

Forschungsnetzwerk Biogene Kraftstoffe,  
Fachgespräch 19. September 2013,  
Kompetenzzentrum für Nawaros, Straubing

## Alternative Kraftstoffe der 3. Generation: Audi e-fuels

*Reinhard Otten*  
*Nachhaltige Produktentwicklung, AUDI AG*



**ETOGAS**  
smart energy conversion



**MT** | **BioMethan**<sup>®</sup>  
Gasaufbereitungs-Technologie

# Aktuelle Herausforderungen

Current challenges



**CO<sub>2</sub> Gesetzgebung**  
CO<sub>2</sub> legislation

**fossile Kraftwerke**  
fossil power stations

**Energiewende im Verkehr**  
Paradigm shift in automotive propulsion

**Akzeptanz**  
Acceptance

**erneuerbare Energien**  
renewable energies

**Ausstieg Atomenergie**  
Stop using nuclear energy

**Aufpreisbereitschaft**  
Willingness to pay

**Klimawandel**  
climate change

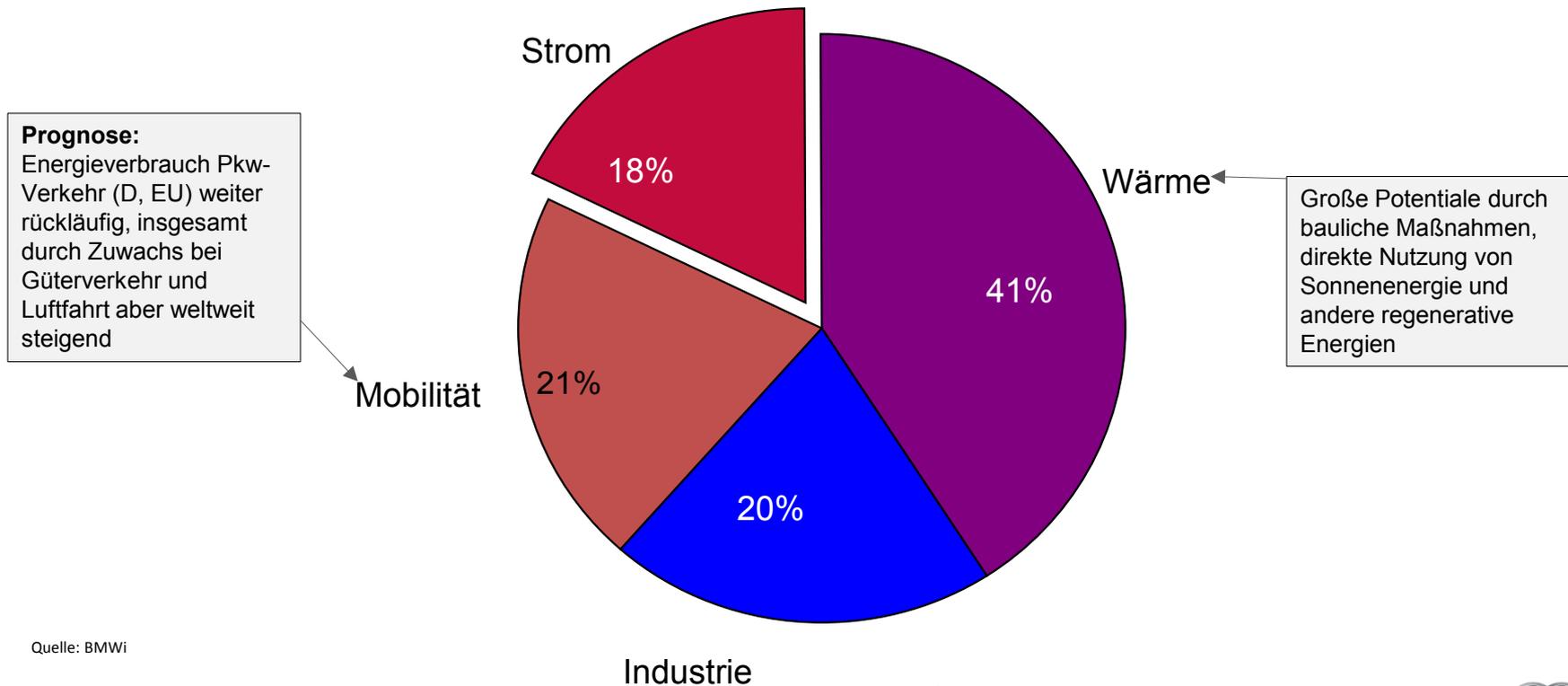
**Überschussenergie**  
surplus energy

**Netzausbau**  
Expansion of power grids

**Energiewende**  
energy turnaround

# Auf dem Weg zu einem 100% EE-System ist Strom nur 1/5 des Problems

Gesamtenergieverbrauch Deutschland, 2008; Gesamtverbrauch 3440 TWh



**Prognose:**

Energieverbrauch Pkw-Verkehr (D, EU) weiter rückläufig, insgesamt durch Zuwachs bei Güterverkehr und Luftfahrt aber weltweit steigend

Mobilität

Wärme

Große Potentiale durch bauliche Maßnahmen, direkte Nutzung von Sonnenenergie und andere regenerative Energien

Quelle: BMWi

Industrie



# Audis Ansatz: Ganzheitliche Betrachtung

Audi's mission: Comprehensive awareness of environmental impacts



# Audi e-fuels



**Erneuerbare  
Energien**  
Renewable energy



**Wasser**  
water



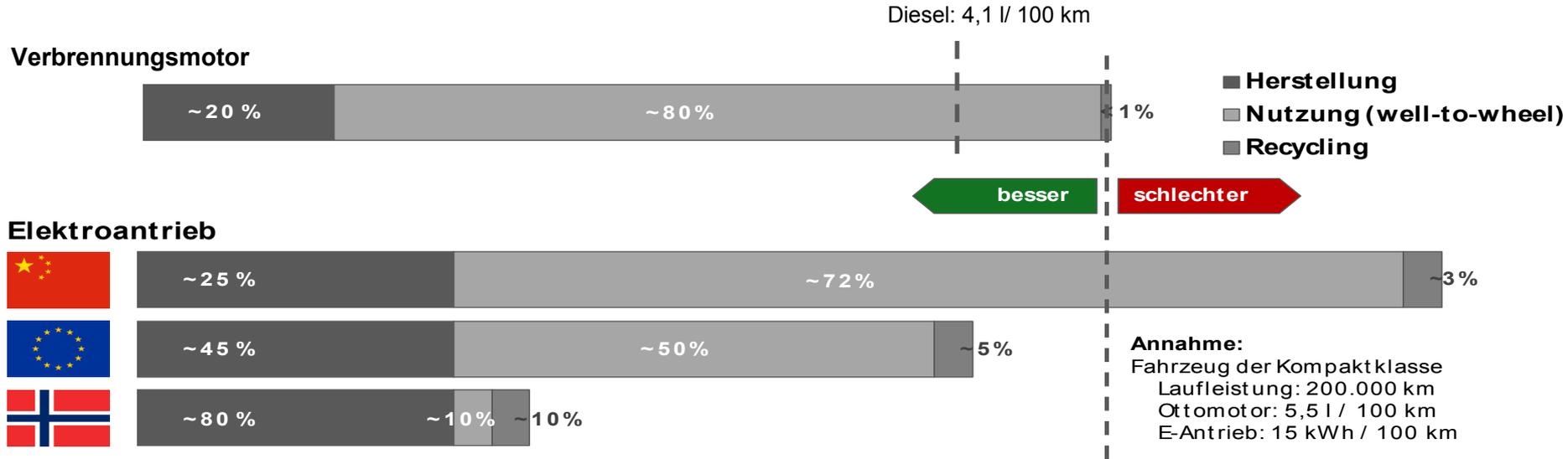
**CO<sub>2</sub>**



**Audi e-fuels**

- **Keine fossilen Quellen** No fossil-based sources
- **Keine Biomasse** No biomass
- **Keine Konkurrenz zu Nahrungsmitteln** No conflict with arable land for growing food
- **100% kompatibel mit vorhandener Infrastruktur** 100% compatible with existing infrastructure

# Ein Vergleich der CO<sub>2</sub>-Bilanzen eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor bzw. Elektro-Antrieb



» Ein ökologischer Vorteil des Elektroantriebs ergibt sich nur bei Verwendung regenerativer Energien. Gleichzeitig nimmt die Bedeutung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Herstellungsphase zu.



# Audi e-tron models

## Audi MediaServices

Audi  
Vorsprung durch Technik



“When we speak about sustainable mobility, we have to look at the **entire energy balance**”, says Rupert Stadler, Chairman of the Board of Management of AUDI AG. According to him, Audi’s task is not only to build cars but to ensure their sustainable use by the customer.

“**Electric cars** from Audi must be powered by **electricity from a sustainable source**. This is why we are promoting solar and wind power installations.”

▶ The Volkswagen Group will invest about 600 million € into renewable energy production until 2016

➤➤ **Nur mit erneuerbaren Energien bietet das E-Auto Vorteile beim Klimaschutz – aber damit stehen wir vor neuen Herausforderungen!**

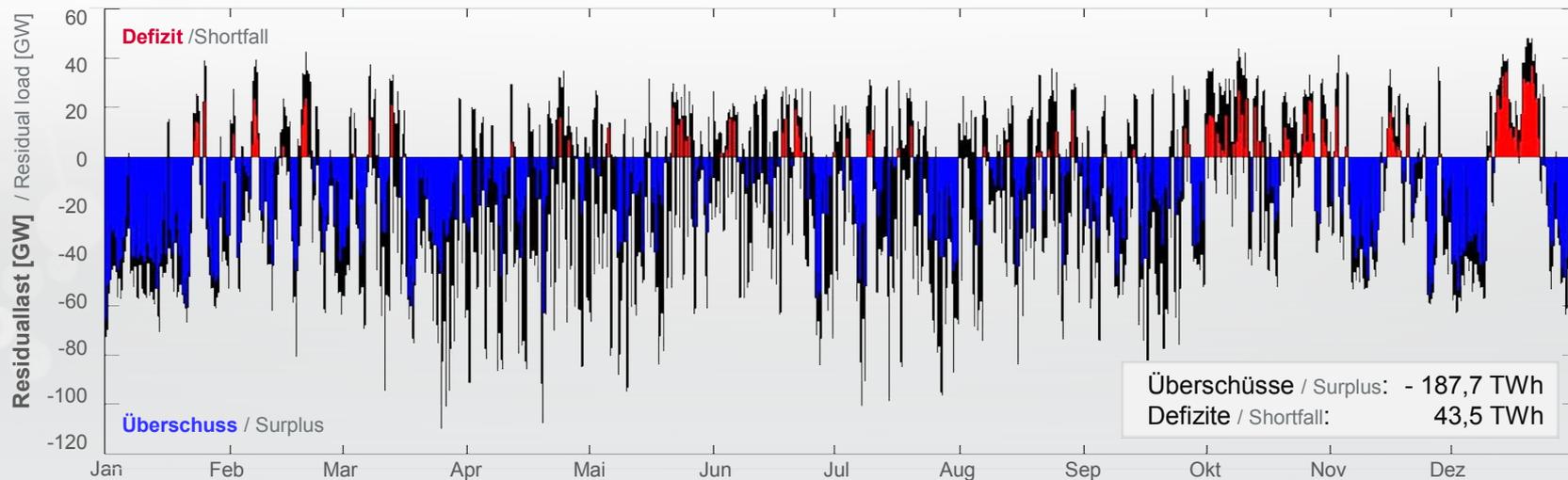


# Simulation Stromnetz bei 78% erneuerbare Energien\*

Simulation power grid with 78% of electricity via renewable energies

## Residuallast bei idealem Netzausbau

Residual load as per ideal expansion of power grids

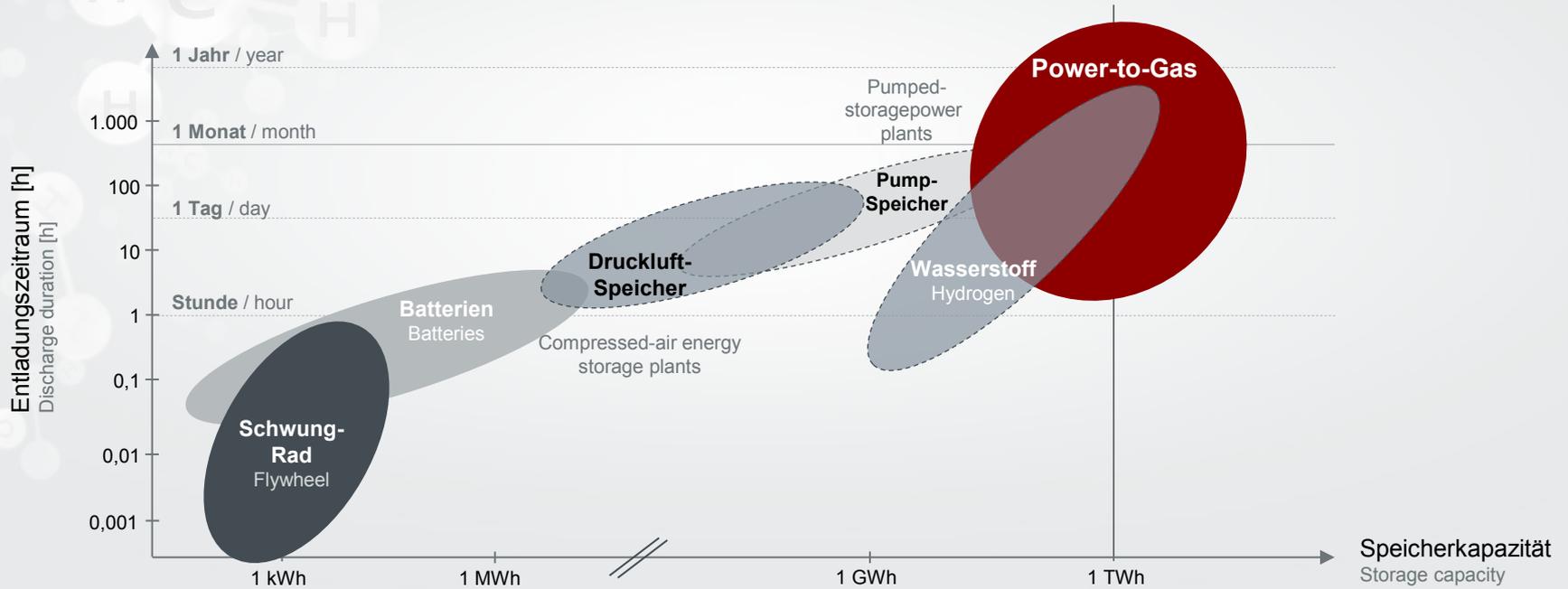


\* Deutschland Prognose 2050 / Germany forecast 2050

Quelle: Simulation Fraunhofer IWES 2010 / Source: Simulation Fraunhofer IWES 2010

# Übersicht der Speichertechnologien

Overview of storage technologies



Quelle: Sterner, 2009; Specht et al, 2010 / Source: Sterner, 2009; Specht et al, 2010

# Das Erdgasnetz bietet die größten Speicherkapazitäten

The natural gas network offers the greatest storage capacities



## Pumpspeicher, Batterien: ca. 0,04 TWh<sub>el</sub>

Pumped-storage power plants, batteries: approx. 0.04 TWh<sub>el</sub>

Versorgung Deutschland / Power supply for Germany:

**< 1 Stunde** / hour

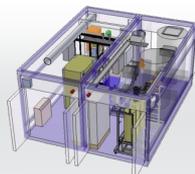


## E-Mobilität: ca. 0,45 TWh<sub>el</sub>

E-mobility: approx. 0.45 TWh<sub>el</sub>

Versorgung Deutschland / Power supply for Germany:

**6 Stunden** / hours



## Gasnetz: 220 TWh<sub>th</sub> ~ ca. 130 TWh<sub>el</sub>

Natural gas network: 220 TWh<sub>th</sub> ~ approx. 130 TWh<sub>el</sub>

Versorgung Deutschland / Power supply for Germany:

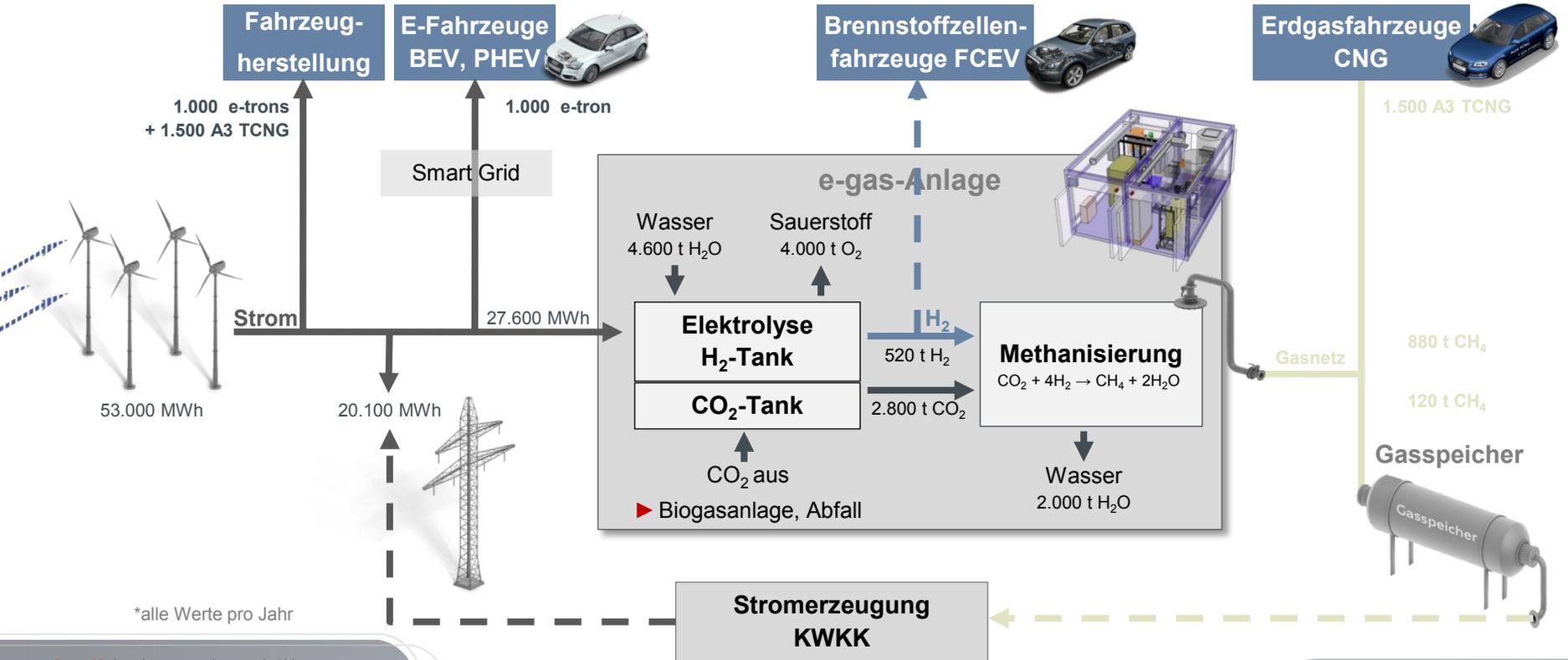
**2 Monate** / months

# Projektpartner Audi e-gas project



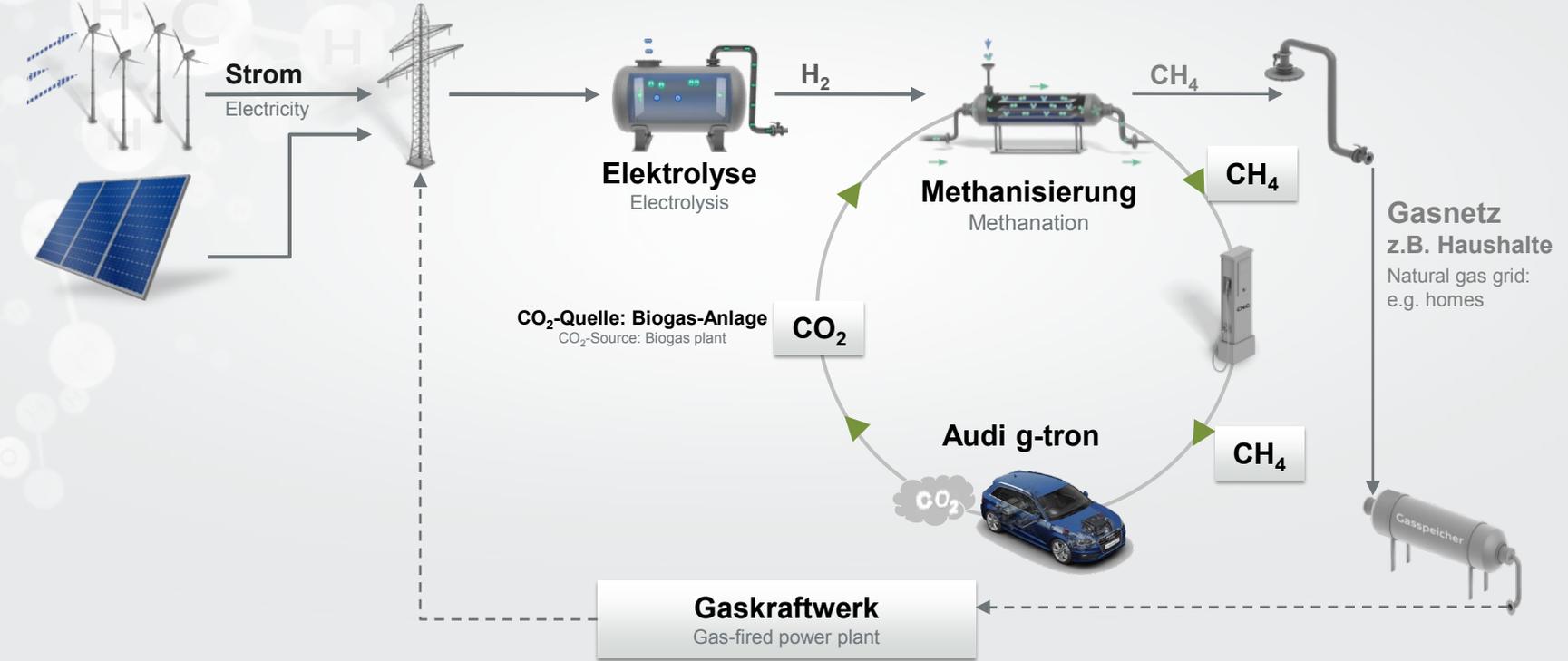
# Kopplung von Strom- und Erdgasnetz

Erste praktische Umsetzung von PtG in Werlte (Emsland)



# Funktionsprinzip Audi e-gas

Operating principle of Audi e-gas



# Entwicklung der e-gas Anlagengrößen

Development in power output at e-gas units



Jahr / year

2009

Anlagenleistung

25kW

Power output

2012

250kW

2013

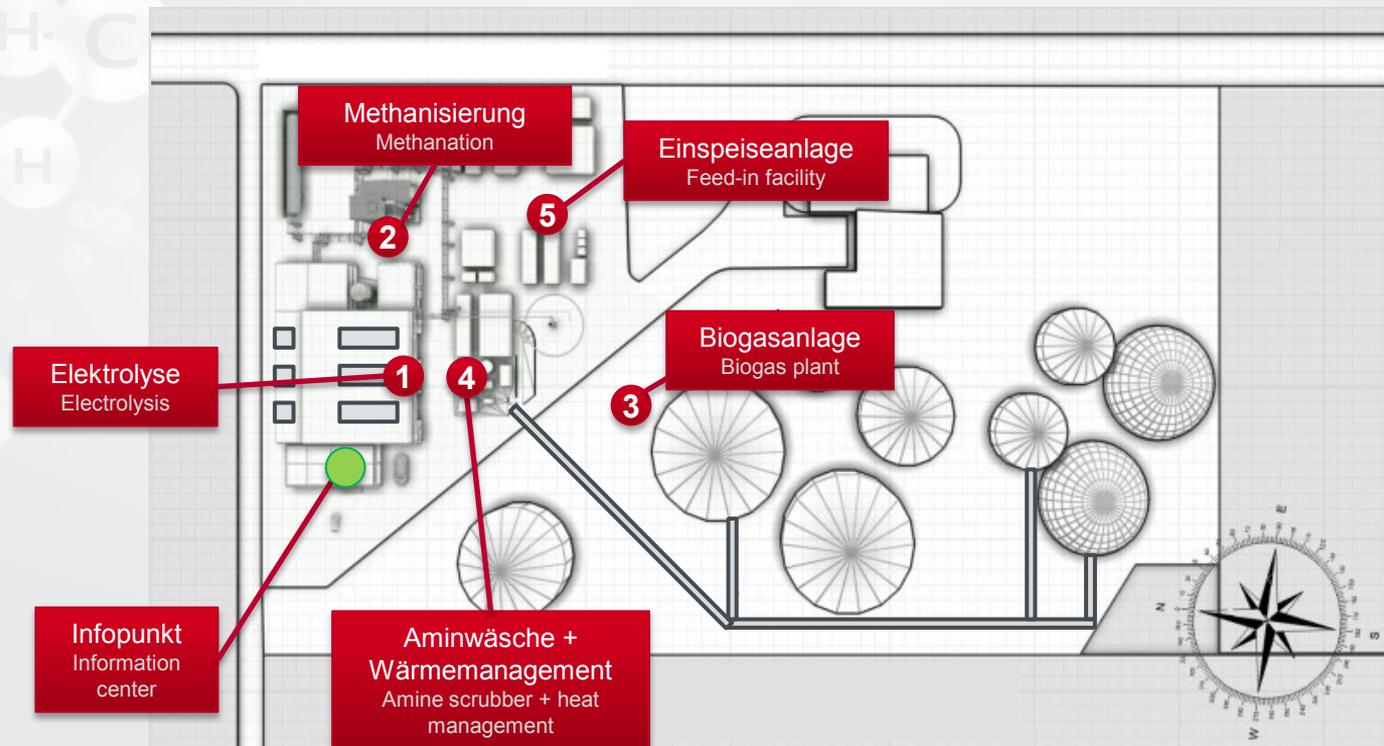
6 MW

Vorsprung durch Technik



# Die Audi e-gas Anlage in Werlte, Niedersachsen

Audi e-gas plant in Werlte, Niedersachsen



# Audi e-gas-Anlage (Februar 2013), Einspeisung startet im Herbst



# Technische Highlights der Audi e-gas Anlage

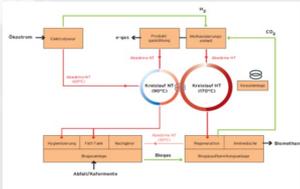
Technological highlights of the Audi e-gas plant



- ▶ Weltweit erste industrielle Power-to-Gas Anlage / World's first industrial power-to-gas plant
- ▶ Nennleistung Elektrolyse: 6 MW / Rated output of electrolysis: 6 MW
- ▶ Ziel: Intermittierender Betrieb, Nutzung überschüssigen EE-Stroms  
Target: Intermittent operation, use of surplus renewable electricity



- ▶ Weltweit größter Methanisierungsreaktor (Hersteller: MAN)  
World's largest methanation reactor (manufactured by MAN)
- ▶ e-gas-Produktion: ca. 1000 t/a / e-gas production: max. approx. 1000 t p.a.



- ▶ Komplexes Wärmemanagement mit Biogasanlage / Complex heat management with biogas plant
- ▶ Ziel: Gesamtwirkungsgrad ~ 70 % / Target: Overall efficiency ratio ~70%



# Audi A3 g-tron: <20g CO<sub>2</sub>/km mit **Audi e-gas**

Audi A3 g-tron: <20g CO<sub>2</sub>/km with Audi e-gas



Gastanks Audi A3 g-tron  
Audi A3 g-tron: natural gas tanks

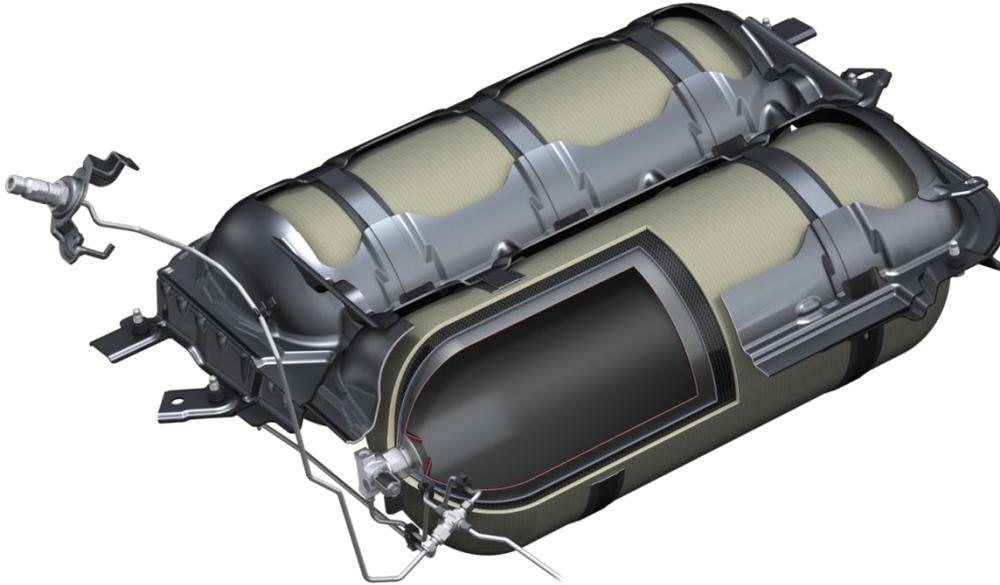
- ▶ **Audis erstes Erdgas-Serienfahrzeug**  
**81 kW (110 PS)**  
**197 km/h**  
**3,2-3,3 kg/100 km (88-92 g CO<sub>2</sub>/km)**  
Audi's first natural gas production vehicle

- ▶ **Bivalentes Konzept:**  
**Reichweite Erdgas: > 400 km**  
**Reichweite Benzin: > 900 km**  
Bivalent configuration:  
Cruising range on natural gas: >400 km  
Cruising range on petrol: >900 km

- ▶ **Markteinführung Ende 2013**  
Market launch End of 2013

- ▶ **Verkaufspreis D: 25.900 EUR**  
Price in Germany: EUR 25,900

## Die Leichtbau-Gastanks des Audi A3 g-tron



- **Zwei Gasdrucktanks** zur Speicherung von komprimiertem **Audi** e-gas/Erdgas
- **Audi ultra Leichtbaupotential** durch den kombinierten Einsatz von **Carbon-und Glasfaser** (CFK-GFK Matrix)
- **Gewichtseinsparung von mehr als 50 kg pro Fahrzeug** (27kg pro Tank)



# Vertriebskonzept **Audi** e-gas

Sales concept for **Audi** e-gas



- ▶ Bei Kauf eines A3 g-trons optionaler Abschluss eines Prepaid-Vertrags für Audi e-gas

People who buy an A3 g-tron can opt for a pre-paid contract for Audi e-gas



- ▶ Kraftstoffmenge über e-gas Tankkarte erfasst  
amount of fuel is registered via his e-gas card
- ▶ Bezahlung des ausgewiesenen Erdgaspreises  
The driver pays the specified rate for natural gas



- ▶ Monatliches Reporting über e-gas Mengen und die CO<sub>2</sub>-Einsparungen

Monthly account statement of amounts of e-gas purchased and reduction in CO<sub>2</sub> emissions

## Ideale Ergänzung: CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität für Kurz- und Langstrecke



**e-power**  
(e-tron)



**e-hydrogen**  
(HFC)

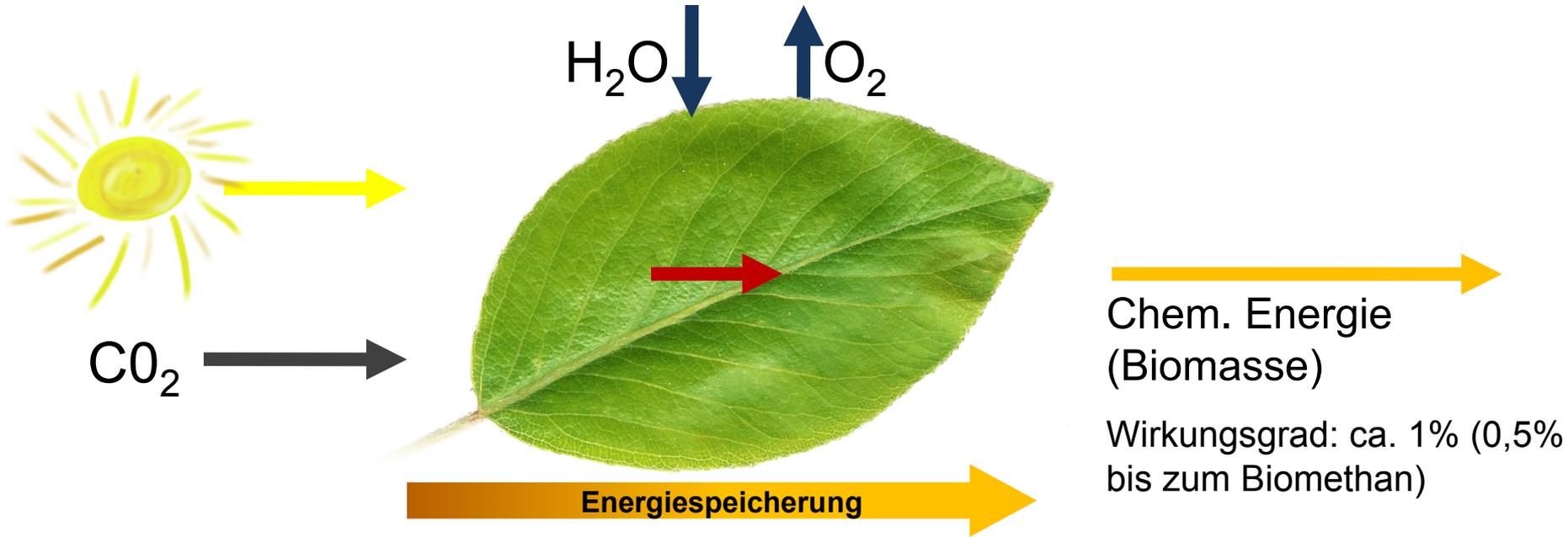


**e-gas**  
(g-tron)

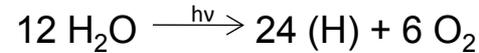
### **Audi** e-gas-Projekt:

- CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität für drei Antriebskonzepte
- Kraftstoffe aus Erneuerbaren Energien, CO<sub>2</sub> und Wasser
- Impulse für Ausbau Erneuerbarer Energien

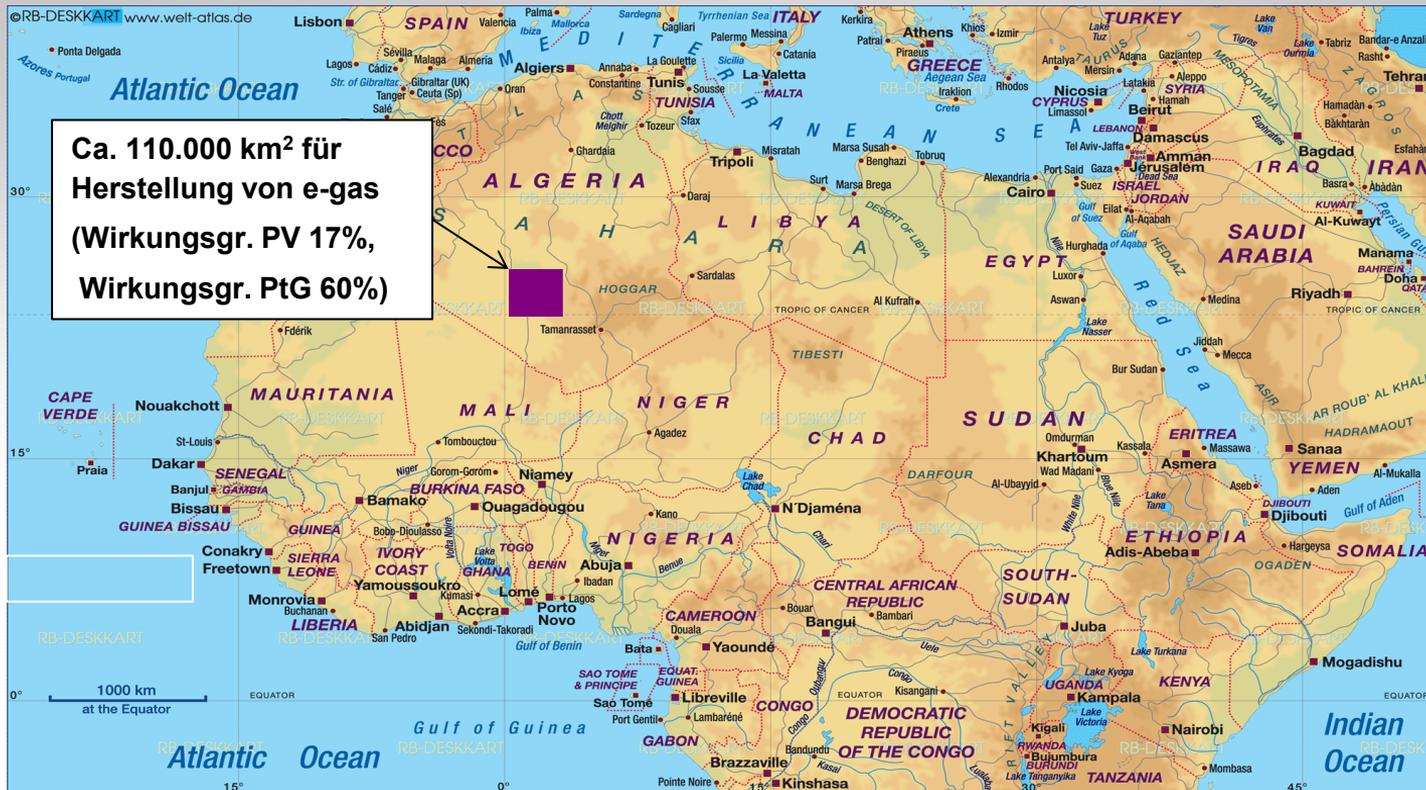
# Wie speichert die Natur Energie über lange Zeiträume?



- **Kernprozess:**
- 1) Spalten von Wasser
  - 2)  $\text{H}_2$  reagiert mit  $\text{CO}_2$



# Theoretische Potential-Rechnung: Fläche, die zum Abdecken des weltweiten Pkw-Energiebedarfs über PV + PtG (e-gas) notwendig ist



- Flächenbedarf ca. um den Faktor 20 geringer als bei Biokraftstoffen
- Außerdem: Auch agrarisch nicht nutzbare Flächen verwendbar



# Mit dem Audi e-gas lösen wir Probleme von heute und morgen

Thanks to Audi e-gas, we can solve the problems of today and tomorrow

## Heute

Today

### CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität auf der Langstrecke

Long-distance CO<sub>2</sub>-neutral mobility

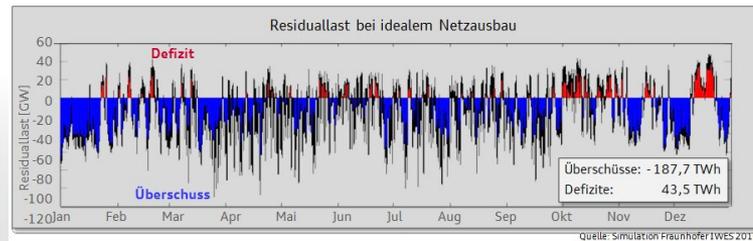


## Morgen

Tomorrow

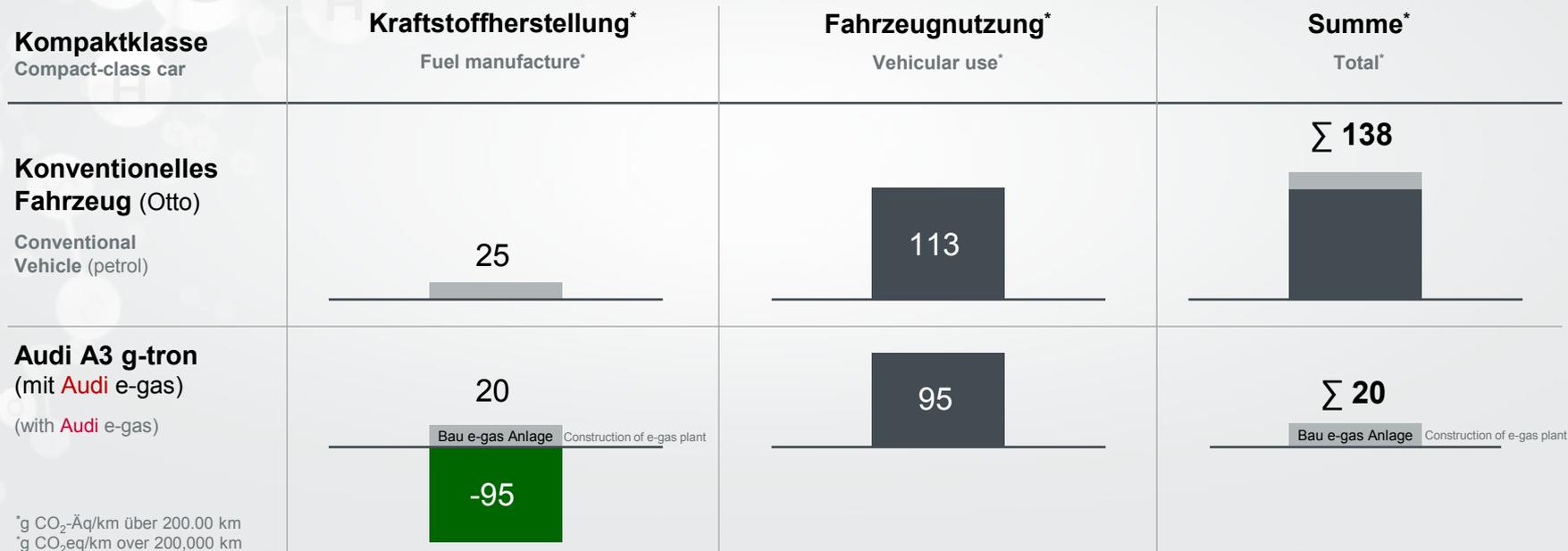
### Energiewende (Speicher, Stabilität)

Revolution in energy policy  
(storage systems, stability)



# Vergleich von CO<sub>2</sub>-Emissionen

Comparison of CO<sub>2</sub> emissions



# Wirtschaftlichkeit Power-to-Gas? Systemrelevanz?

## ▶ Aussagen diverser Studien:

- Systemrelevanz für Stromsektor erst nach 2030
- Wirtschaftlich – je nach Land – erst ab 70% Erneuerbarer Energien im Stromnetz

## ▶ Prämissen dieser Studien:

- Idealer Ausbau des Stromnetzes in Deutschland („Deutschland als Kupferplatte“)
  - Keine Netzengpässe, uneingeschränkter Austausch von Strom in Deutschland und in die Nachbarländer
- Es ist den Menschen egal, wie viele Windräder oder Solarfelder in der Landschaft stehen
- Es gibt keine Bestrebungen, autarke regionale Energieversorgungssysteme aufzubauen
- Es gibt keinen Bedarf an regenerativen Kraftstoffen, die nicht in Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen

# Audi e-gas: erster Schritt zu CO<sub>2</sub>-neutraler Mobilität

Audi e-gas: first step to CO<sub>2</sub>-neutral mobility

## Audi e-fuels

### Audi e-gas project

e-tron  
e-power

HFC  
e-hydrogen®

g-tron  
e-gas®

### Audi e-diesel project Audi e-ethanol project

TDI  
e-diesel®

TFSI  
e-ethanol

# Audi e-fuels: Ganzheitliche Strategie

## Audi e-fuels: Comprehensive strategy

Erforschung von Audi e-diesel und e-ethanol in NewMexiko

Research of Audi e-diesel and e-ethanol in NewMexico

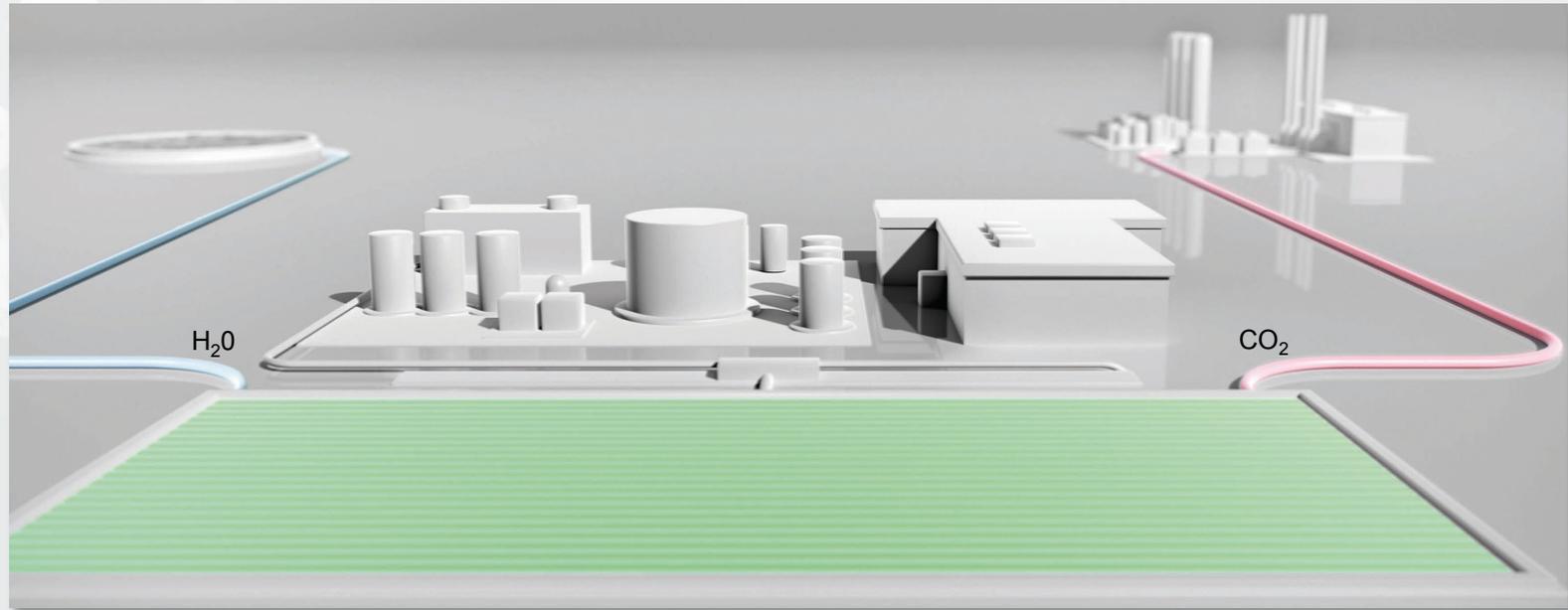


# Audi e-fuels: Ganzheitliche Strategie

## Audi e-fuels: Comprehensive strategy

Erforschung von Audi e-diesel und e-ethanol in NewMexico

Research of Audi e-diesel and e-ethanol in NewMexico





For more information on our projects, please visit:

[www.audi-future-lab-mobility.de](http://www.audi-future-lab-mobility.de)

Thank you.

# Audis Motivation

Audi s motivation



Audi A1/A3 e-tron



Audi Q5 HFC



Audi A3 g-tron

- ▶ **CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität**    CO<sub>2</sub>-neutral mobility
- ▶ **Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung**    sustainability and resource efficiency
- ▶ **Energiewende im Tank**    energy solutions for vehicles
- ▶ **Mobilität der Zukunft**    mobility of tomorrow

# Power-to-Gas: Viele Möglichkeiten, hohe Flexibilität

Power-to-Gas: Many options, high flexibility



Audi A1/A3 e-tron



Audi Q5 HFC



Audi A3 g-tron

## ► CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität

CO<sub>2</sub>-neutral mobility

## ► Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung

sustainability and resource efficiency

## ► Energiewende im Tank

energy solutions for vehicles

## ► Mobilität der Zukunft

mobility of tomorrow

# Audi e-fuels: CO<sub>2</sub> als Rohstoff

Audi e-fuels: CO<sub>2</sub> as a raw material

Kraftstoffherstellung:  
Bindung von CO<sub>2</sub>



manufacture of fuel:  
Absorption of CO<sub>2</sub>

Kunde tankt  
Audi e-fuel  
Audi e-fuel at gas station



Fahrzeugnutzung:  
Ausstoß des gebundenen CO<sub>2</sub>

vehicle in operation:  
Emission of absorbed CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> als Rohstoff  
CO<sub>2</sub> as raw material

