



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



Audi
Vorsprung durch Technik

ETOGAS
smart energy conversion



MT | **BioMethan**[®]
Gasaufbereitungs-Technologie

Aktuelle Herausforderungen

Current challenges



CO₂ Gesetzgebung
CO₂ 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

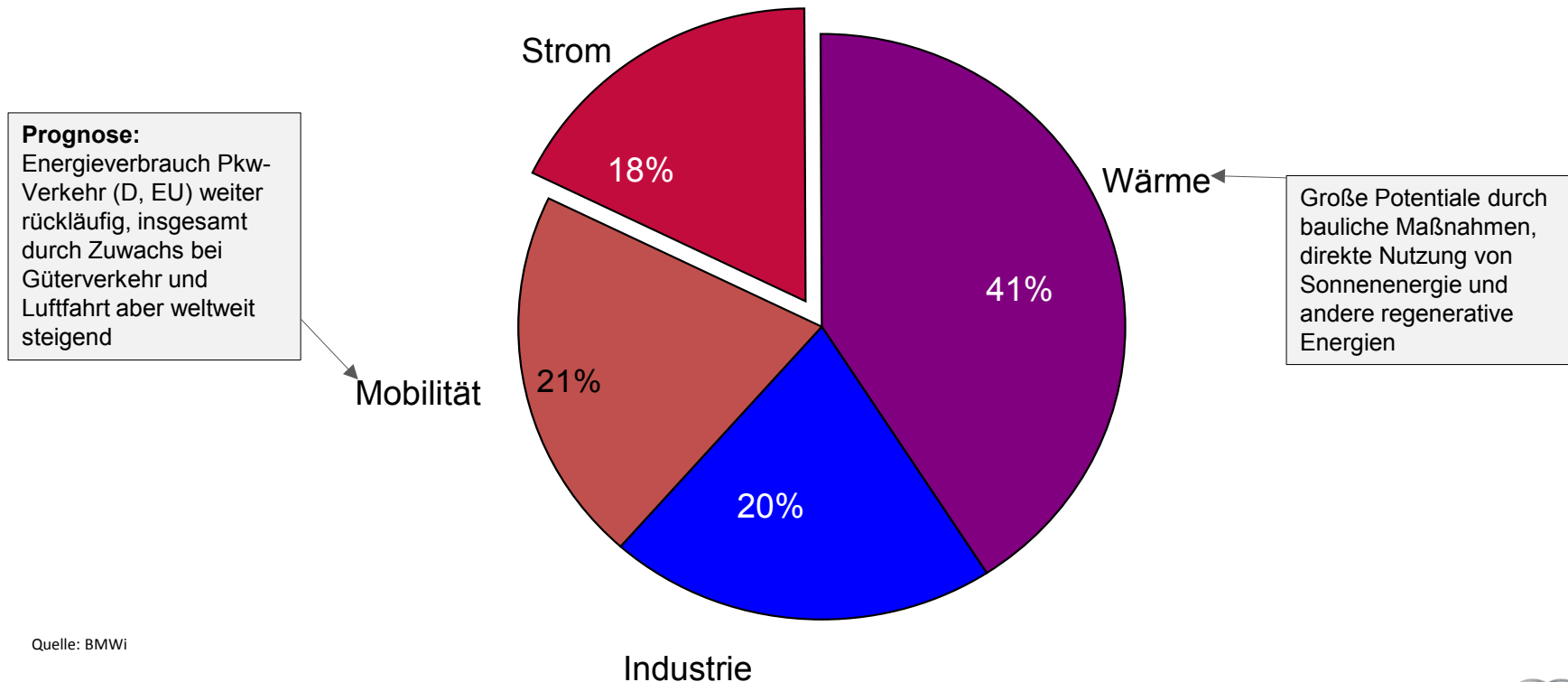
Netzausbau
Expansion of power grids

Energiewende
energy turnaround



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

Gesamtenergieverbrauch Deutschland, 2008; Gesamtverbrauch 3440 TWh



Quelle: BMWi

Audis Ansatz: Ganzheitliche Betrachtung

Audi's mission: Comprehensive awareness of environmental impacts



Audi e-fuels



**Erneuerbare
Energien**
Renewable energy



Wasser
water



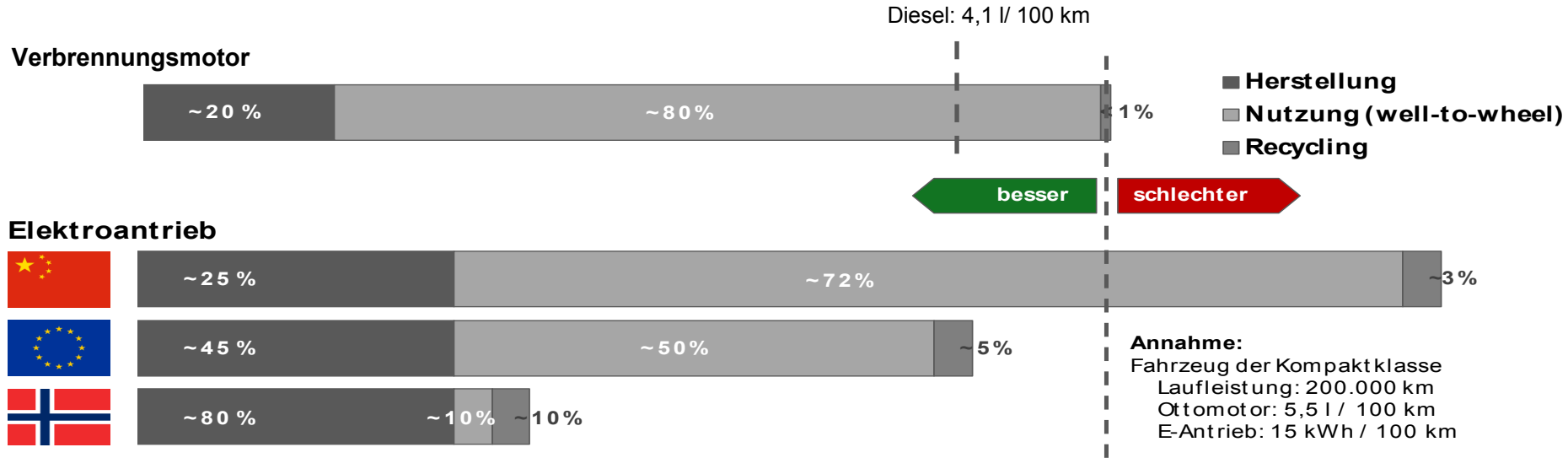
CO₂



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 CO₂-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 CO₂-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!**

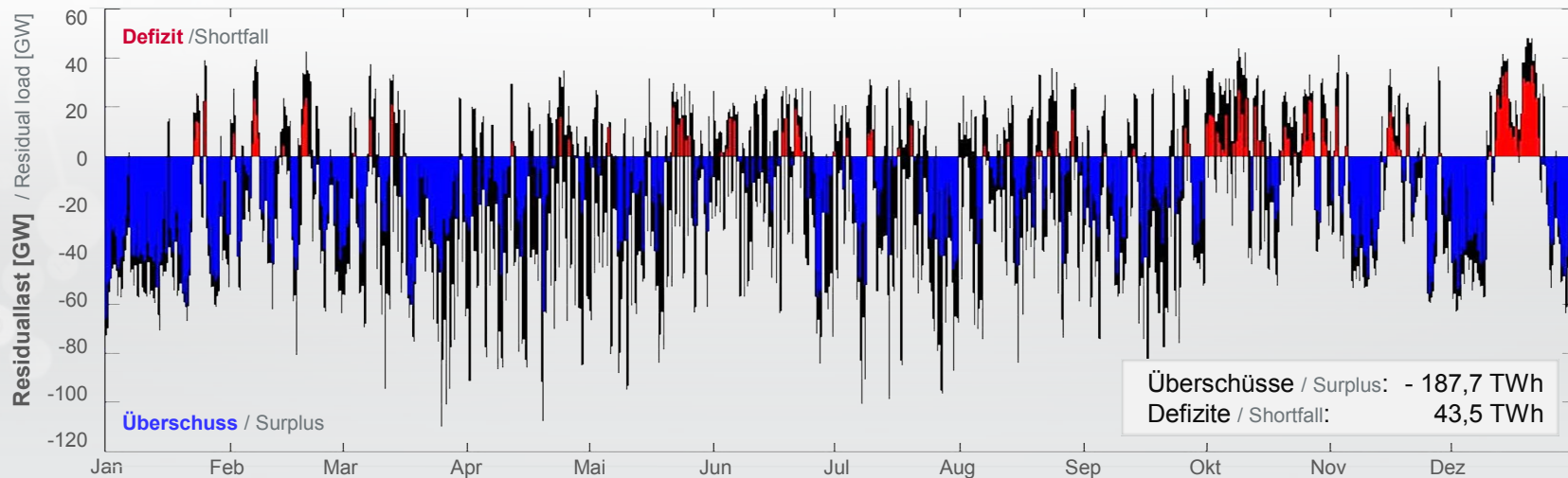


Simulation Stromnetz bei 78% erneuerbare Energien*

Simulation power grid with 78% of electricity via renewable energies

Residuallast bei idealem Netzausbau

Residual load as per ideal expansion of power grids

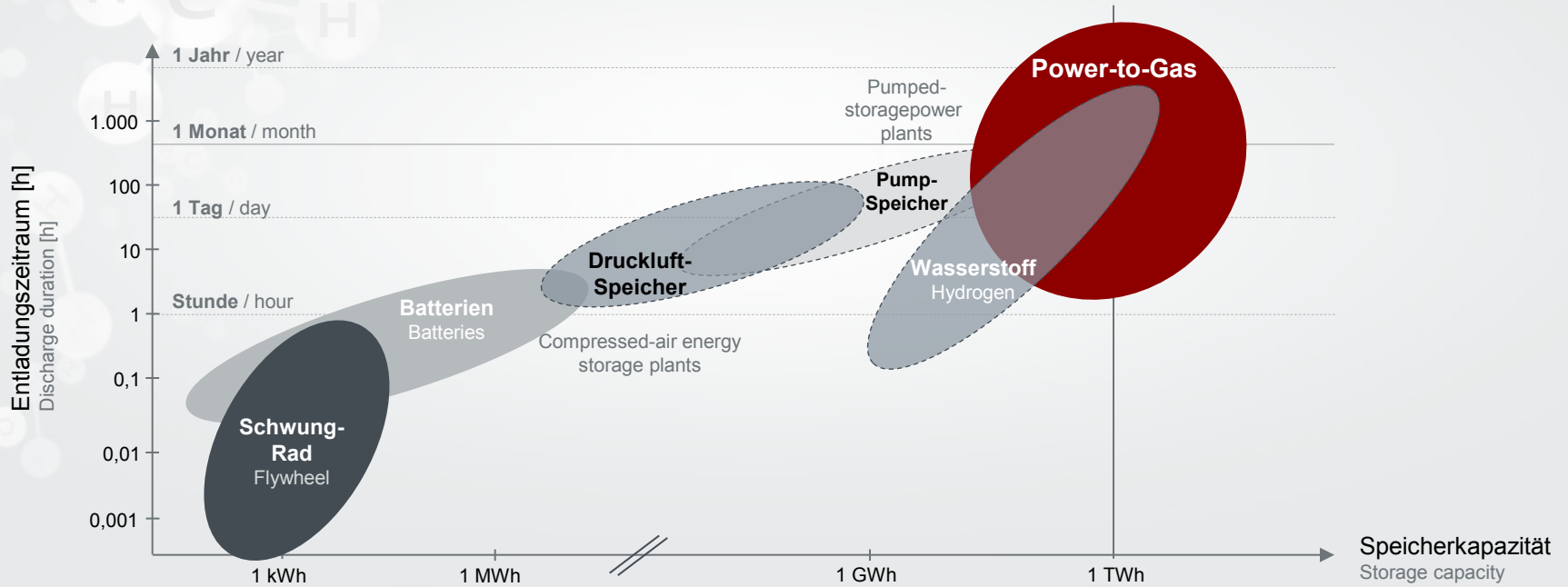


* Deutschland Prognose 2050 / Germany forecast 2050

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_{el}

Pumped-storage power plants, batteries: approx. 0.04 TWh_{el}

Versorgung Deutschland / Power supply for Germany:

< 1 Stunde / hour

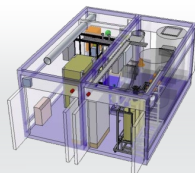


E-Mobilität: ca. 0,45 TWh_{el}

E-mobility: approx. 0.45 TWh_{el}

Versorgung Deutschland / Power supply for Germany:

6 Stunden / hours



Gasnetz: 220 TWh_{th} ~ ca. 130 TWh_{el}

Natural gas network: 220 TWh_{th} ~ approx. 130 TWh_{el}

Versorgung Deutschland / Power supply for Germany:

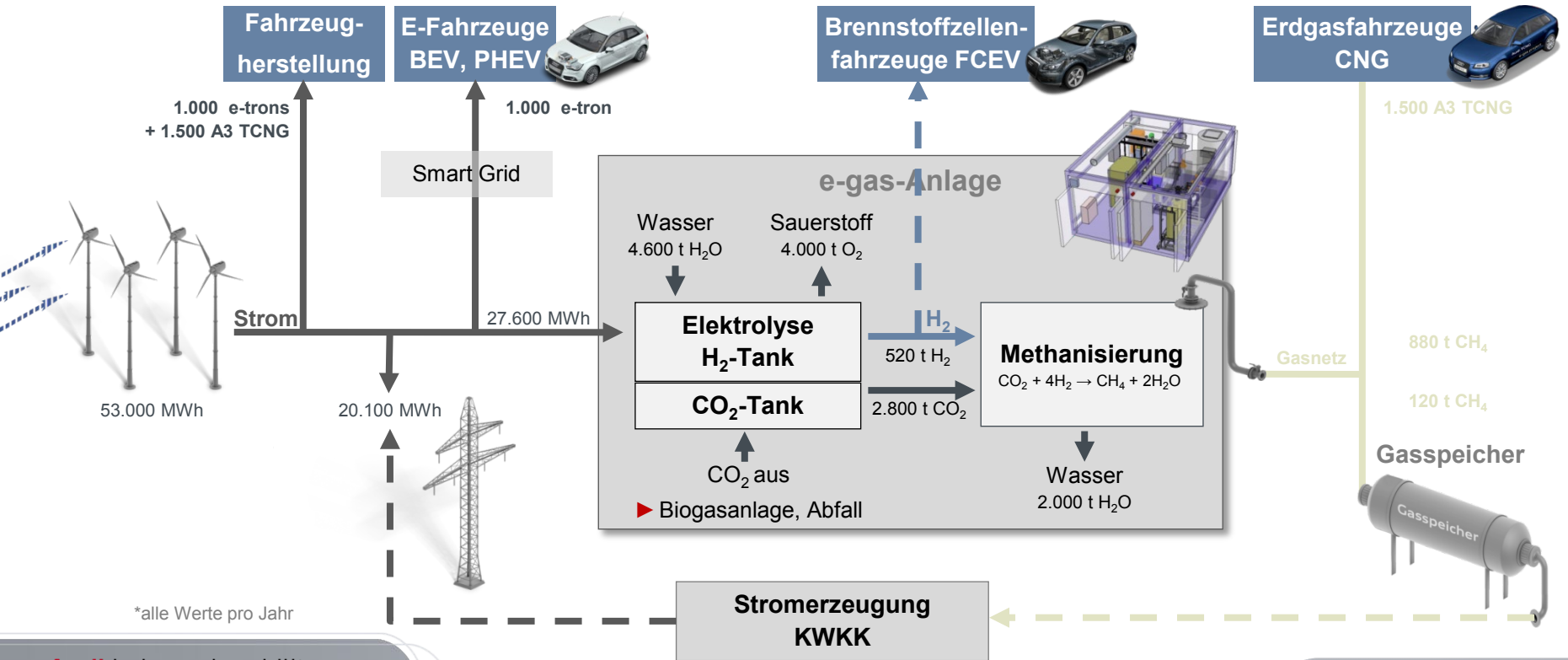
2 Monate / months

Projektpartner Audi e-gas project



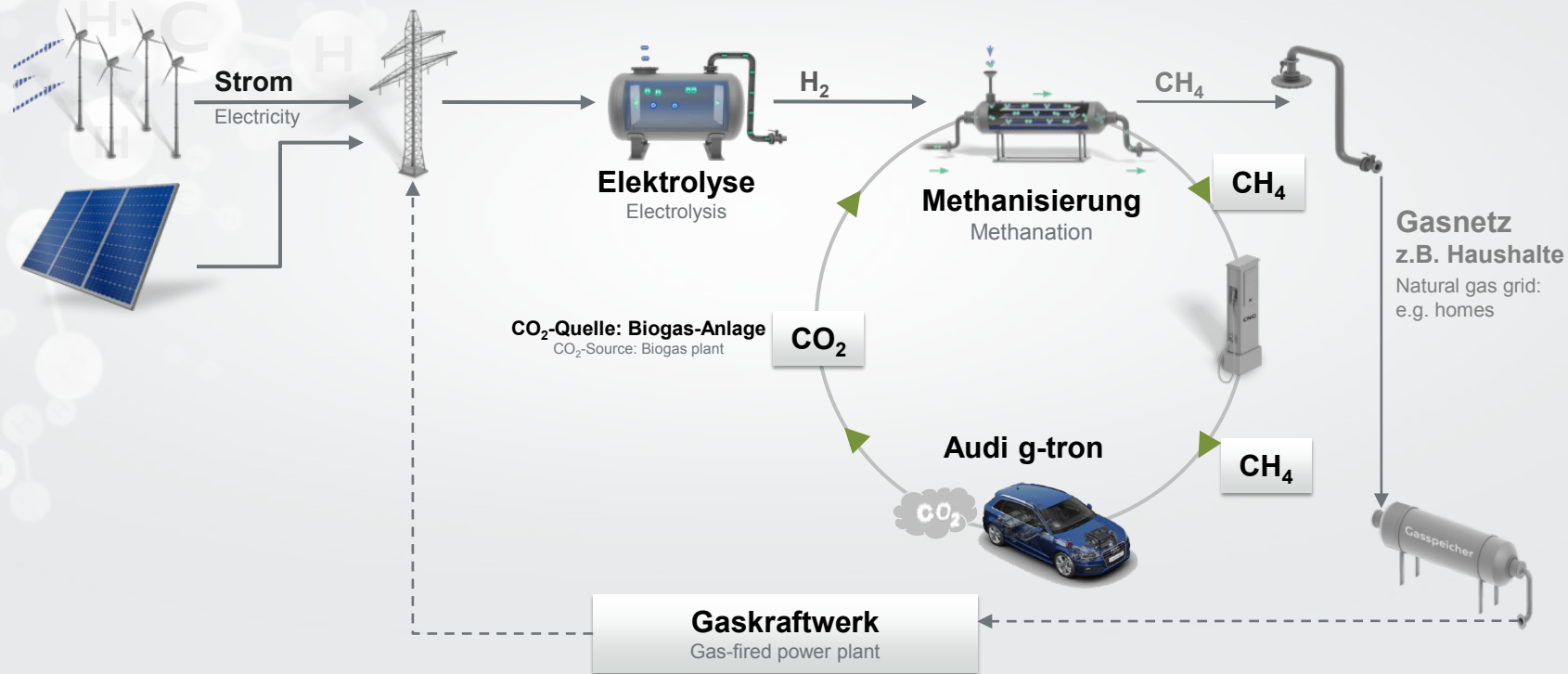
Kopplung von Strom- und Erdgasnetz

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

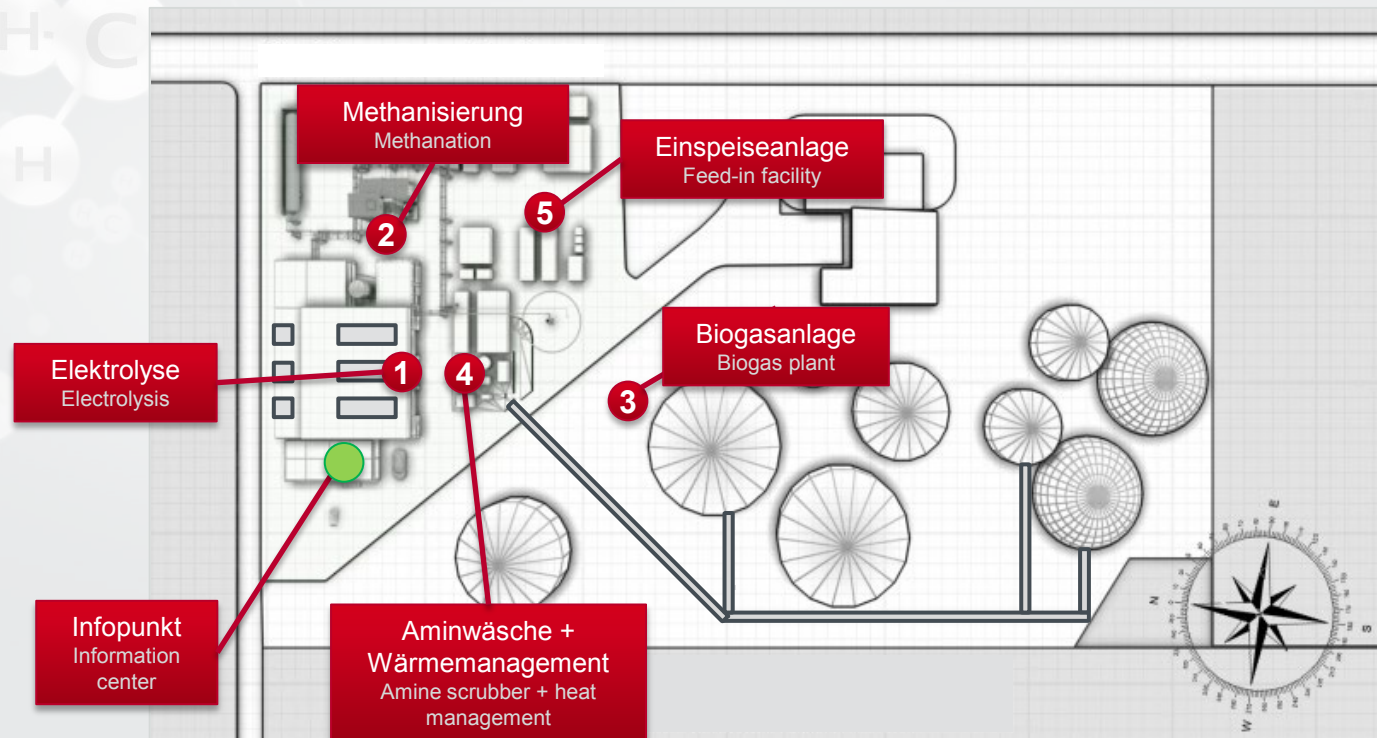
6 MW

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

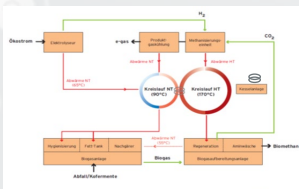
Technological highlights of the Audi e-gas plant



- ▶ 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

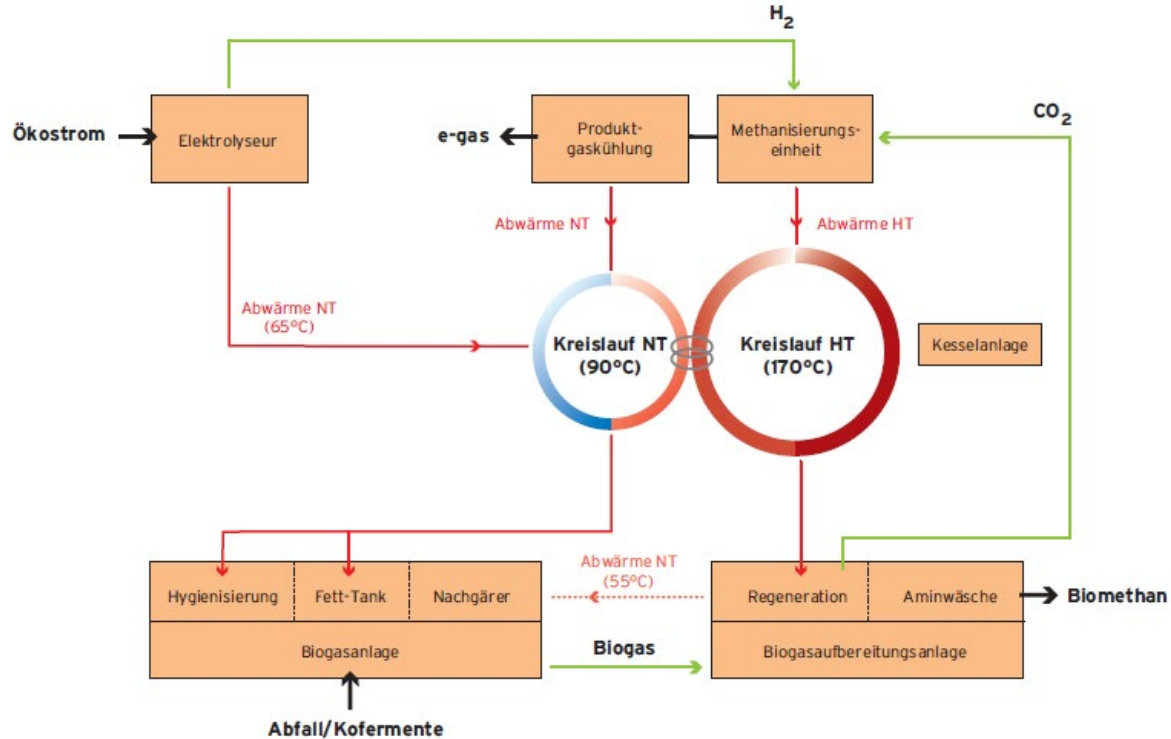


- ▶ Weltweit größter Methanisierungsreaktor (Hersteller: MAN)
World's largest methanation reactor (manufactured by MAN)
- ▶ e-gas-Produktion: ca. 1000 t/a / e-gas production: max. approx. 1000 t p.a.



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

Optimierung Verbund Biomethan- / e-gas-Anlage



Gefördert durch:



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Konzept und Quelle:

MT | BioMethan®
Gasaufbereitungs-Technologie

HT: Hochtemperatur
NT: Niedertemperatur

Audi balanced mobility



Audi Vorsprung durch Technik



Audi A3 g-tron: <20g CO₂/km mit Audi e-gas

Audi A3 g-tron: <20g CO₂/km with Audi e-gas



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

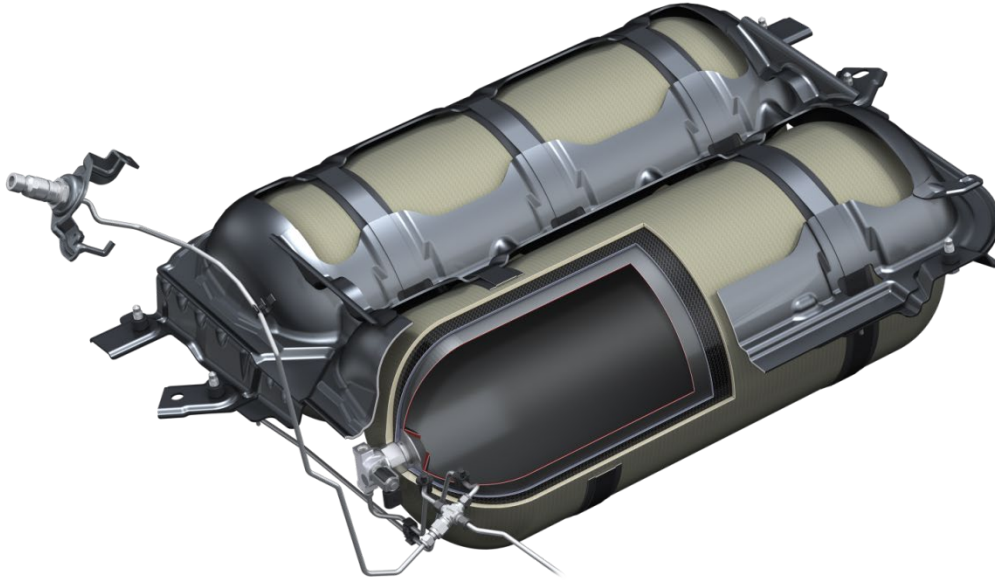
- ▶ Audis erstes Erdgas-Serienfahrzeug
81 kW (110 PS)
197 km/h
3,2-3,3 kg/100 km (88-92 g CO₂/km)
Audi's first natural gas production vehicle

- ▶ 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 CO₂-Einsparungen

Monthly account statement of amounts of e-gas purchased and reduction in CO₂ emissions

Ideale Ergänzung: CO₂-neutrale Mobilität für Kurz- und Langstrecke



e-power
(e-tron)



e-hydrogen
(HFC)

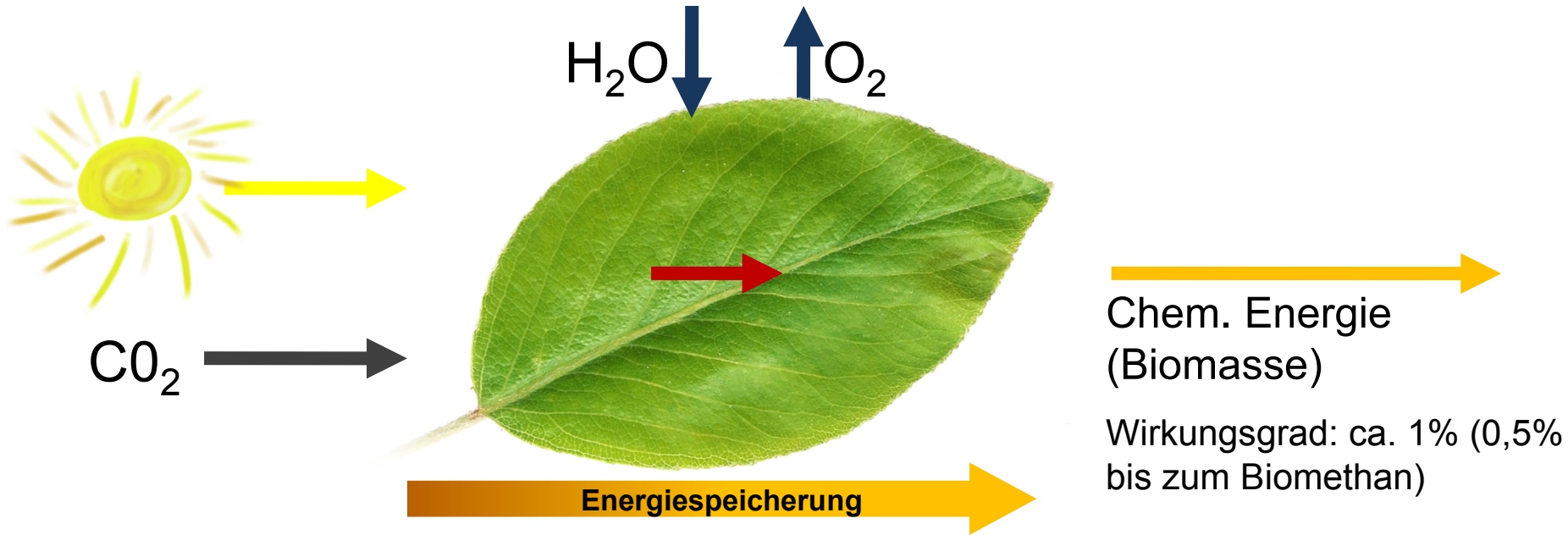


e-gas
(g-tron)

Audi e-gas-Projekt:

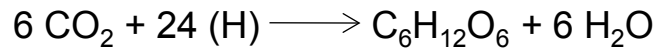
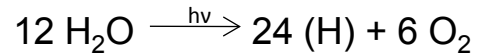
- CO₂-neutrale Mobilität für drei Antriebskonzepte
- Kraftstoffe aus Erneuerbaren Energien, CO₂ und Wasser
- Impulse für Ausbau Erneuerbarer Energien

Wie speichert die Natur Energie über lange Zeiträume?

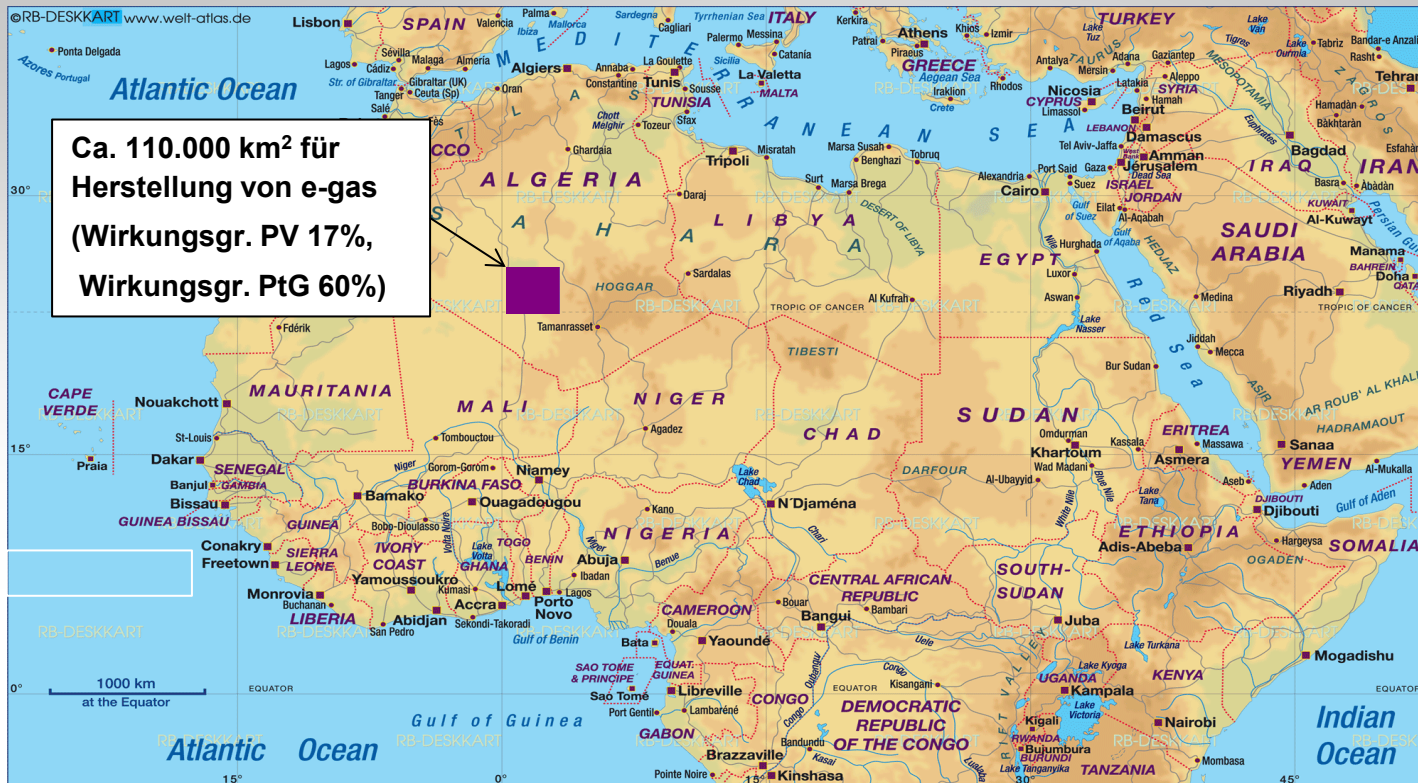


>> Kernprozess:

- 1) Spalten von Wasser
- 2) H_2 reagiert mit 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

CO₂-neutrale Mobilität auf der Langstrecke

Long-distance CO₂-neutral mobility

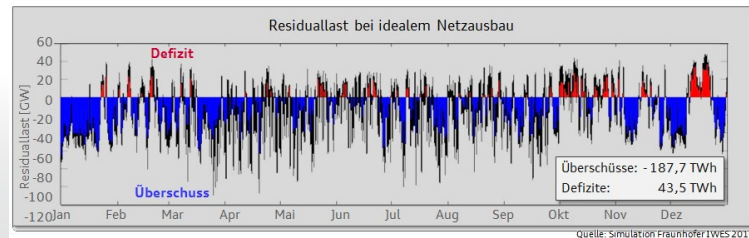


Morgen

Tomorrow

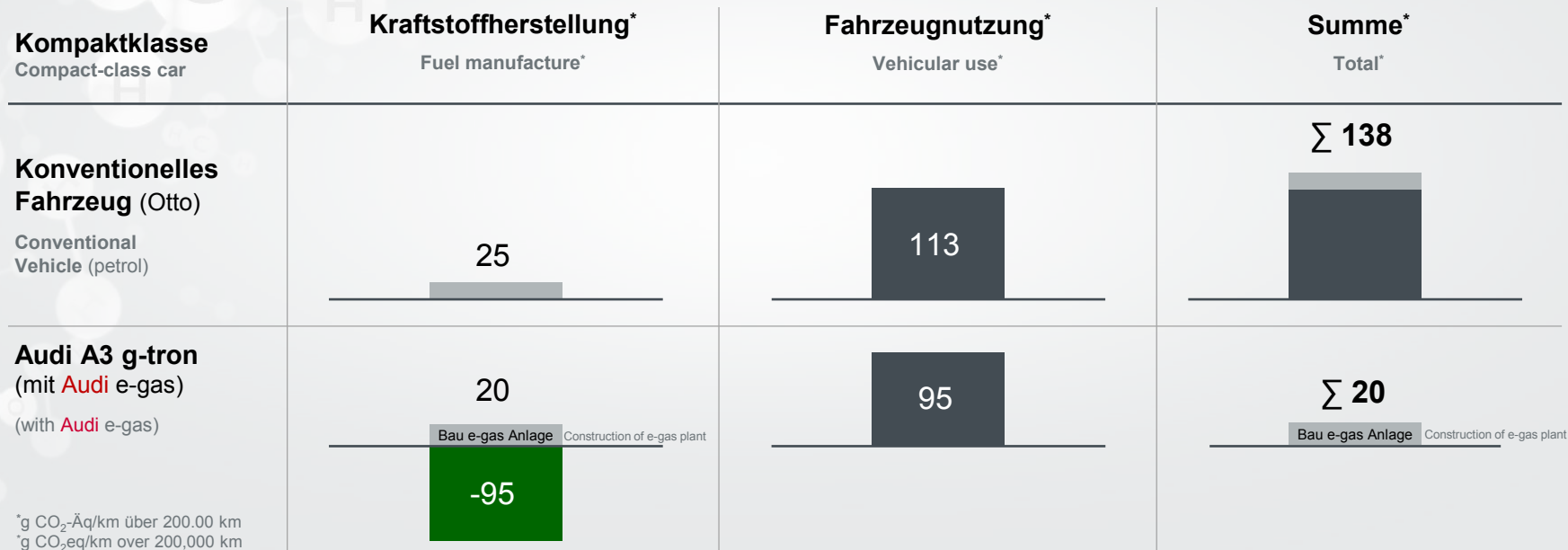
Energiewende (Speicher, Stabilität)

Revolution in energy policy
(storage systems, stability)



Vergleich von CO₂-Emissionen

Comparison of CO₂ emissions



*g CO₂-Äq/km über 200.00 km

*g CO₂eq/km over 200,000 km

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 CO₂-neutraler Mobilität

Audi e-gas: first step to CO₂-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

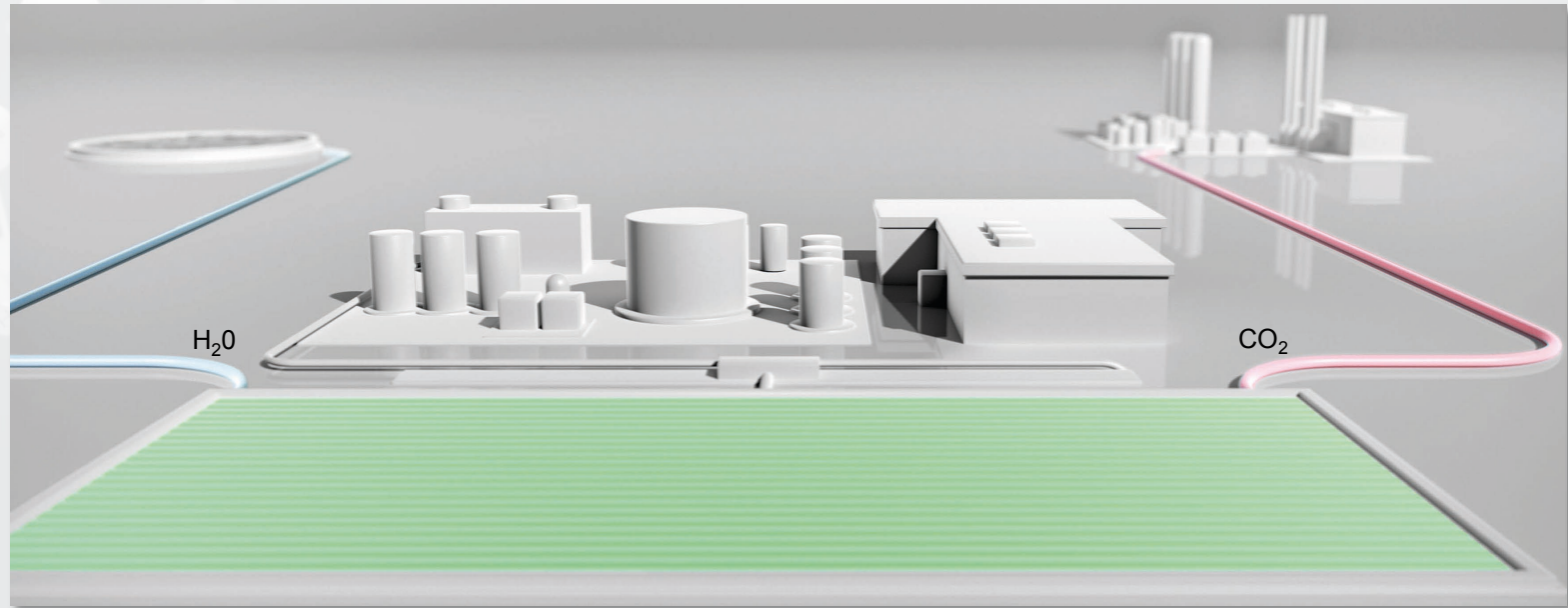


Audi e-fuels: Ganzheitliche Strategie

Audi e-fuels: Comprehensive strategy

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

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





For more information on our projects, please visit:

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

- ▶ **CO₂-neutrale Mobilität** CO₂-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

► CO₂-neutrale Mobilität

CO₂-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: CO₂ als Rohstoff

Audi e-fuels: CO₂ as a raw material

Kraftstoffherstellung:
Bindung von CO₂



manufacture of fuel:
Absorption of CO₂

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



Fahrzeugnutzung:
Ausstoß des gebundenen CO₂

vehicle in operation:
Emission of absorbed CO₂

CO₂ als Rohstoff
CO₂ as raw material

