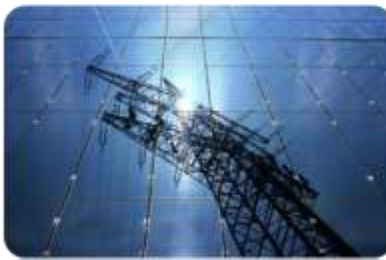


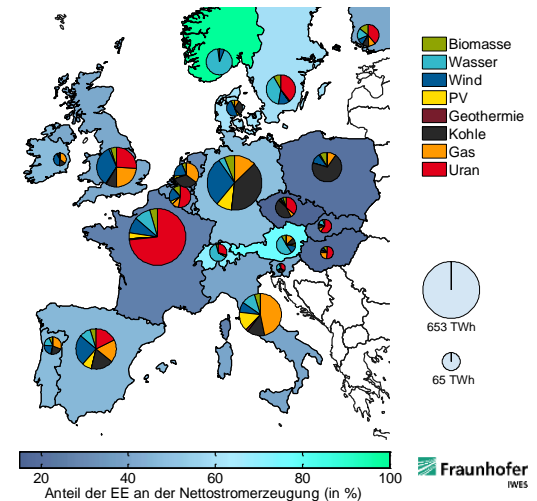
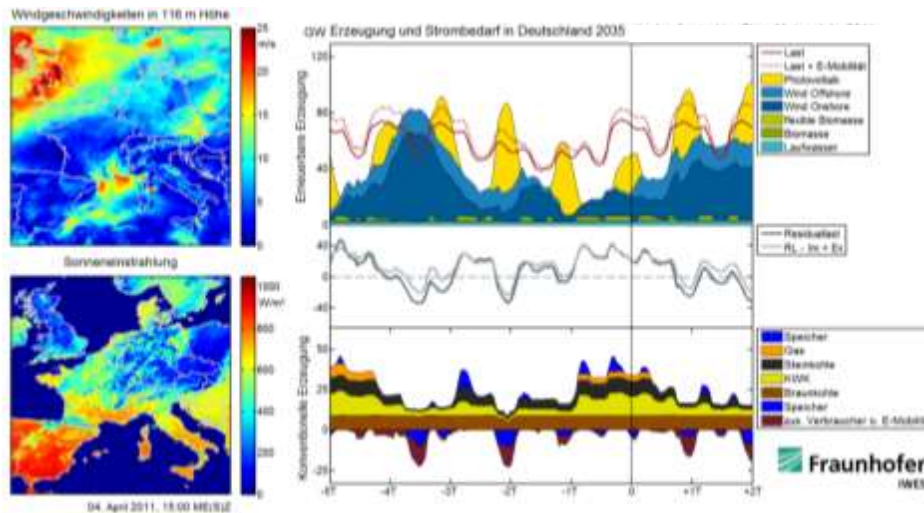
Power-to-Gas als Möglichkeit der Langzeitspeicherung erneuerbarer Energien und Nutzung zeitweiliger regenerativer Überschussleistung

Jochen Bard, Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, Kassel

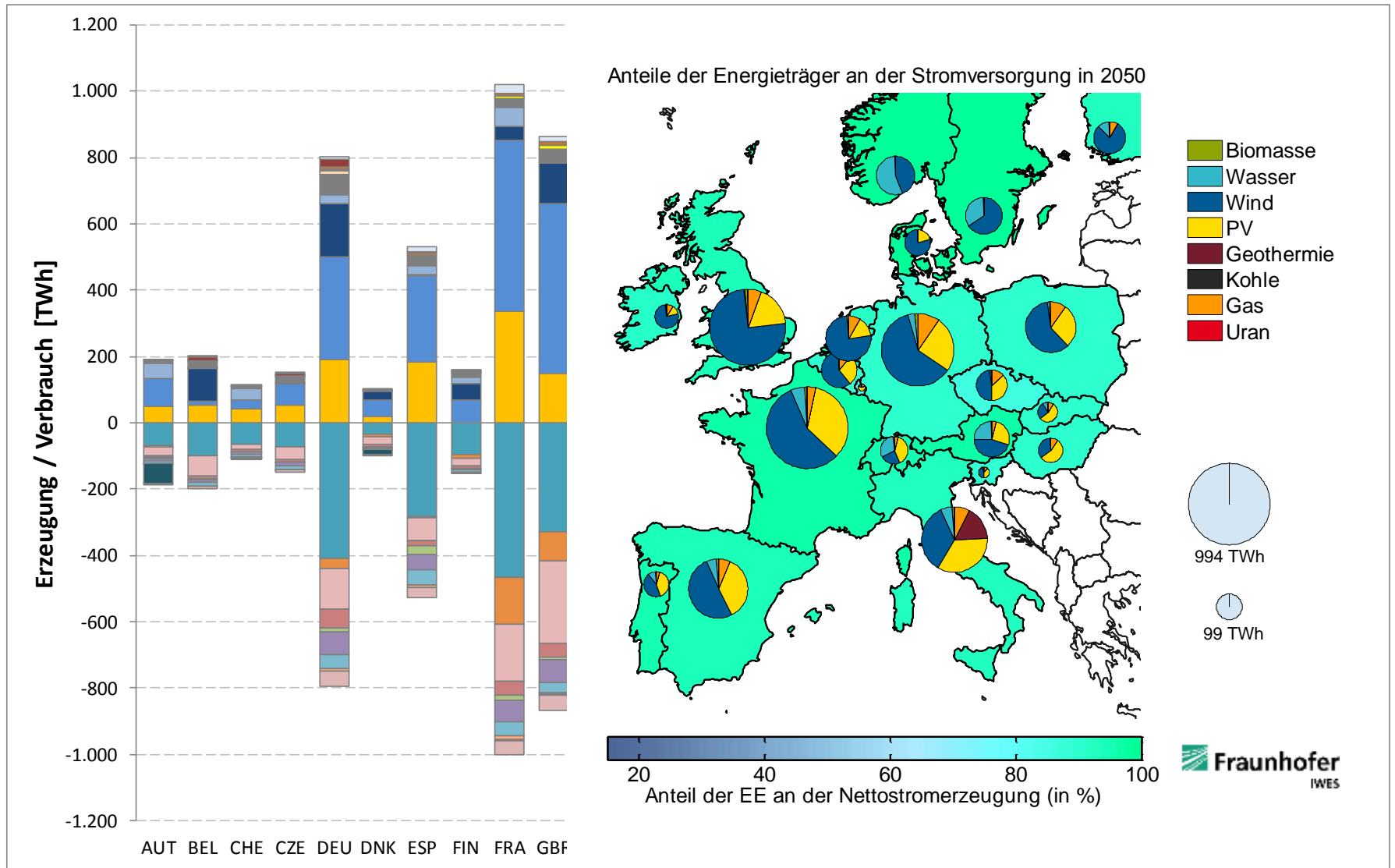


Herausforderungen der Energiewende aus systemtechnischer Sicht

- Randbedingung: Versorgungssicherheit bei Einhaltung Klimaziele D & EU
- Anforderung: Flexibilität bei Erzeugung und Verbrauch
- Koppelung: Strom-Wärme-Verkehr
- Bewertung: Technologien im zukünftigen Markt
- Herausforderung: wirtschaftliche Optimierung
- Optimierung: EE-Ausbau, Netze, Speicher



Europa 2050 - Stromverbrauch und -erzeugung

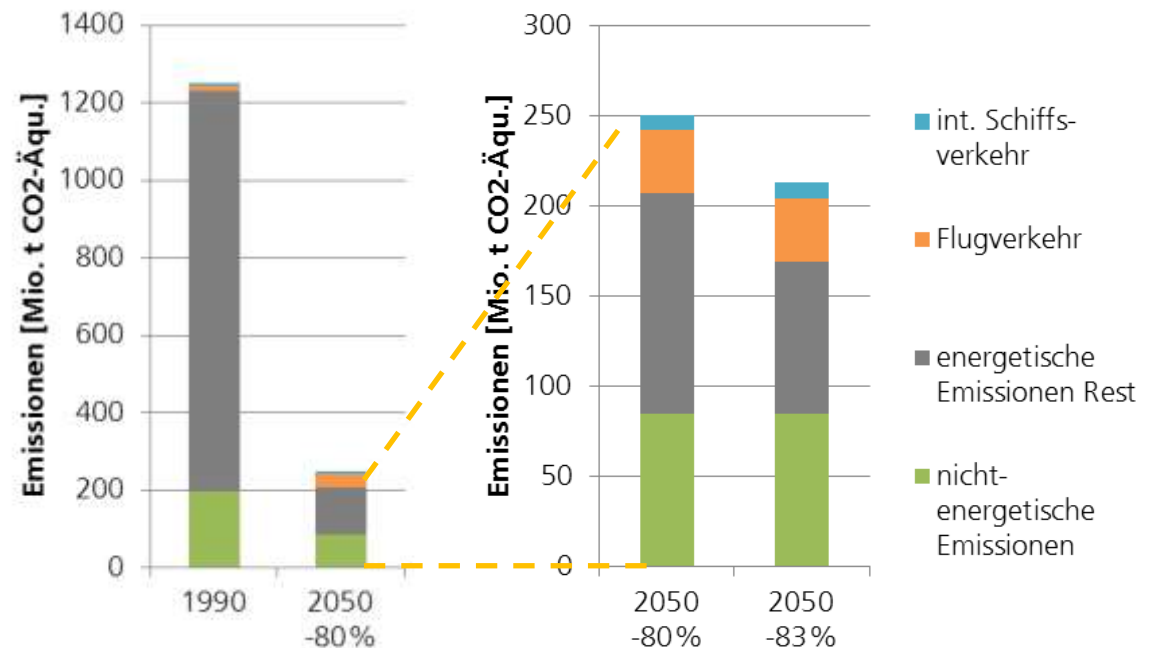


Treibhausgasziele und Konsequenzen

- Ein THG-Minderungsziel von - 80% bis 2050 erfordert für Deutschland eine Einsparung um ca. -83%
- Berücksichtigung Emissionen außerhalb des Energiesektors und internationaler Verkehrsanteils (Steigerung Flugaufkommen, nicht elektrifizierbar) → geringe zulässige Emissionen für Energie
- Begrenzte Biomasse: 2 Mio. ha NaWaRo

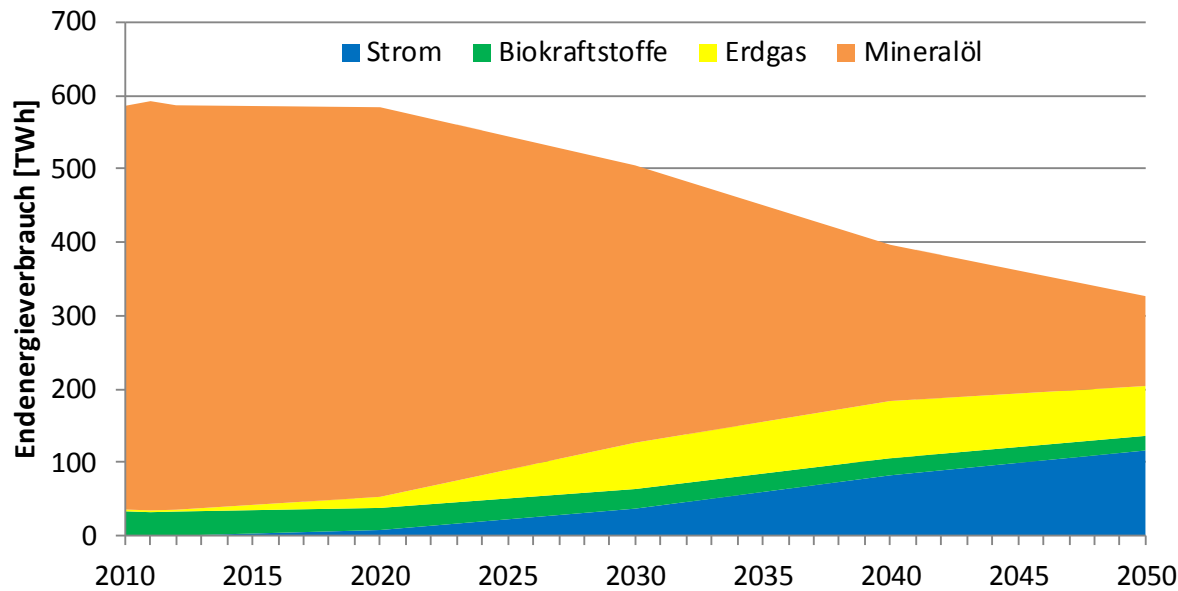
→ Strom als zukünftiger „Primärenergieträger“

→ Effizienzsteigerung durch neue Stromanwendungen wie E-Mobilität und Wärmepumpen

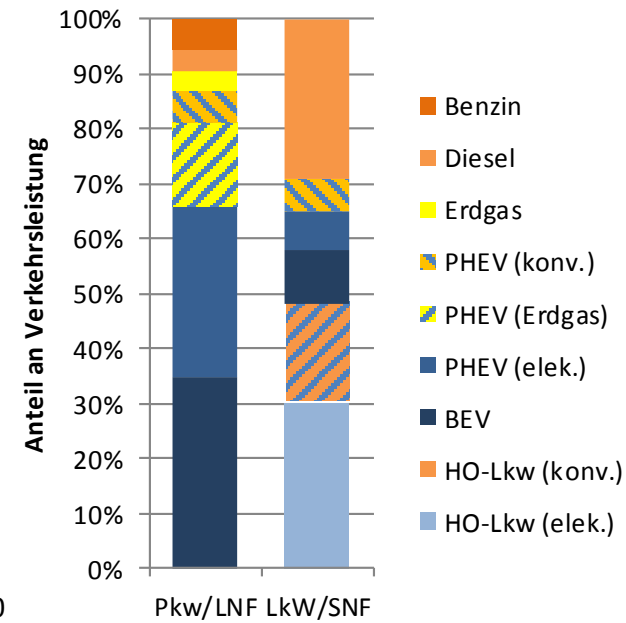


Kosten- und Energieeffizientes Verkehrsszenario

- Steigerung Stromverbrauch Verkehr auf 111 TWh in 2050 (exkl. Bahn)
 - Sehr hoher Anteil E-Pkw
 - Kombination von Plug-In-Hybrid mit CNG
 - Oberleitungs-LKW
- Biomasse – Fokus Biokraftstoffe
- Entwicklung Straßenverkehr
Energieverbrauch Heute → 2050



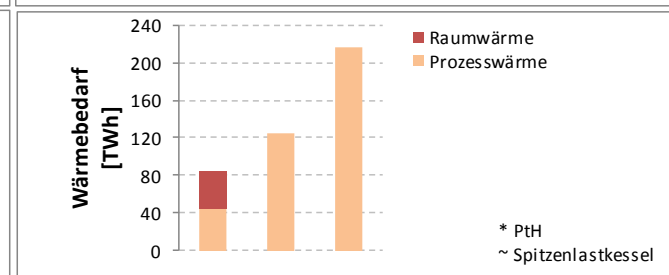
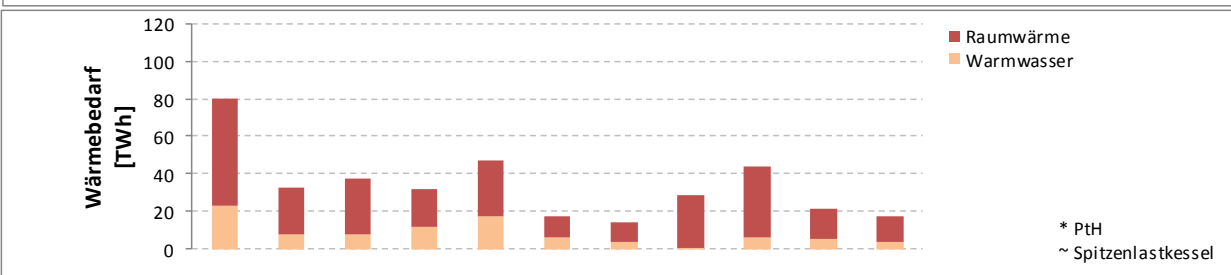
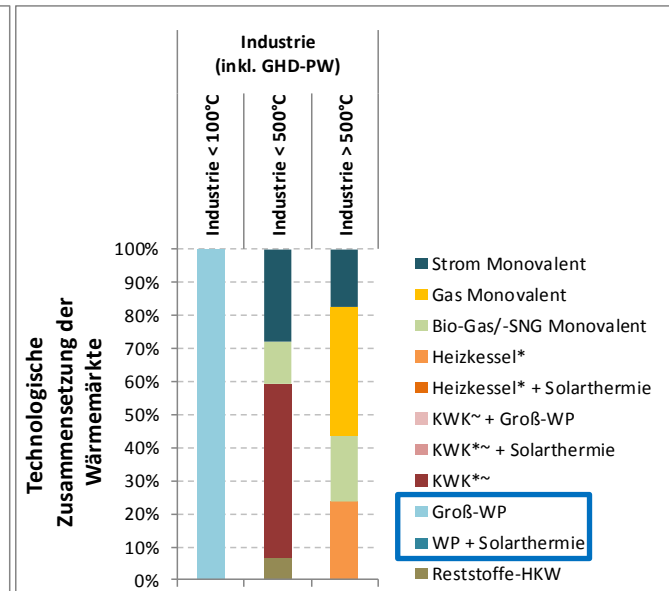
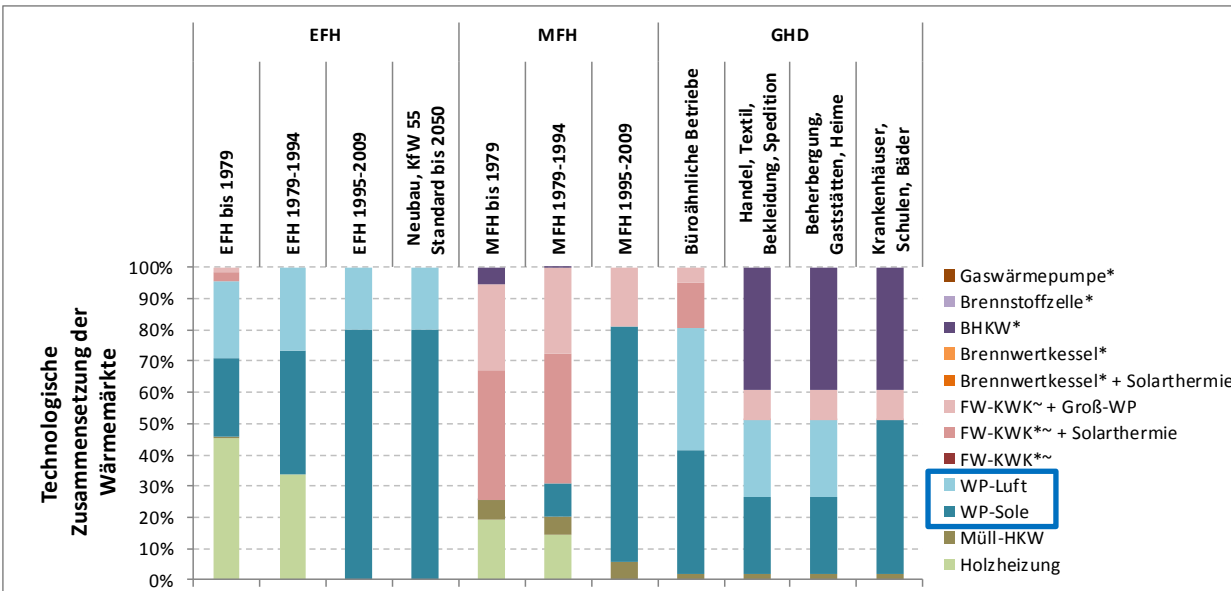
Verkehrsleistung 2050



Deutschland 2050 - Wärmemarkt

Jahresbilanz – Deckungsanteile und Technologie

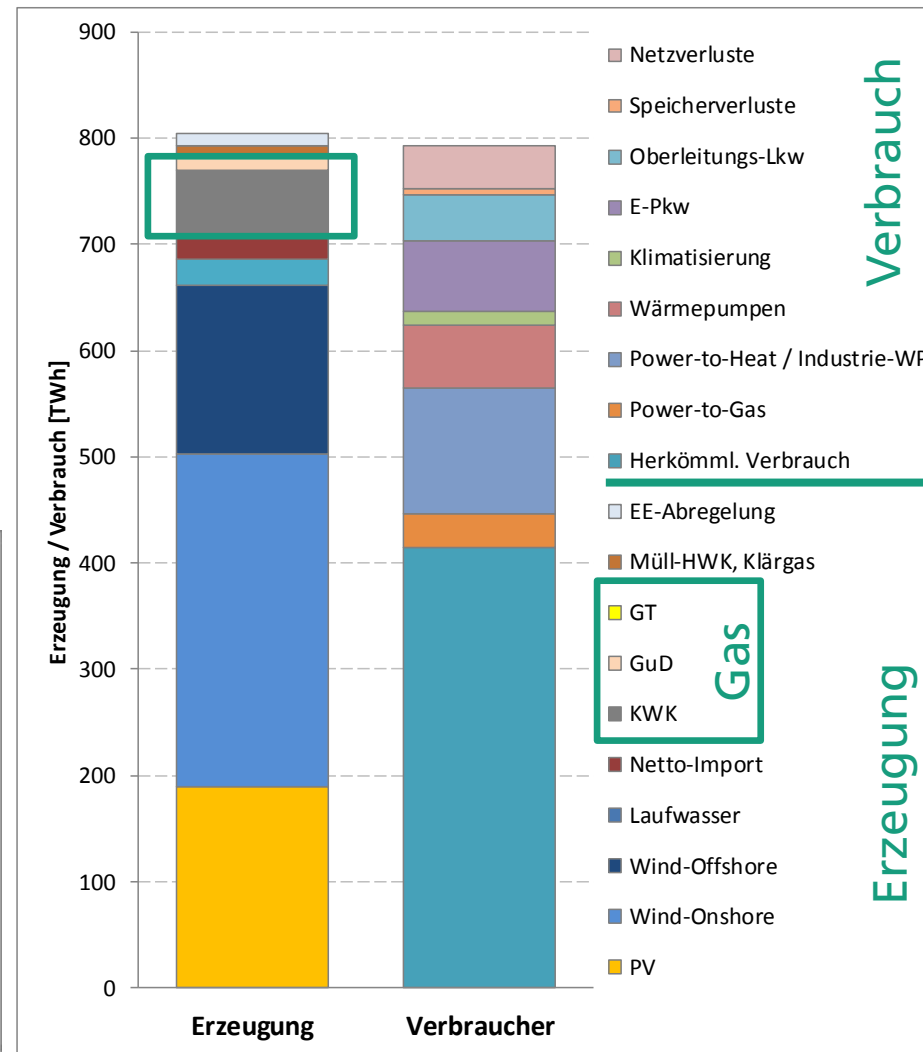
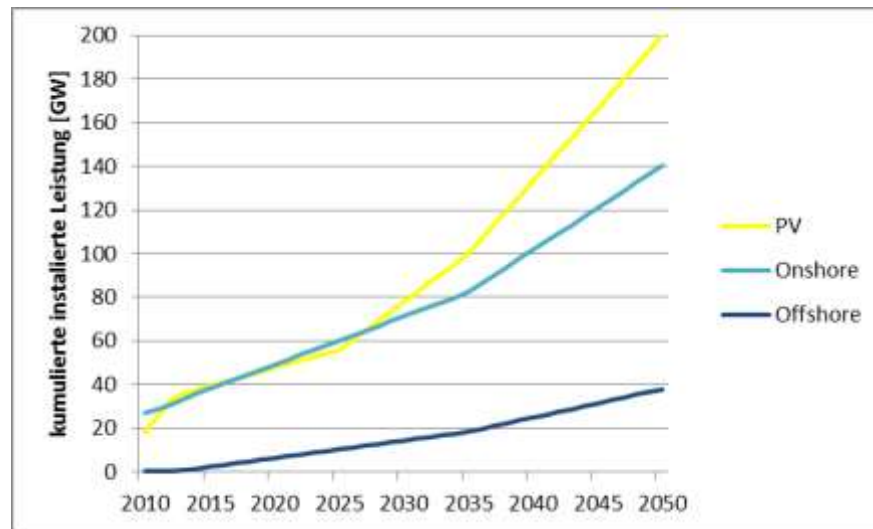
Haushalte und Gewerbe ← → Industrie



→ Hohe Bedeutung von Wärmepumpen und KWK-Systemen

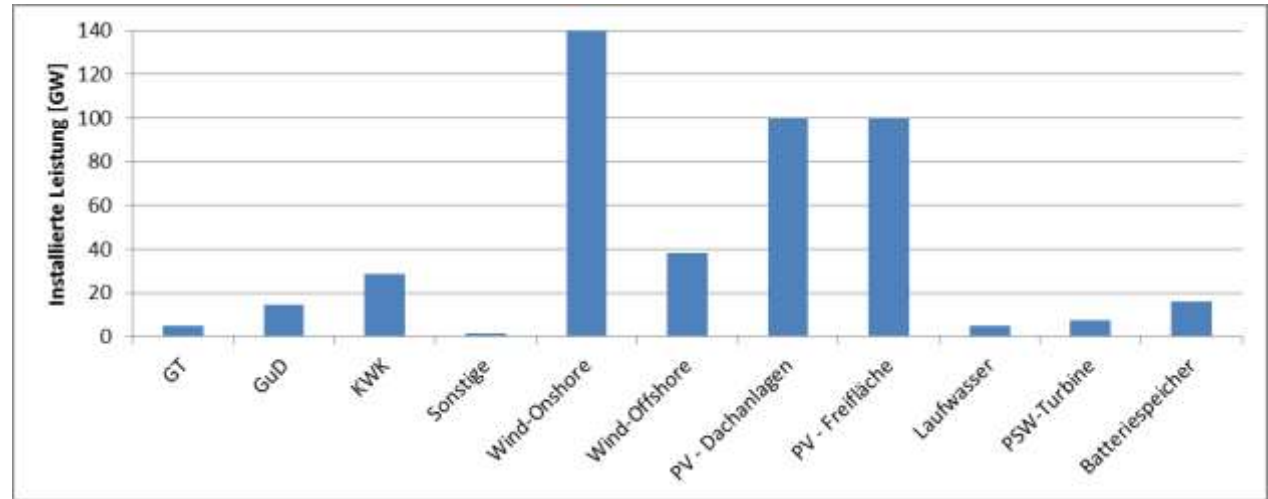
Deutschland 2050: Stromverbrauch und -erzeugung

- Optimales Energiesystem 2050: Steigerung Nettostromverbrauch von heute 557 TWh auf 793 TWh
- Rückwirkungen auf den EE-Ausbau
 - Langfristig ist ein hoher PV-Anteil wirtschaftlich
 - Mittelfristig müssen PV-Ausbauziele erhöht werden → am Beispiel des Netzentwicklungsplanes 2015



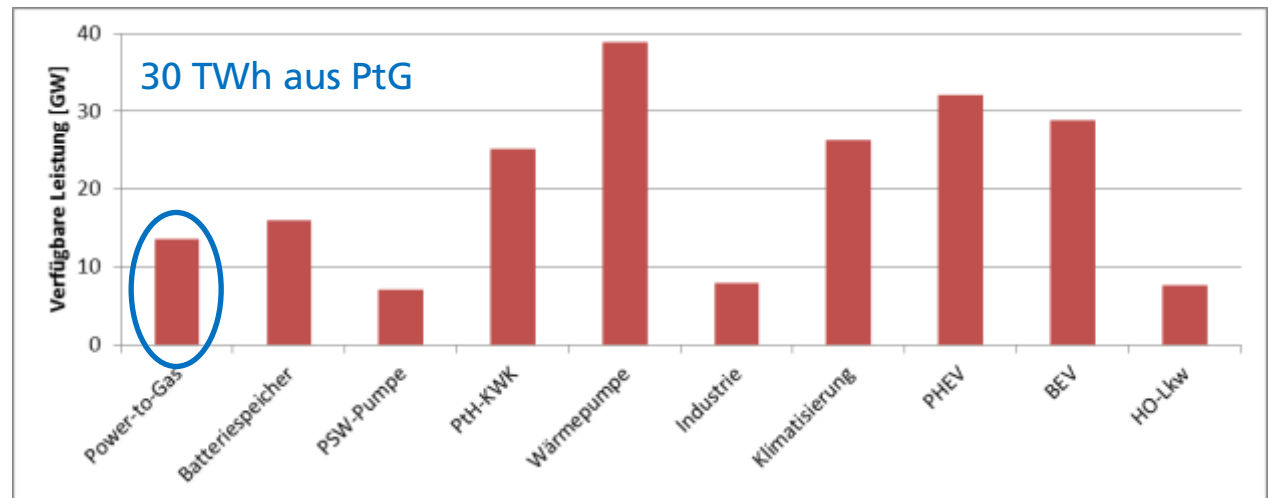
Deutschland 2050: Installierte Leistungen

- einer hohen fluktuierenden Erzeugungsleistung...

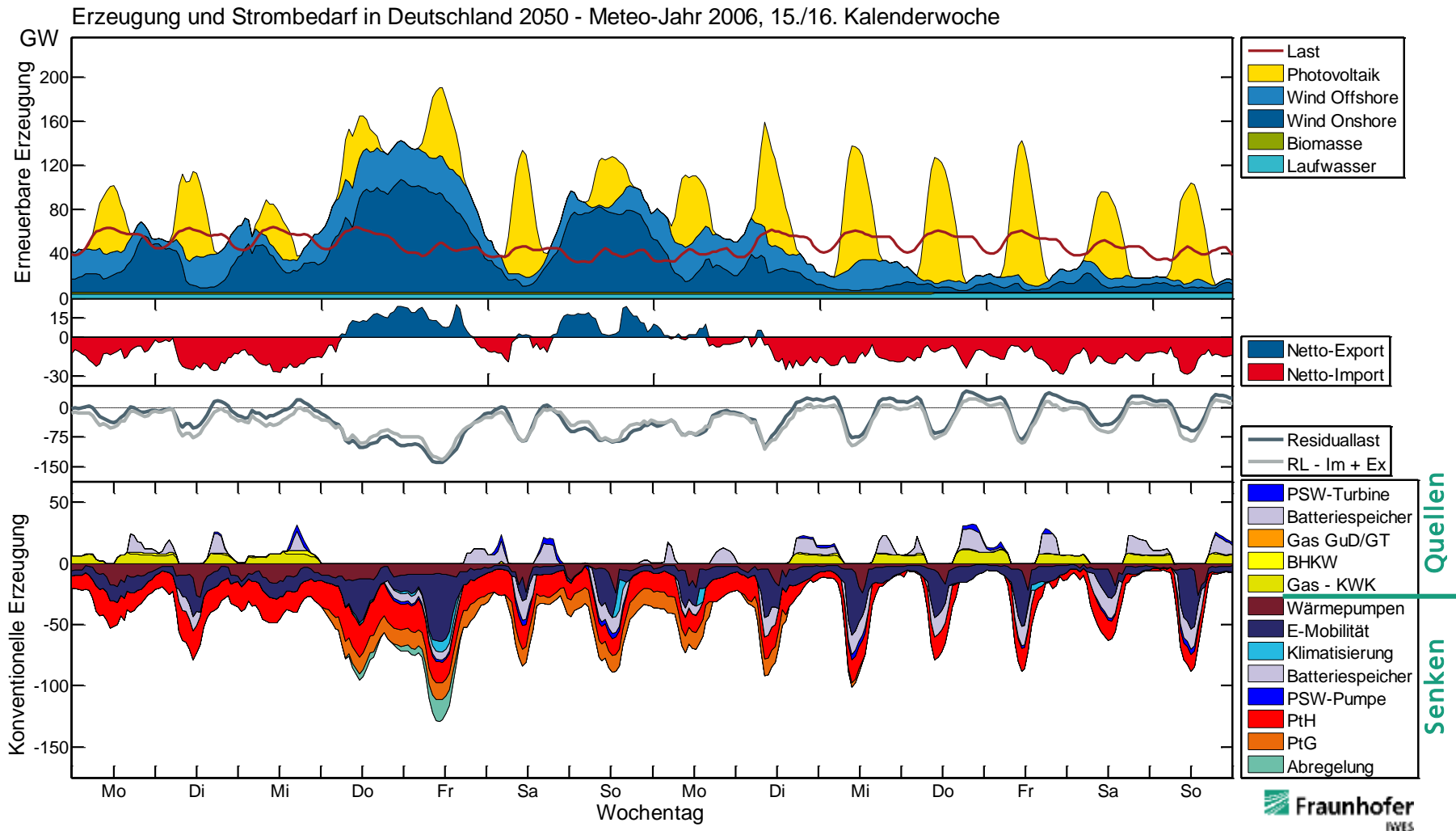


- ...steht ein flexibler Stromverbrauch gegenüber

→ Wind- und PV können effizient ins System integriert werden

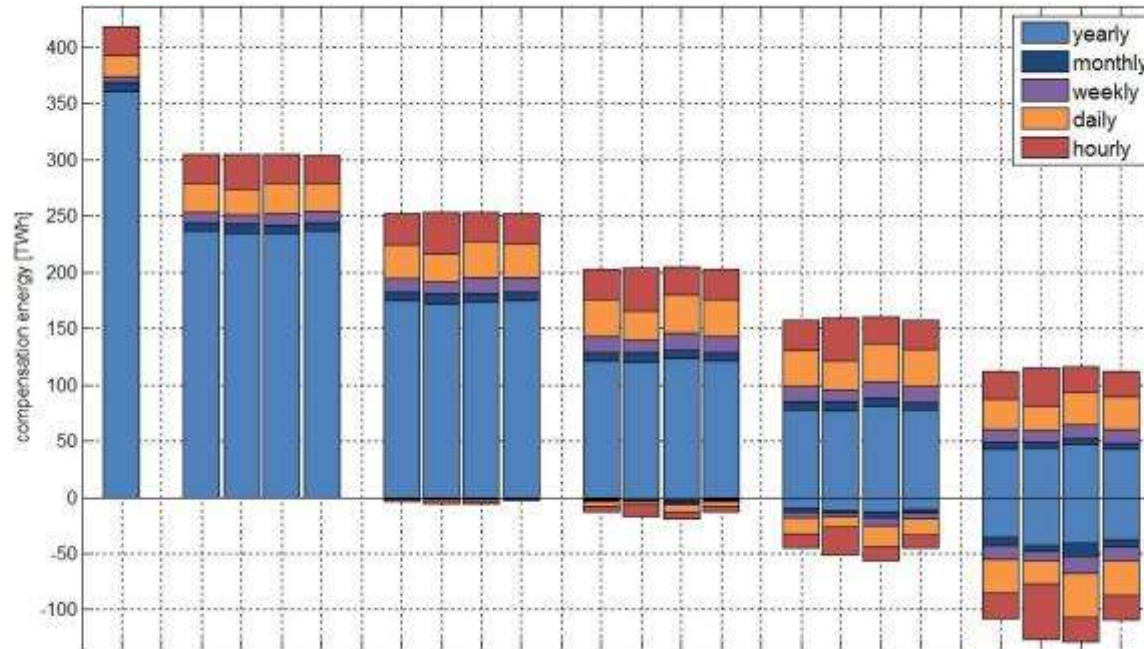


Zusammenwirken der Komponenten über den Strommarkt



BMU Leitstudie 2011

Entwicklung der Residuallast in Abhängigkeit des EE Anteils



Anteil EE [%]

40

50

60

70

80

„Strom-
überschüsse“

ca. ab 2030 relevante Überschussmengen für Langzeitspeicher zu erwarten

Ausgleichsmaßnahmen für Fluktuationen

■ Erzeugungs- und Lastmanagement

- Flexible Kraftwerke (Gas, Biogas)
- Flexibler Verbrauch

1

■ Transport

- Netzausbau
- Europäisches Netz für Strom und Gas

2

■ Speicher

- Kurzzeit (Tage): Pumpspeicher, Druckluft, Batterien
- Langzeit (Saisonal):
 1. (Pump)Speicher in Skandinavien,
 2. Wind / Solarstrom im Gasnetz
als erneuerbares Gas (Methan, Wasserstoff)

3

Power-to-Gas

Energiespeicherung durch Kopplung der Energienetze

Stromnetz

Übertragungskapazität
Einstellige GW

0,04 TWh_{el}

Gasnetz

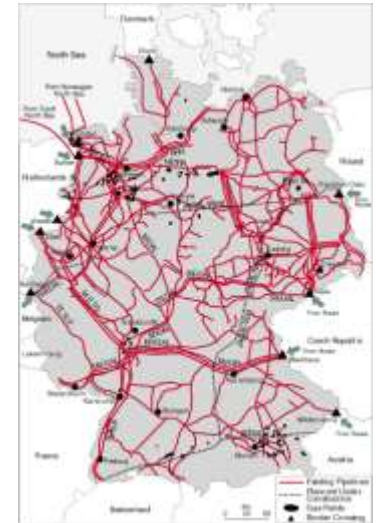
Zweistellige GW

Speicherkapazität
220 TWh_{th}

Vor- und Nachteile

- + **Hochwertige Energie**
Hochpreisige Energie
- Strom kaum speicherbar
- + **Direkte Nutzung hocheffizient**
- AC-Übertragungsverluste
3-10% / 1000km

- + **Universeller Energieträger**
Niedrigpreisige Energie
- + **Große Speicher**
- Umwandlungsverluste hoch
- **Übertragungsverluste 0,5% / 1000 km**
H₂ Grenzen heute:
2% KFZ; 1% Gas-KW und Speicher



Erhöhter Ausgleichsbedarf im zunehmend erneuerbaren Energiesystem

Zeitliche Ausgleichsmaßnahmen

- Flexibilisierung der Erzeugung (Verringerung von Must-Run Erzeugung)
- Lastmanagement (Industrie, Haushalte, E-KFZ)
- Speicher (PSW, Batterien, Power-to-Gas)

Räumliche Ausgleichsmaßnahmen

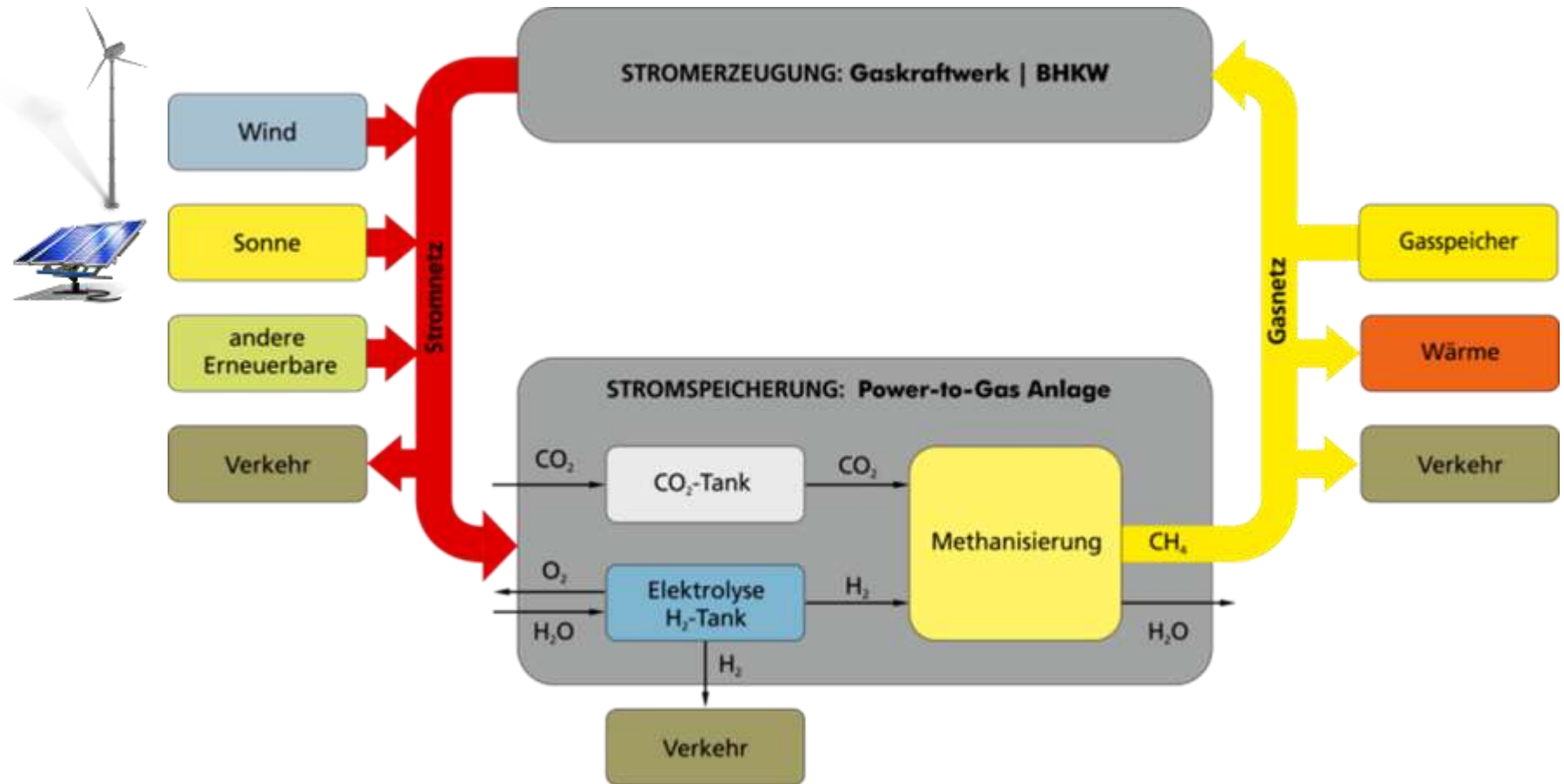
- Netzausbau
- Power-to-Gas

→ Power-to-Gas bietet Möglichkeit für zeitlichen und räumlichen Ausgleich

Wie funktioniert Power-to-Gas?

Erneuerbares Gas - Power-to-Gas

Energiespeicherung durch die Kopplung von Strom- und Gasnetz



Entwicklungsstand Power-to-Gas



RÜCKENWIND
für die
Energiewende:
pro WINDGAS.

Das erste Gasangebot zur Förderung der Windgas-Technologie.

Audi balanced mobility



- P2G Hamburg - Vattenfall AG
In Betrieb
- P2G Hamburg - E.ON Hanse AG
In Planung
Einspeisung
- P2G Werlte - Audi AG
Laufendes Projekt
Einspeisung, Methanisierung
- P2G Dortmund - DEW 21
In Planung
Einspeisung
- P2G Bottrop - EGLV
In Planung
- P2G Herten - Evonik
In Betrieb
Einspeisung in H₂-Netz
- P2G Karlsruhe - DVGW-EBI
In Planung
Methanisierung
- P2G Stuttgart - SolarFuel GmbH
Eine Anlage in Betrieb, Eine Anlage in Planung
Methanisierung
- P2G Stuttgart - EnBW AG
In Planung
Wasserstofftankstelle



- P2G Rostock - FH Lübeck Forschungs-GmbH
Laufendes Projekt
- P2G Lübeck - NEMO-Netzwerk
Laufendes Projekt
- P2G Grapzow (RH₂-WKA) - WIND-Projekt Gruppe
Laufendes Projekt
Einspeisung
- P2G Prenzlau - ENERTRAG AG
In Betrieb
Keine Einspeisung
- P2G Falkenhagen - E.ON AG
Laufendes Projekt
Einspeisung
- P2G Leverkusen - Bayer
Laufendes Projekt
Einspeisung
- P2G Graben - Erdgas Schwaben GmbH
In Planung
Einspeisung, Methanisierung



▲ = H₂-Tankstelle

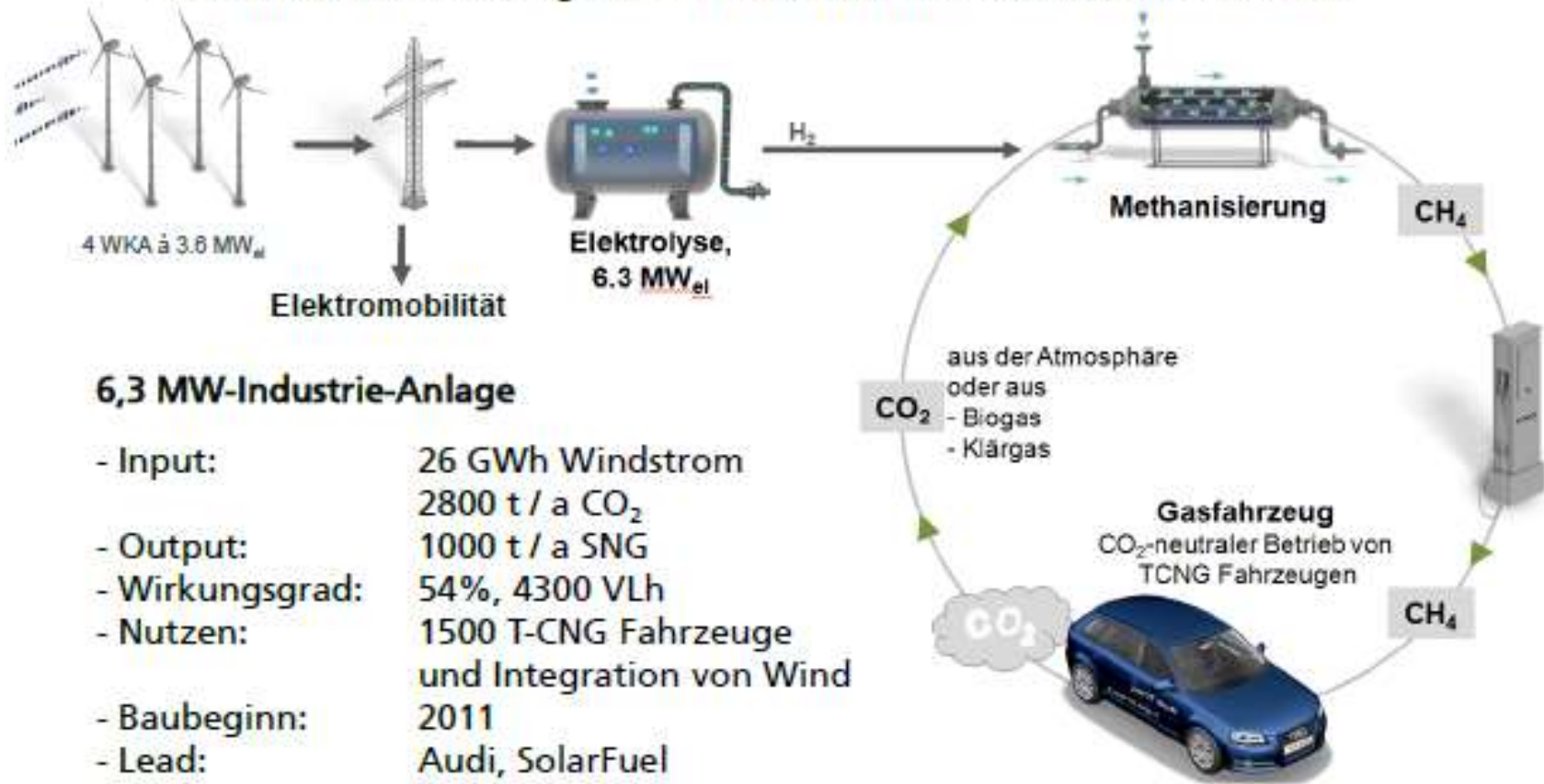
- P2G mobile Anlage SolarFuel GmbH
In Betrieb
Methanisierung
- P2G Greenpeace Energy
In Planung
Einspeisung



Quelle: Linke (E-ON), 2012

Entwicklungsstand Power-to-Gas – chemisch - Methan

- Erste industrielle Anlage in Werlte, Emsland von Audi, SolarFuel



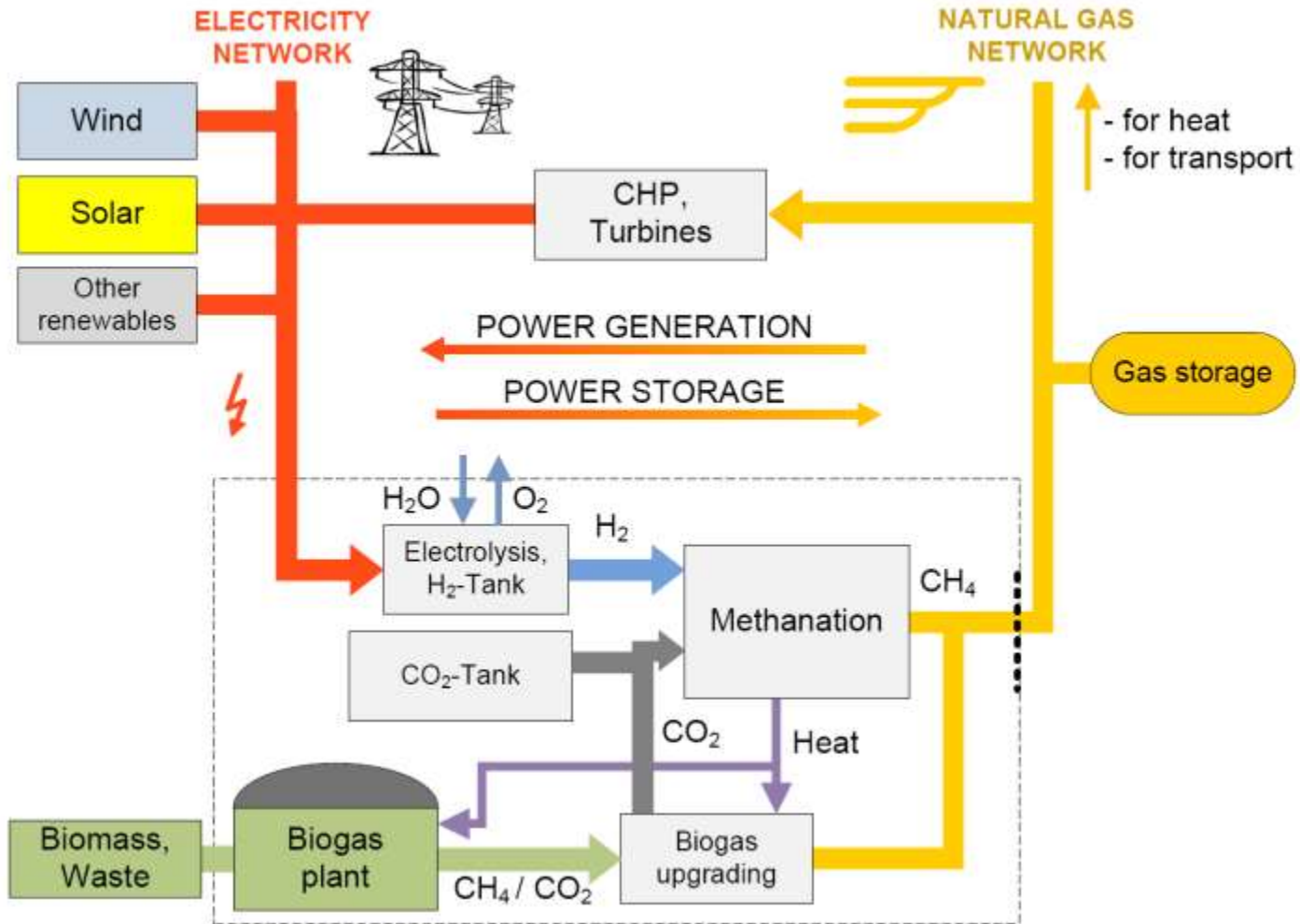
6,3 MW-Industrie-Anlage

- Input: 26 GWh Windstrom
2800 t / a CO₂
- Output: 1000 t / a SNG
- Wirkungsgrad: 54%, 4300 VLh
- Nutzen: 1500 T-CNG Fahrzeuge und Integration von Wind
- Baubeginn: 2011
- Lead: Audi, SolarFuel
- Partner: EWE, (ZSW, IWES)

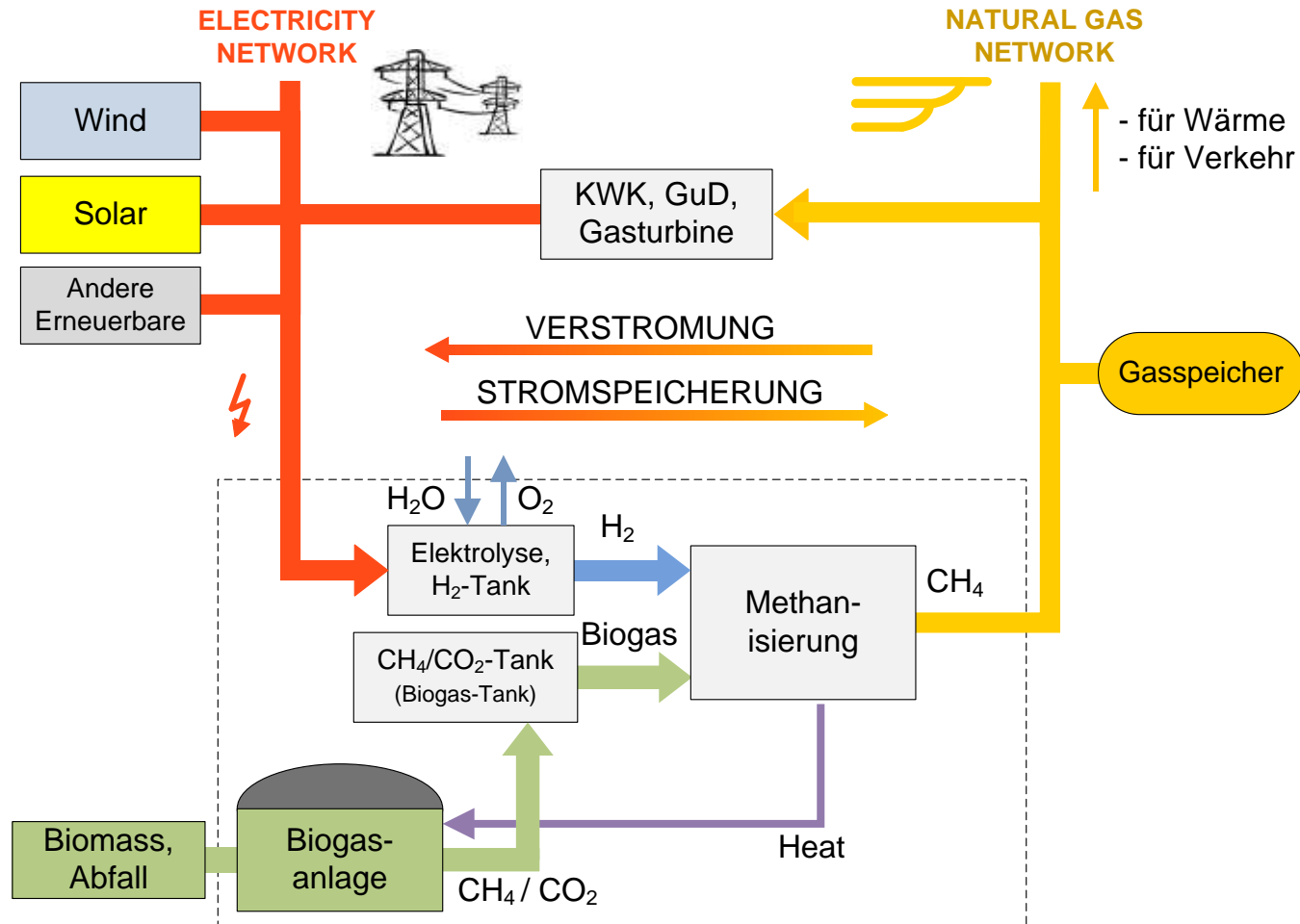
www.audi-balanced-mobility.de

Quelle: Audi 2011

CO₂ aus der Biogasaufbereitung



Direktmethanisierung als Form der Biogasaufbereitung



Hessisches Biogas Forschungszentrum (HBFZ) in Bad Hersfeld



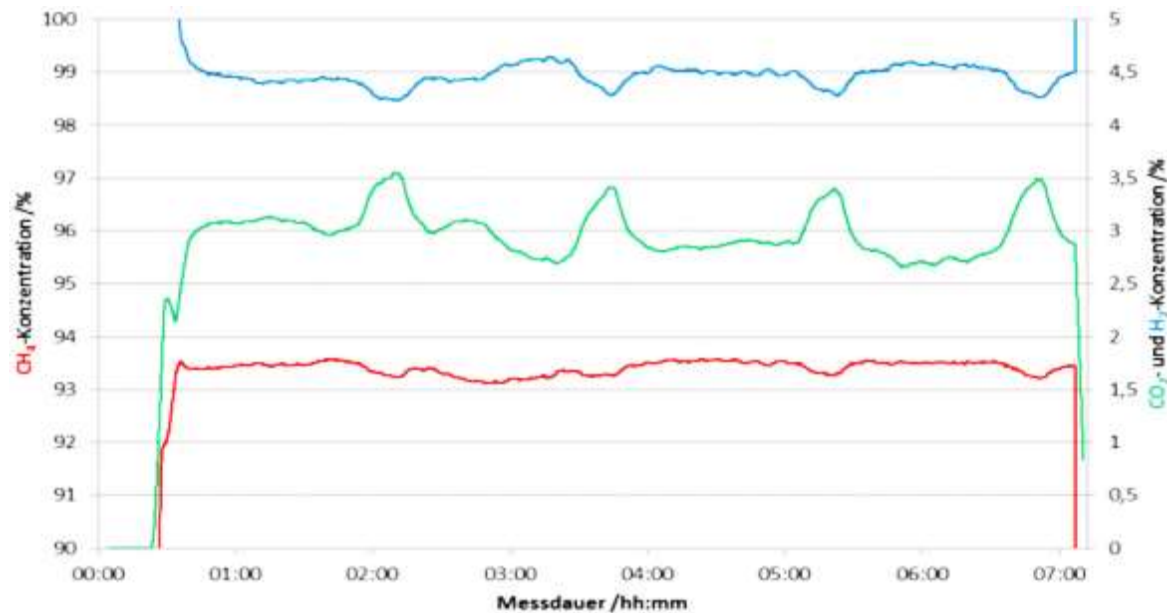
Direktmethanisierung an einer landwirtschaftlichen Biogasanlage



PtG-Projekt an IWES Versuchsbiogasanlage Eichhof
2012-2013, 4-monatiger Testbetrieb
„proof of concept“ im Technikumsmaßstab

Ergebnisse der ersten Direktmethanisierungsversuche

Zusammensetzung des Produktgases (E-Gas)



- Nach der Startphase stetige Methankonzentration > 93 Vol%
- Andere Gaskomponenten: 3% CO₂ und ca. 4,5 % H₂

Potential der Direktmethanisierung an Biogasanlagen in Thüringen

Annahme:

- Mind. 1 MW_{el} Power-to-Gas Anlage
- Erforderlich: 60 m³/h CO₂ oder 135 m³/h Rohbiogas

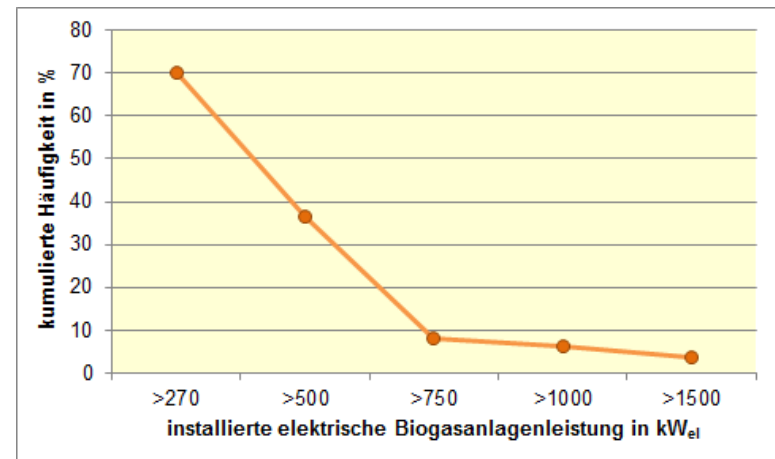
Potential (Stand 2012):

- Biogasanlagen mit mind. 270 kW_{el}
- Ca. 70% der BGA in Thüringen erfüllen die Mindestvoraussetzungen für den Betrieb einer PTG-Anlage.

-> PtG-Potenzial: 240 MW_{el} in Thüringen

Technische Voraussetzungen müssen Anlagenspezifisch geprüft werden!

Größenverteilung Biogasanlagen Thüringen



Power-to-Gas – Wird das was?

Wind & Solar alleine können eine stabile Stromversorgung nicht gewährleisten!

4 Ausgleichsmaßnahmen werden notwendig:

1. Flexible Kraftwerke (v.a. Erdgas)
2. Stromnetze (Netzausbau)
3. Lastmanagement (smart grid)
4. Speicher

Kurzzeitspeicher (Pumpspeicher, Batterien)

Langzeitspeicher (Norwegen, Gasnetz)

Wind & Solar in das Gasnetz über Power-to-Gas

Zusammenfassung I

- Insbesondere vor dem Ziel einer 100% EE Versorgung wird ein Langzeitspeicher für erneuerbare Stromüberschüsse benötigt
 - Nennenswerte Stromüberschüsse sind jedoch erst in einigen Jahren zu erwarten
- Strom-Gasnetz-Kopplung nationale Speichermöglichkeit
 - Ausreichend Speicherkapazitäten zur Langzeitspeicherung (ca. 200 TWh_{th})
 - Vorhandene Infrastruktur (Verteilung, Anwendung)
- Biogenes CO₂ als geeignete CO₂-Quelle
 - Bereits heute nennenswertes Potenzial
 - Zusätzliche Flexibilisierung von Biogasanlagen in Verbindung mit Power-to-Gas möglich

->Power-to-Gas-Anlagen bilden in Kombination mit Biogasanlagen eine nachhaltige Lösung für die Langzeitspeicherung sowie zusätzliche Möglichkeiten für die Flexibilisierung von Stromerzeugung aus Biogas

Zusammenfassung II

- Power-to-Gas ist nicht DIE Lösung, aber eine Technologie, die wichtige Beiträge leisten kann
- Größere Bedeutung wird die Technologie erst bei deutlichen Stromüberschüssen erhalten, dann trägt sie zur Kostensenkung bei
- Lokal/Regional bzw. im Kraftstoffmarkt kann das schon früher der Fall sein
- Aufgrund der komplexen Randbedingungen und Variantenvielfalt der Technologie ist noch Entwicklungsarbeit nötig

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

www.iwes.fraunhofer.de

www.herkulesprojekt.de

...advancing energy systems