



## SolarFuel – 100% erneuerbare Energien sind machbar

Vortrag für Symposium in Bad Urach  
Dr. Hermann Pengg-Bührlen  
16.9.2011, Stuttgart

# Inhalt

---

**Das Energieversorgungssystem Deutschlands – heute und morgen**

**100% Erneuerbare in Deutschland – kein Problem?**

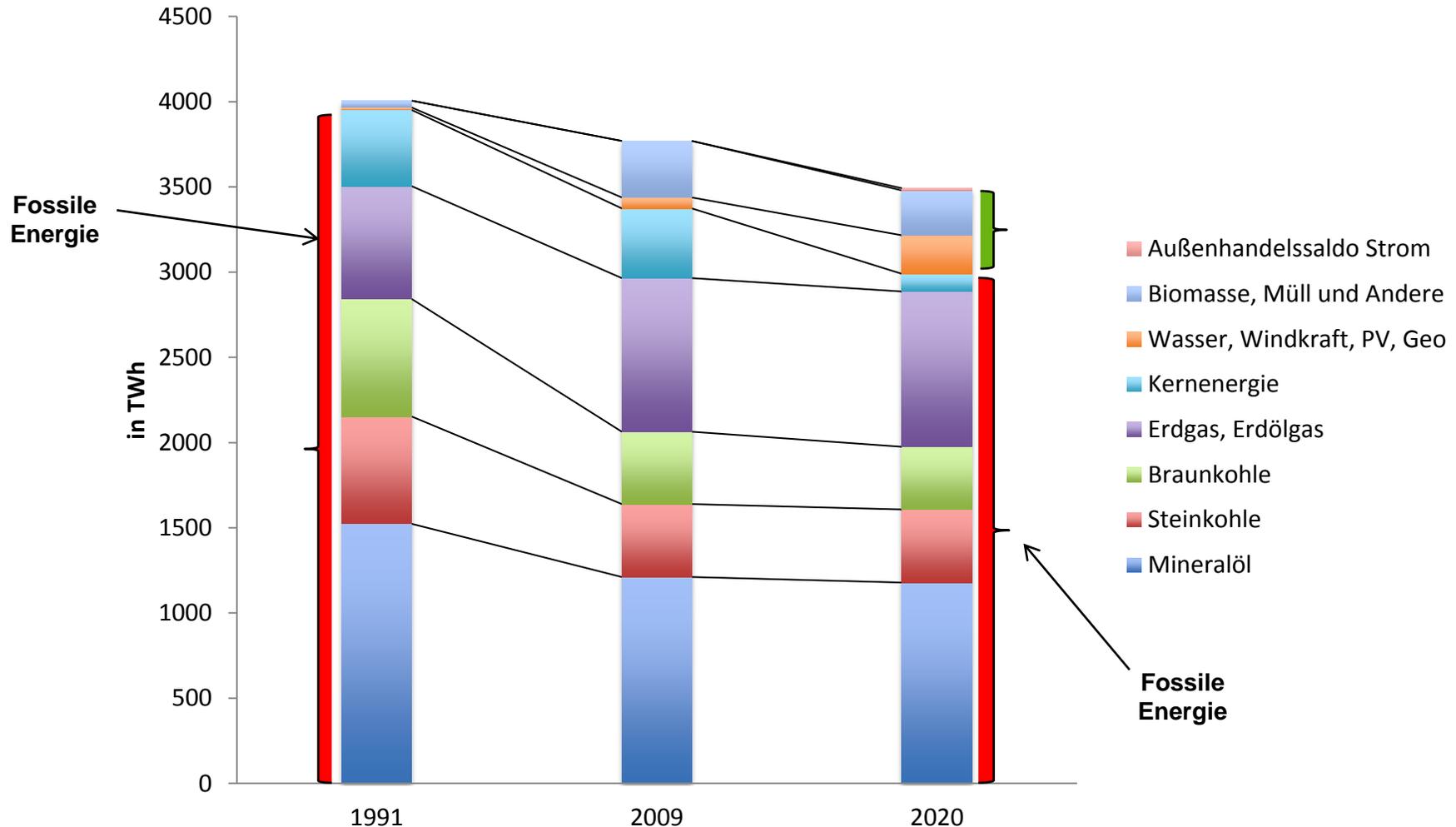
**Die SolarFuel-Technologie**

**Wo steht die SolarFuel-Technologie heute – wie geht es weiter?**

# Das Energieversorgungssystem Deutschlands – heute und morgen

---

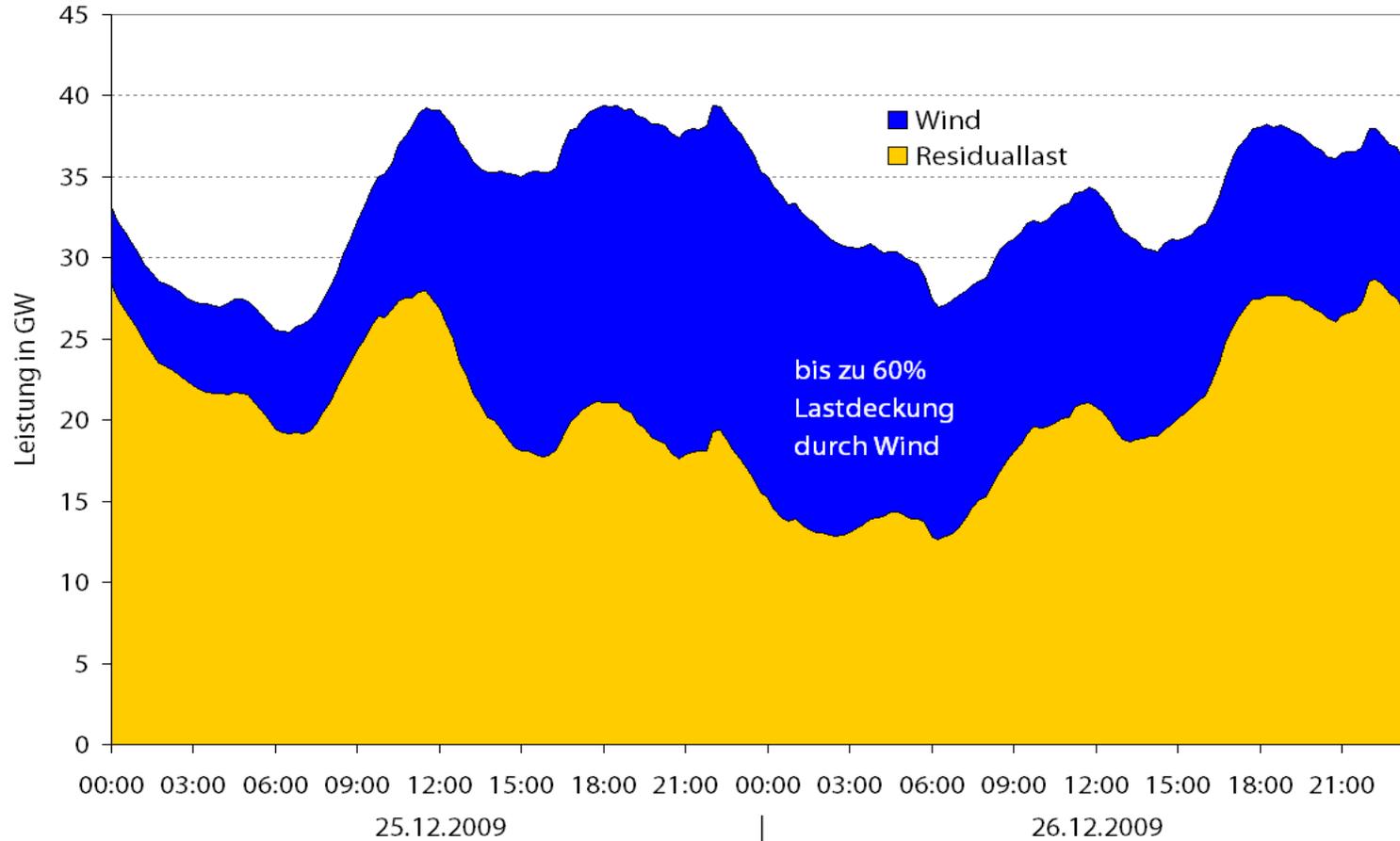
# Der Gesamtenergieverbrauch sinkt bis 2020 – die Erneuerbaren spielen vor allem im Stromsektor eine immer wichtigere Rolle



# 100% Erneuerbare in Deutschland – kein Problem?

---

# Bereits Ende 2009 gab es bis zu 60% Lastdeckung durch Windenergie



Quelle: IWES 2010

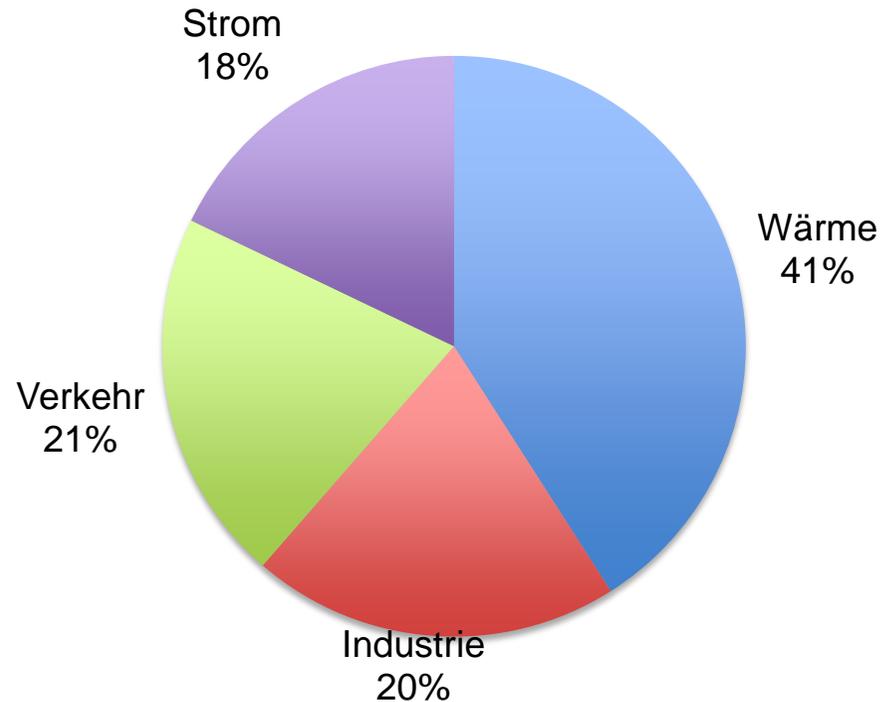
# Film „Mai 2020“

---

# Der Stromsektor ist nur ein Teil des Problems; weitere grosse Herausforderungen sind der Wärme- und der Mobilitätssektor

Energieverbrauch Deutschland nach Sektoren im Jahr 2008, gesamt 3440 TWh

---



Quelle: BMWi

# Der Ausbau erneuerbarer Energien ist mit Problemen verbunden, die erst vor kurzer Zeit erkannt wurden und für die es derzeit keine Lösung gibt

## Probleme, die beim Ausbau EE auftreten

---

### Kein Problem:

- Es gibt genügend Potential für erneuerbare Energien in Deutschland

### Probleme:

- Netzüberlastungen im Übertragungsnetz
- Netzüberlastungen im Verteilnetz (PV)
- Netzausbaukosten
- Keine Lösung für Mobilität
- Keine umfassende Lösung im Bereich Wärme

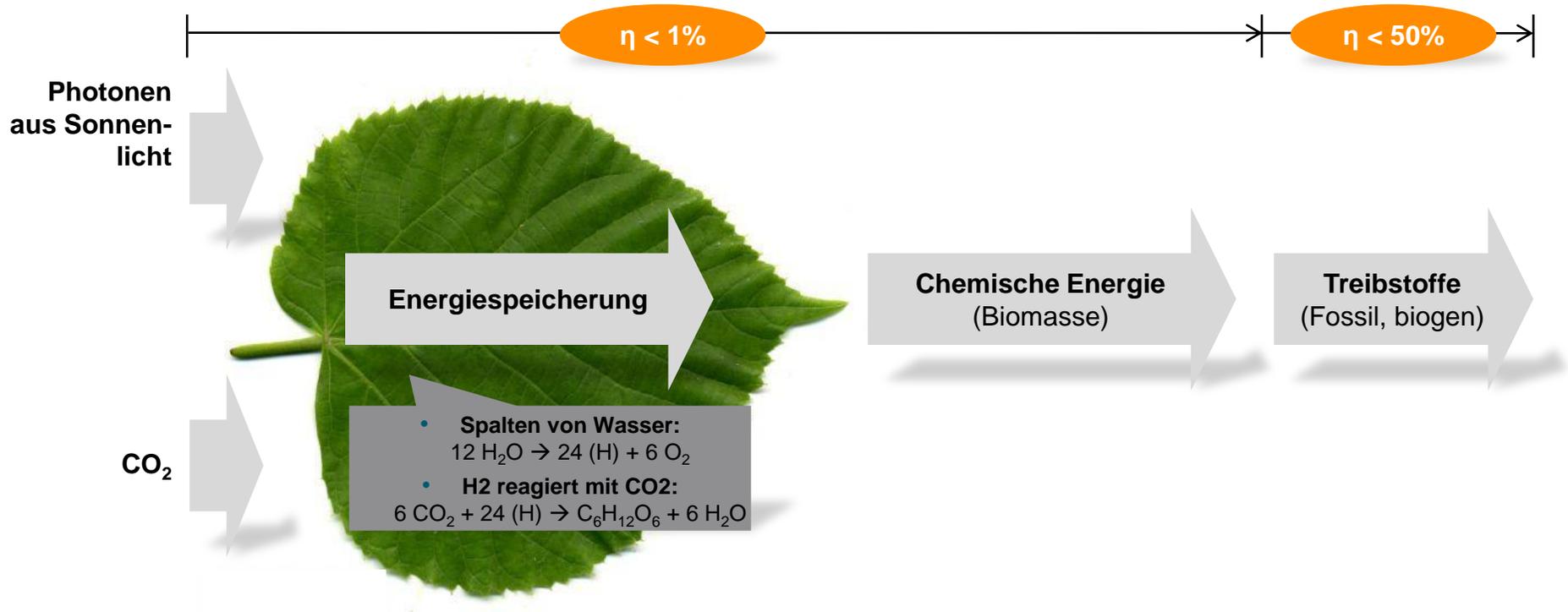
**FAZIT: wir benötigen Stromspeicher, die Strom über längere Zeit speichern können; und wir müssen mehr Erneuerbare in Wärme und Mobilität bringen**

# Die SolarFuel-Technologie

---

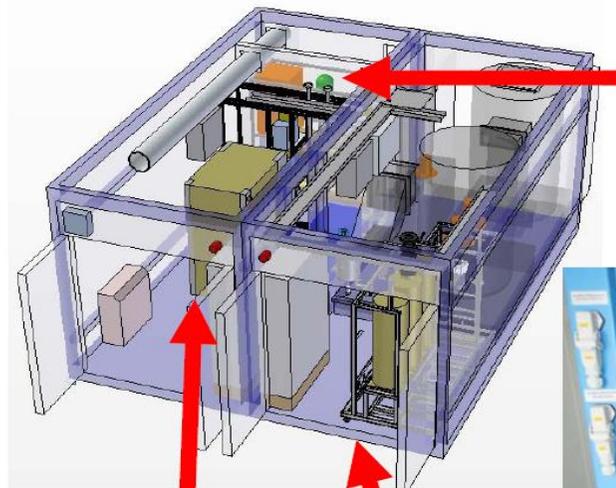
# Der SolarFuel-Prozess imitiert die natürliche Photosynthese; der Wirkungsgrad der Photosynthese ist allerdings wesentlich geringer

## Prinzip eines photon-to-fuel Prozesses



Der Wirkungsgrad  $\eta_{\text{Photon-to-fuel}}$  bei Verwendung von Biomasse zur Treibstoffherzeugung ist kleiner als  $\eta = 0,5$  Prozent

# Vom Konzept zur Realität (2): Die erste Pilotanlage von SolarFuel, gebaut vom ZSW Stuttgart



CH<sub>4</sub>-Filling station  
ca. 15 kg, 200 bar



CO<sub>2</sub>-  
Recovery



Electrolyser



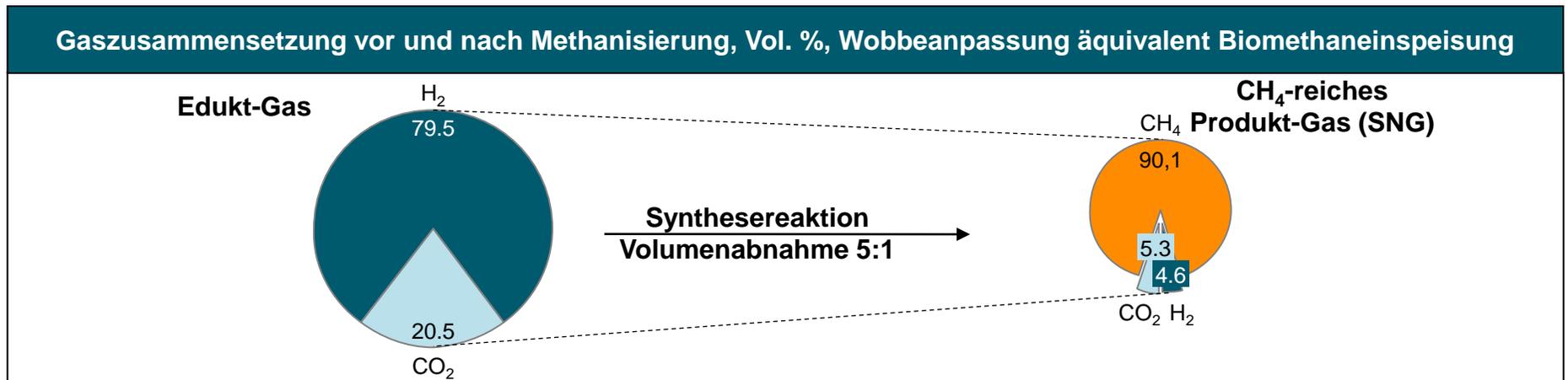
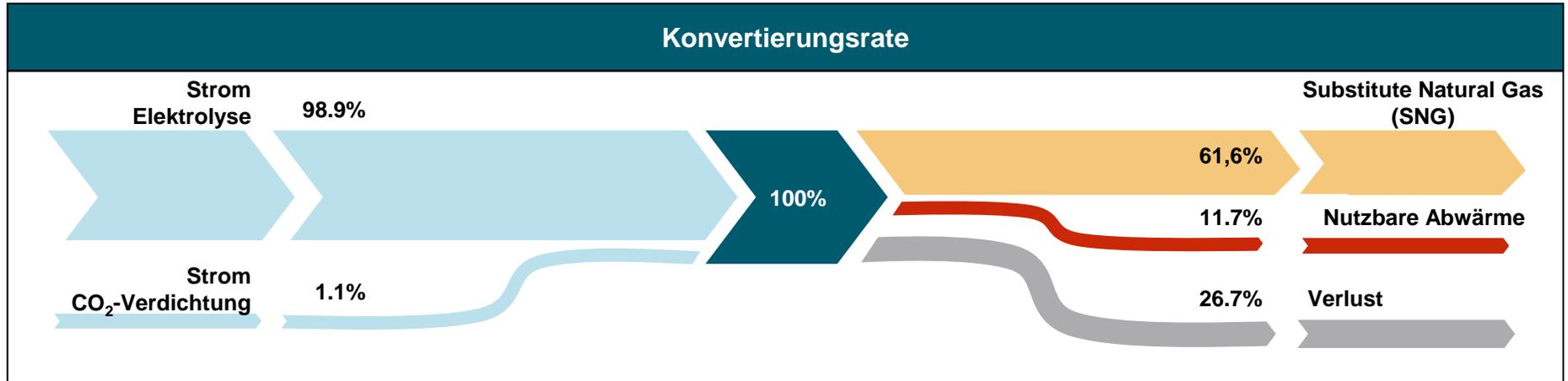
Quelle: Specht et al., 2009

CO<sub>2</sub> Absorptionsleistung = 1,5 ha Mais / a



# Die Konvertierungsrate der $\gamma$ -Anlage liegt bei >60 Prozent, das erzeugte Erdgassubstitut ist direkt einspeisefähig sowie ein handelbares Produkt

Konvertierungsrate und Vergleich Gaszusammensetzung in Vol. %, G262, DIN 51624 konform

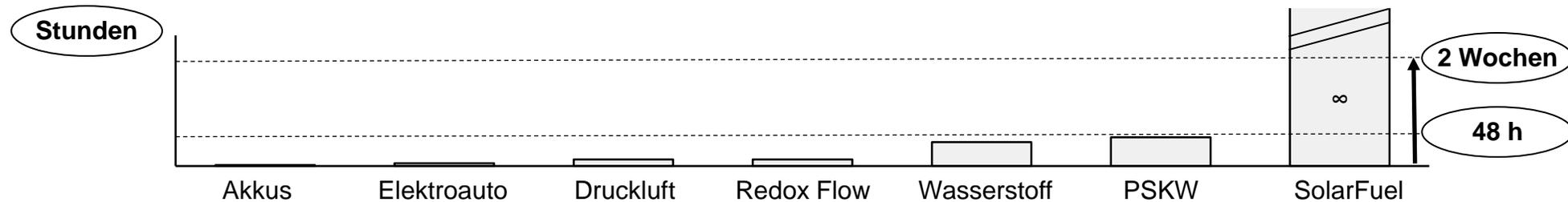


Quelle: SolarFuel

# SolarFuel erfüllt als einzige Technologie jene Speicheraufgaben, die ein Verhältnis von Energieinhalt zu Leistung von mehr als 48 Stunden fordern

## Benchmarking SolarFuel

	Akkus	Elektroauto	Druckluftspeicher	Redox-Flow-Zelle	Wasserstoff	Pump-speicher	Methan
<b>Energieinhalt [kWh]</b>							200 TWh
<b>Leistung [kW]</b>							20 MW
<b>Leistungsbereitschaft [h]</b>	1	1-3	5-10	5-7	10-30	Mittelgeb.: 4 Hochgeb.: 48	Unabhängig



Quelle: SolarFuel

Von allen Speichermethoden erfüllen nur E-Methan und Wasserstoff die wesentlichen Anforderungen des Energiesystems der Zukunft; für Wasserstoff muss allerdings erst die Infrastruktur aufgebaut werden

## Bewertung von Speichertechnologien im Hinblick auf Anforderungen eines erneuerbaren Energiesystems

Anforderung	Batterien	E-Mobilität	Redox-Flow	Pump-speicher	A-CAES	Wasserstoff	Wasserstoff mit Ausbau H2 Infrastruktur	E-Methan
Entlastung lokaler Verteilnetze (Überlastung durch PV-Einspeisung)	✓	✓	✓	nein	nein	nein	✓	✓
Entlastung von Übertragungsnetzen durch Nord-Süd-Gefälle	nein	nein	nein	nein	nein	nein	✓	✓
Nutzung von Überschussenergie im Stromsektor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nutzung von Überschussenergie im Wärmesektor	nein	nein	nein	nein	nein	nein	✓	✓
Nutzung von Überschussenergie im Mobilitätssektor	nein	✓	nein	nein	nein	nein	✓	✓
Bereitstellung von erneuerbarem Treibstoff für LKW und Flugverkehr (ohne Nutzung von Ackerflächen)	nein	nein	nein	nein	nein	nein	✓	✓



Heute erfüllbar

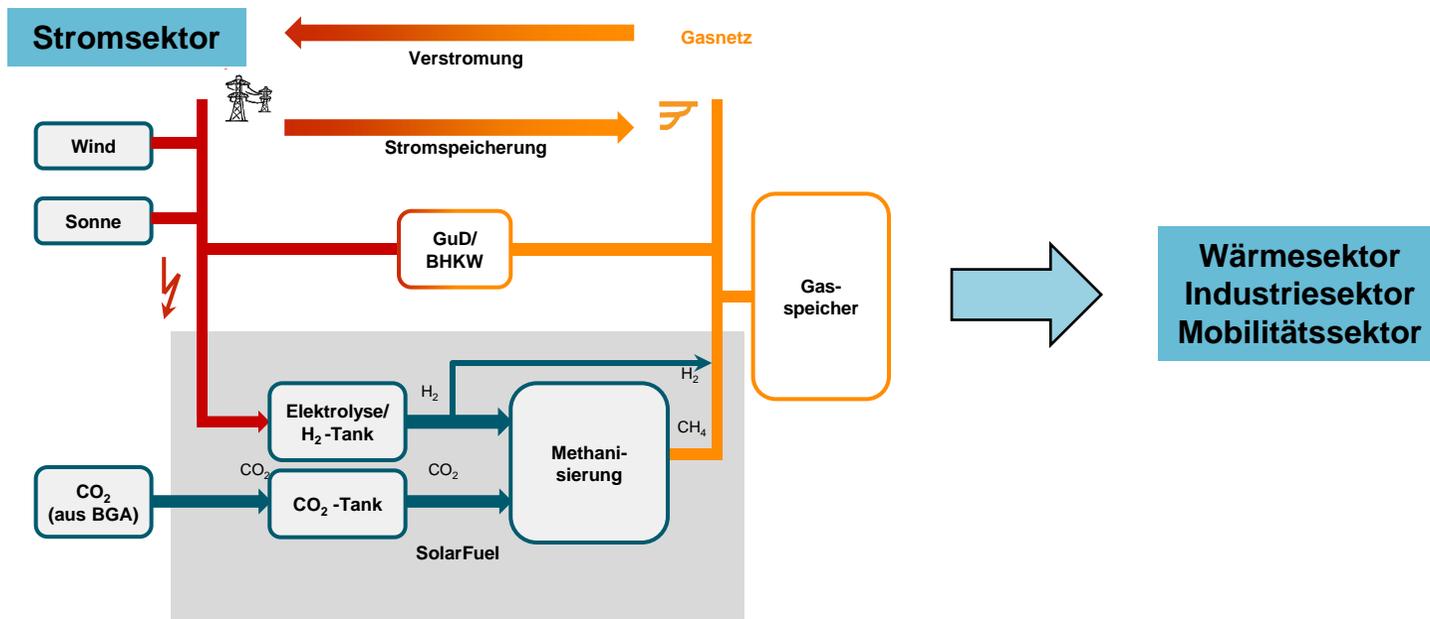


eventuell morgen erfüllbar

# Die Konversion von Strom zu Erdgas löst das Problem der Langzeitspeicherung und stellt darüberhinaus erneuerbare Energie für alle Sektoren zur Verfügung

## Technologie – Anwendung

SolarFuel wandelt Strom in CO<sub>2</sub> neutrales, erneuerbares Erdgas um



Das bestehende Erdgasnetz wird so zur tragenden Säule des erneuerbaren Energiesystems und liefert jene Speicher- und Transportkapazitäten, die im Stromnetz fehlen

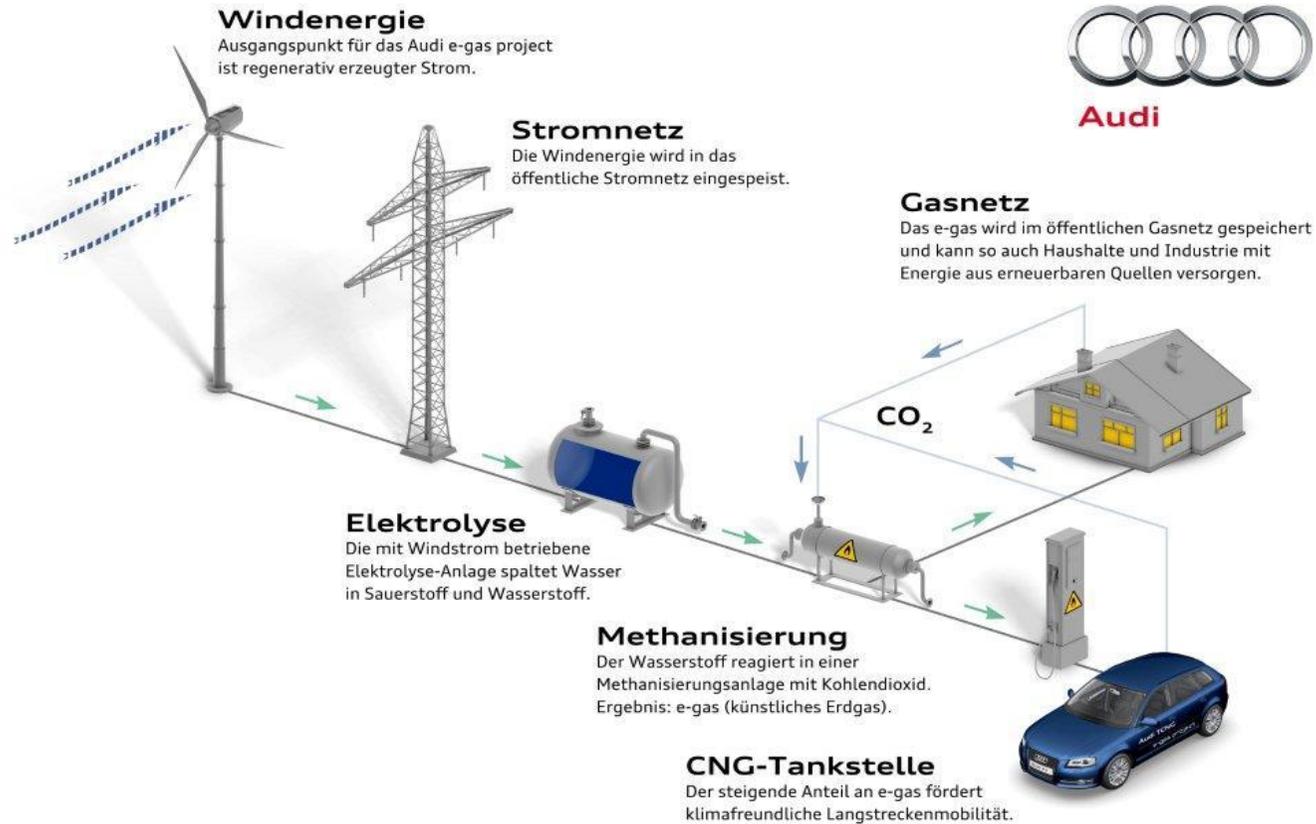
Quelle: SolarFuel, ZSW

# Wo steht die SolarFuel-Technologie heute – und wie geht es weiter?

---

# Die Audi AG sieht die SF-Technologie als zentralen Baustein in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie; Solarfuel wird für Audi eine Anlage im MW-Maßstab bauen

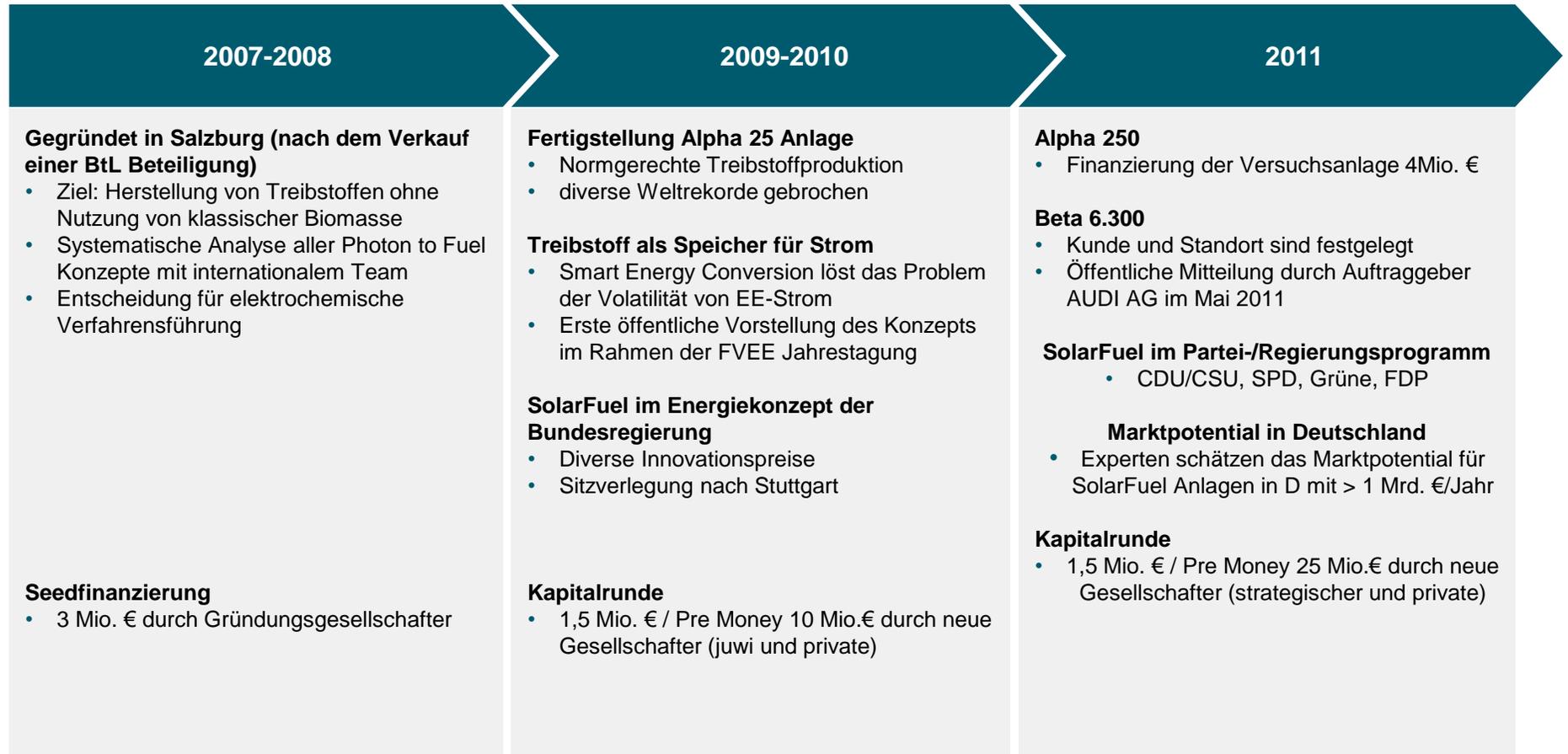
## Nachhaltige Mobilität als Gesamtkonzept von Audi AG



Quelle: AUDI AG

# SolarFuel entwickelt, baut und vertreibt Anlagen zur Konversion von Strom zu Synthetischem Erdgas

## Bisherige Meilensteine



Quelle: SolarFuel

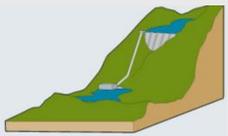
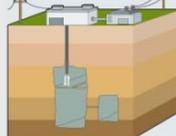
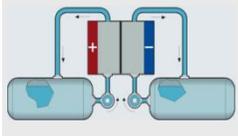
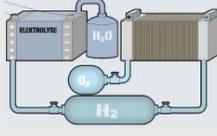
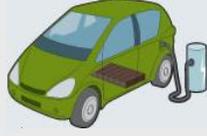
**SOLAR FUEL**

SMART ENERGY CONVERSION



# SolarFuel ergänzt das verfügbare Portfolio von Speichertechnologien als Hochleistungs- und Hochenergiespeicher

## Technologievergleich

	Pumpspeicher	Druckluftspeicher	Akkus	Redox-Flow-Zelle	Wasserstoff	Methan	Elektroauto
							
<b>Charakteristik</b>	Mit überschüssigem Strom wird Wasser in das Oberbecken gepumpt und bei Bedarf durch Turbogeneratoren verstromt	Luft wird unter hohem Druck in Kavernen gepresst, bei Bedarf Verarbeitung in Turbine	Speichern Strom mittels elektrochemischer Umwandlung von Metallverbindungen wie Blei, Nickel, Cadmium oder Lithium	Zwei Salzlösungen (Elektrolyte) speichern Energie in getrennten Tanks, zur Stromerzeugung werden Flüssigkeiten zusammengeführt	Wasser wird mit Strom in Sauer- und Wasserstoff aufgespalten und eingelagert	Wasserstoff wird mit Kohlendioxid zu Methan verarbeitet, welches als "Biosprit" zum Beispiel in Erdgasautos verwendet wird	Aufgetankt mit Nachtstrom speisen Bordbatterien tagsüber bei akutem Bedarf das Netz
<b>Vorteile</b>	Sofort einsatzbereit	Zahlreiche Standorte in Küstennähe	Energie jederzeit abrufbar, gut mobil einsetzbar	Tank beliebig erweiterbar, Haltbarkeit	Beliebig lange lagerfähig	CO <sub>2</sub> neutral, nutzt bestehende Infrastruktur	Keine Zusatzkosten, nach Anschaffung Elektroauto
<b>Nachteile</b>	Weit entfernt von Küsten, Potenzial in DE ausgeschöpft	Bei Speicherung und Rückgewinnung ca. 50 Prozent Verlust, hohe Investitionen	Geringe Lebensdauer, mitunter nur wenige Monate	Noch nicht zur Langzeitspeicherung geeignet	Hohe Wandlungsverluste, explosiv, keine Infrastruktur	Geringe Energieausbeute bei Verstromung des Methans	Geringe Lebensdauer der Batterien wegen der häufigeren Ladezyklen, Geringe Kapazität
<b>Kosten in Cent pro kWh</b>	<10	~ 20	>20	~20	<10	<20	Abhängig vom Börsenpreis für Strom, den Fahrzeughalter als Vergütung erhält
<b>Technischer Reifegrad</b>	Bestens erprobt	Ein Kraftwerk in USA und in Deutschland	Geringe Erfahrung bei Großbatterien >700 kWh	In Entwicklung	Kommerzialisierung in Vorbereitung (Enertrag)	Kommerzialisierung in Vorbereitung (SolarFuel)	Kommerzialisierung in Vorbereitung

Quelle: Nach Wirtschaftswoche Nr. 27, 05.07.2010

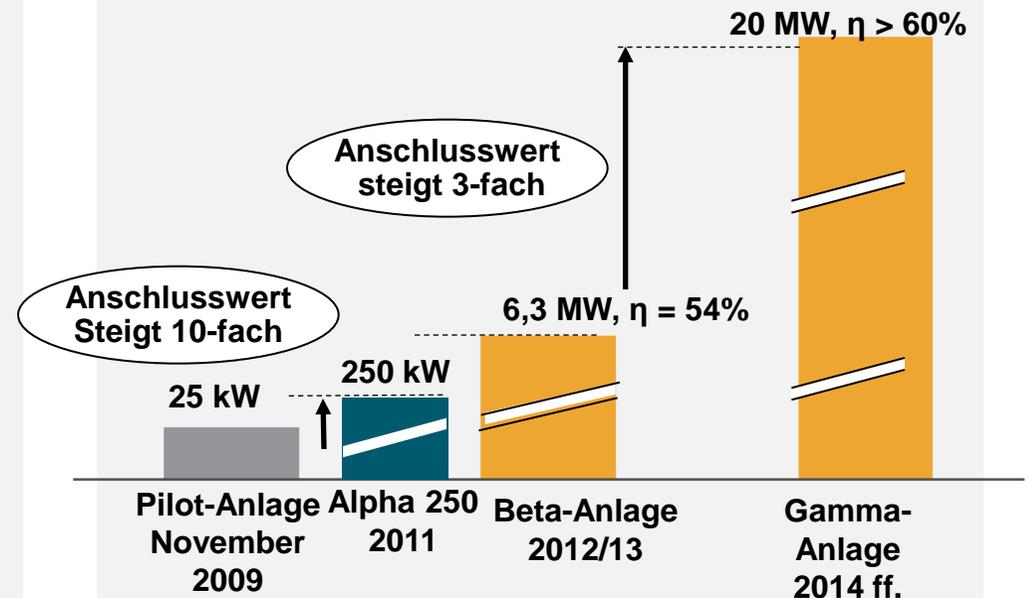
# Nach der Erprobung im Megawattbereich erfolgt der weltweite Roll-out des kommerzialisierten Produkts

## Lösung – Industrialisierung und Kommerzialisierung

### Industrialisierung mit einer beta-Anlage bis 2012

- Die Demonstrationsanlage läuft ab 2012 mit einer elektrischen Anschlussleistung von 6,3 MW und einem geplanten Wirkungsgrad von 54 Prozent
- Ziel ist die Erprobung der SolarFuel Technologie im energiewirtschaftlich sinnvollen Maßstab und realen wirtschaftlichen Bedingungen
- Ausgehend von der Kernaufgabe der Verstetigung von EE werden sowohl Einsatzszenarien im Mobilitäts- als auch im Energiewirtschaftlichen Bereich entwickelt und bewertet.
- Am Standort werden unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Quellen evaluiert
- Der Anlagenbetrieb wird von einem engen Monitoring begleitet um das Verfahren hinsichtlich Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Wirkungsgrad weiter zu optimieren und die nachfolgende Verwertungsphase vorzubereiten.

### Kommerzialisierung mit Gamma-Anlage ab 2014



**Kommerzielle SolarFuel Anlagen stehen ab 2015 mit einer elektrischer Anschlussleistung modular bis 20 MW und einem Wirkungsgrad von mehr als 60 Prozent zur Verfügung, Ziel: < 1.000 Euro/kWel**

Quelle: SolarFuel