im Neubau	2,6 Mrd. €	-/-
▪ Energiekosten	-111,0 Mrd. €	- 44,1 Mrd. €
▪ Erlöse KWK-Gutschrift	- 1,4 Mrd. €	25,4 Mrd. €
▪ Gesamtkosten	75,6 Mrd. €	3,2 Mrd. €
▪ CO <sub>2</sub> -Emissionen (mit KWK-Gutschrift*)	-640 Mio. tCO <sub>2</sub>	-555 Mio. tCO <sub>2</sub>
▪ Spezifische Vermeidungskosten	<b>118 €/tCO<sub>2</sub></b>	<b>6 €/tCO<sub>2</sub></b>

\*) Kraftwerk-Mix nach Energieszenarien



A scenic view of a large, calm lake under a clear blue sky. In the foreground, a concrete structure with a green railing is visible on the right side, partially cut off by the frame. The water is a deep blue, and the far shore is lined with a dense forest. The overall atmosphere is peaceful and natural.

**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit**