



## **Kraftstoffe der Zukunft**

Dr. Stefan Schmerbeck, 06.03.2012 Berlin

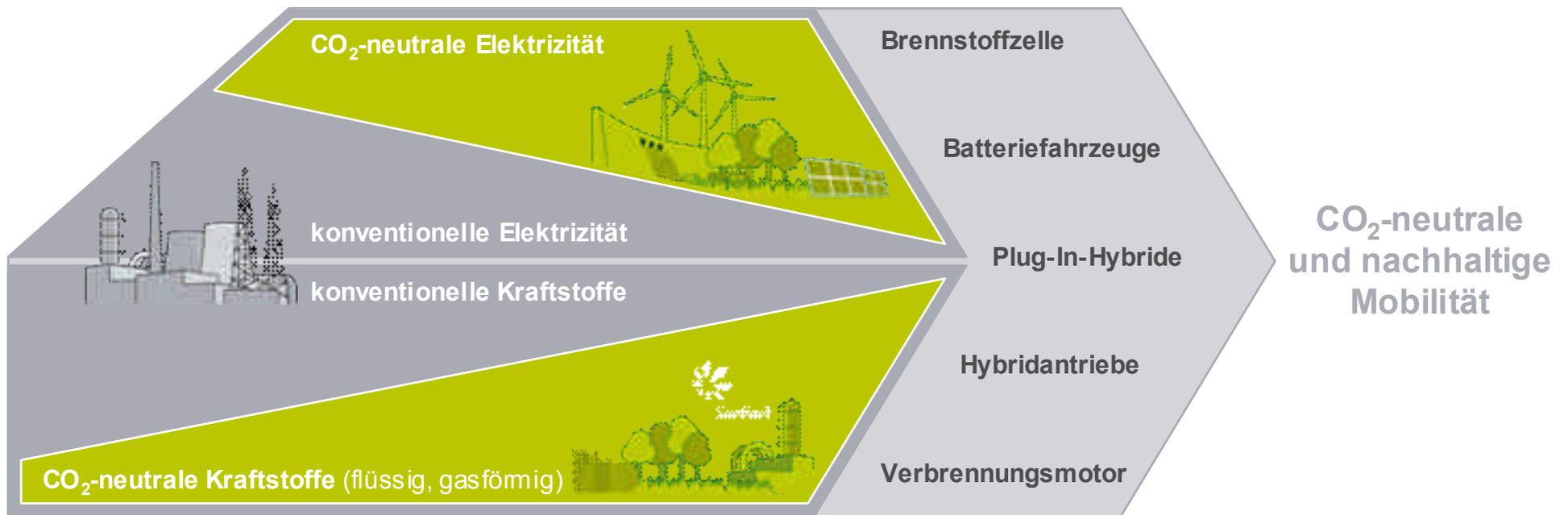
Volkswagen AG Konzernforschung, Antriebe, Kraftstoffe

## Agenda

- **Einleitung**
- Well-to-Wheel Vergleich verschiedener Antriebskonzepte
- Anforderungen an Biokraftstoffe
- Neue Biokraftstoffe
  - Kraftstoffe aus Glukose
  - Kraftstoff aus „grünem“ Strom
- Zusammenfassung



# Die Antriebs- und Kraftstoffstrategie von Volkswagen

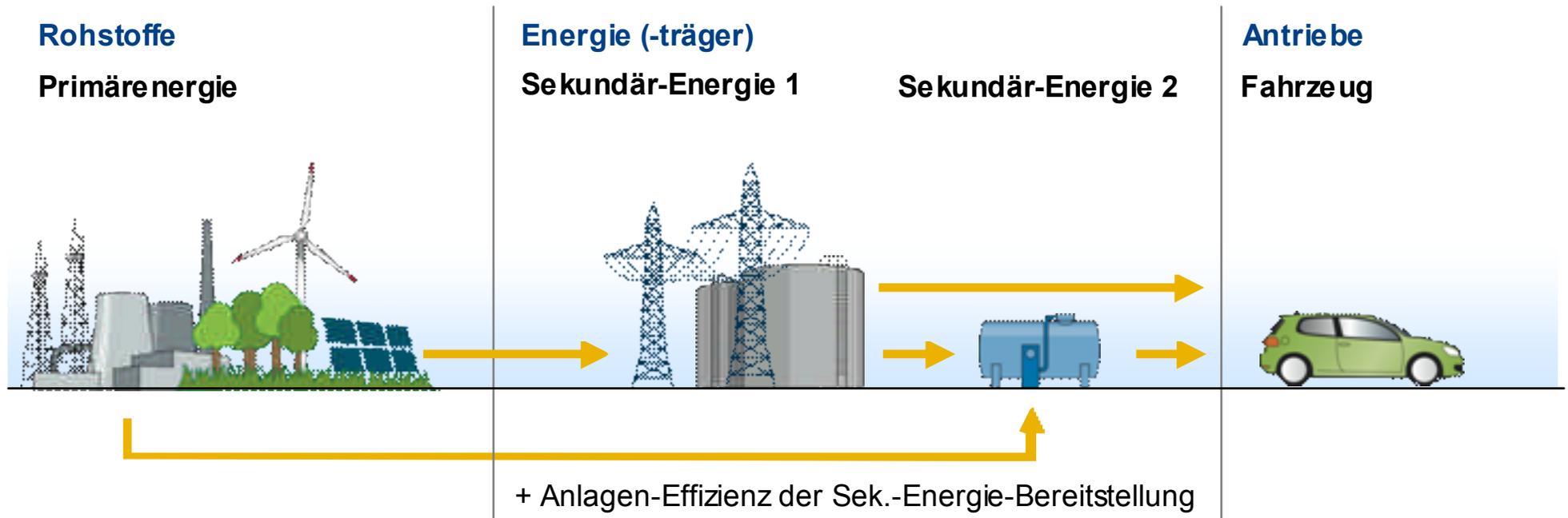


## Agenda

- Einleitung
- Well-to-Wheel Vergleich verschiedener Antriebskonzepte
- Anforderungen an Biokraftstoffe
- Neue Biokraftstoffe
  - Kraftstoffe aus Glukose
  - Kraftstoff aus „grünem“ Strom
- Zusammenfassung



# Methodischer Ansatz der Studie Well-to-Wheel

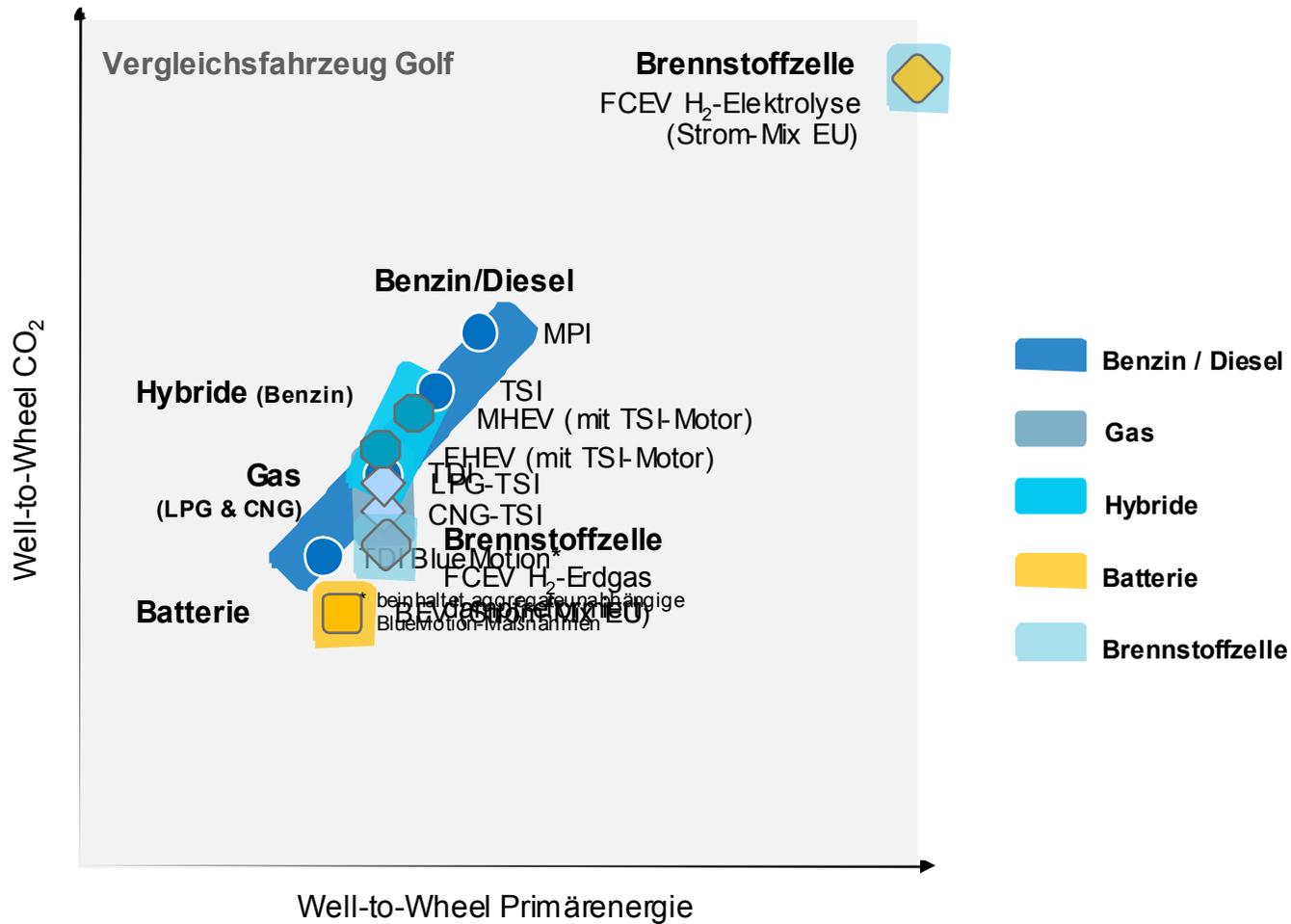


## Well-to-Wheel

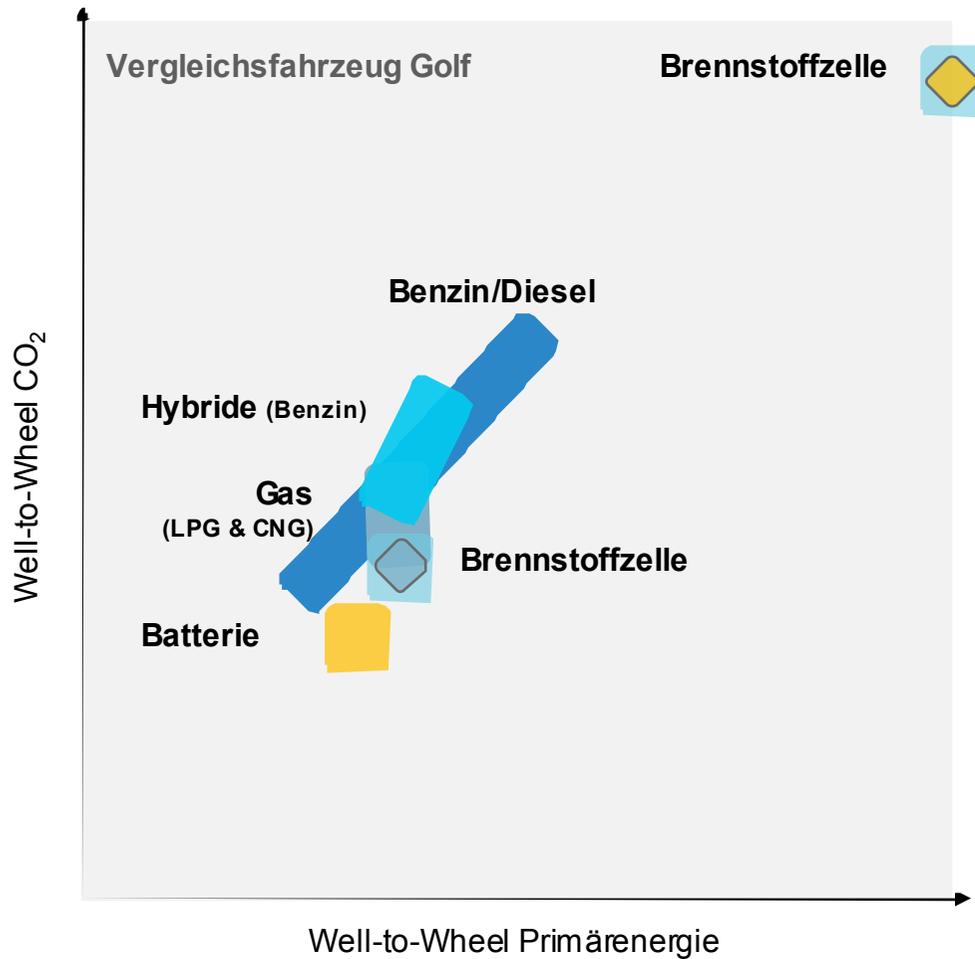
**+ Effizienzen aller relevanten Prozesse**  
inkl. Energie & Betriebsmittel für Peripherieanlagen,  
vorgelagerte Prozesse, Rohstoffförderung und -transporte



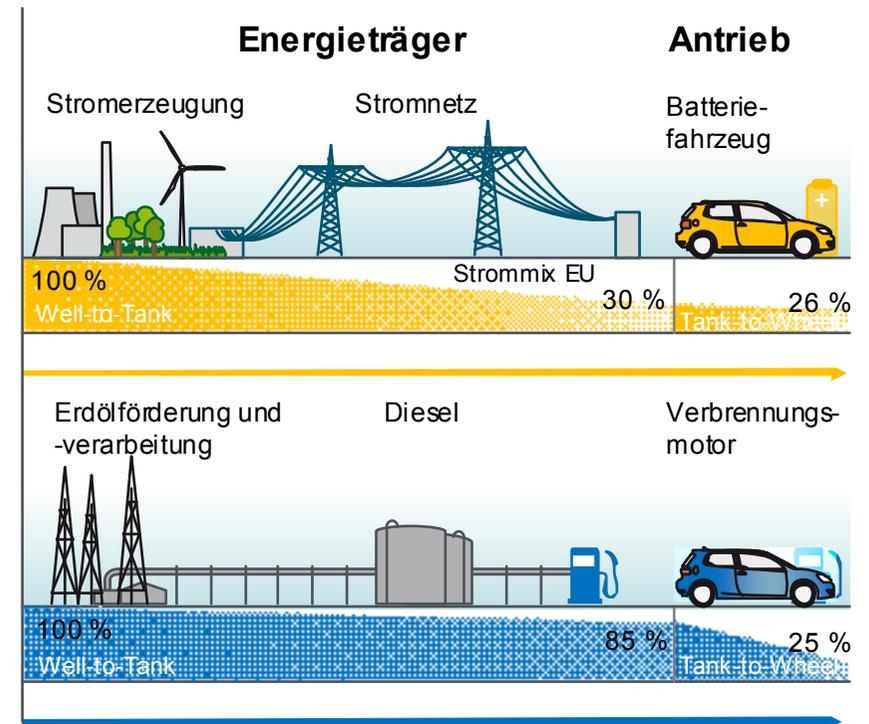
# CO<sub>2</sub>- und Energieeffizienz von Antrieben & Kraftstoffen 2010



# CO<sub>2</sub>- und Energieeffizienz von Antrieben & Kraftstoffen 2010



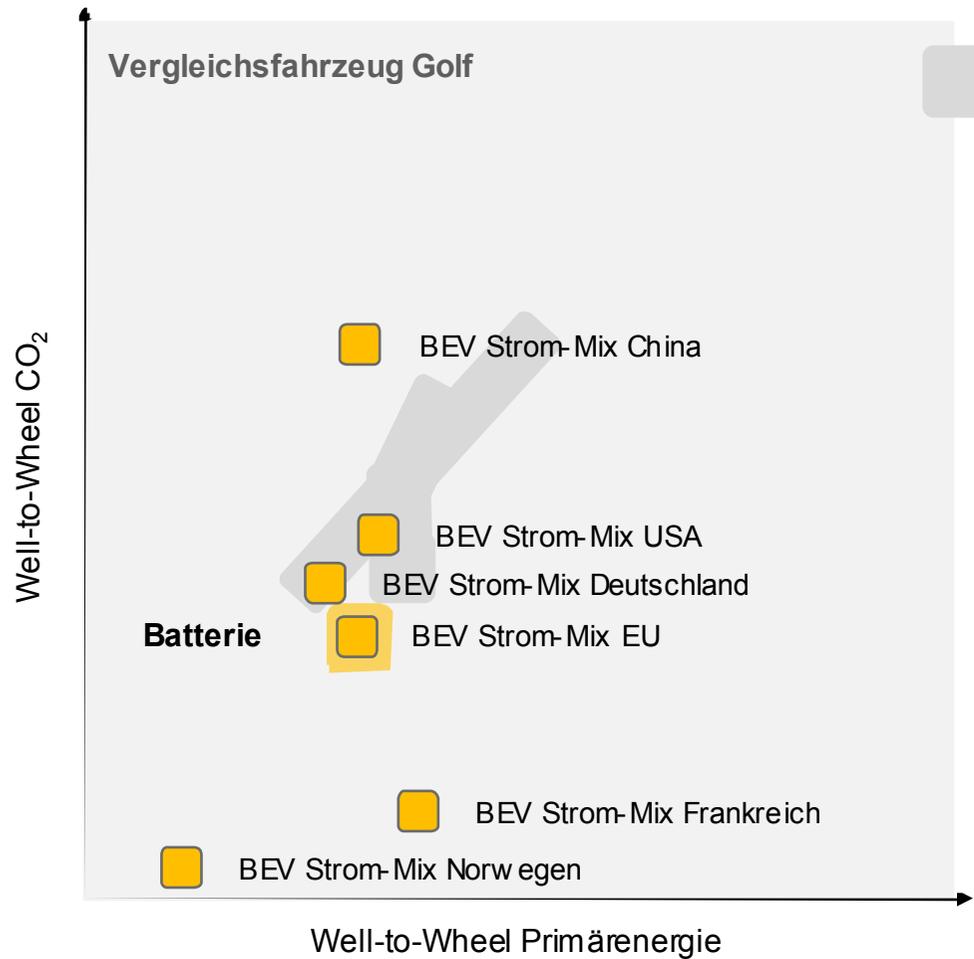
Energiekette Well-to-Wheel eines Batteriefahrzeugs  
Effizienz: **26%**



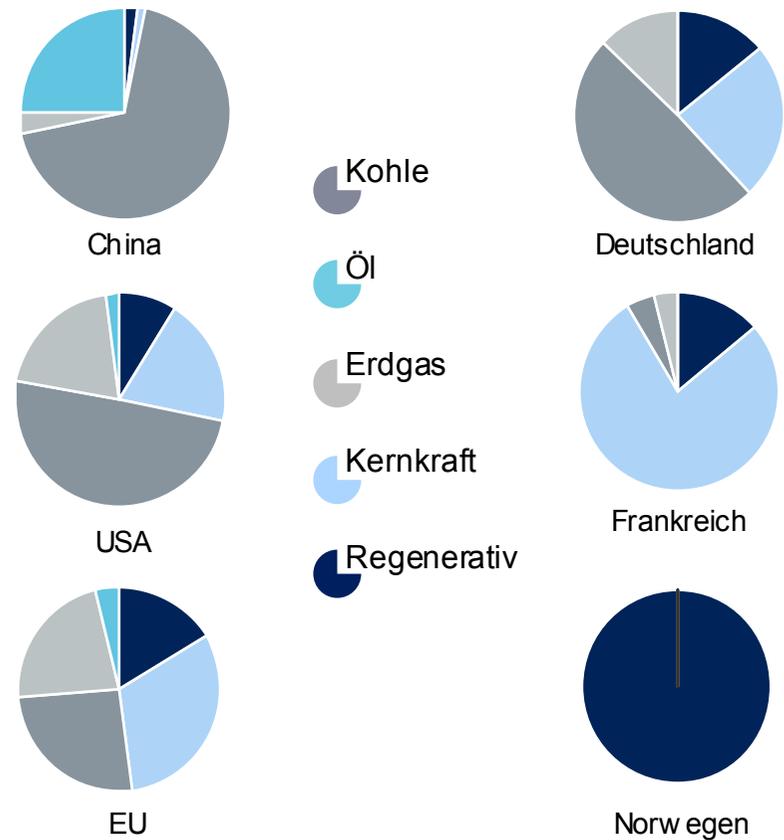
Energiekette Well-to-Wheel eines konventionellen Fahrzeugs:  
Effizienz: **25%**



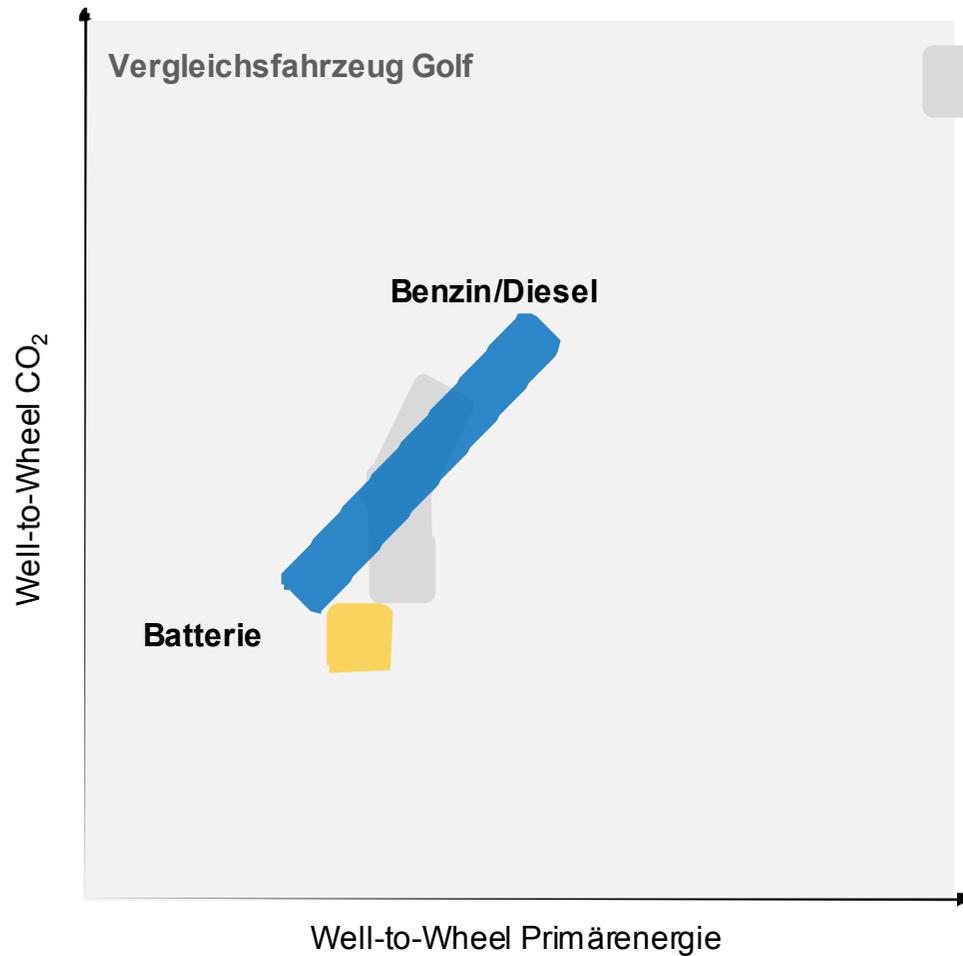
# CO<sub>2</sub>- und Energieeffizienz von Antrieben & Kraftstoffen 2010



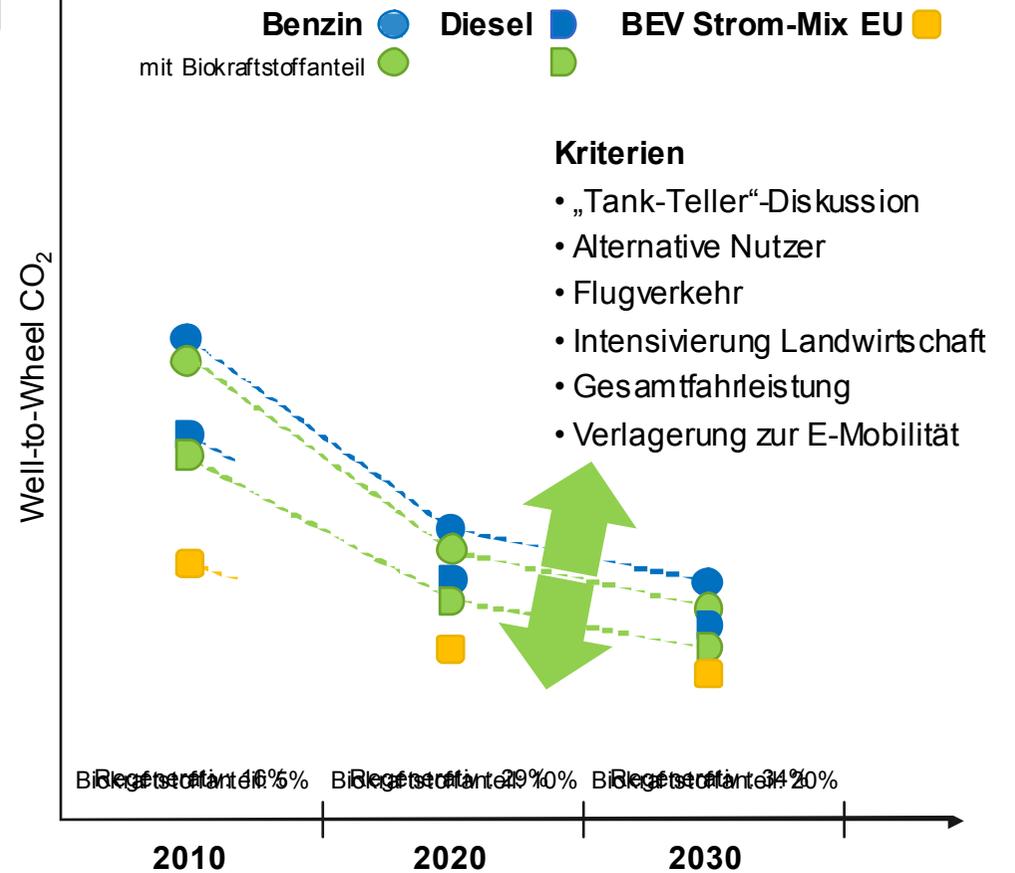
## BEV-Strom-Mix nach Regionen



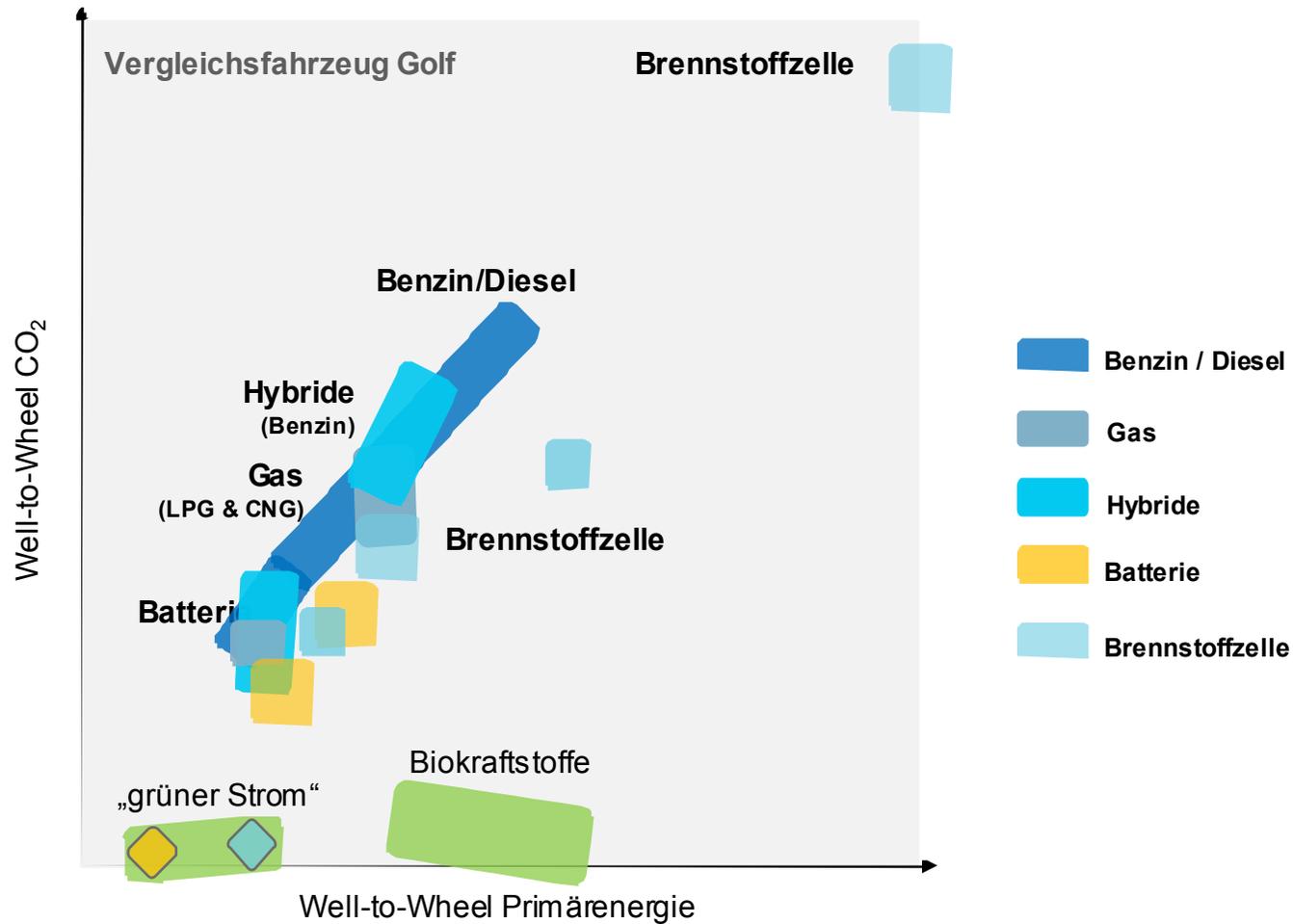
# CO<sub>2</sub>- und Energieeffizienz von Antrieben & Kraftstoffen 2010



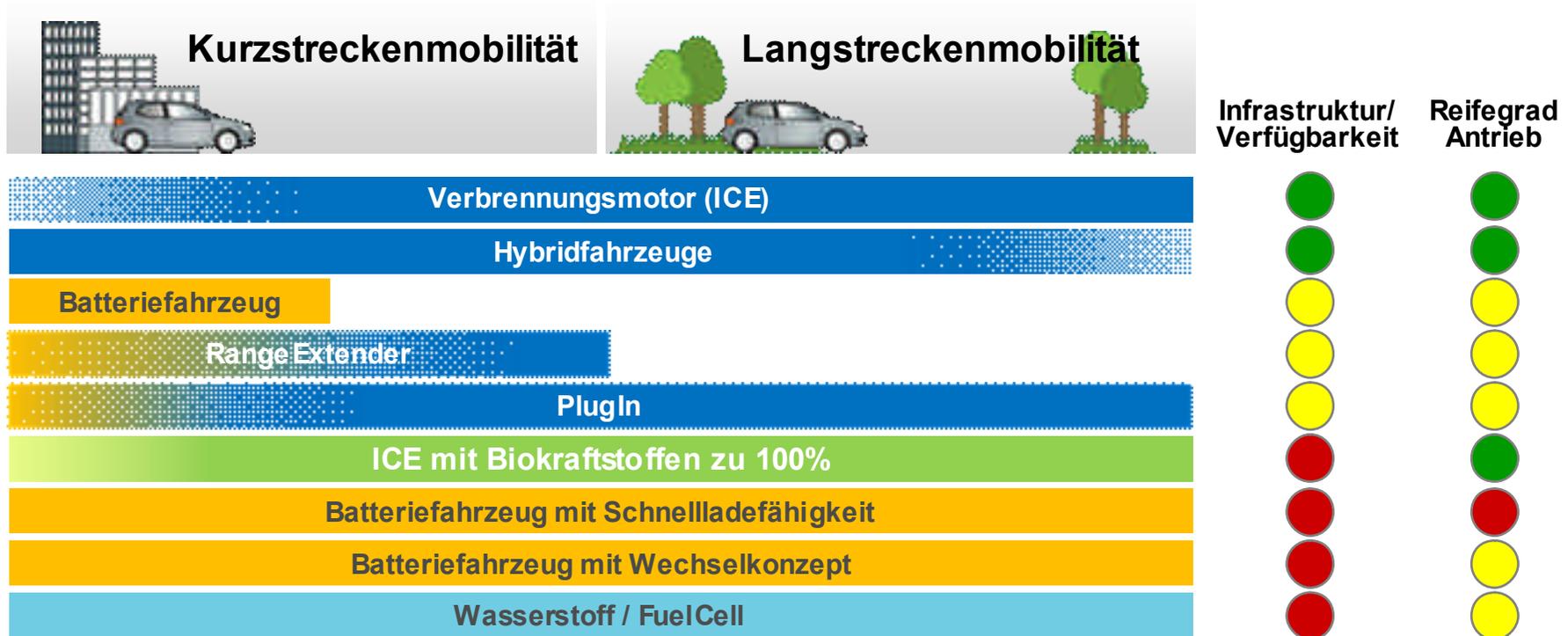
## Trend Benzin/Diesel/Strom inkl. fahrzeugseitiger Maßnahmen



# CO<sub>2</sub>- und Energieeffizienz von Antrieben & Kraftstoffen 2020 (inkl. Fahrzeugseitige Maßnahmen)



# Einsatzbereich verschiedener Antriebskonzepte



## Agenda

- Einleitung
- Well-to-Wheel Vergleich verschiedener Antriebskonzepte
- Anforderungen an Biokraftstoffe
- Neue Biokraftstoffe
  - Kraftstoffe aus Glukose
  - Kraftstoff aus „grünem“ Strom
- Zusammenfassung



## Technologiebewertung Biokraftstoffe

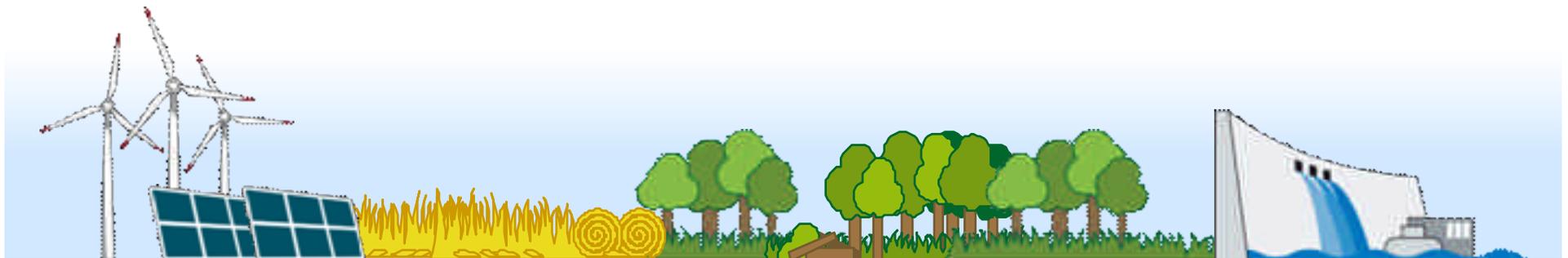
### Anforderungen

- Hohes Erdölsubstitutionspotential
- Einhaltung der Nachhaltigkeitskriterien
- CO<sub>2</sub>-Neutralität/Treibhausgas-Emissionen
- Kompatibilität
  - zum Fahrzeugbestand
  - zu bestehendem Kraftstoff (Mischbarkeit)
  - zur Infrastruktur (Distribution und Speicherung)



### Berücksichtigung von

- Transportwegen
- regionalen Anbaubedingungen
- Konkurrenzen
- Verfügbarkeit
- Wirtschaftlichkeit



## Neue Definition von SunFuel®

### Definition

- SunFuel® ist Volkswagens Bezeichnung für reine Biokraftstoffe und synthetisch hergestellte Kraftstoffe mit folgender Definition:
  - Erfüllung der EU-Nachhaltigkeitskriterien und CO<sub>2</sub>-Reduktion  $\geq 60\%$
  - Kraftstoffqualität, die mit vorhandener oder absehbarer Antriebstechnologie kompatibel ist

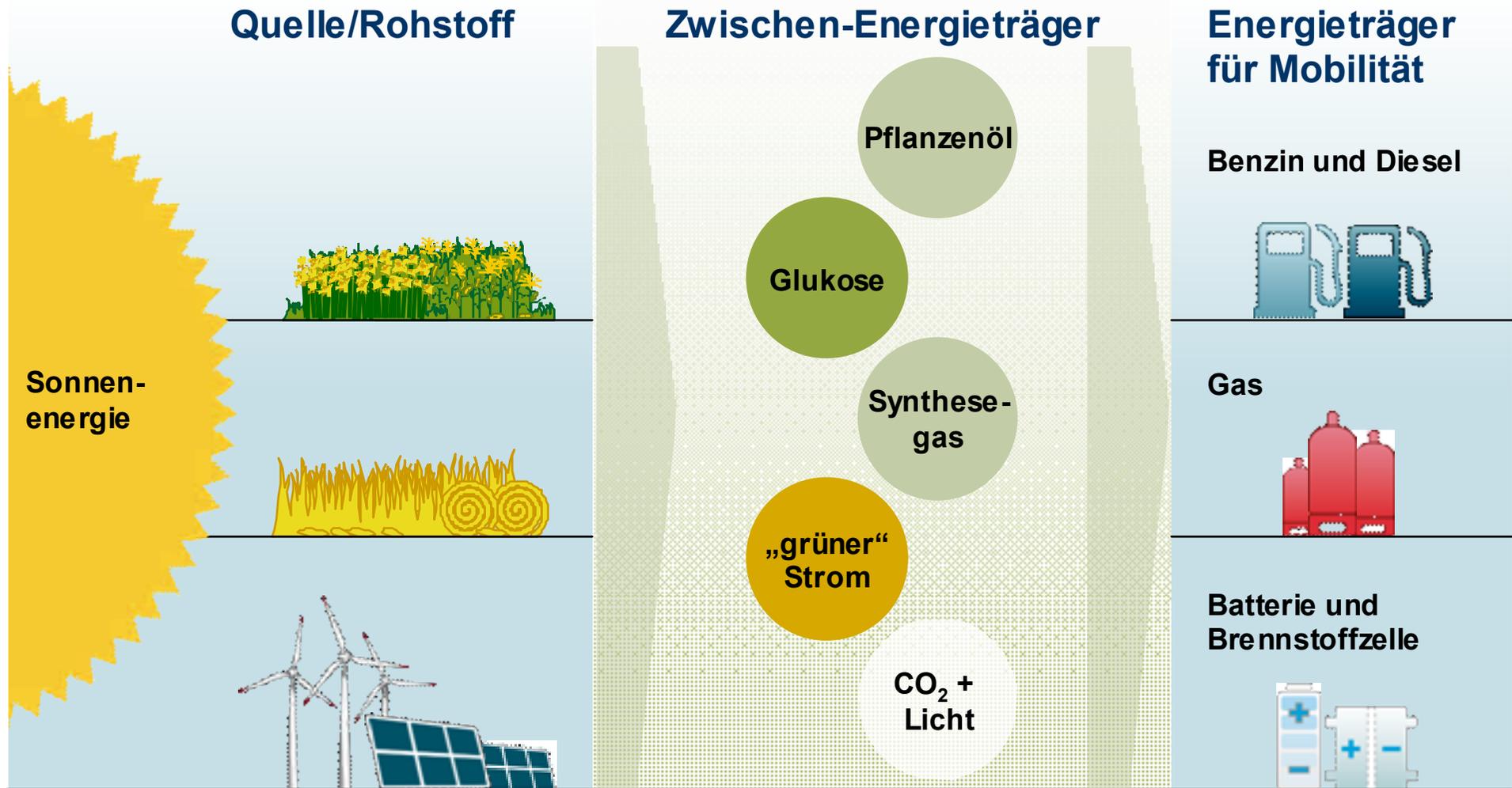


## Einteilung von Biokraftstoffe anhand der Konkurrenzsituation

	Typ	Beispiele	Keine Konkurrenz zu		
			Biomasse	Fläche	Nahrung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umwandlung/Nutzung von Zucker, Stärke und Öl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethanol aus Zuckerrüben</li> <li>Ethanol aus Weizen</li> <li>HVO aus Raps</li> </ul>	×	×	×
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umwandlung von Zellulose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biogas aus Maisstroh</li> <li>Diesel aus Holz</li> </ul>	×	×	✓
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umwandlung von Zellulose auf Reststoffbasis durch Algen/Bakterien/Hefen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethanol aus Stroh</li> <li>Diesel aus Stroh</li> <li>Diesel aus Restholz</li> </ul>	×	✓	✓
	<ul style="list-style-type: none"> <li>„Grüner“ Strom als Basis</li> <li>Photosynthese Nachbildung mit Algen oder Bakterien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>E-Gas</li> </ul>	✓	✓	✓



# Herstellpfade alternativer Energieträger

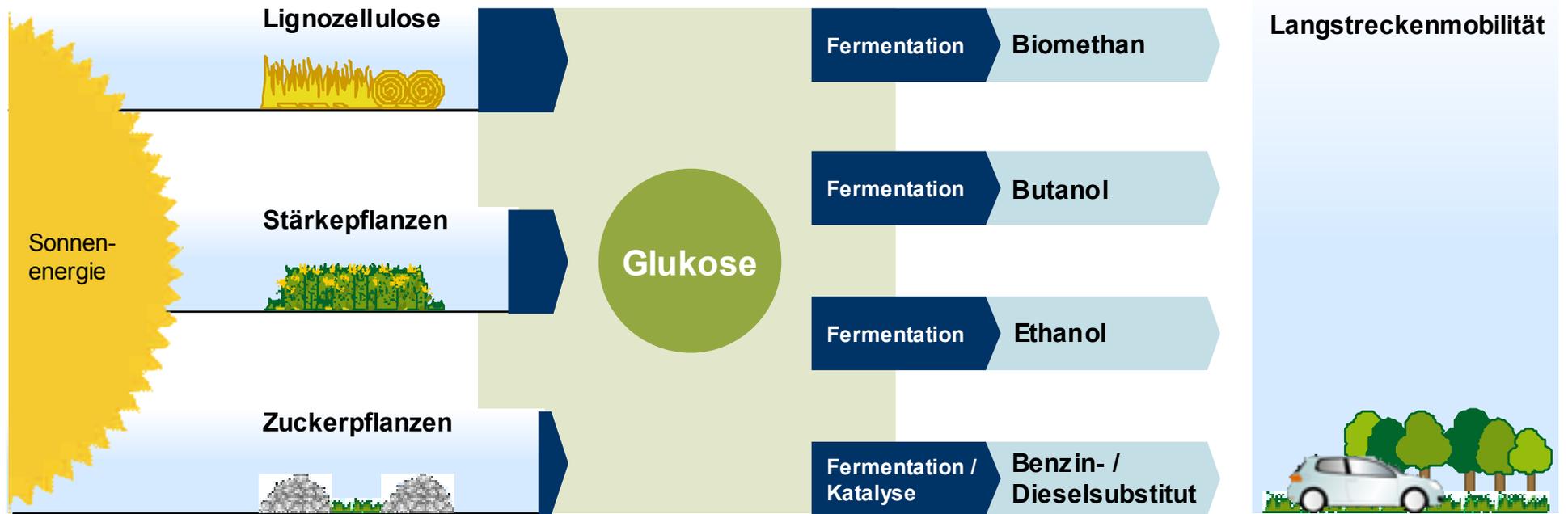


## Agenda

- Einleitung
- Well-to-Wheel Vergleich verschiedener Antriebskonzepte
- Anforderungen an Biokraftstoffe
- Neue Biokraftstoffe
  - Kraftstoffe aus Glukose
  - Kraftstoff aus „grünem“ Strom
- Zusammenfassung



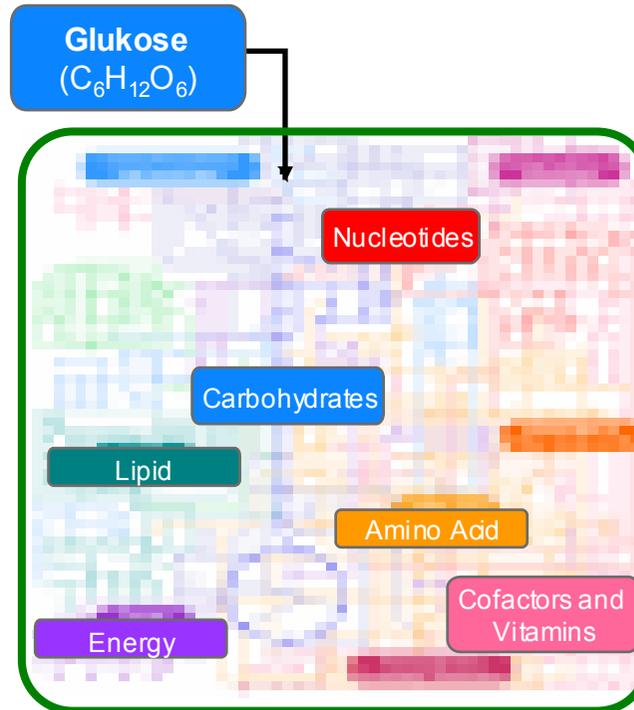
# Biogene Kraftstoffe auf Basis von Glukose



## Fermentation: Neue Biotechnologie

### Potentielle Organismen

- z.B.
- Coli Bakterium
  - Cyano Bakterium
  - Hefe
  - Alge



### Fermentations-technologie

- Ethanol (Ottomotor)
- Paraffin (Diesel  $C_6-C_{14}$ )

⇒ Fortschritte in Fermentations-Technologie führen auch dieselkompatiblen Kraftstoffen

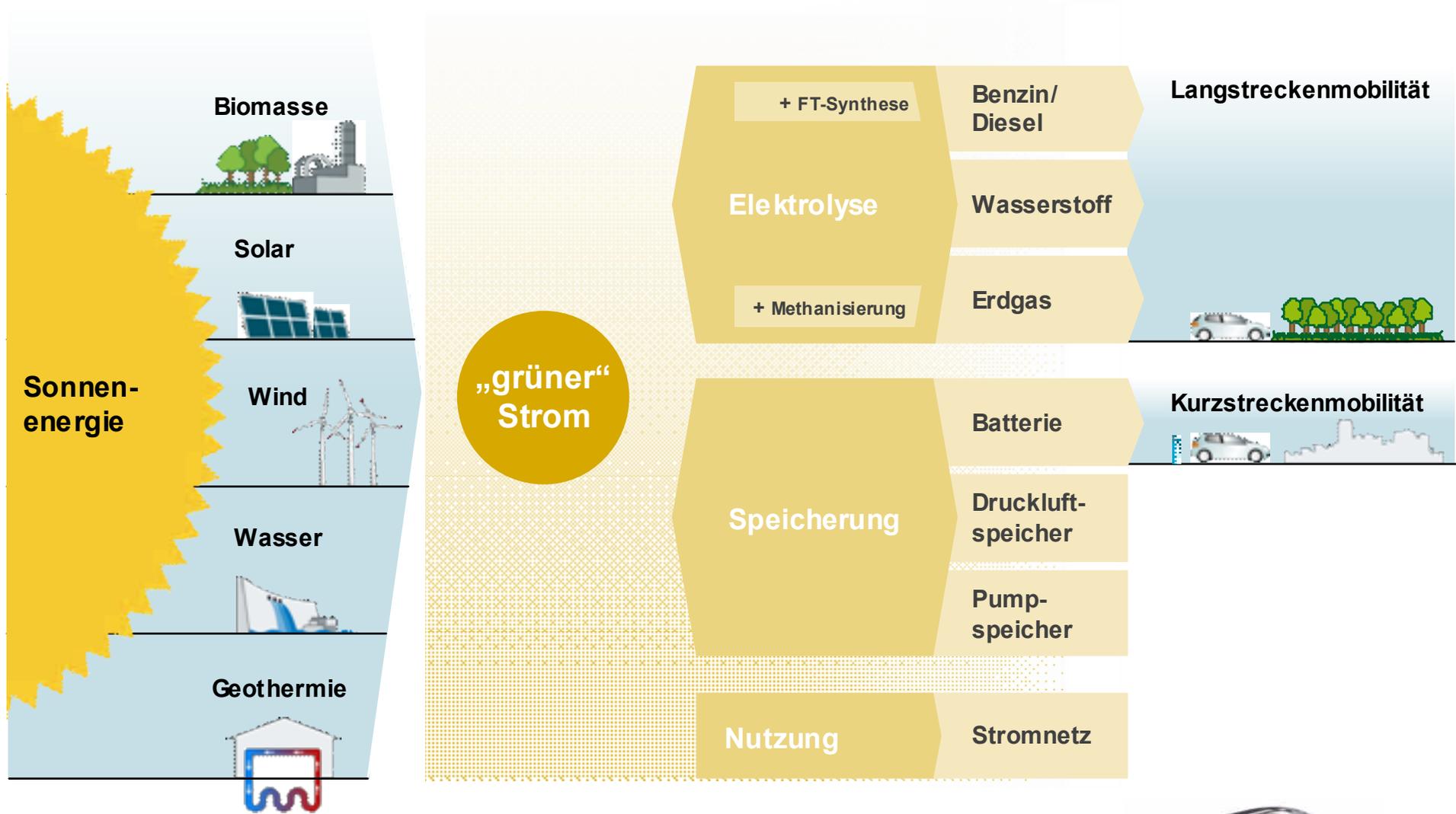


## Agenda

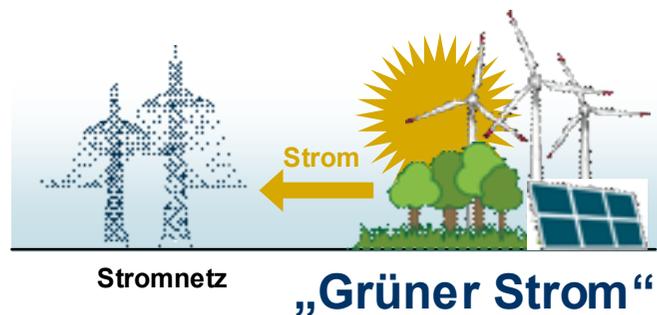
- Einleitung
- Well-to-Wheel Vergleich verschiedener Antriebskonzepte
- Anforderungen an Biokraftstoffe
- Neue Biokraftstoffe
  - Kraftstoffe aus Glukose
  - Kraftstoff aus „grünem“ Strom
- Zusammenfassung



# Biogene Kraftstoffe auf Basis von „grünem“ Strom



## Bereitstellung von „Grünem“ Strom als Antriebsenergie



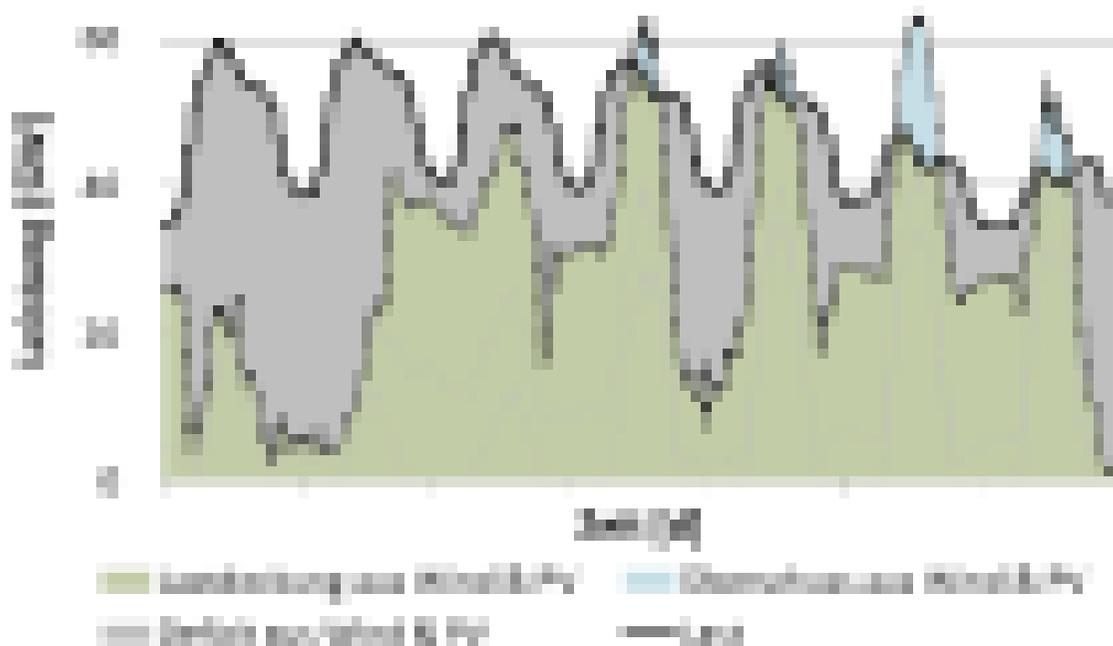
- Kurzstreckenmobilität wird mit batterieelektrischen Fahrzeugen erreicht
- ... aber in absehbarer Zeit werden batterie-elektrische Fahrzeuge nicht für Langstreckenmobilität einsetzbar sein können
- **Die größte Herausforderung bei „Grünem“ Strom ist die Speichertechnologie:**  
"Zum Ausgleich von Fluktuationen bei sehr hohen Anteilen von EE-Strom (> 50%) werden jedoch Kapazitäten von etwa **20 bis 40 TWh<sub>e1</sub>** benötigt, ..." \*



\*)Quelle: BMU 2010 - Leitszenario 2010

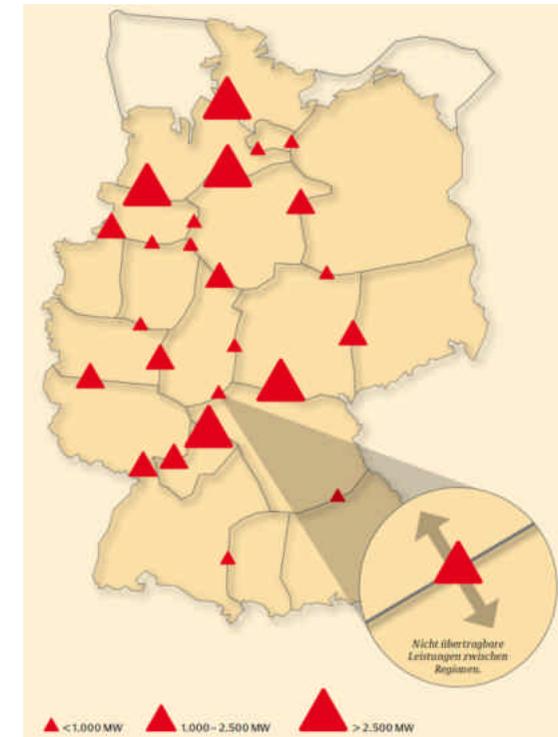


## Windfluktuation / Notwendigkeit für Stromspeicher



Angebot und Nachfrage (möglicher Ausbau 2020)

Quelle: J. Hentschel, intern



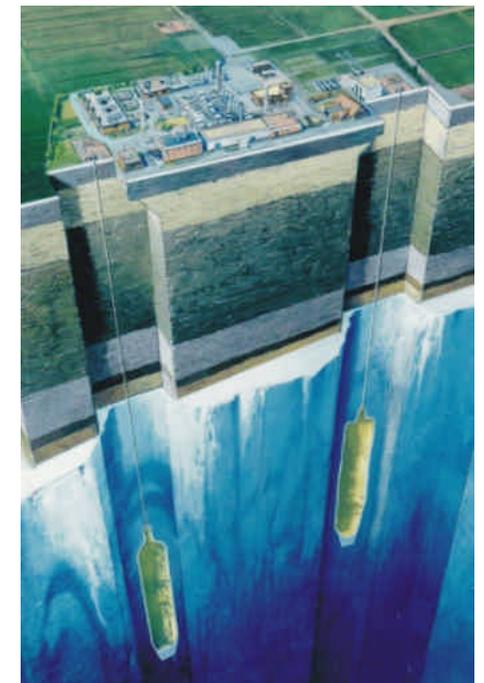
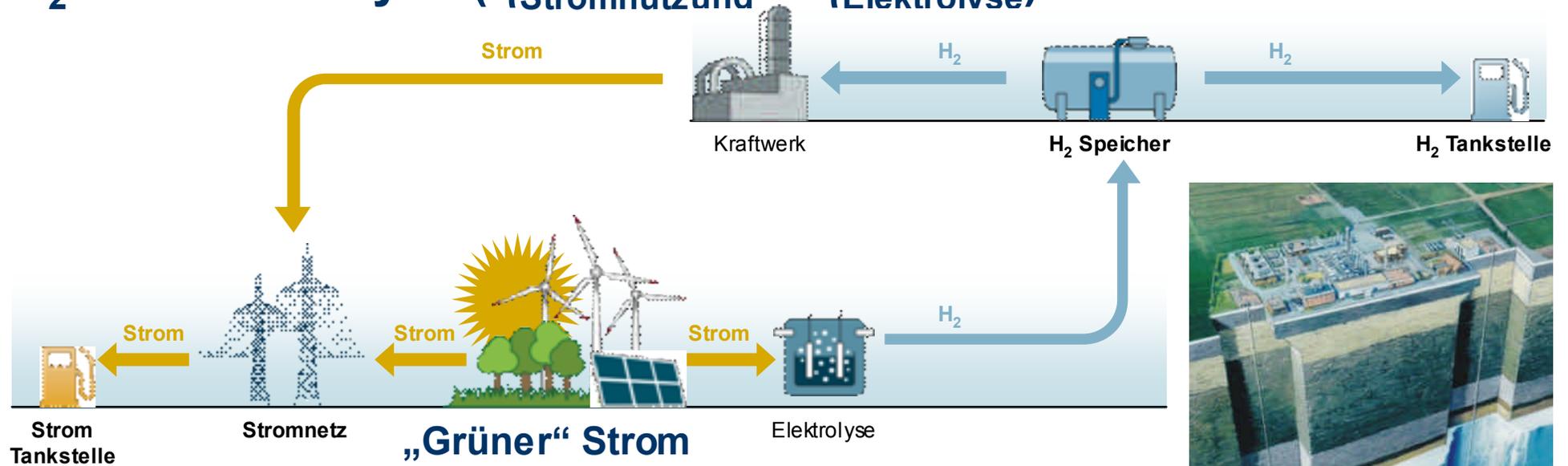
Infrastruktur / Transport (2015)

Quelle: DENA Netzstudie II

⇒ Die Betriebsstunden für Stromspeichertechnologien werden durch Angebot und Nachfrage und die Infrastruktur beeinflusst.



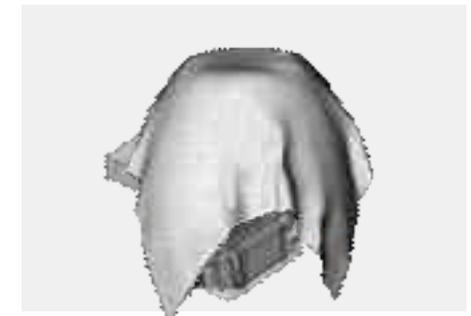
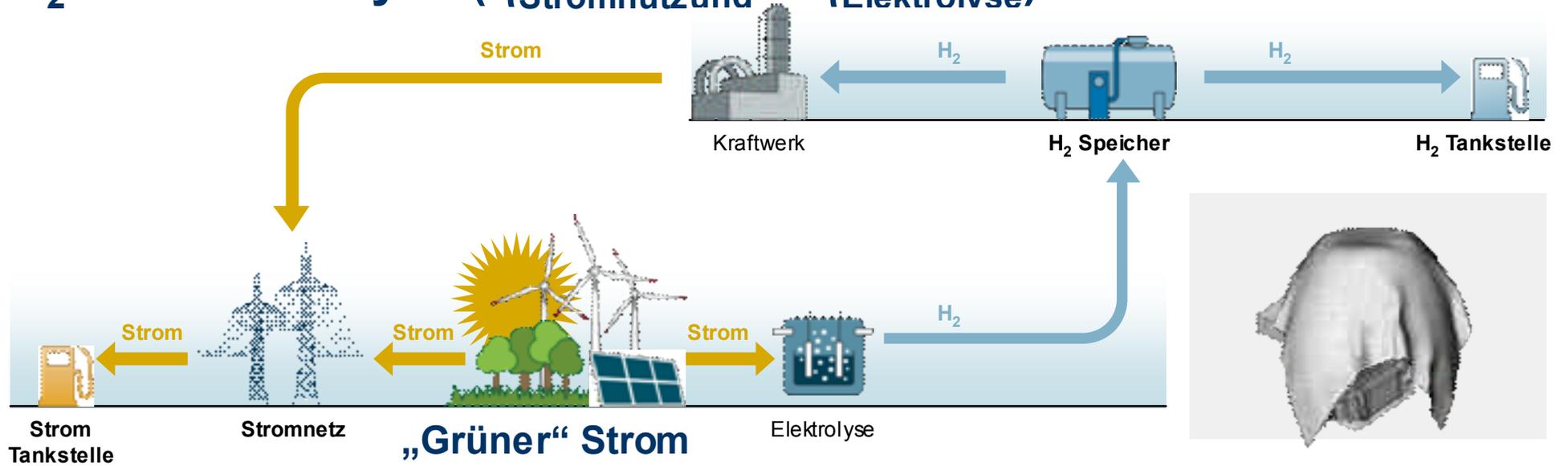
# Optionen zur Speicherung und Nutzung von „Grünem“ Strom H<sub>2</sub> aus Elektrolyse ( $\eta_{\text{Stromnutzung}} > \eta_{\text{Elektrolyse}}$ )



Quelle: <http://www.wwindea.org>

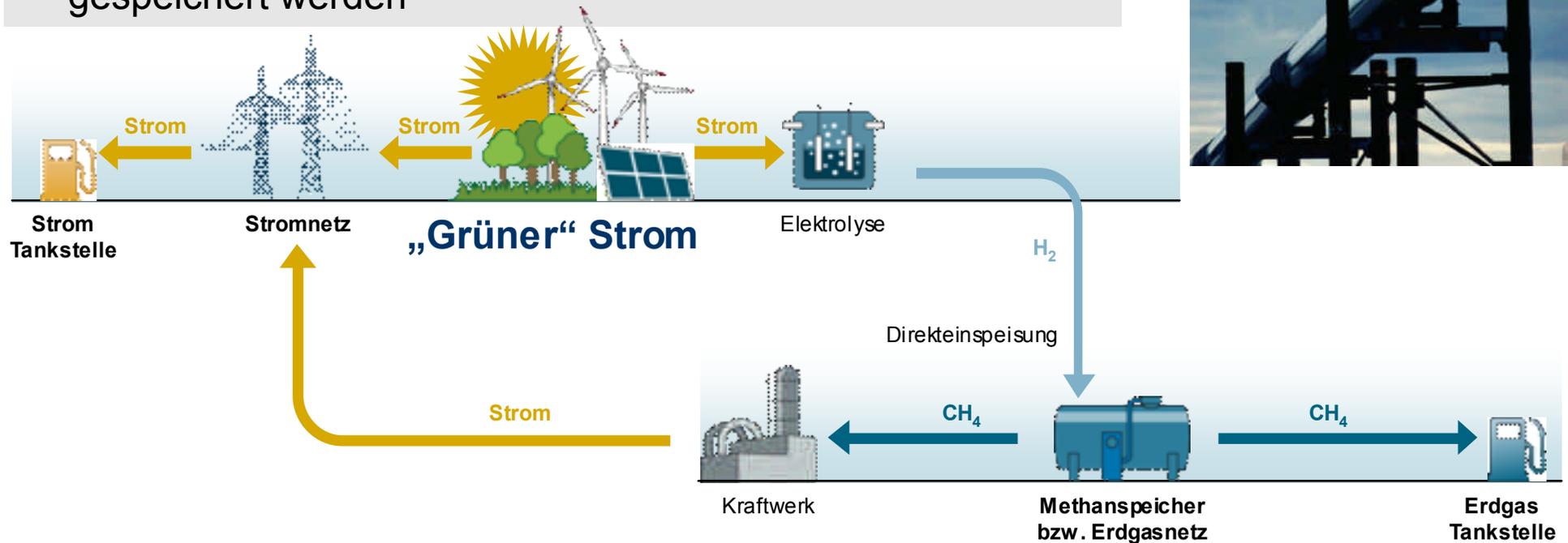


# Optionen zur Speicherung und Nutzung von „Grünem“ Strom H<sub>2</sub> aus Elektrolyse ( $\eta_{\text{Stromnutzuna}} > \eta_{\text{Elektrolvse}}$ )



## Optionen zur Speicherung und Nutzung von „Grünem“ Strom H<sub>2</sub> Einspeisung ins Erdgasnetz ( $\eta_{\text{Stromnutzung}} > \eta_{\text{Elektrolyse}}$ )

- ⇒ Einspeisung von H<sub>2</sub> ins Erdgasnetz ist aus Fahrzeugsicht bis zu Konzentrationen von 2% volumetrisch möglich
- ⇒ Damit könnten bis zu 6 TWh\* elektrische Energie gespeichert werden

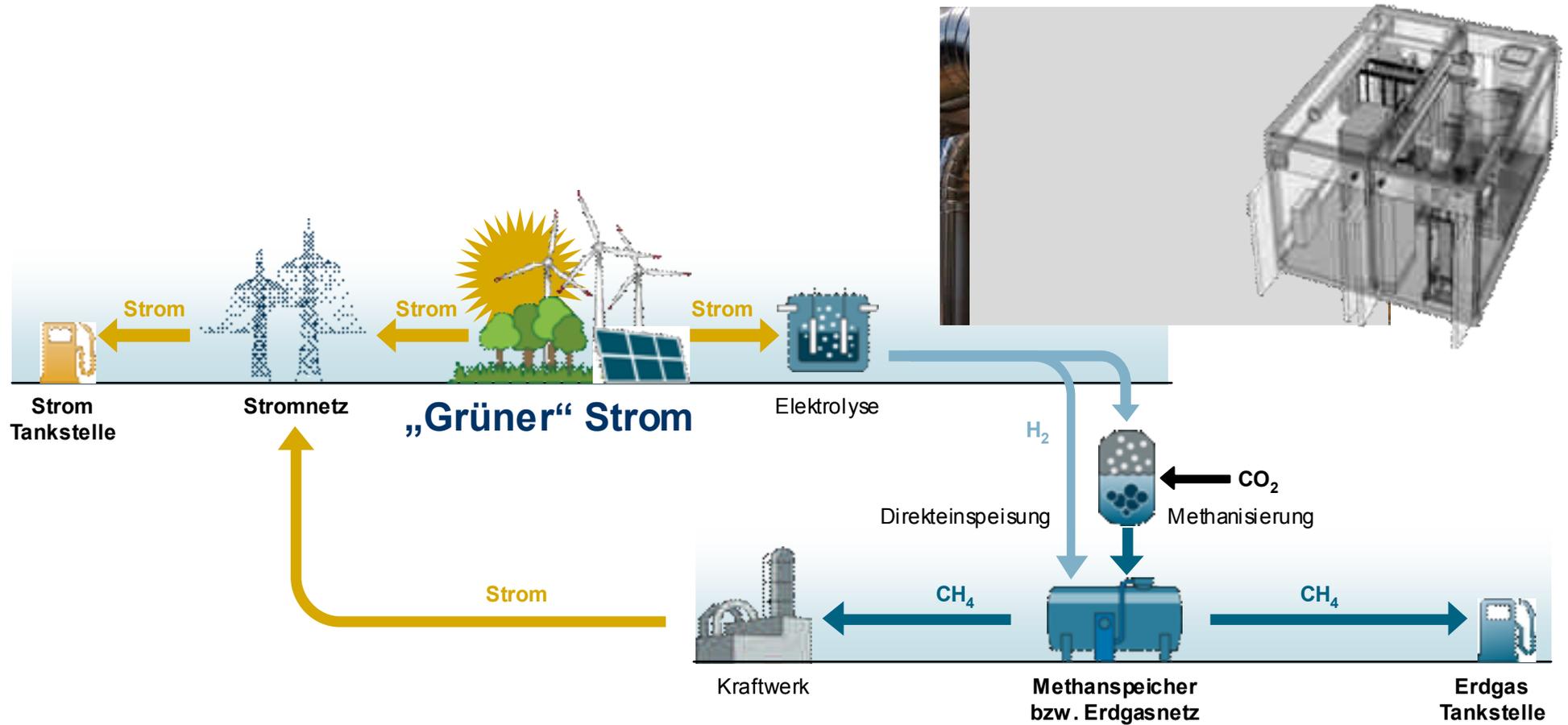


\*Die notwendige Strommenge entspricht etwa 20% der ges. deutschen Windstrommenge (oder 1,2% des deutschen Stromverbrauches)



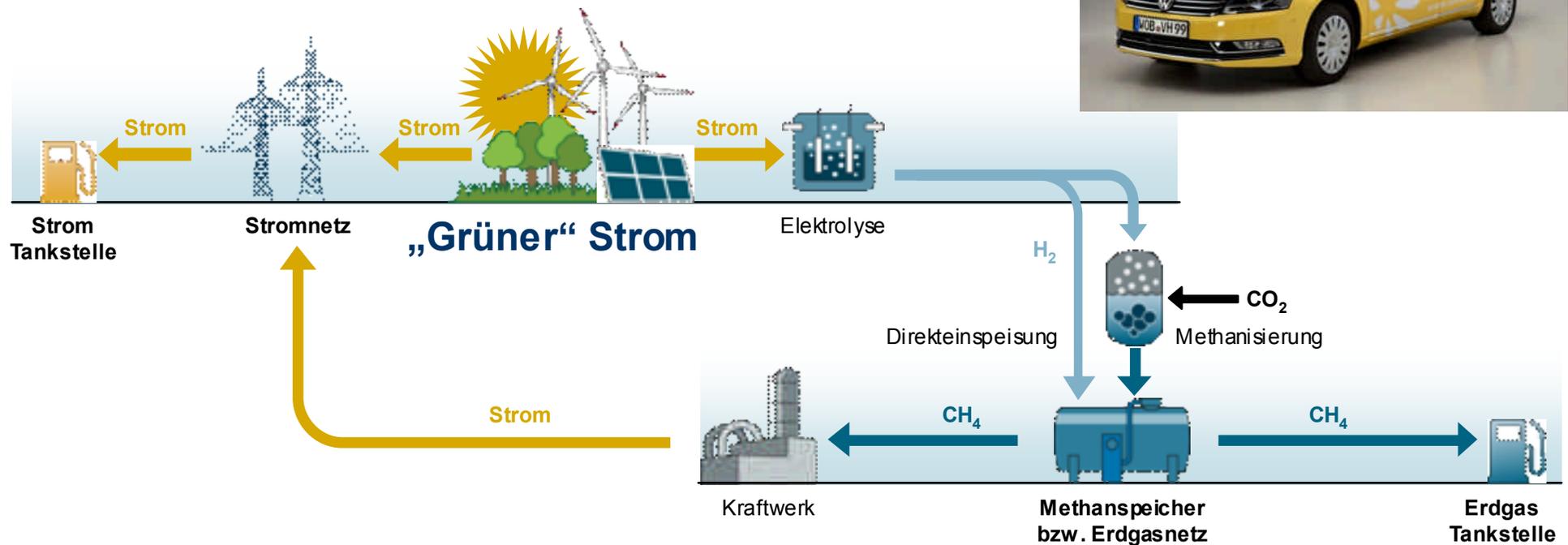
# Optionen zur Speicherung und Nutzung von „Grünem“ Strom

Methanisierung ( $\eta_{\text{Stromnutzung}} > \eta_{\text{Elektrolyse}} > \eta_{\text{Methanisierung}}$ )



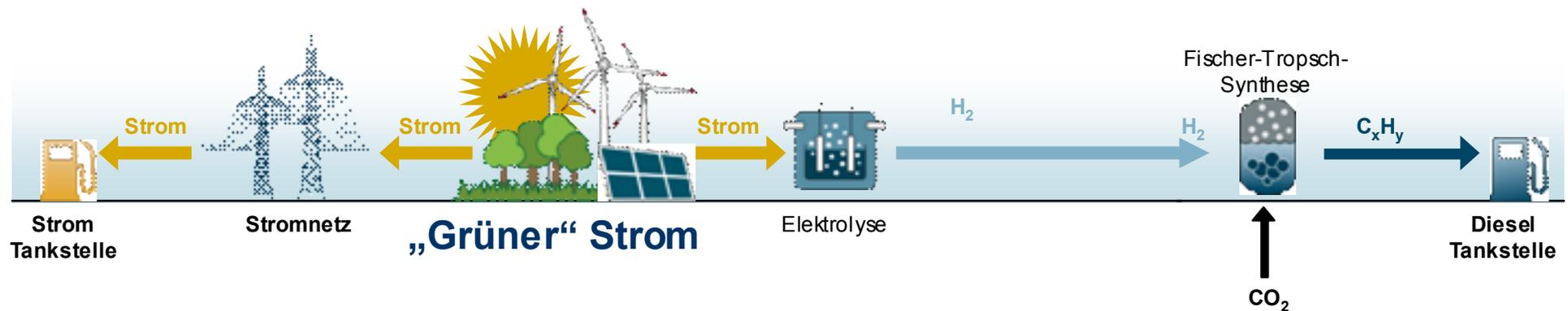
# Optionen zur Speicherung und Nutzung von „Grünem“ Strom Methanisierung ( $\eta_{\text{Stromnutzung}} > \eta_{\text{Elektrolyse}} > \eta_{\text{Methanisierung}}$ )

⇒ Methan aus „grünem Strom“ ist voll kompatibel zu Erdgasfahrzeugen (EcoFuel)

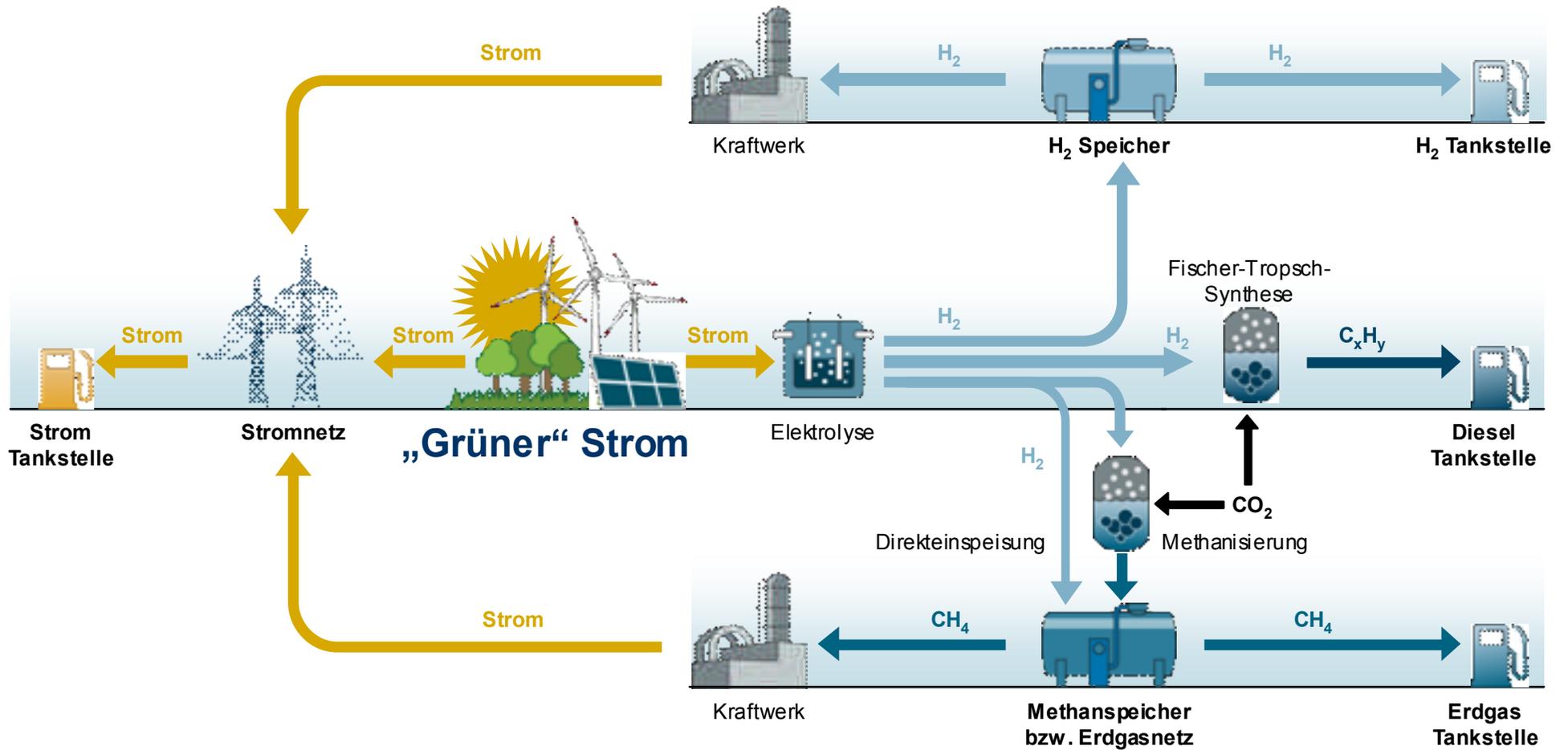


# Optionen zur Speicherung und Nutzung von „Grünem“ Strom Fischer-Tropsch-Synthese

$$\eta_{\text{Stromnutzung}} > \eta_{\text{Elektrolyse}} > \eta_{\text{Methanisierung}} > \eta_{\text{Fischer-Tropsch-Synthese}}$$



# Optionen zur Speicherung und Nutzung von „Grünem“ Strom

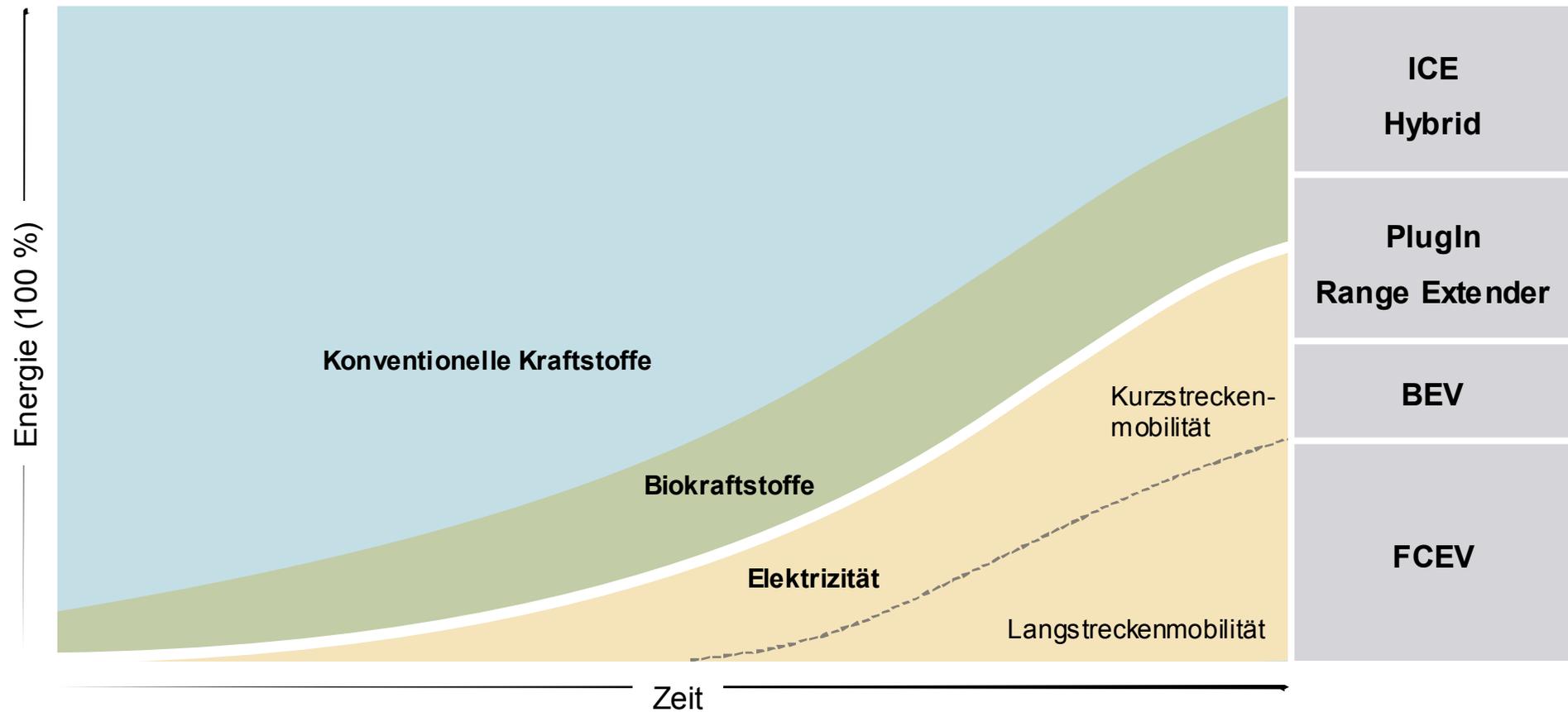


## Agenda

- Einleitung
- Well-to-Wheel Vergleich verschiedener Antriebskonzepte
- Anforderungen an Biokraftstoffe
- Neue Biokraftstoffe
  - Kraftstoffe aus Glukose
  - Kraftstoff aus „grünem“ Strom
- Bewertung und Vergleich
- Zusammenfassung



# Mögliche Entwicklung nachhaltiger Energien im Automobilsektor



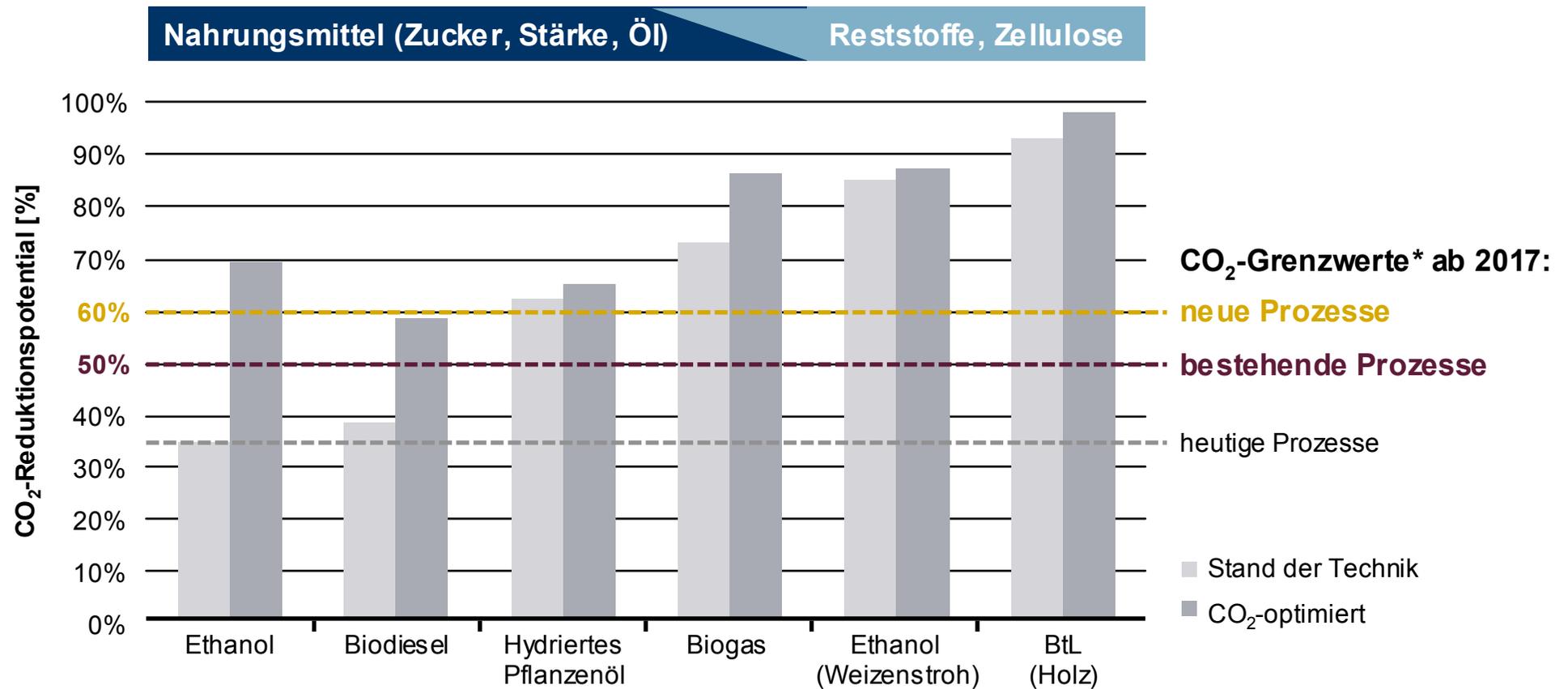


**Vielen Dank!**



# Politische Rahmenbedingungen in Europa

## Erneuerbare Energien Richtlinie: WtW CO<sub>2</sub>-Reduktionen



\* verabschiedet durch EU-Parlament am 17.12.2008



# Woher kommt die Energie?

Well-to-Wheel CO<sub>2</sub>-Emissionen Golf TDI BlueMotion (99 gCO<sub>2</sub>/km)

Diesel 111 g 

Well-to-Wheel CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Golf BEV\* bei Stromerzeugung aus: 

Braunkohle 188 g

Steinkohle 171 g

Heizöl 145 g

Erdgas 98 g

6 g Nuklear

1 g Grüner Strom (hier: Windenergie)

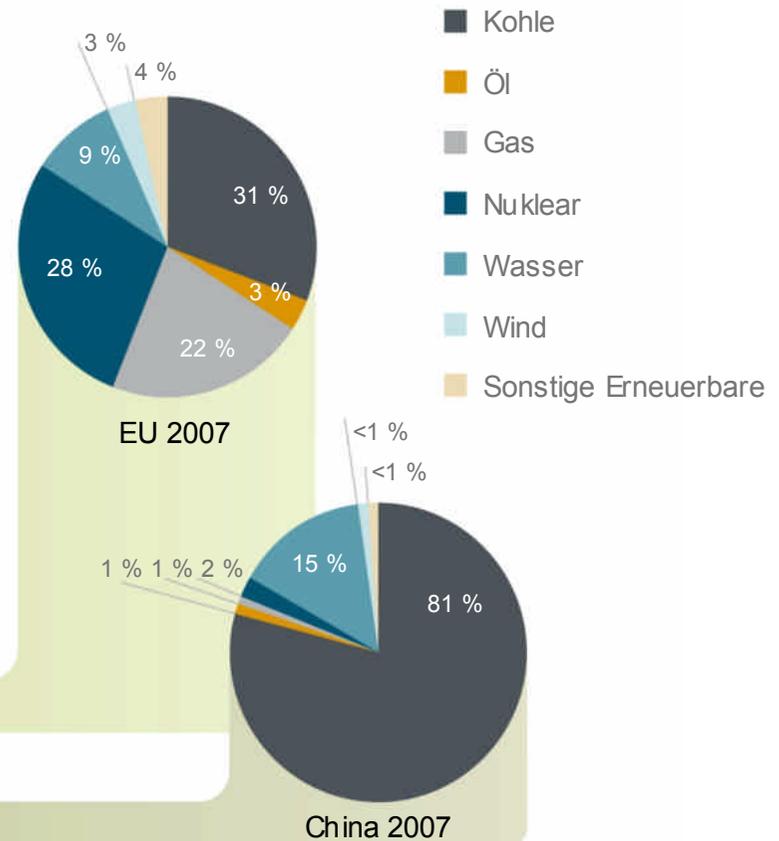
Strommix EU 2007 88 g

Strommix EU 2020 71 g

Strommix China 2007 179 g

CO<sub>2</sub>-Emissionen/km

Strommix

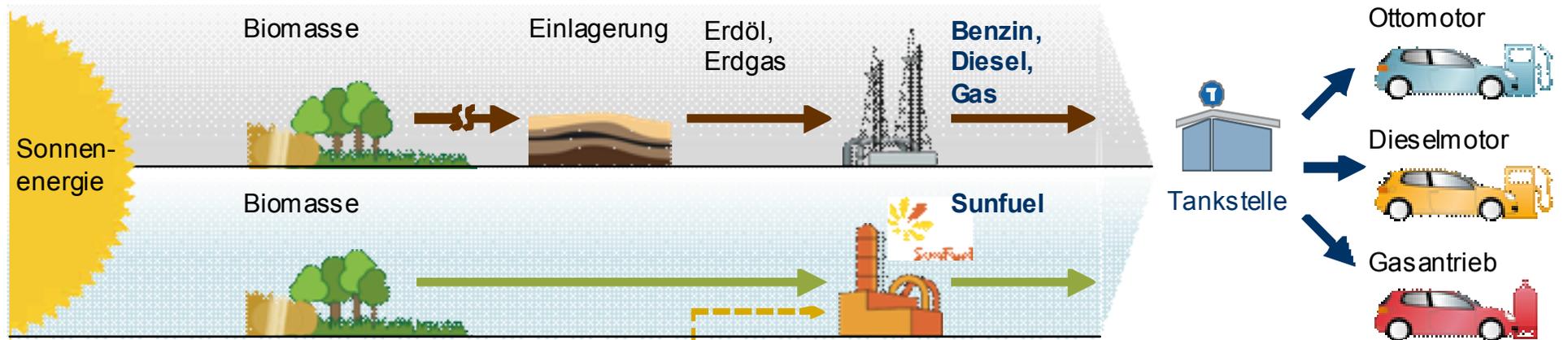


\* Verbrauch: 15,7 kWh/100 km (NEFZ)

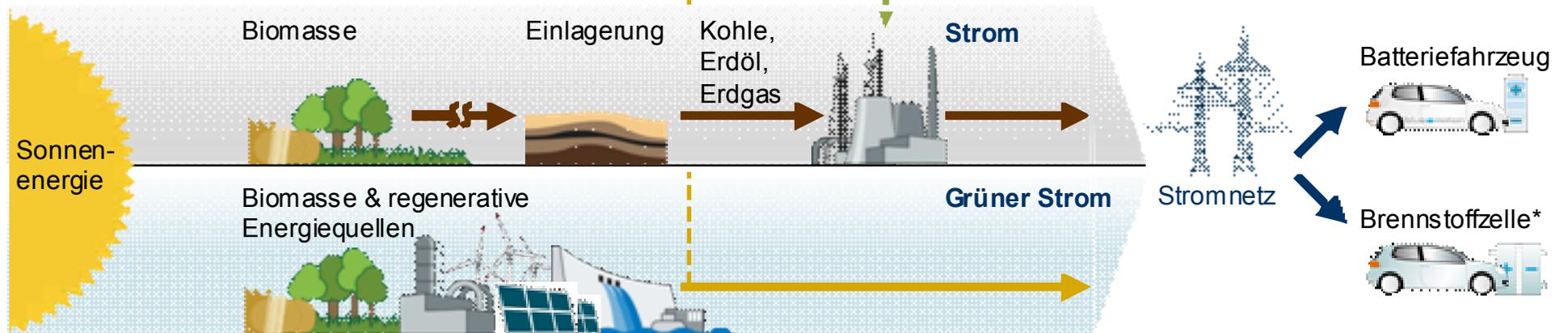


# Energieketten

## Kraftstoffe



## Strom

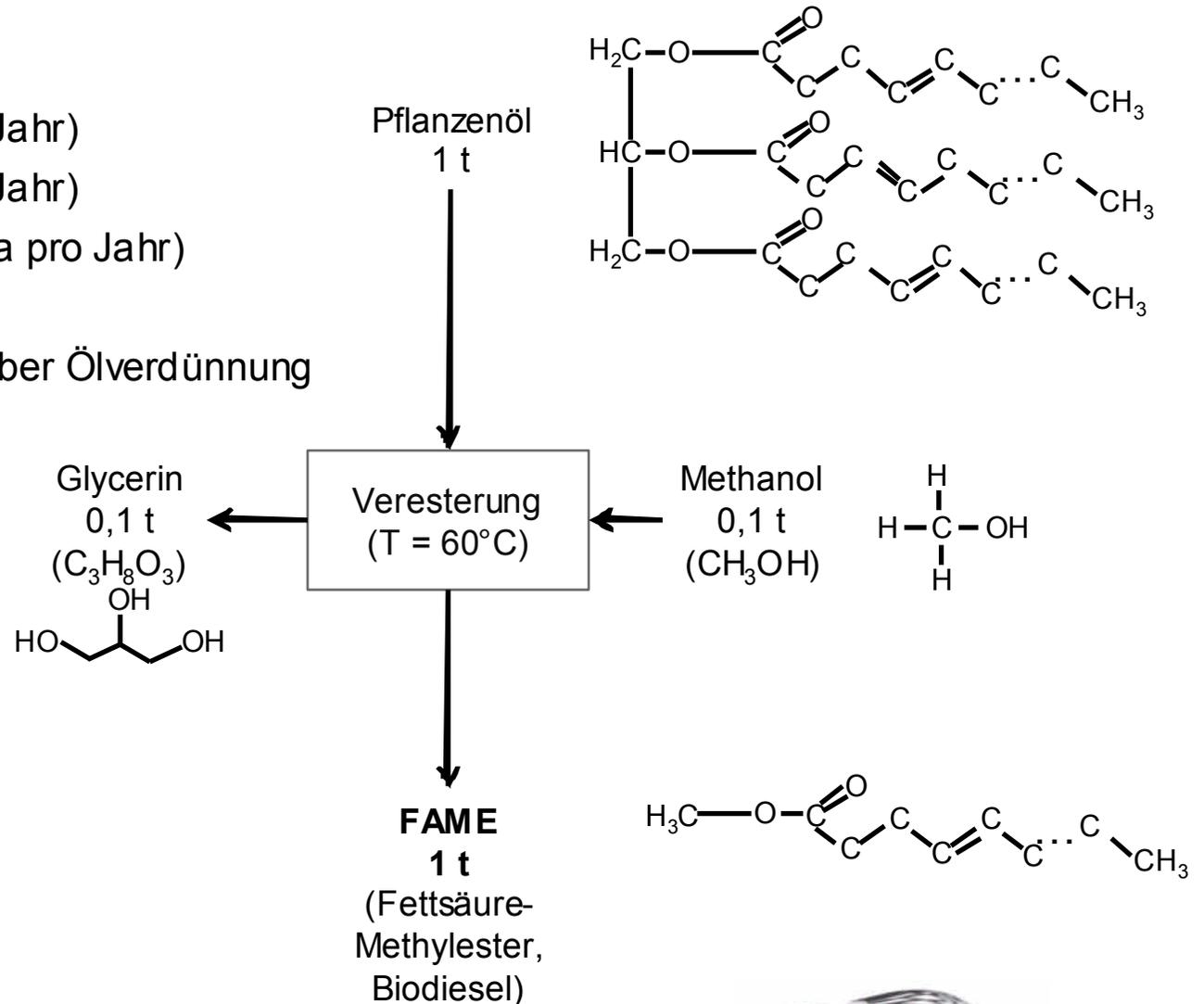


\* über Elektrolyse  
Antriebsforschung



## Biokraftstoffe auf Basis Pflanzenöl (Biodiesel)

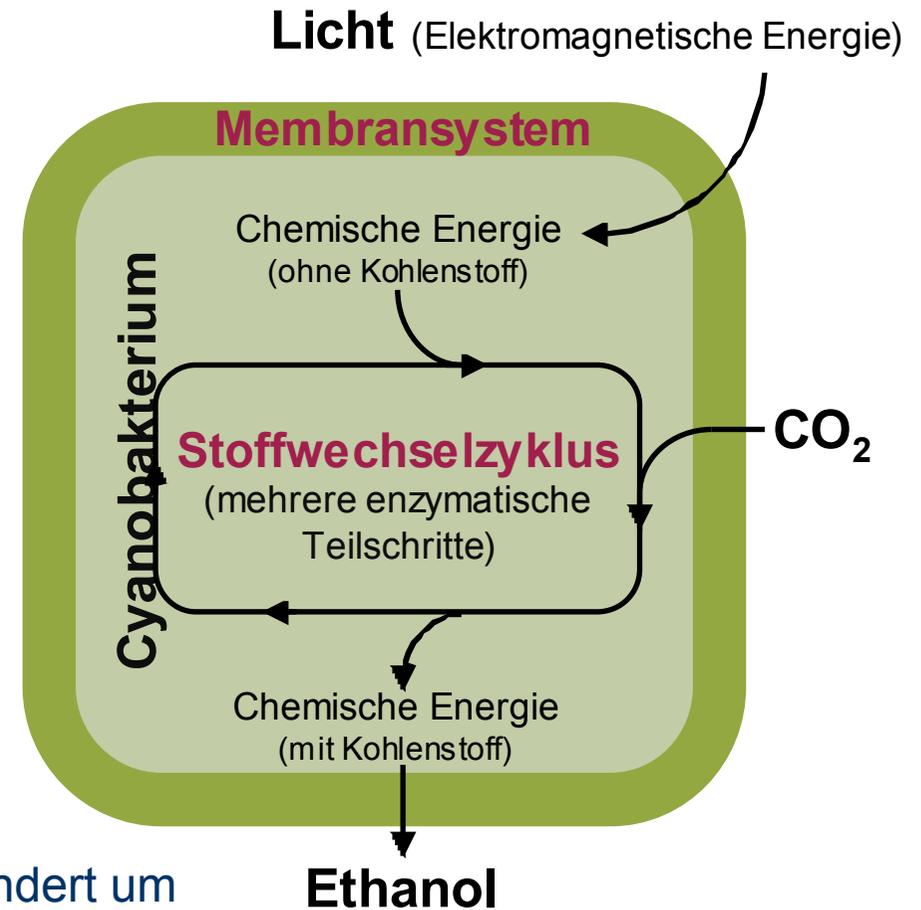
- Rohstoffe:
  - Raps (1.000 kg/ha pro Jahr)
  - Palme (5.000 kg/ha pro Jahr)
  - Sonnenblume (800 kg/ha pro Jahr)
- Kompatibel mit TDI bis 7%, darüber Ölverdünnung



# Photosynthese in biologisch einfachen Lebewesen – Cyanobakterien

## Teilschritte der Photosynthese:

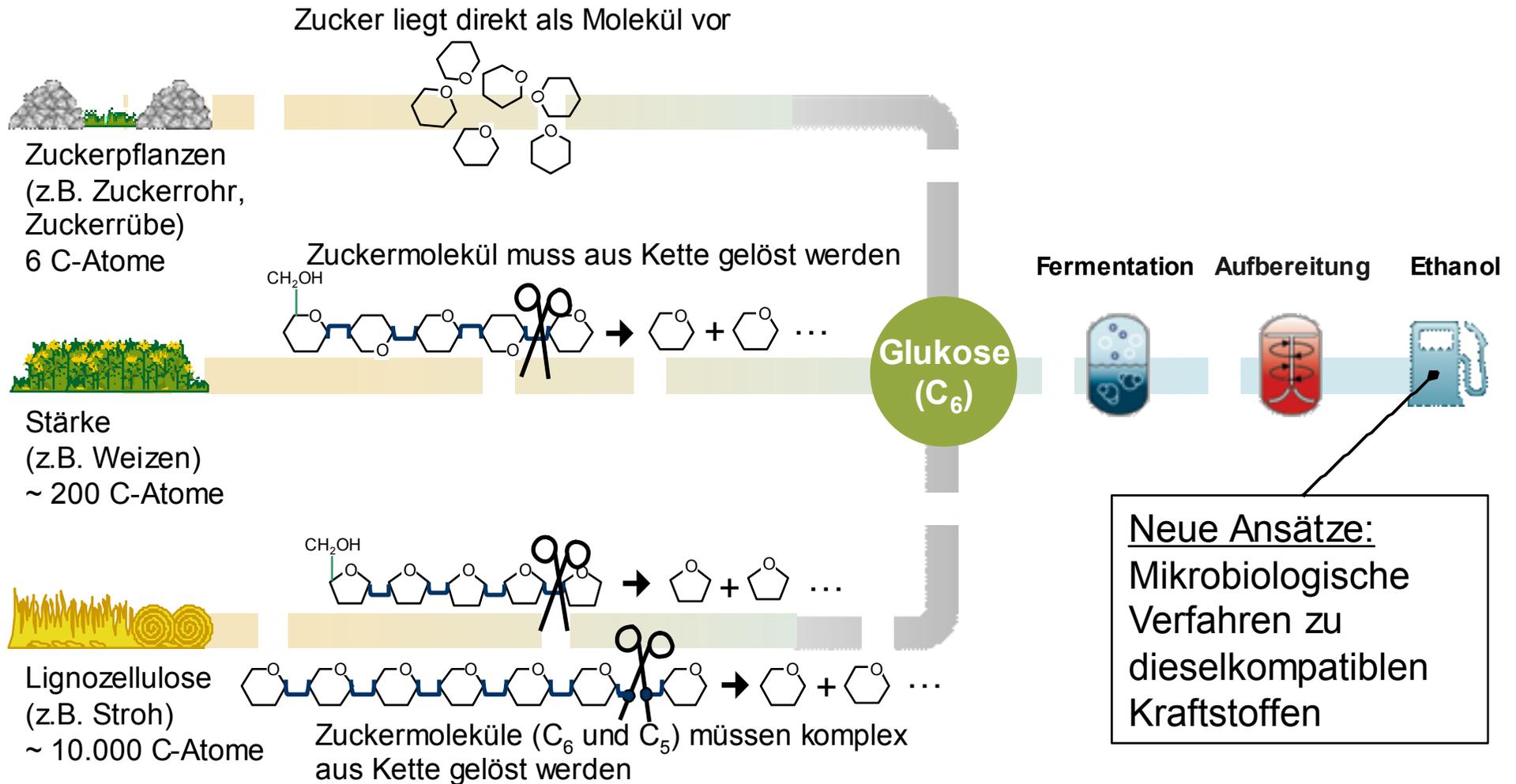
1. Absorption von Licht  
(elektromagnetische Energie)
2. „Lichtreaktion“ mit Elektronenübertragung  
zur Erzeugung chemischer Energie
3. Synthese organischer Verbindungen aus  
chemischer Energie



⇒ Cyanobakterien werden gentechnisch verändert um  
Kraftstoffe mittels Photosynthese zu erzeugen

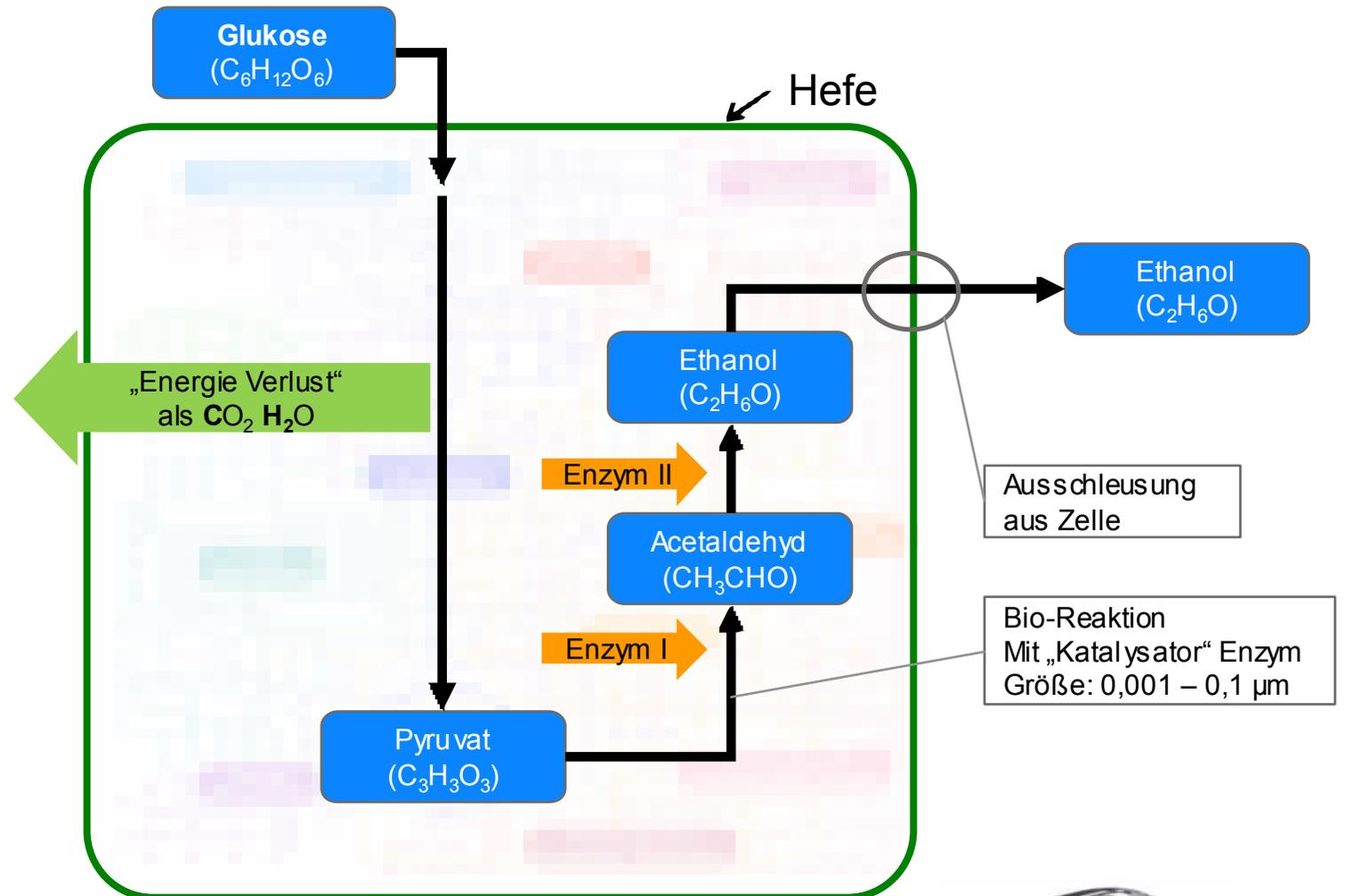


# Biokraftstoffe auf Basis Glukose - Heutige Ethanol Herstellung



# Biokraftstoffe auf Basis Glukose

## Klassische alkoholische Gärung



# Biokraftstoffe auf Basis Glukose Neue Stoffwechselwege „Glukose zu Diesel“

