

Mit Unterstützung vom

 Bundesministerium
Nachhaltigkeit und
Tourismus



Power-to-Gas

Technologien und Wirkungsketten

Fachdialog

„grünes“ Gas: H₂ oder CH₄ – Hauptsache Strom

Rupert Christian, Umwelt Management Austria

Novum Wien Hauptbahnhof,
Wien, 10.07.2019

Wasserstoff heute

Quellen

- **Rohöl (45%)**
- **Erdgas (33%)**
- **Kohle (15%)**
- **Wasser (7%)**

Verfahren

- **Dampfreformierung**
- **Partielle Oxidation**
- **Tandem-Reformierung**
- **Elektrolyse**

Wasserstoff heute

Verwendung

- **Reduktionsmittel in Chemie und Metallurgie**
- **Betriebsgas für Analysatoren**
- **Energieträger in Brennstoffzellen**
- **Produktion von Düngemitteln**
- **Trägergas für Reduktionskomponenten**
- ...

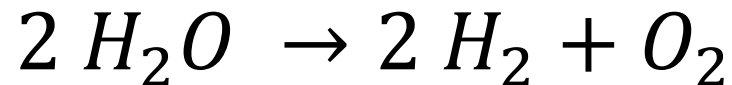
Power-to-Gas

Konzept

- **Gewinnung von H₂ aus (Überschuss-) Strom und Wasser**
- **in weiteren Schritten:**
 - **Methanisierung**
 - **Synthese flüssiger Kohlenwasserstoffe**
- **Stromspeicher**
- **Ersatz von fossilem Gas**

Elektrolyse

Gleichung



Elektrolyseure

- **alkalische Elektrolyseure**
- **saure oder PEM-Elektrolyseure**
- **Festoxid-Elektrolyseure**

Speicherung

physikalische Methoden

- **Verdichtung**
- **Kühlung**
- **Kombination**

Speicherung

Druckwasserstoffspeicherung

- **Temperatur: Umgebungstemperatur**
- **Druck: 50 bis max. 1.200 bar**
üblich: 250 bis 700 bar
- **Dichte: 20 bis 40 kg/m³**
- **volumetrische Energiedichte:**
 - **2,9 MJ/l (350 bar)**
 - **4,8 MJ/l (700 bar)**

Speicherung

Flüssigwasserstoffspeicherung

- **Temperatur: -253°C**
- **Druck: 1 bis 4 bar**
- **Dichte: 71 kg/m^3**
- **volumetrische Energiedichte:**
 - **$8,5 \text{ MJ/l}$**
 - **vgl. Erdgas, ca. $7,2 \text{ MJ/l}$**

Speicherung

Hybrid-Speicherung

- **Temperatur: -200 bis -240°C**
- **Druck: bis zu 1.000 bar**
- **Dichte: 100 kg/m³**
- **volumetrische Energiedichte:
12 MJ/l**

Transport

Optionen:

- **gasförmig oder flüssig**
- **in Tanks oder Pipelines**

Problem:

- **geringe volumetrische Energiedichte**
- **vgl. Benzin 31,68 MJ/l**

Transport

gasförmig:

CGH₂-Tube-Trailer

mehrere Großflaschen in Schutzrahmen

hohes Eigengewicht

Forschung: Komposit-Tubes

Transport

flüssig:

„höhere Wasserstoff-Kapazität“

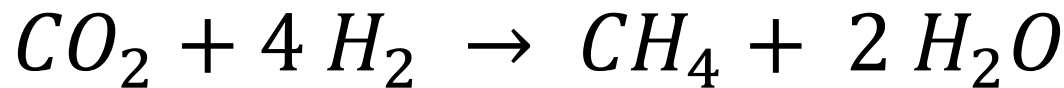
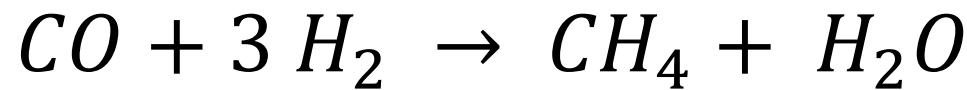
wirtschaftlicher für große Entfernungen

boil-off-Verluste

Reichweite ca. 4.000 km

synthetisches Methan

Gleichungen



Methoden

- **technisch-katalytisch**
- **biologisch**

synthetisches Methan

technisch-katalytische Methanisierung

- 300 bis 700°C
- exotherm, katalytisch beschleunigt
- Wirkungsgrad rund 80%

Herausforderungen:

- Wärmemanagement
- Langzeitstabilität des Katalysators

synthetisches Methan

biologische Methanisierung

- **hochspezialisierte Mikroorganismen**
- **Umgebungsdruck, -temperatur**
- **Wirkungsgrad rund 60%**

Vergleichsbeispiel P2G-Kette:

- **biologisch: $\eta = 57 - 68\%$**
- **technisch-katalytisch: $\eta = 76\%$**

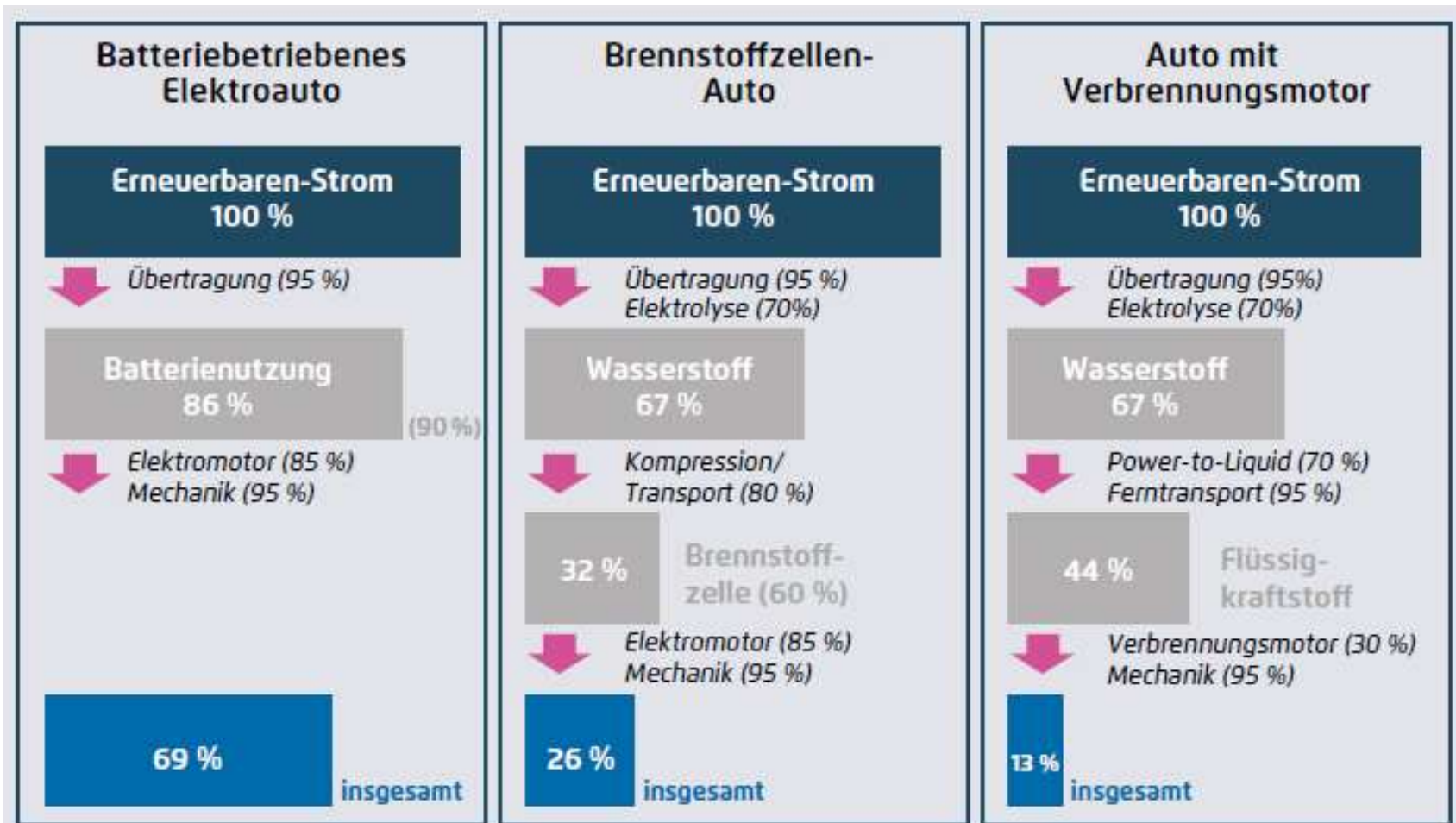
Wirkungsketten

	η	Randbedingung
Wasserstoff	54 – 72%	Kompression auf 200 bar (Arbeitsdruck Gasspeicher)
Methan	49 – 64%	
Wasserstoff	57 – 73%	Kompression auf 80 bar (Einspeisung Fernleitung)
Methan	50 – 64%	
Wasserstoff	64 – 77%	ohne Kompression
Methan	51 – 65%	

Wirkungsketten

	η	Randbedingung
P2G2P		
Wasserstoff	34 – 44%	Verstromung mit 60% Kompression auf 80 bar
Methan	30 – 38%	
P2G2CHP		
Wasserstoff	48 – 62%	40% Strom, 45% Wärme Kompression auf 80 bar
Methan	43 – 54%	


Wirkungsketten



Wirkungsketten

Elektrische Wärmepumpe


Erneuerbaren-Strom
100 %

 Übertragung (95 %)


insgesamt
285 %

Brennstoffzellen- Heizung

Erneuerbaren-Strom
100 %

 Übertragung (95 %)
Elektrolyse (70 %)

Wasserstoff
67 %


 Kompression/Transport/
Brennstoffzelle*

Wärme 24 %	Strom 21 %
---------------	---------------


 insgesamt
45 %

Gasbrennwert- kessel


Erneuerbaren-Strom
100 %

 Übertragung (95%)
Elektrolyse (70%)

Wasserstoff
67 %

 Power-to-Gas (80 %)
Transport (99 %)

Methan
53 %

 Gasbrennwert-
kessel (95 %)

insgesamt
50 %

Mit Unterstützung vom

 Bundesministerium
Nachhaltigkeit und
Tourismus



**Viel Vergnügen bei
der folgenden
Diskussion!**