



Energiewende in der Region

Tübingen, 20.04.2013

Power-to-Gas (P2G[®]): Methan – Der Speicher der Zukunft?

Michael Specht

ZSW – Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg,
Stuttgart

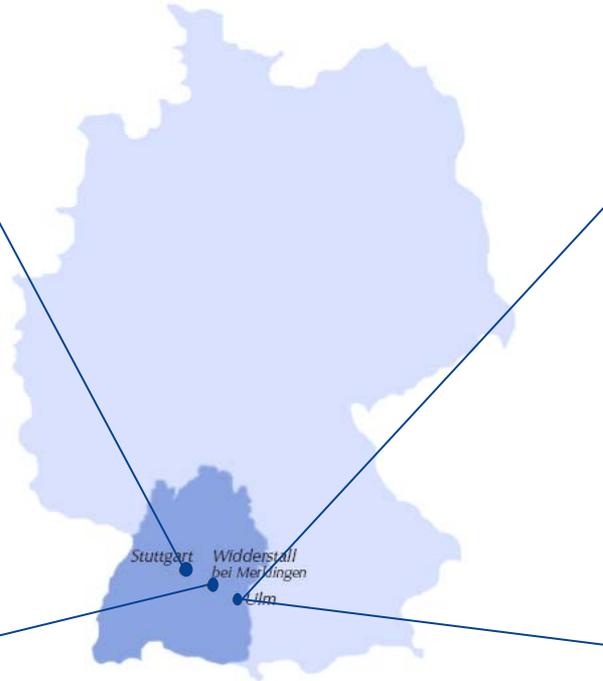
mit Beiträgen von



ZSW Standorte



Stuttgart:
Photovoltaik (mit Solab),
Energiepolitik und Energieträger,
Zentralbereich Finanzen,
Personal & Recht



Ulm:
Elektrochemische Energie-
technologien mit ZSW Labor
für Batterietechnologie
(eLaB)



Solar-Testfelder: Widerstall und Girona (ES)

Technik und Perspektiven von Power-to-Gas (P2G®) - Inhalt -

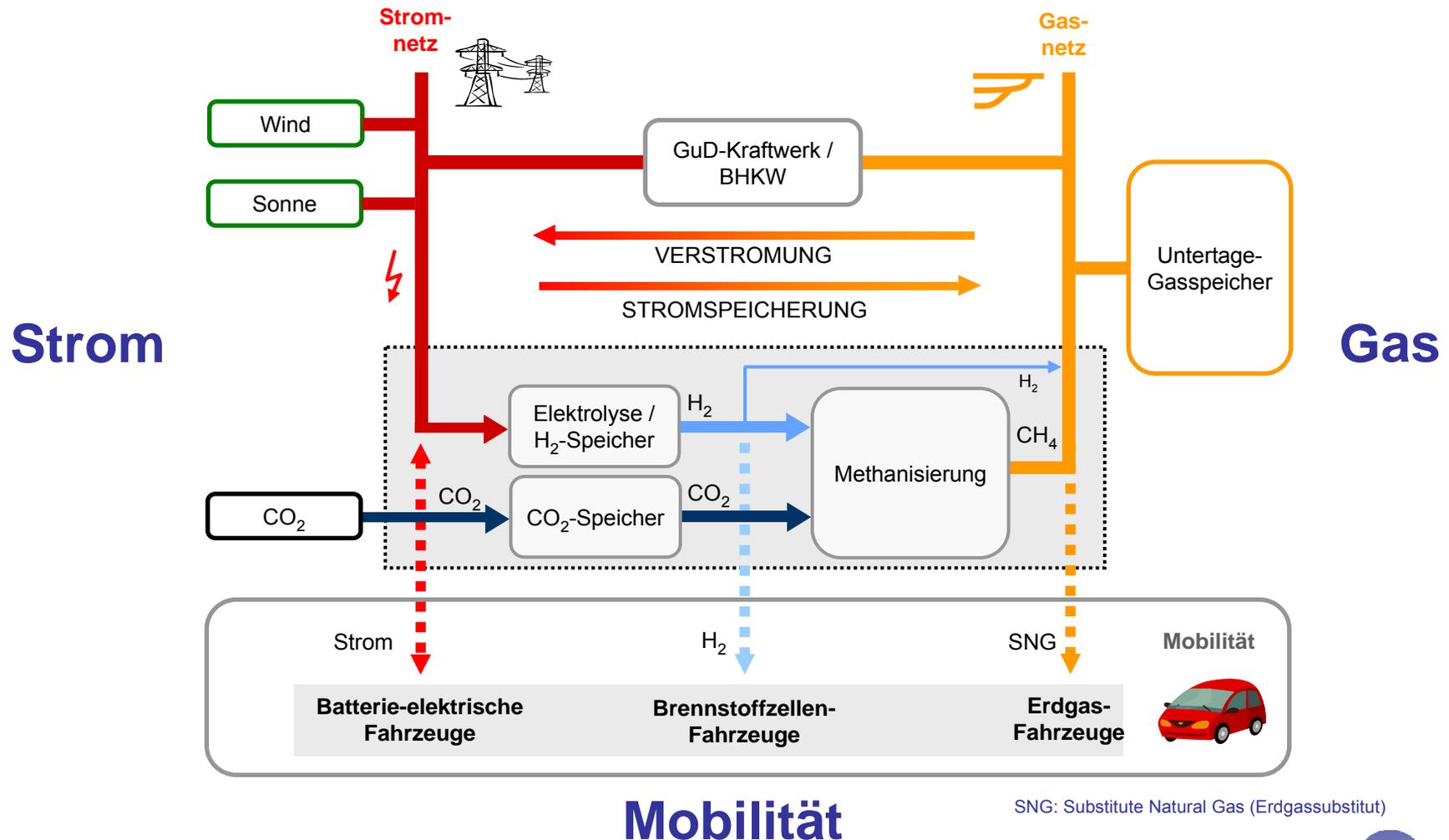
Ziele / Fragen / Motivation Technik Fazit



Die Systemlösung Power-to-Gas (P2G®): Ziele

- Verstetigung des fluktuierenden Angebots erneuerbarer Energien (EE)
- Speicherdauer > 1 Woche / saisonale Speicherung
- Kraftstoff für nachhaltige Mobilität
- Konvergenz von Stromnetz, Gasnetz und Mobilität
- Reduktion des Agrarflächenbedarfs für Energiepflanzen

Die Systemlösung Power-to-Gas (P2G[®]): Ziel = Konvergenz von Stromnetz, Gasnetz und Mobilität

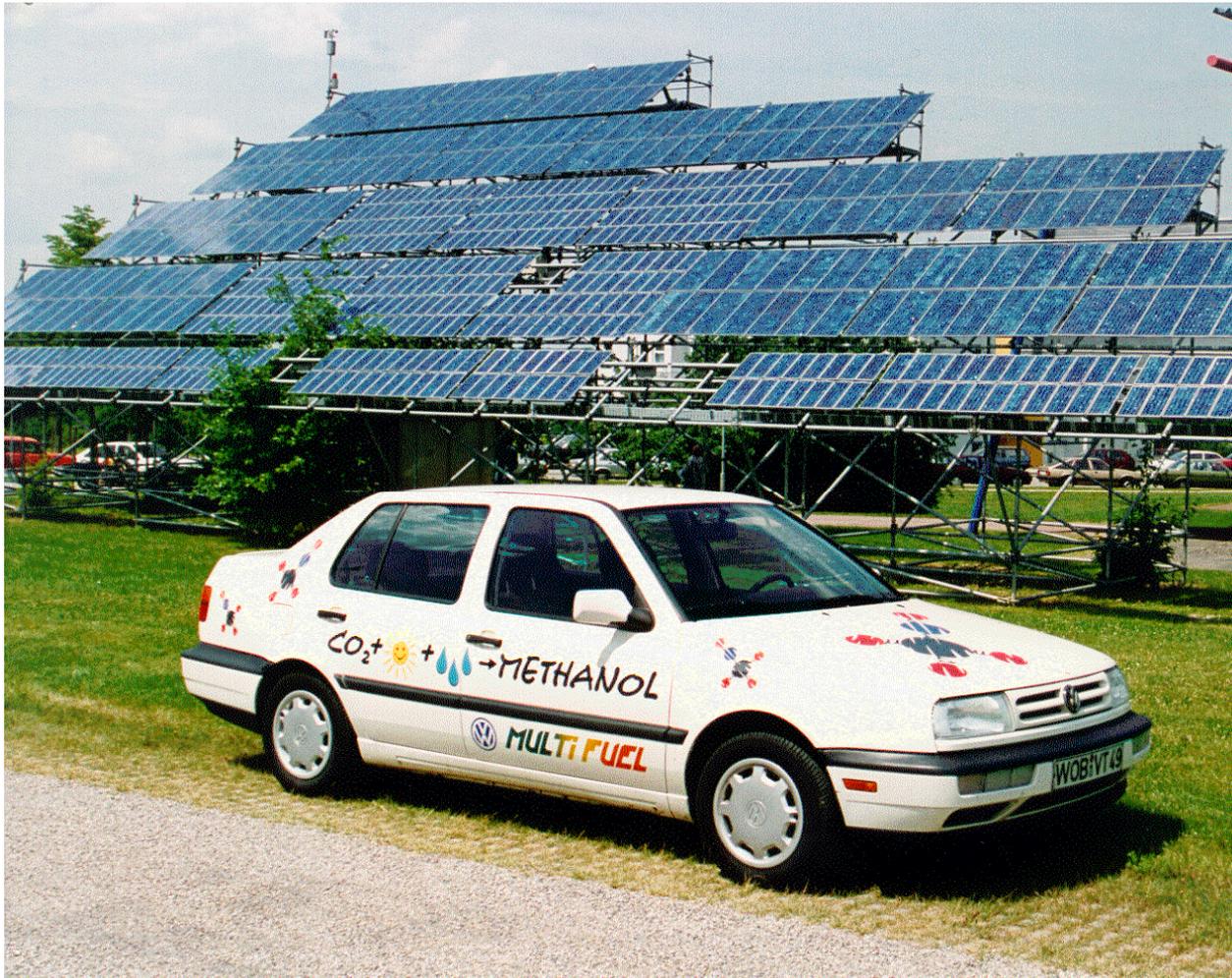


SNG: Substitute Natural Gas (Erdgassubstitut)

Die Systemlösung Power-to-Gas (P2G[®]): Fragen

- Wie erfolgt Langzeitspeicherung von Energie heute?
- Welche Speicherkapazitäten sind in Deutschland zur Langzeitspeicherung von EE notwendig?
- Woher kommt das CO₂ für die Methanisierung?
- Welche technologischen Herausforderungen gibt es derzeit?
- Wann wird Power-to-Gas am Markt verfügbar sein? Unter welchen Bedingungen wird Power-to-Gas ein wirtschaftliches Verfahren sein?
- Welche Kraftstoffe sind „einfach“ herstellbar?
- Welche existierende Infrastruktur ist für die Integration ins existierende Energiesystem nutzbar?

Die Systemlösung Power-to-Gas / Power-to-Liquid: Historie ZSW 1996: Methanol aus CO_2 und Elektrolyse- H_2



**Problem:
Infrastruktur
für den
Kraftstoff
Methanol**

Motivation: Vehicle CO₂ Emissions

Vehicle with a Gasoline Consumption
of 8 l Gasoline /100 km

$$\longrightarrow 18664 \text{ g}_{\text{CO}_2}/100\text{km} \text{ } ^1)$$
$$187 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{km}$$

$$\rightarrow 100 \text{ l}_{\text{CO}_2}/\text{km} \text{ } ^2)$$

at 120 km/h and 8 l_{Gasoline}/100 km:

$$\rightarrow 3.2 \text{ l}_{\text{CO}_2}/\text{sec}$$

1) 2333 g_{CO₂}/l_{Gasoline}

2) M_{CO₂} = 44.009 g/mol
Mole Volume = 22.414 l/mol (273.15 K, 101.325 kPa)

Technik und Perspektiven von Power-to-Gas (P2G®)

- Inhalt -

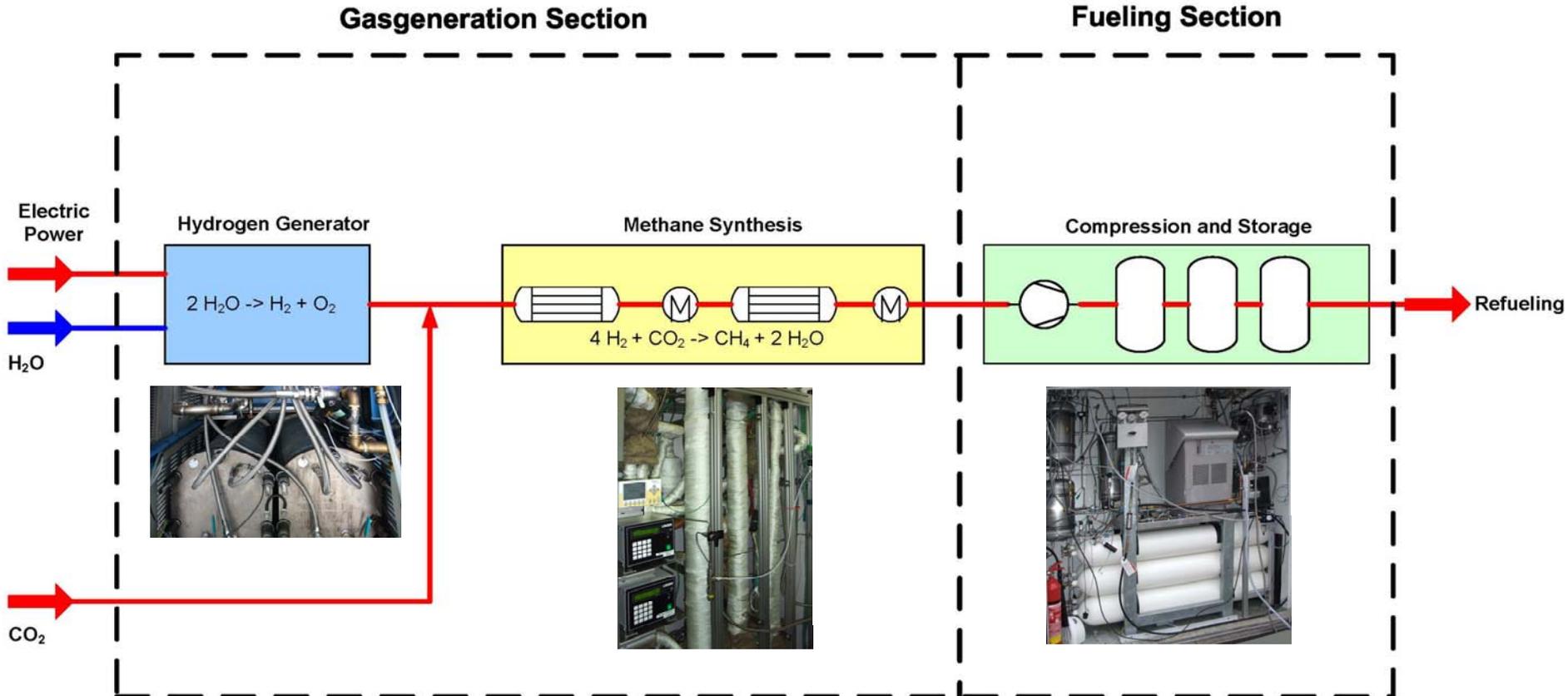
Ziele / Fragen / Motivation

Technik

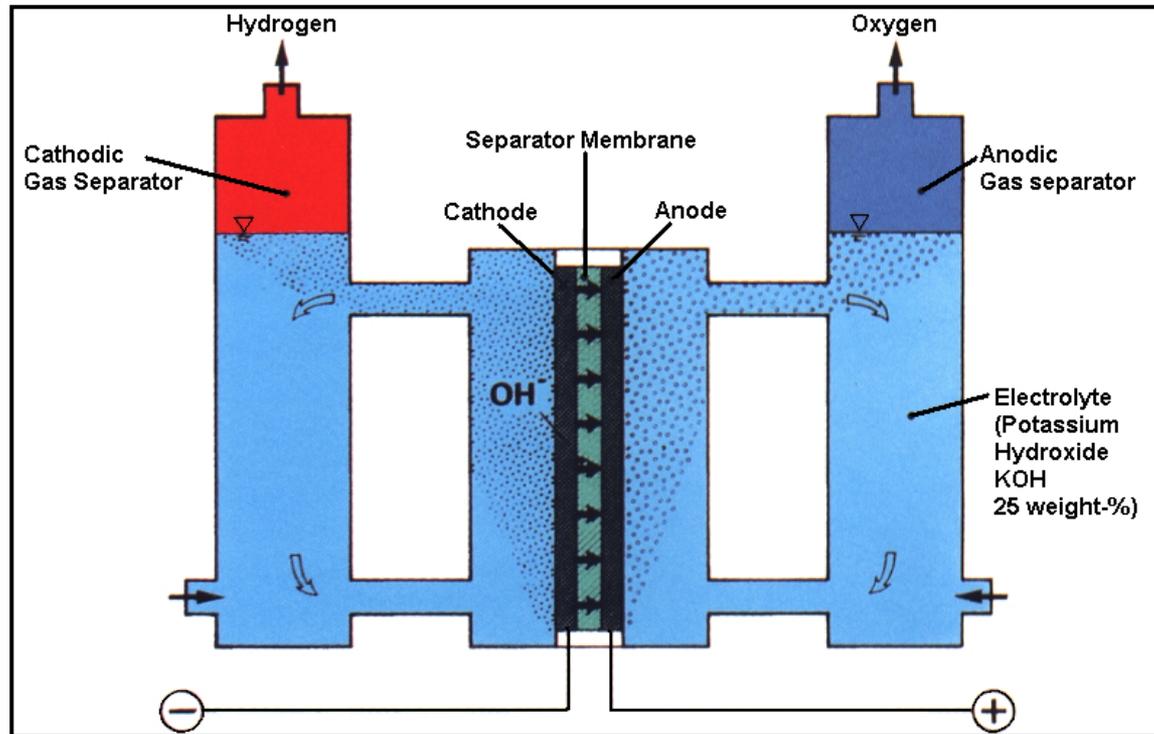
Fazit



Power-to-Gas (P2G[®]) - Technology: Prinzipielles Verfahrensfliessbild



Electrolytic Hydrogen Generation: Alkaline Electrolysis



Cathode:



Anode:



Methanisierung von CO und CO₂

Methanisierung:

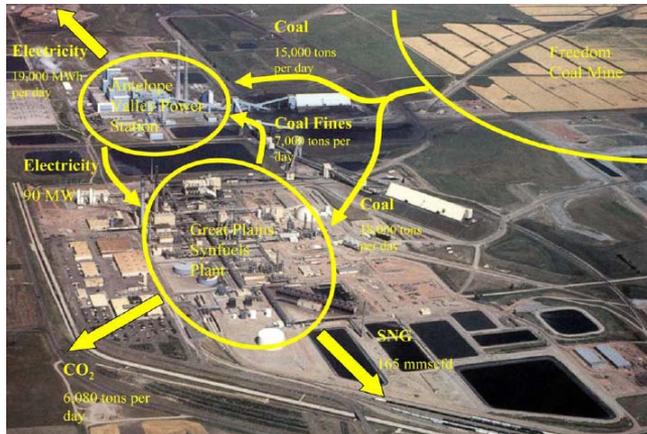


Shift - Reaktion:



Methanisierung: Entwicklungsstand

- Methan-Synthese aus CO/H₂-basiertem Synthesegas ist Stand-der-Technik

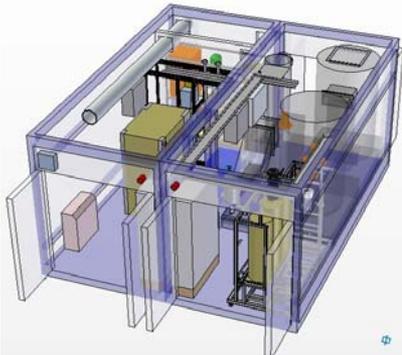


Source Dakota Gasification Company: Coal to Electricity / SNG / CO₂

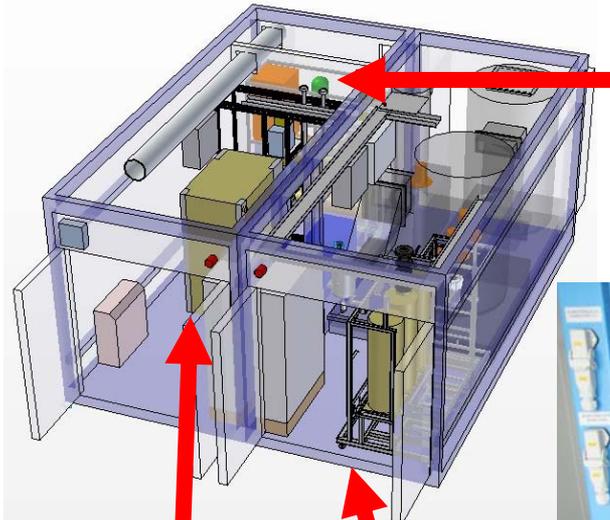
- Methan-Synthese aus CO₂/H₂-basiertem Synthesegas technisch nicht realisiert

Power-to-Gas (P2G[®])

25 kW_e plant



25kW_{el}-P2G[®]-Plant: Technical Realisation for SolarFuel Company



CH₄-Filling station
ca. 15 kg, 200 bar



CO₂-
Recovery



Electrolyser

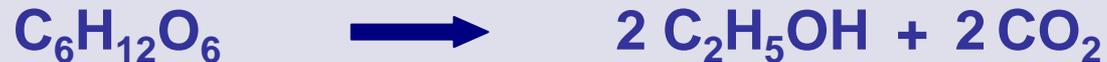


Biogenic CO₂ (CO) Resources: via Anaerobic Digestion, Ethanol Production, Gasification

Anaerobic Digestion:



Ethanol Production:



Thermo-chemical Gasification:



25kW_{el}-P2G[®] - Container: Operation with CO₂ and at Biogas Plants with Biogas and PSA Off-Gas

Beta-Anlage
Audi balanced mobility

2011-Anlage an Biogasanlage
juwi

2009 Alpha-Anlage

Werlte
SOLARFUEL
SMART ENERGY CONVERSION

Morbach
SOLARFUEL
SMART ENERGY CONVERSION

Stuttgart
SOLARFUEL
SMART ENERGY CONVERSION

2011
EWE

Source: SolarFuel

Ergebnisse der 25 kW_{el}-P2G[®] - Container-Anlage: Betrieb mit Off-Gas (CO₂) an der Biogasanlage in Werlte

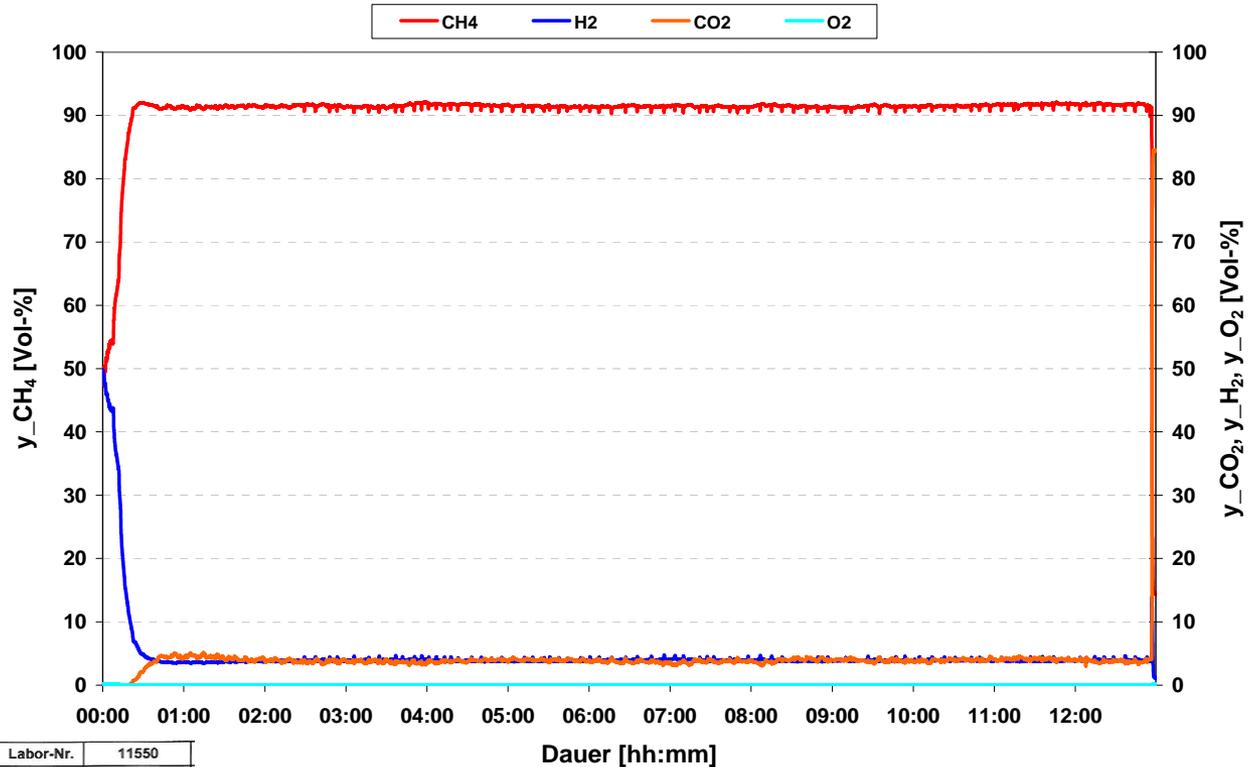
Gasmessung ZSW



Gasmessung EWE



02.02.2011
Grave, EWE ENERGIE AG
Gasprobe
Produktgas SolarFuel vom 02.02.2011
Biogasaufbereitungsanlage Werlte

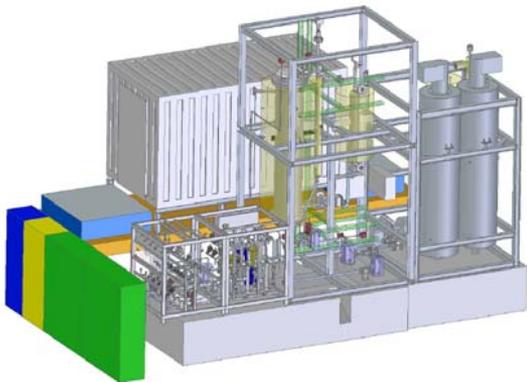


Laborleistungen	Analyse - Verfahren	Labor-Nr. 11550	
		Einheit	Messwert
Gasanalyse I			
Wasserstoff	Differenz rechnerisch zu 100%	Mol.-%	4,2439
Sauerstoff	DIN EN ISO 6974-6	Mol.-%	0,0202
Stickstoff	DIN EN ISO 6974-6	Mol.-%	1,0502
Methan	DIN EN ISO 6974-6	Mol.-%	91,0622
Kohlenstoffdioxid	DIN EN ISO 6974-6	Mol.-%	3,6235
Gasanalyse III Sonstige			
Wassergehalt	in Anl. an DIN ISO 10101-3 (Karl-Fischer Titration)	mg/m ³	76

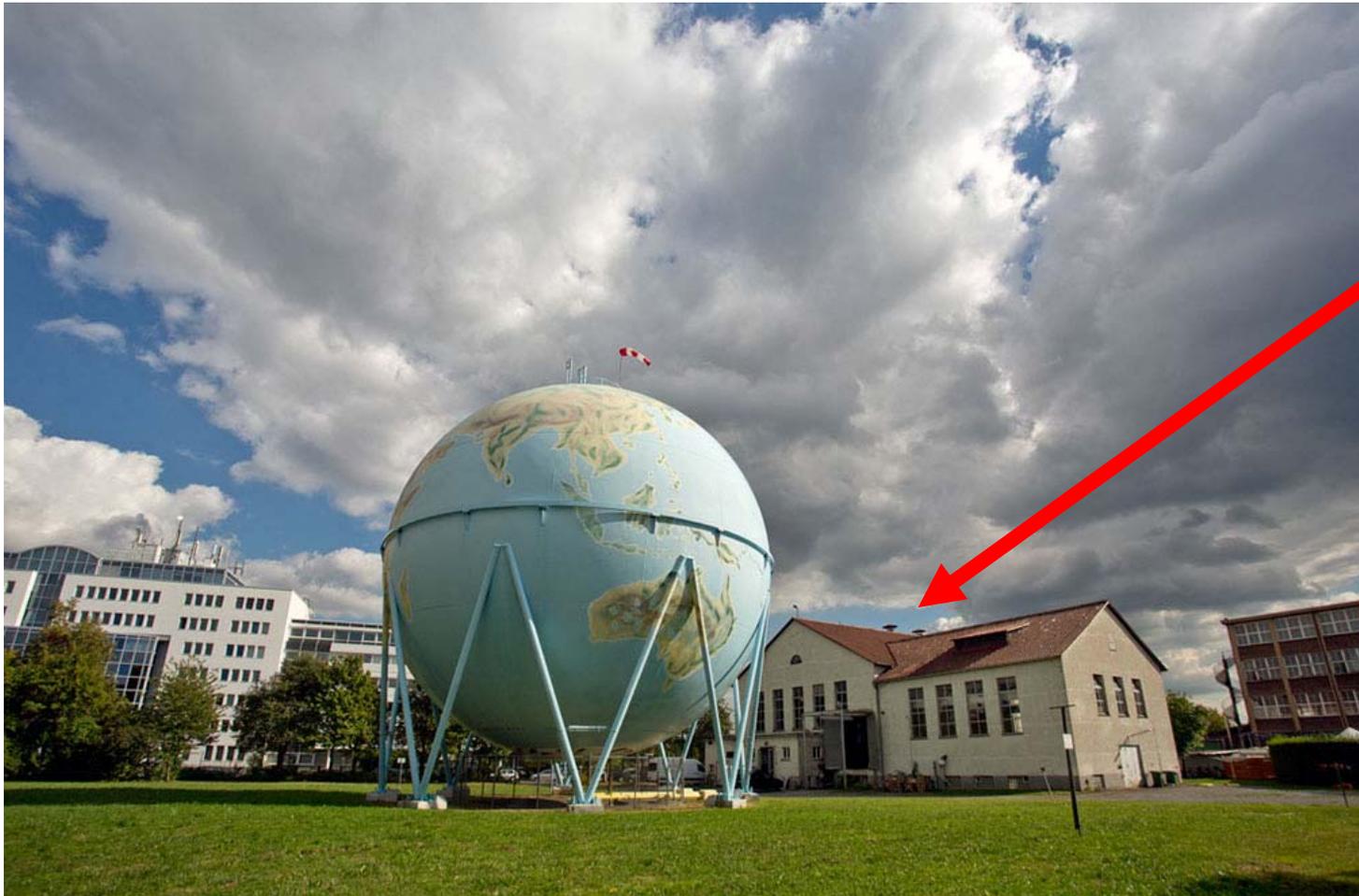


Power-to-Gas (P2G[®])

250 kW_e plant



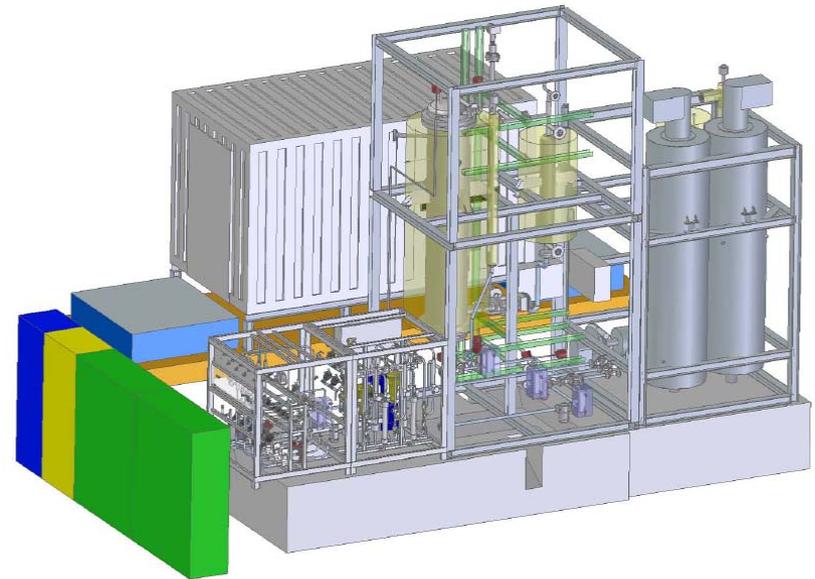
Aufbau der 250 kW_{el}-P2G[®]-Anlage im ZSW-Technikum in Stuttgart-Vaihingen



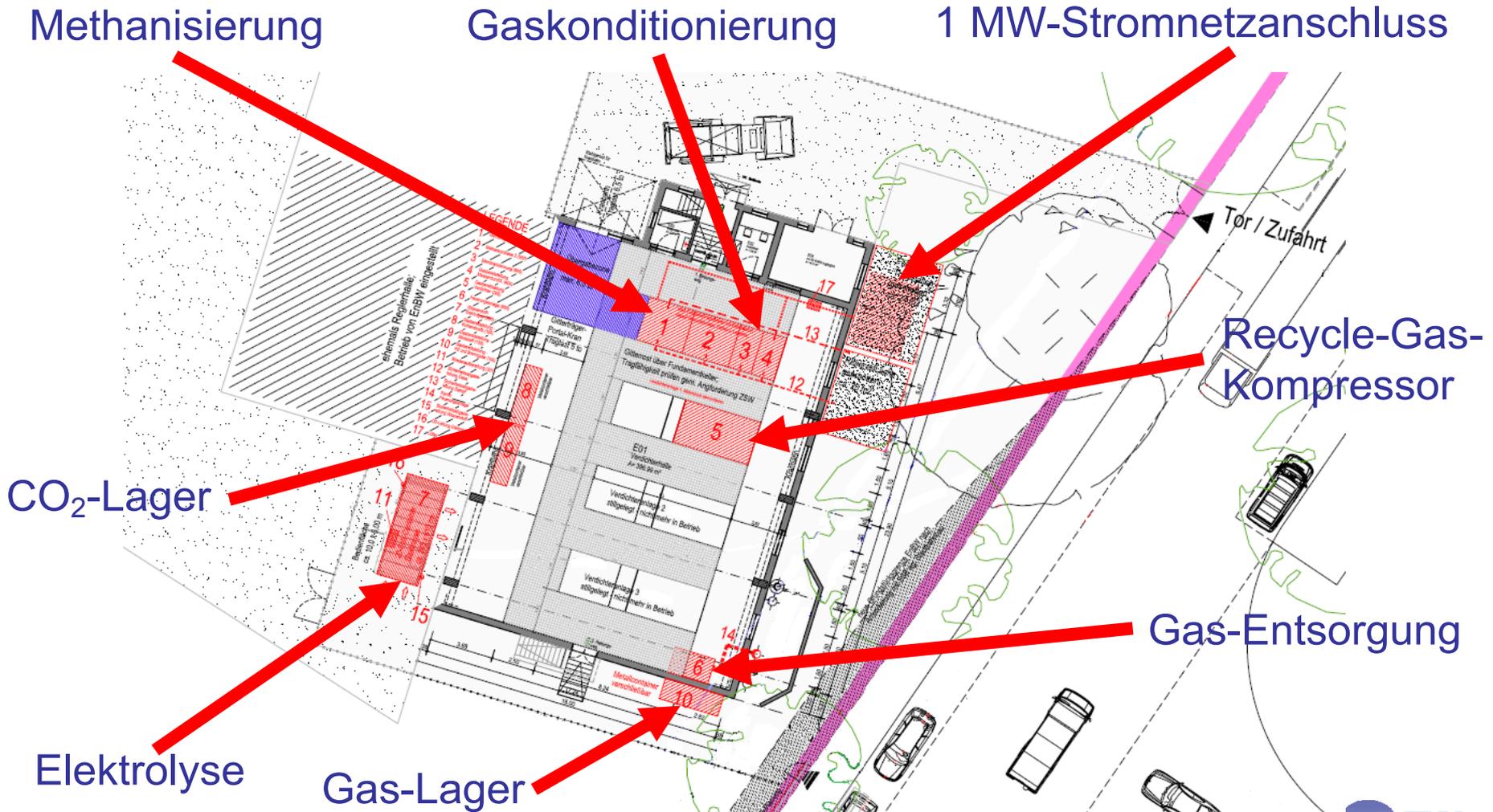
ZSW-
P2G[®]-
Technikum

Technische Ziele der P2G[®] - 250 kW_{el}- Anlage

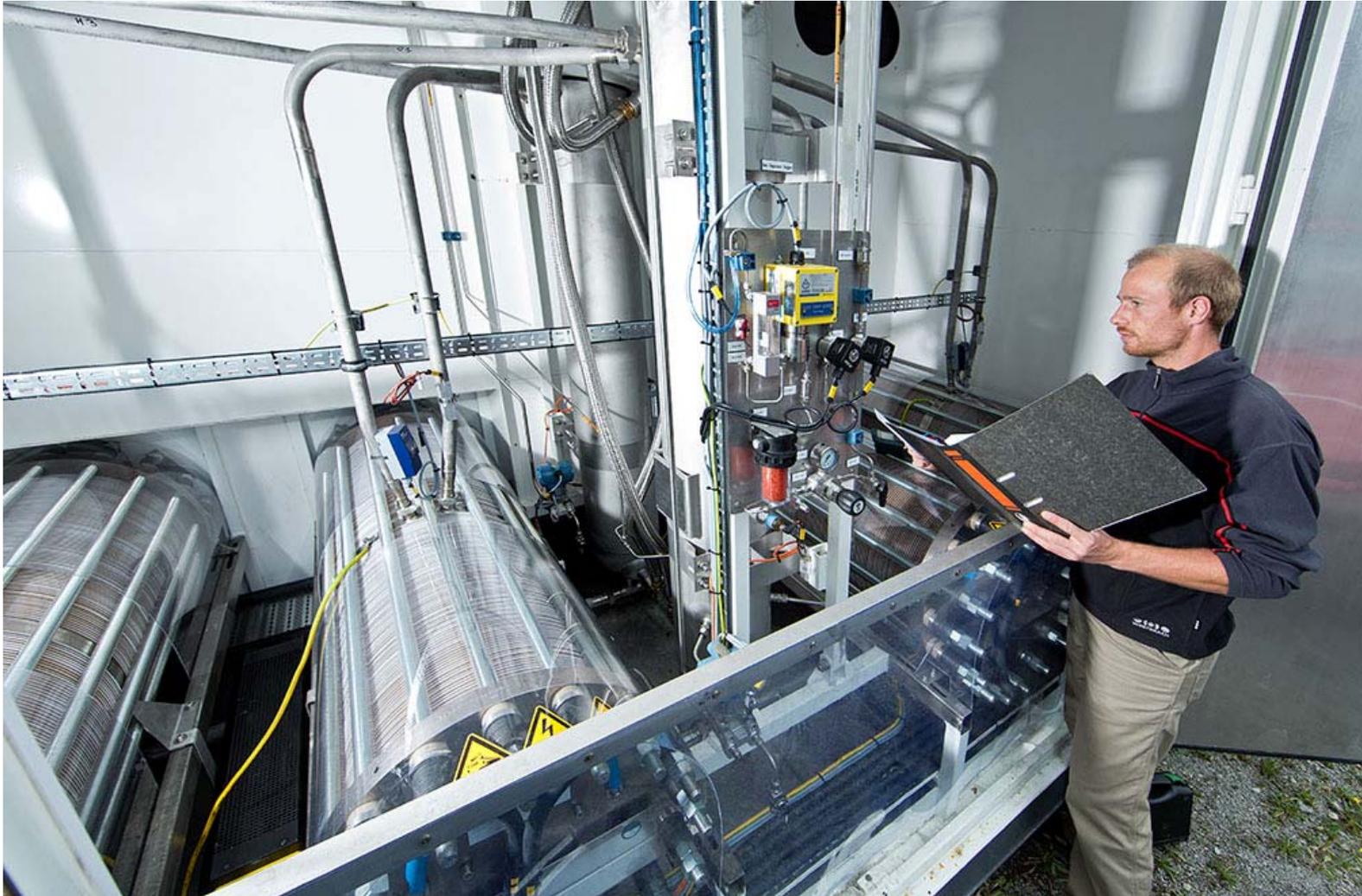
- Weiterentwicklung der P2G-Technologie / Prozess-Optimierung
(Effizienz, Dynamik, intermittierender Betrieb,
Gasaufbereitung,)
- Reduktion der Anlagenkosten
(neue Betriebsstrategien bei Methanisierung)
- Transfer von Betriebsstrategien auf
6 MW - Anlage von AUDI / SolarFuel



Aufbau der 250 kW_{el}-P2G[®]-Anlage im ZSW-Technikum in Stuttgart-Vaihingen



Aufbau der 250 kW_{el}-P2G[®]-Anlage im ZSW-Technikum in Stuttgart-Vaihingen



Public Fund:
 Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Aufbau der 250 kW_{el}-P2G[®]-Anlage im ZSW-Technikum in Stuttgart-Vaihingen



Public Fund:
 Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Aufbau der 250 kW_{el}-P2G[®]-Anlage im ZSW-Technikum in Stuttgart-Vaihingen

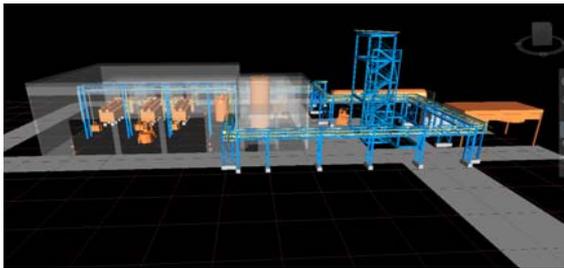


Public Fund:

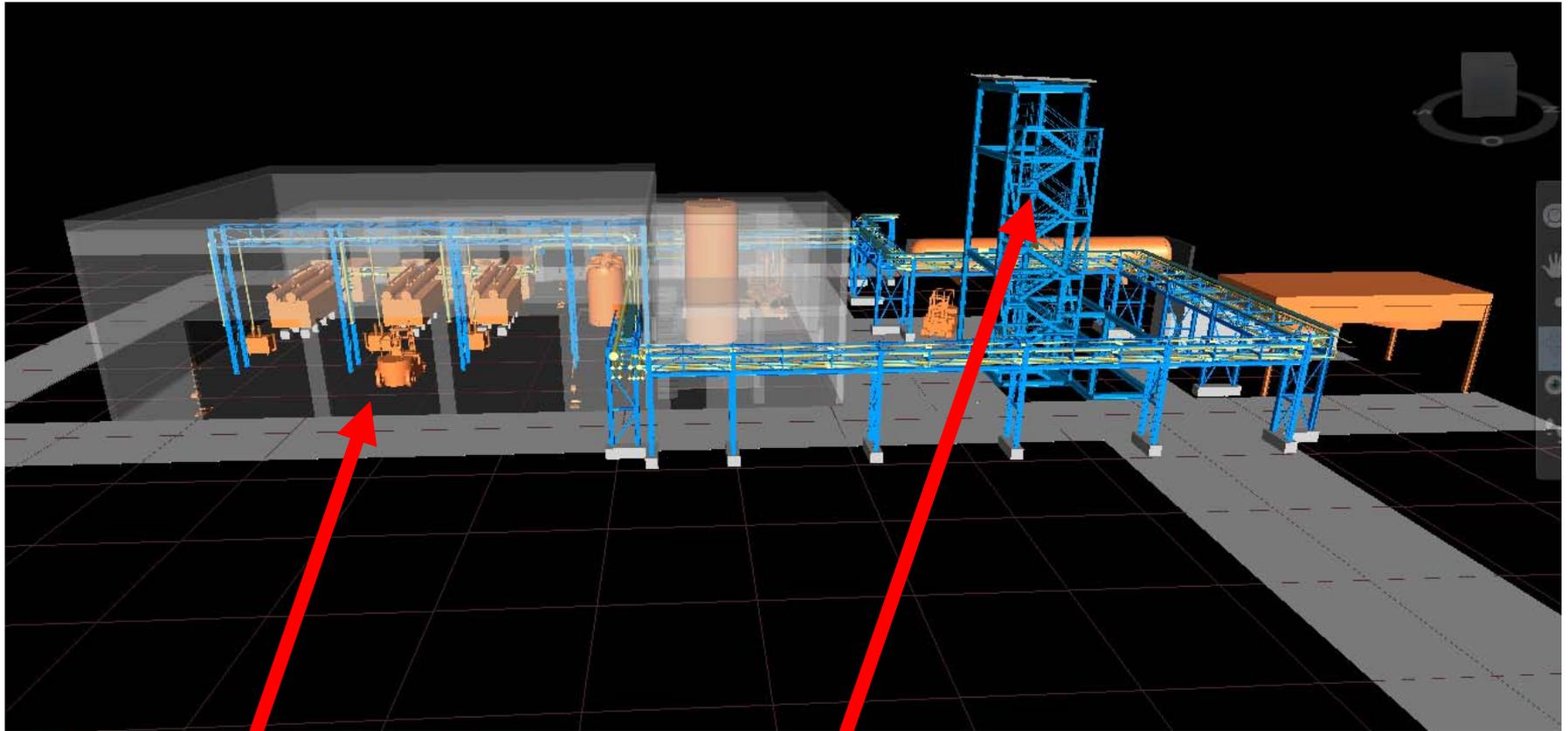


Power-to-Gas (P2G[®])

6000 kW_e plant



SolarFuel Layout of 6000kW_{el}-P2G[®] - Plant in Werlte (Audi e-gas Project)



Electrolysis

Methanisation

6000kW_{el}-P2G[®] - Plant in Werlte (Audi e-gas Project): Digester and Amine Scrubbing (04/2013)



Sustainable Mobility: 6000kW_{el}-P2G[®] - Plant in Werlte for Fueling Audi Vehicles with e-gas

The screenshot shows a web browser window with the following content:

- Page Header:** "Audi balanced mobility" logo on the left and the Audi four-rings logo on the right.
- Main Image:** A silver Audi sedan parked on a stone ledge overlooking a vast, mountainous landscape with clouds.
- Text Overlay:** "e-gas-Project", "signing of contract", and "Audi/SolarFuel at 4.11.2011" in large blue font.
- Bottom Row:**
 - Left: A blue Audi station wagon with "Audi TNG e-gas project" written on its side.
 - Middle: A red and blue banner with logos for "Fraunhofer IWES", "EWE", "SOLARFUEL SMART ENERGY CONVERSION", and "ZSW". The word "Projektpartner" is written in white on the red background.
 - Right: A graphic with the text "Audi blickt weiter" and a small image of a document titled "Umweltbilanz Audi blickt weiter".
- Page Footer:** A navigation bar with a red square icon, "Audi Technology Portal", "Impressum", "Rechtliches", "Restart", "English", and a "Vollbild" button.

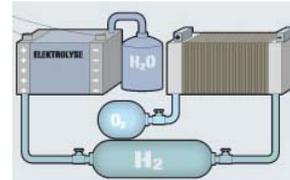
Technik und Perspektiven von Power-to-Gas (P2G®) - Inhalt -

Ziele / Fragen / Motivation
Technik
Fazit



Fazit: Optionen für die (saisonale) Langzeitspeicherung von Energie durch chemische Energieträger

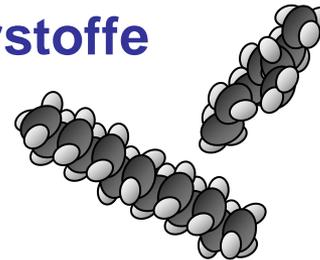
- Wasserstoff (H_2)



- Erdgassubstitut (CH_4 , SNG)



- Flüssige Kohlenwasserstoffe

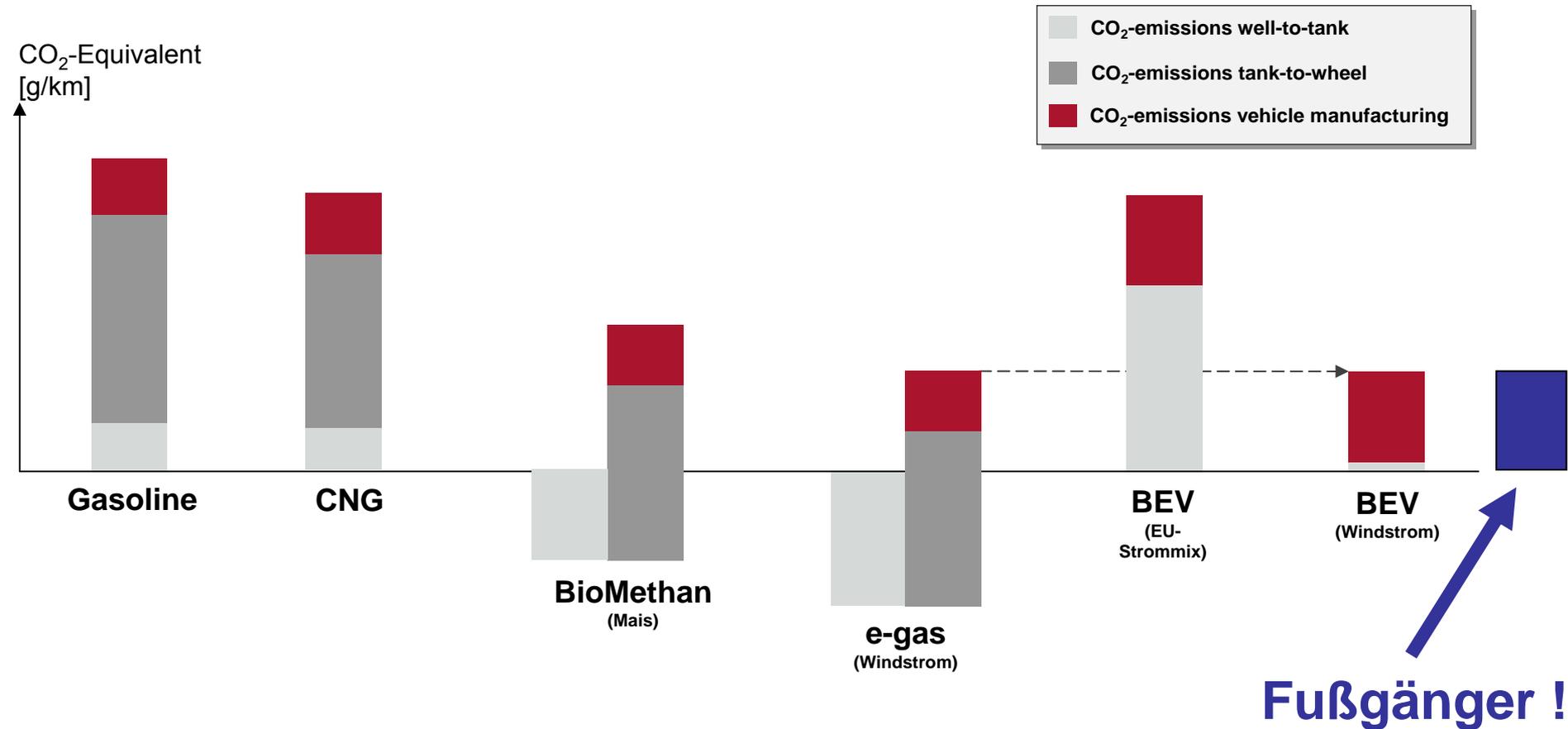


- Chemische Energieträger werden auch in einem zukünftigen Energiesystem für den Strom-, Wärme- und Mobilitätsmarkt benötigt!
- Für die Energie-Langzeitspeicherung existiert hierzu keine Alternative!

Fazit: Kombination Biomassenutzung/P2G – Reduktion des Agrarflächenbedarfs für Erneuerbare Kraftstoffe

- Agrarflächenbedarf für 100%-Biokraftstoffquote ist nicht ausreichend.
 - Biomasse enthält erneuerbaren Kohlenstoff und ist somit prädestiniert für die Erzeugung C-basierter Kraftstoffe.
 - Die Kombination “Biomasse/P2G” eröffnet ein Mehrfaches an Kraftstoffausbeute im Vergleich zur alleinigen Nutzung der Biomasse.
- Flächenlimitierung gilt nicht für P2G! Biomasseressourcen sollten sinnvoll, d.h. in Kombination mit P2G eingesetzt werden!

CO₂-Emissionen [g_{CO2}/km]: Spielen e-gas, BEV und Fußgänger in der gleichen Liga?



BEV: Battery Electric Vehicle; Quelle: Audi AG; Ergänzung ZSW

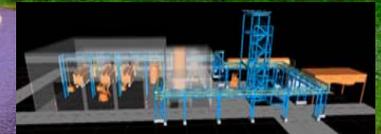
Handlungsempfehlungen: Mögliche Anreizmechanismen für Power-to-Gas

- Verzicht auf Letztverbraucherabgaben für Pilotanlagen über die gesamte Betriebszeit
- Vorschlag EU: Erneuerbare Kraftstoffe der 2. Generation aus Reststoffen und erneuerbare, nicht-biogene Kraftstoffe werden mit Faktor 4 auf die EE-Kraftstoffquote angerechnet [COM (2012) 595 final, 17.10.2012]

Fazit: P2G[®]-ROADMAP



2015:
kommerzielle P2G[®]-Anlagen



2013:
P2G[®] 6000 kW
(AUDI / SolarFuel)



2012:
P2G[®] 250 kW



2009:
P2G[®] 25 kW



2007:
P2G[®]-Konzept

// Energie mit Zukunft

// Zentrum für Sonnenergie- und Wasserstoff-
Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Stuttgart:
Photovoltaik (mit Solab),
Energiepolitik und
Energieträger, Zentralbereich
Finanzen, Personal & Recht



Solar-Testfelder:
Widderstall und Girona (ES)



Ulm:
Elektrochemische Energietechnologien mit eLaB

