

Energienetz Zug

POWER-TO-GAS -

Ökologische Zukunftslösung für die Gasnetze und die
Mobilität?

IET INSTITUTE FOR
ENERGY TECHNOLOGY

Sandra Moebus

27. Juni 2018



HSR

HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

- **Institut für Energietechnik**
- **Rolle von Power-to-Gas im Schweizer Energiesystem**
- **Power-to-Gas in der Mobilität**
- **Power-to-Gas Funktionsweise**
- **Nachhaltigkeit**
- **Business Cases**
- **Power-to-Gas Projekte in der Schweiz**
- **Forschung an der HSR**
- **Power-to-Liquid**
- **Zusammenfassung**

IET INSTITUT FÜR ENERGIETECHNIK

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK



INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

- Thermo- und
Fluiddynamik,
Strömungssimulationen



- Technische Physik



- Elektromagnetische Feld-
Simulationen



- Computational Physics
und Multiphysics



- Power-to-Gas



- Gebäudetechnik,
Gebäude- und
Anlagensimulation



Fachgruppe Power-to-Gas



Friedl



Meier



Ruoss



Schmidlin



Moebus



Stadler



Gorre



de Sousa



Angst



Lydement



Steiner



Leonhard

Power-to-Gas @ IET

Projekte aF&E

High Efficiency Power-to-Methane Pilot HEPP

SNF Project: Renewable Methane for Transport and Mobility RMTM

70 NFP Energiewende Nationales Forschungsprogramm

Horizon 2020

Supported by Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra Under contract number: 10.0223

Federal Department for Economic Affairs, Education and Research ERDF, State Secretariat for Education, Research and Innovation SERI

Dienstleistung

Wissenschaftliche Begleitung Hybridwerk Aarmatt

Machbarkeitsstudien

Expertengespräche Power-to-Gas

Netzwerk

Erfahrungsaustausch Power-to-Gas

Bildung

Studienarbeiten ARO

Partner von

Storage
Swiss Competence Center for Energy Research

In Zusammenarbeit mit der KTI

Energie
Swiss Competence Centers for Energy Research

Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra
Kommission für Technologie und Innovation KTI

FORUM ENERGIESPEICHER SCHWEIZ

SVGW SSGE

ROLLE VON POWER-TO-GAS IM SCHWEIZER ENERGIESYSTEM

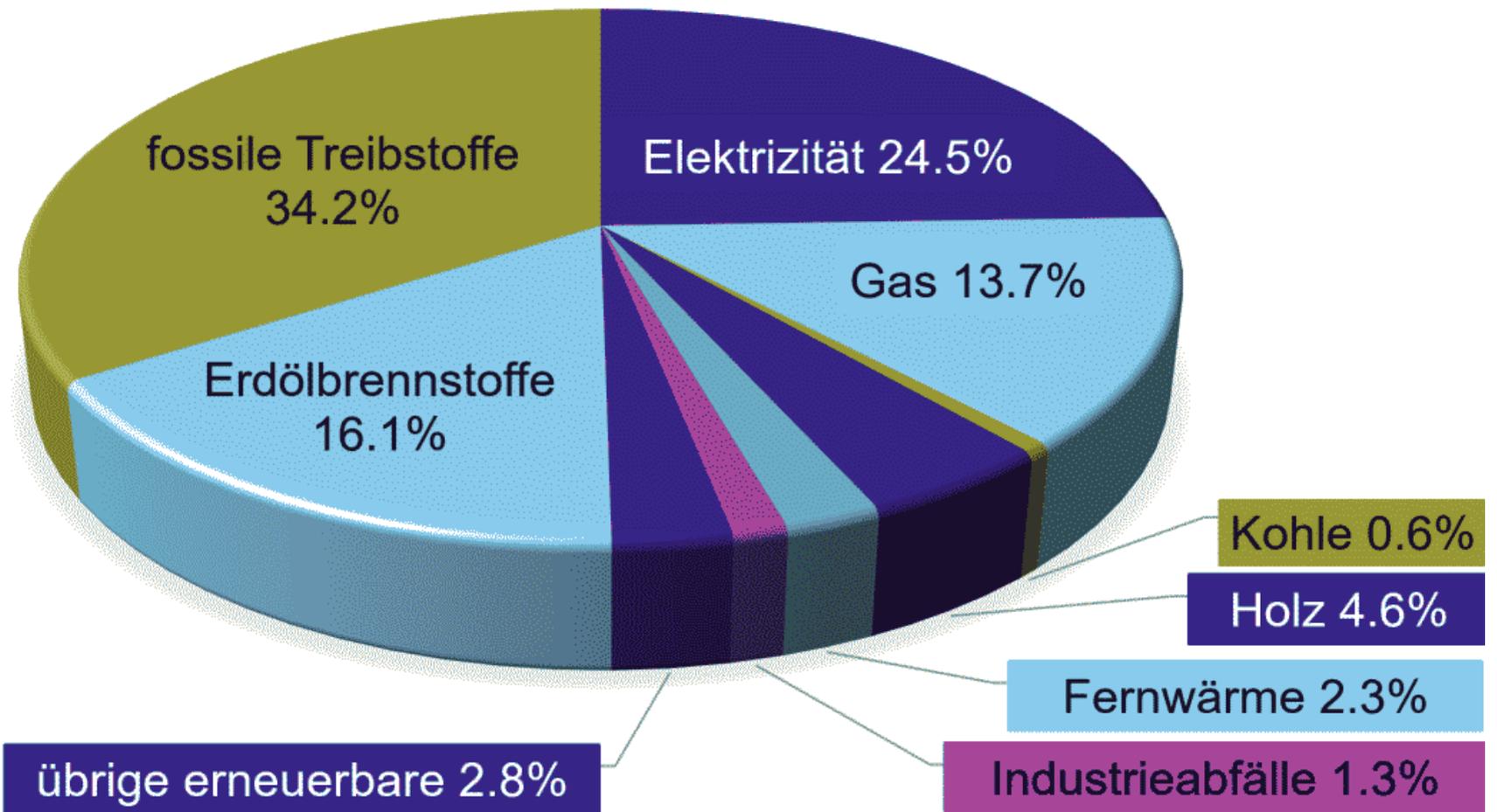
IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

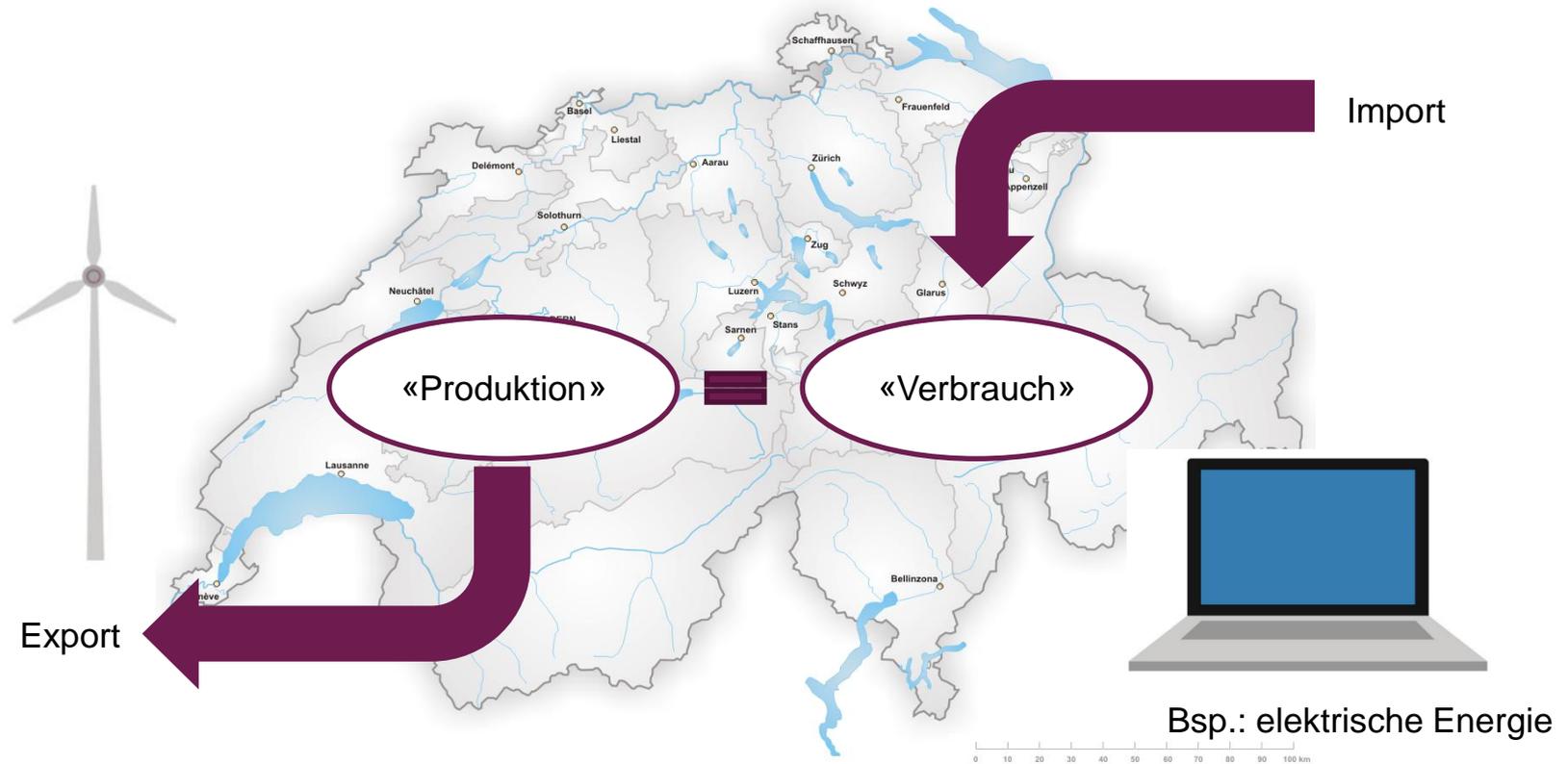
IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

Power-to-Gas im Energiesystem

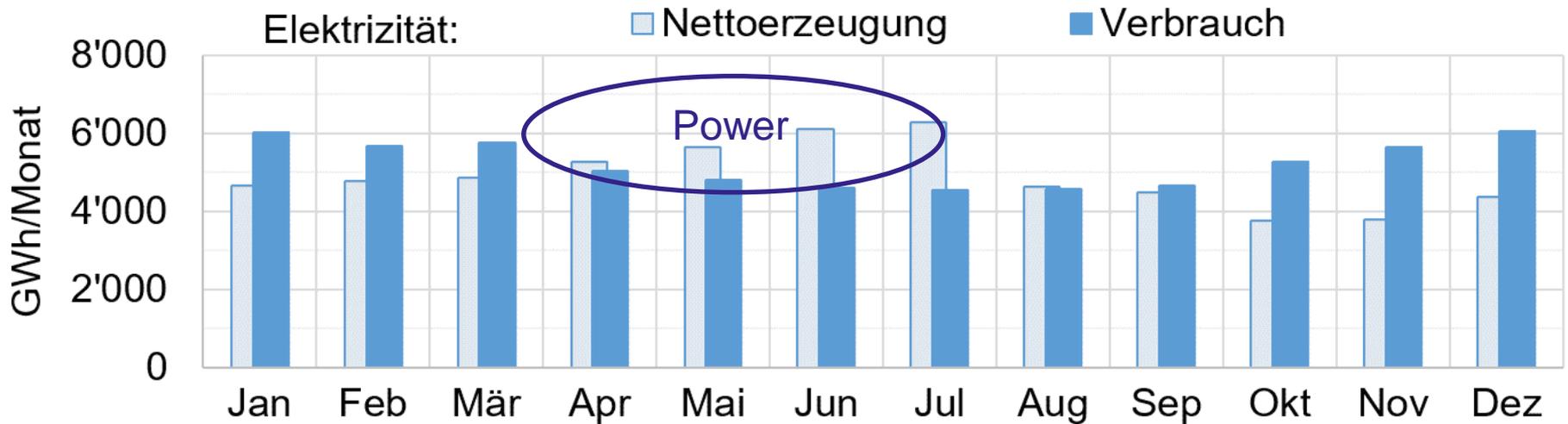


Endenergieverbrauch Schweiz 2016, Quelle:
Bundesamt für Energie, Gesamtenergiestatistik 2016

Energieversorgung der Schweiz

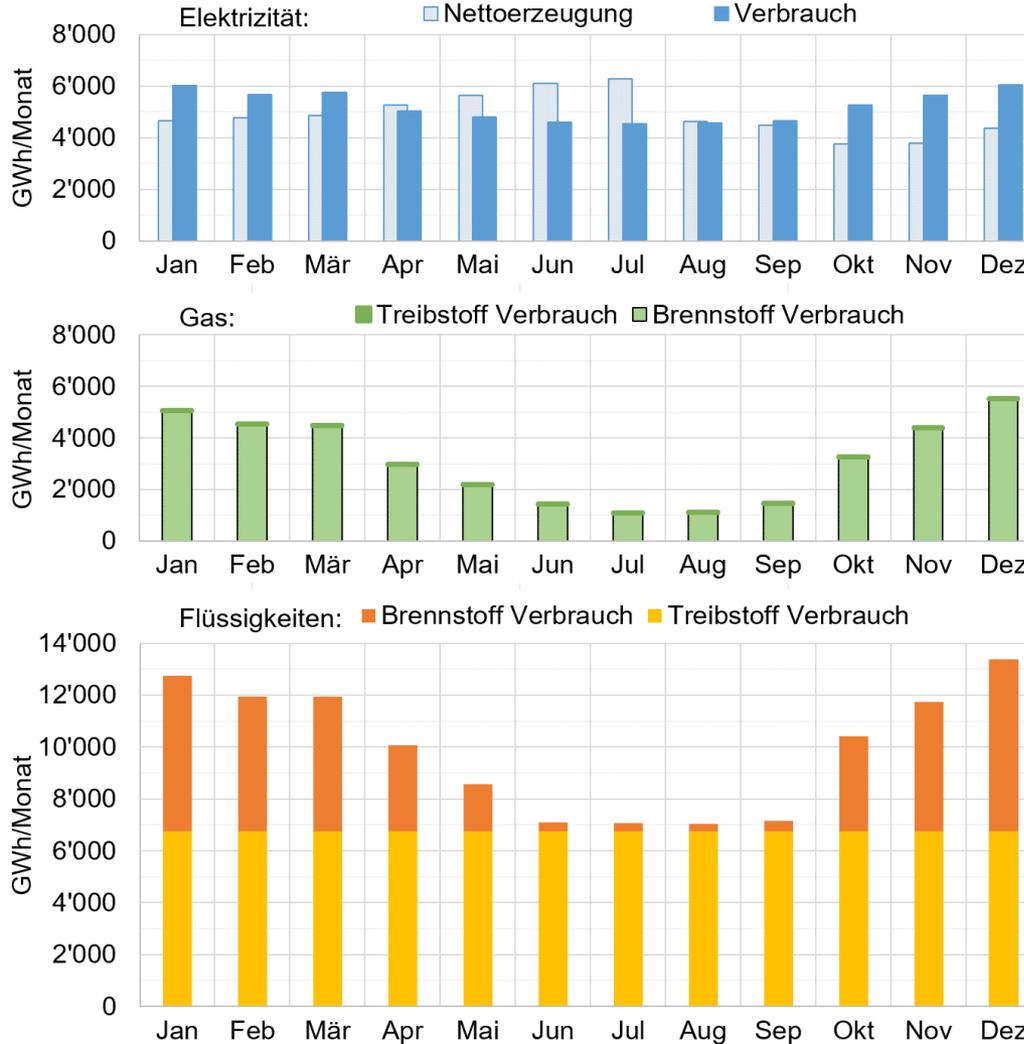


Power-to-Gas im Energiesystem



Zahlen für Jahr 2016
Quellen: BFE «Elektrizitätsstatistik 2016»
und «Gesamtenergiestatistik 2016», VSG
Jahresstatistik Ausgabe 2016

Power-to-Gas im Energiesystem

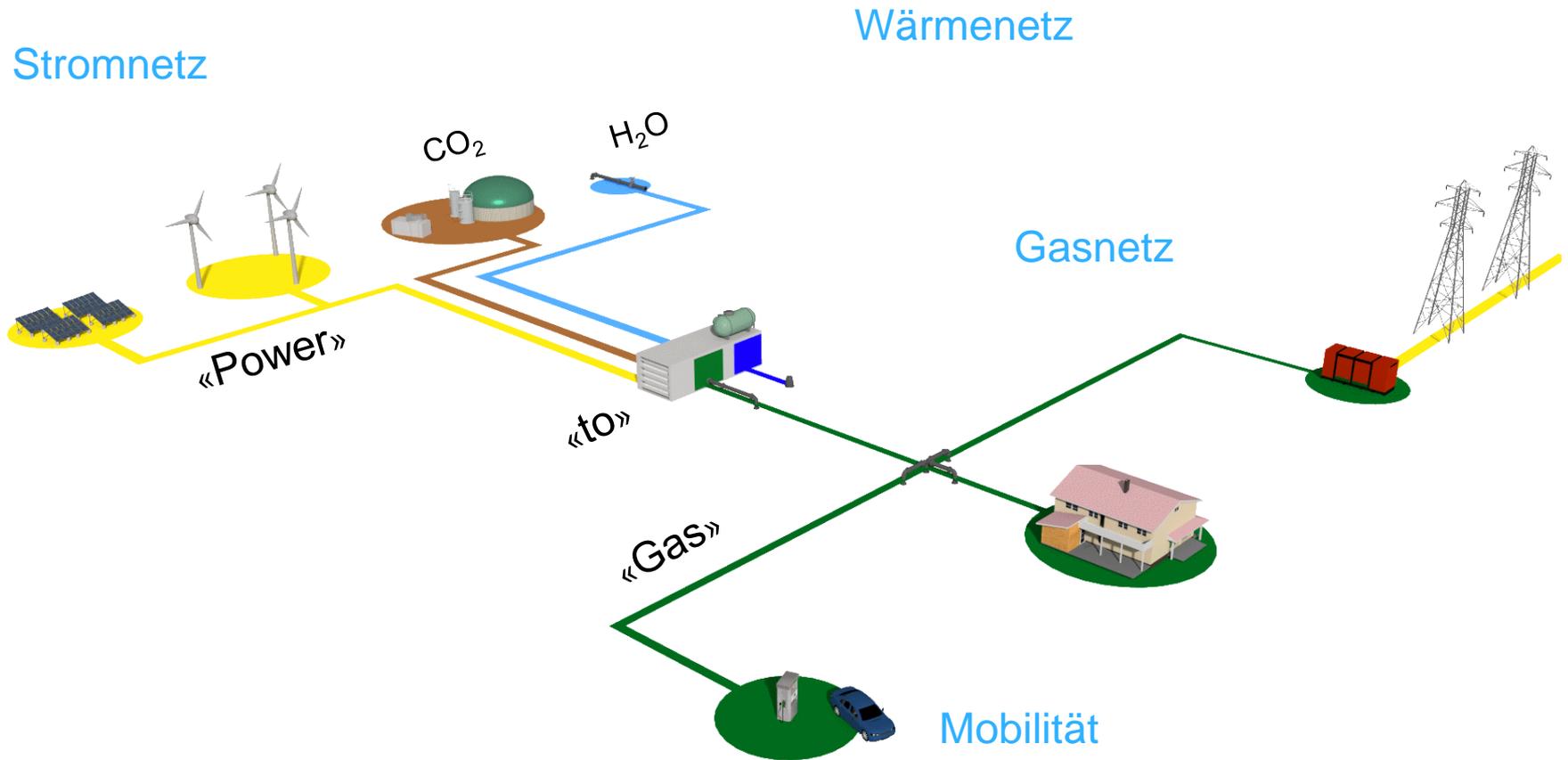


Veränderungen in der Zukunft?

- 1/3 Stromerzeugung AKW fällt weg
- Massiver Zubau erneuerbare Elektrizität davon sehr viel Photovoltaik
- Mehr Stromüberschuss im Sommer
- Was machen wir mit fossilem Gas und fossilen Flüssigkeiten?

Zahlen für Jahr 2016
 Quellen: BFE «Elektrizitätsstatistik 2016» und «Gesamtenergiestatistik 2016», VSG Jahresstatistik Ausgabe 2016

Schlüsseltechnologie Power-to-Gas in der Sektorenkopplung

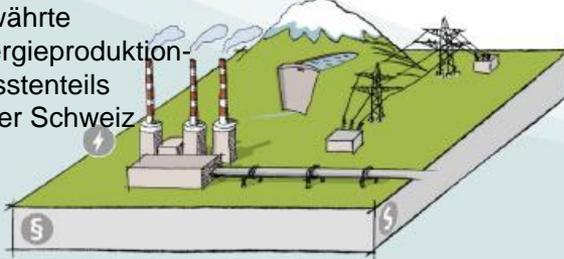


Mögliche Szenarien für die Energieversorgung der Schweiz

CH / nicht vernetzt

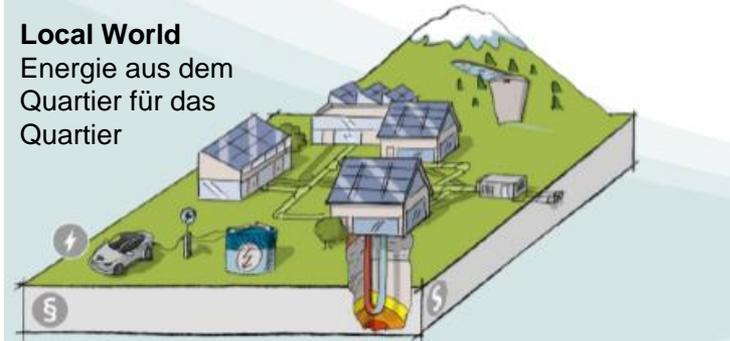
Trust World

Bewährte
Energieproduktion-
grösstenteils
in der Schweiz



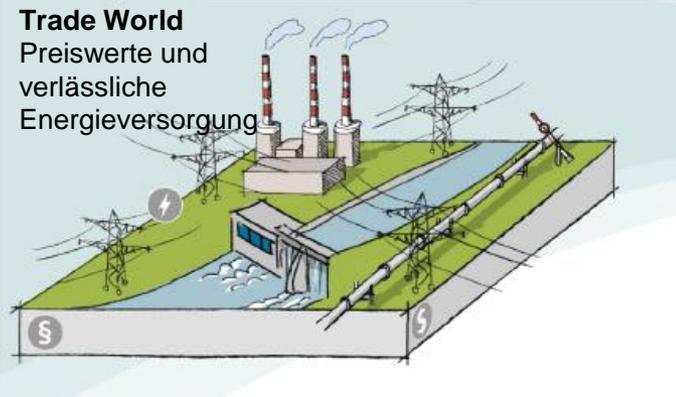
Local World

Energie aus dem
Quartier für das
Quartier



Trade World

Preiswerte und
verlässliche
Energieversorgung



Smart World

Apps und Tools
erleichtern das Leben



EU / vernetzt

Zentrale
Versorgung

Dezentrale
Versorgung

Quelle: VSE

POWER-TO-GAS IN DER MOBILITÄT

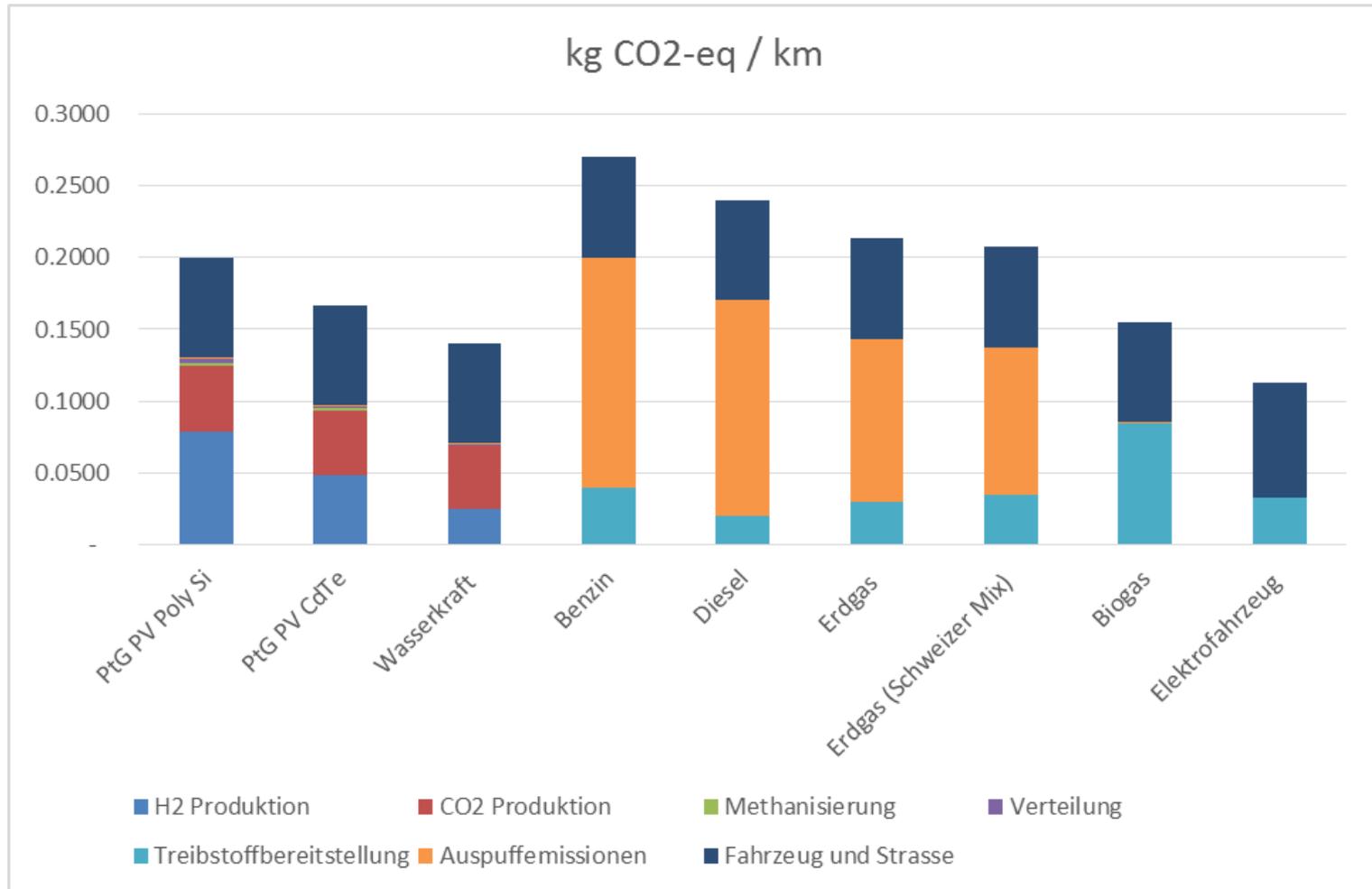
IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

LCA : CO2 Äquivalente pro km Fahrleistung

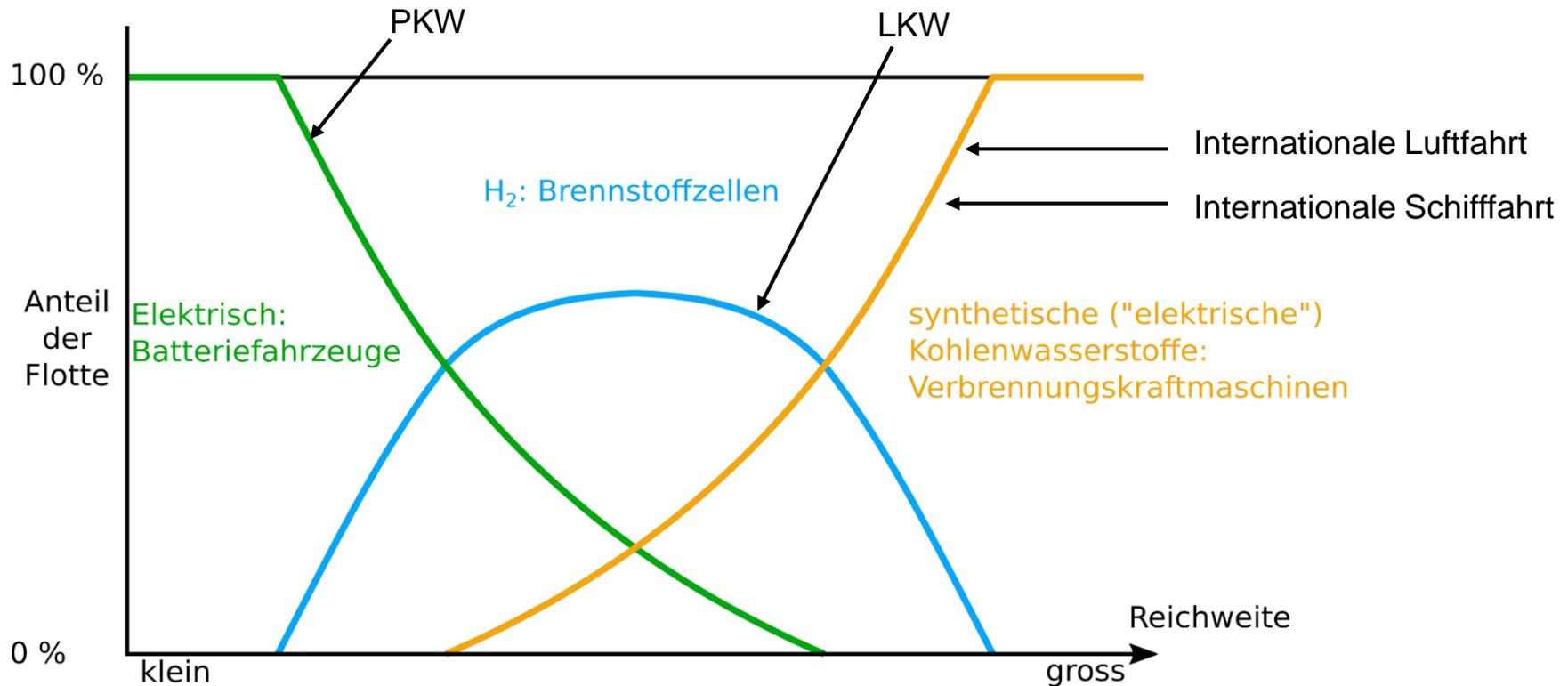


Studie von Matthias Stucki, Sarah Wettstein, et. al. ZHAW 2018

Langfristige Entwicklung (2050 - «plus»)

Vortrag von Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos am eDays-Symposium am 8. Juni 2018

Marktanteile verschiedener Energieträger und Antriebstechnologien zur Dekarbonisierung der Mobilität →
Qualitative Darstellung



→ Kopplung des Mobilitätssystems mit dem Elektrizitätssektor erforderlich!

POWER-TO-GAS FUNKTIONSWEISE

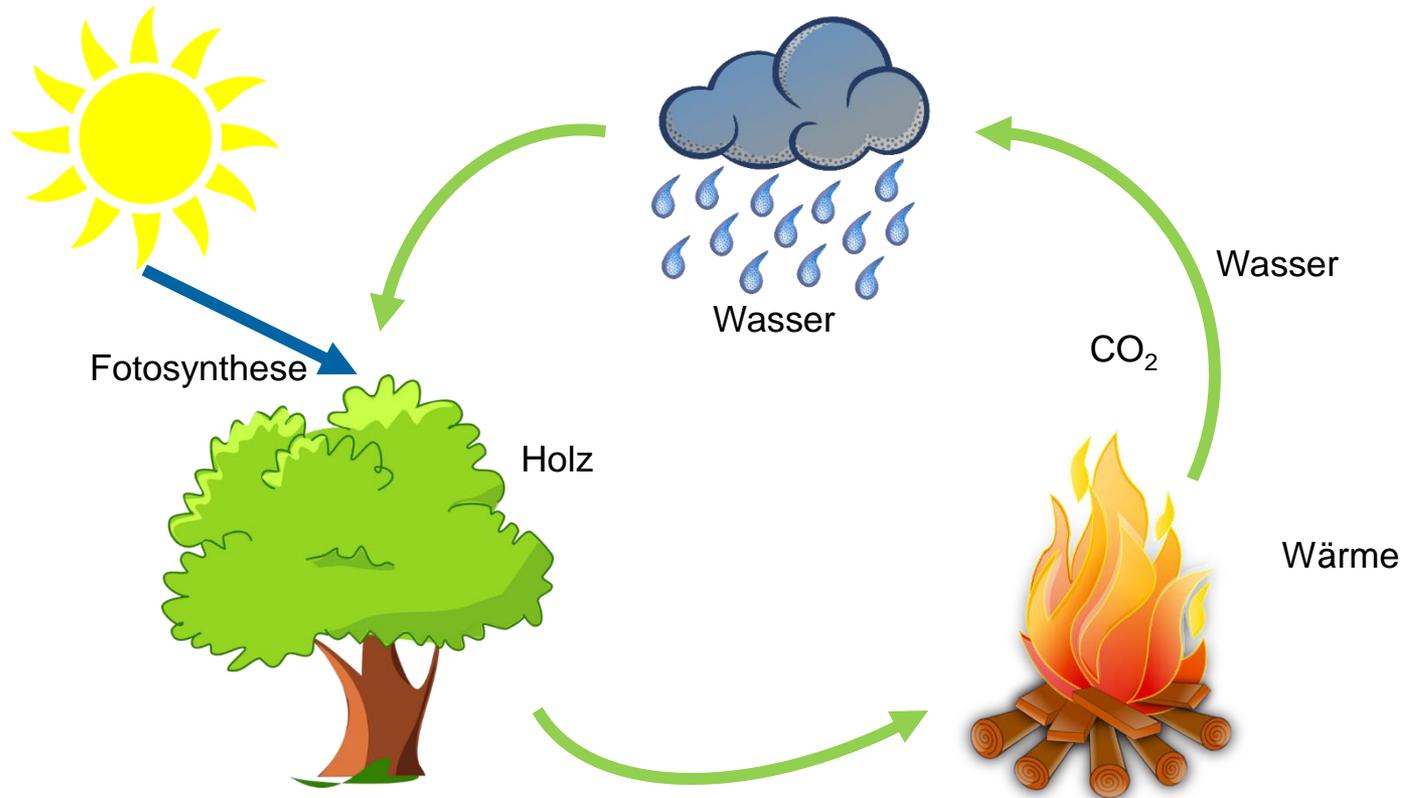
IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

Der natürliche Kohlenstoffkreislauf



Der technische Kohlenstoffkreislauf

■ Methan aus Sonne, Luft und Wasser



Wasser H_2O und Kohlendioxid CO_2 zu Methan CH_4



Strom



Wasser H₂O und Kohlendioxid CO₂ zu Methan CH₄

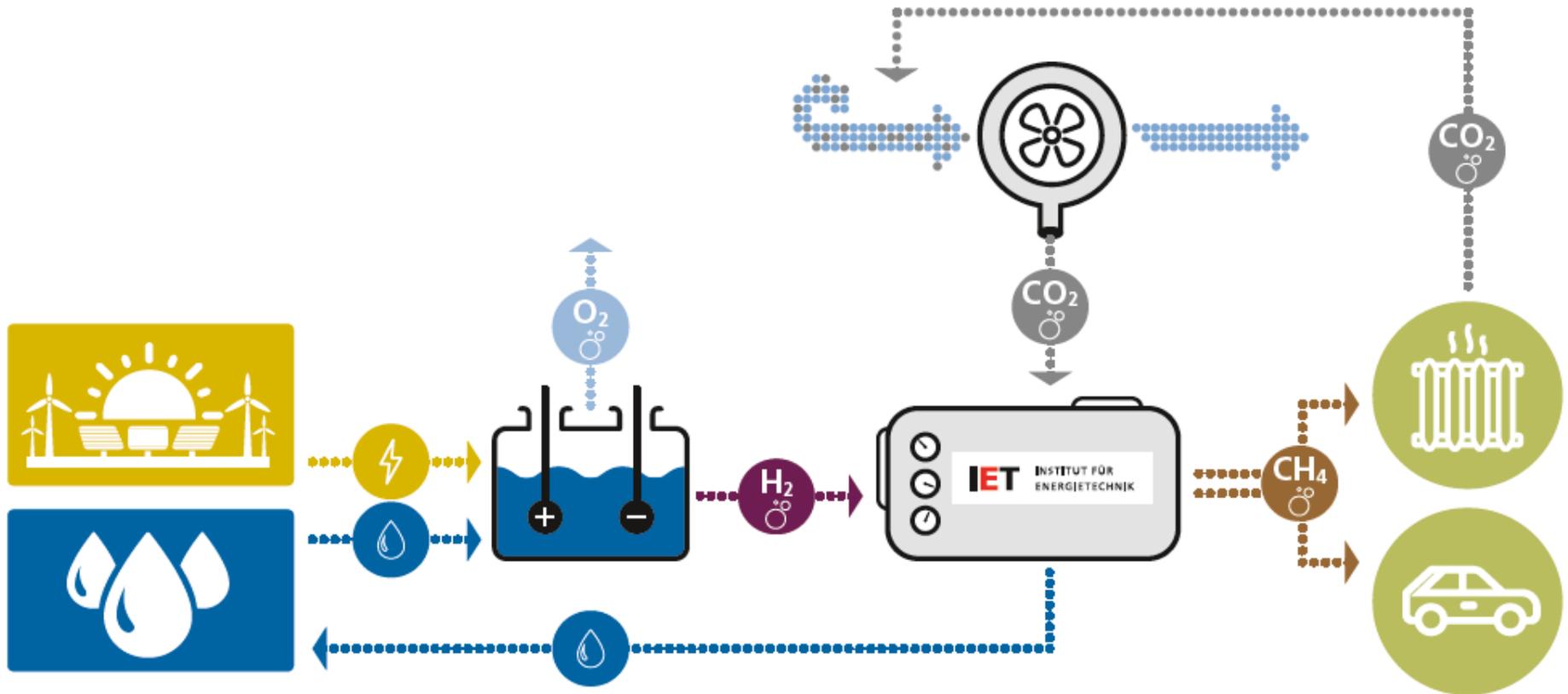
■ 1. Schritt Elektrolyse



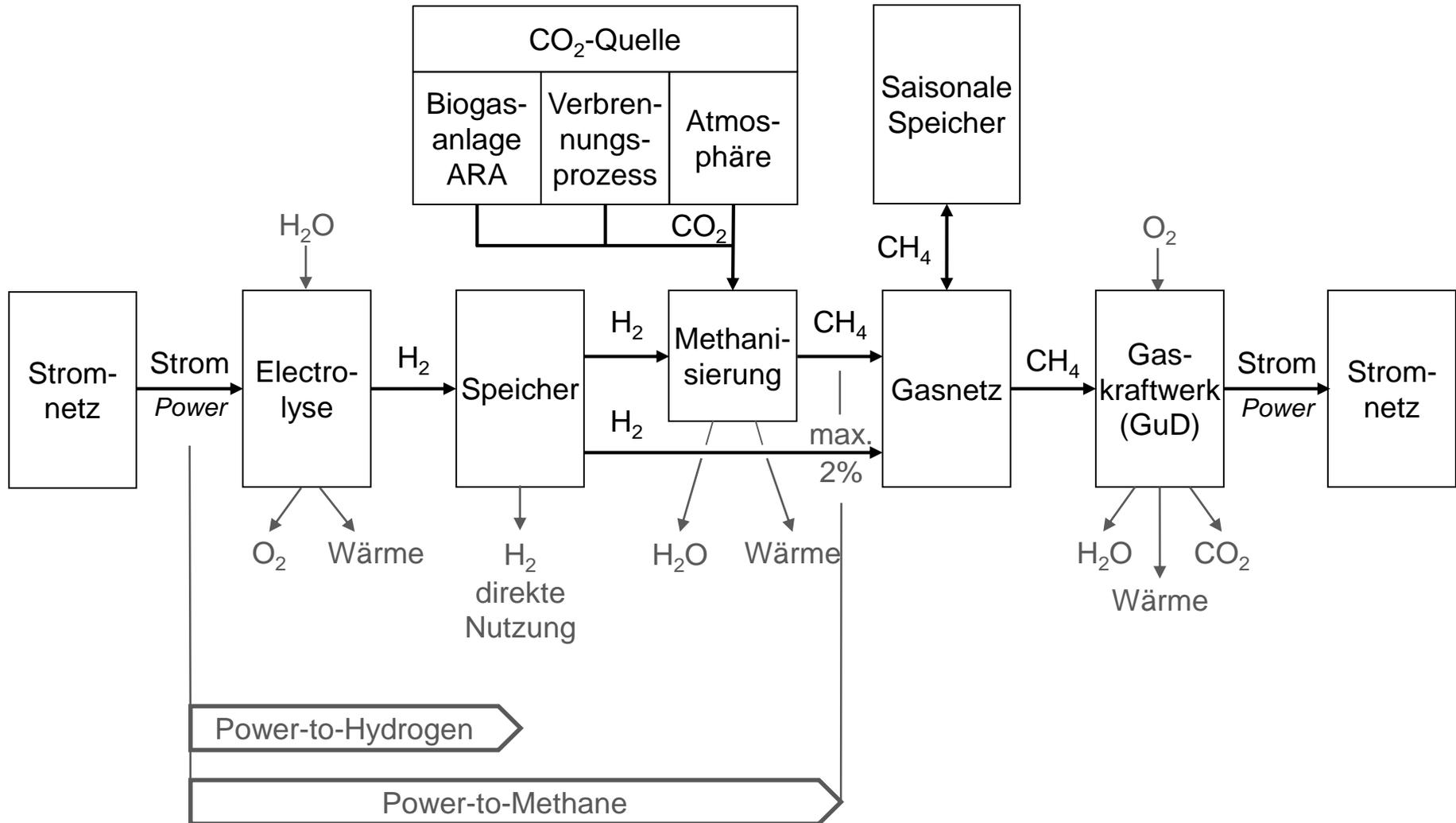
■ 2. Schritt Methanisierung (Sabatier Gleichung)



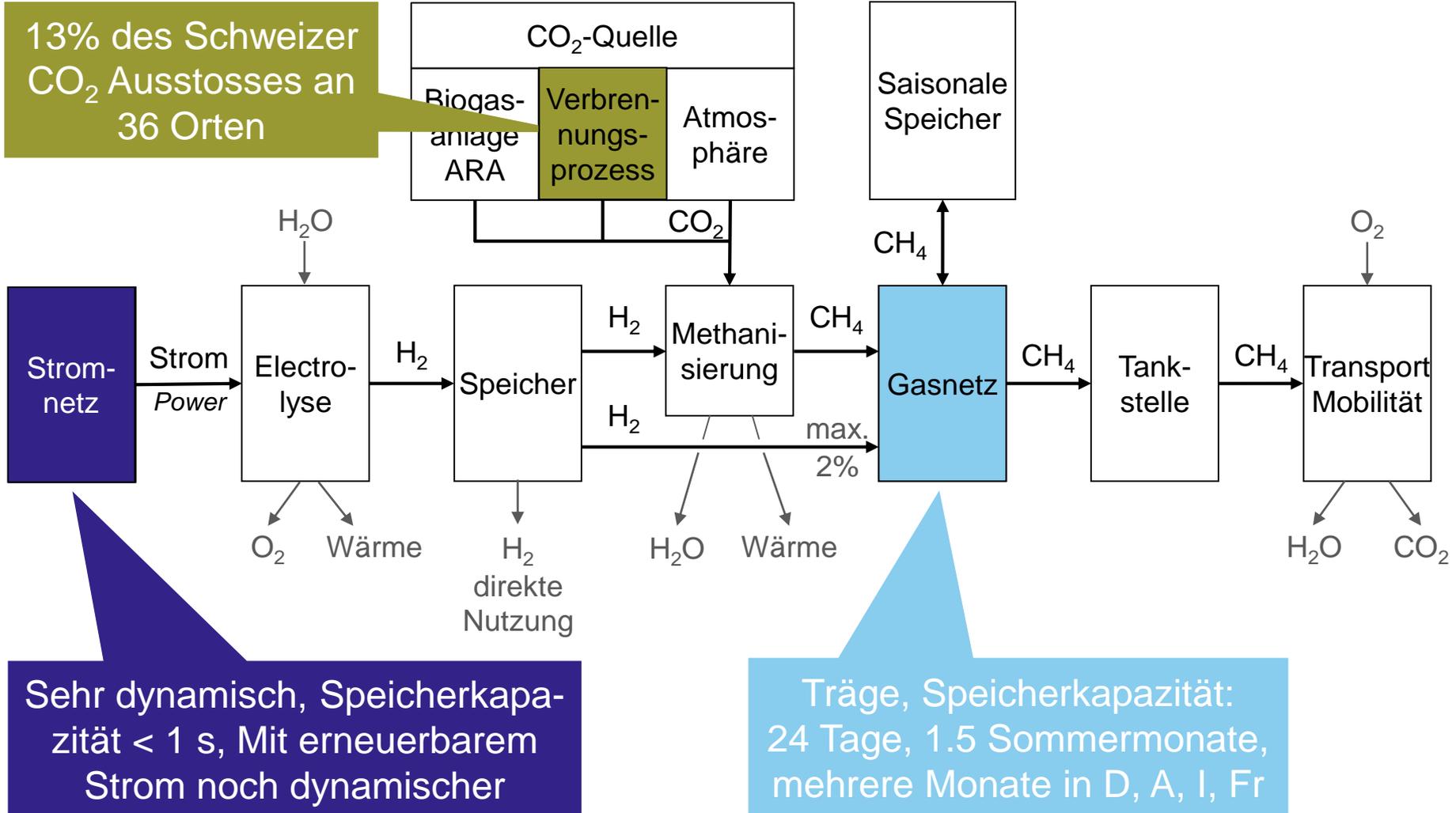
Der technische Kohlenstoffkreislauf



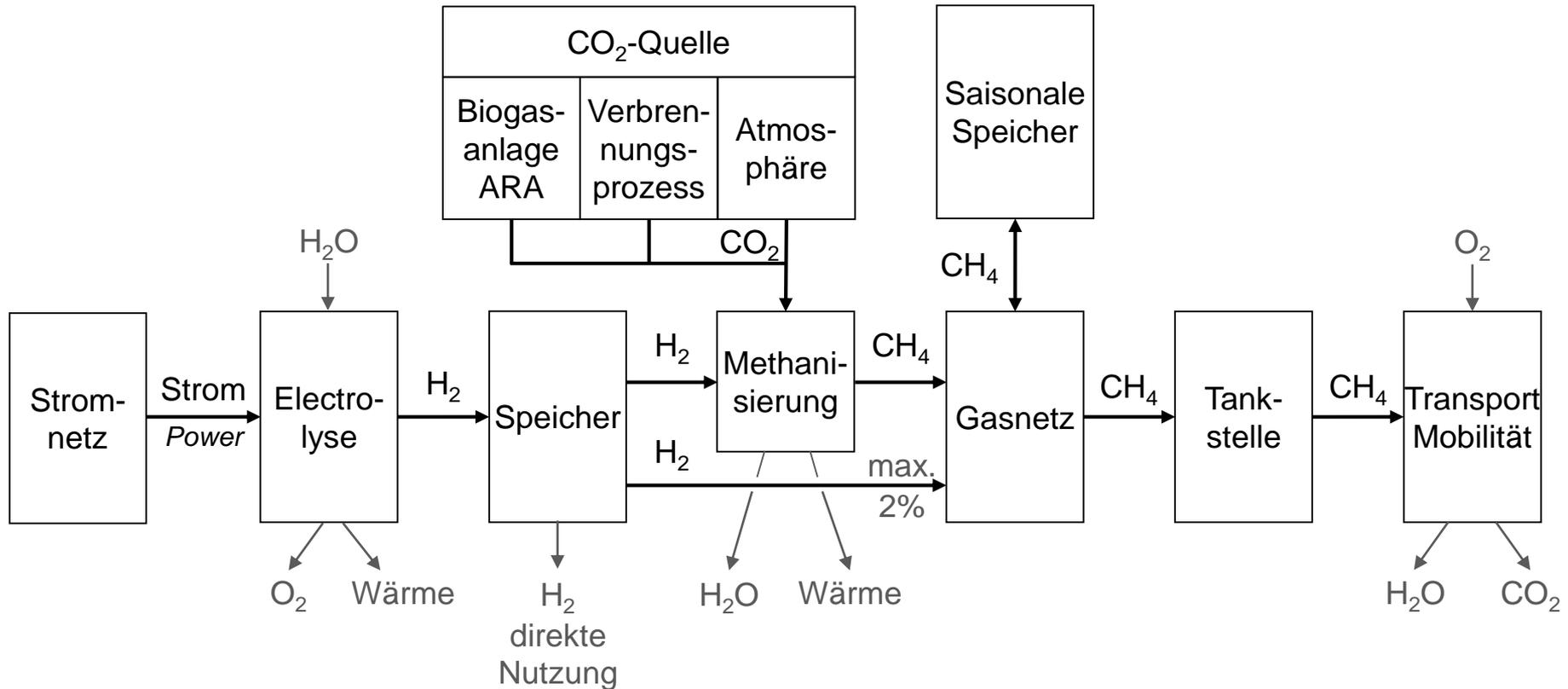
Power-to-Gas Schema



Power-to-Gas Schema

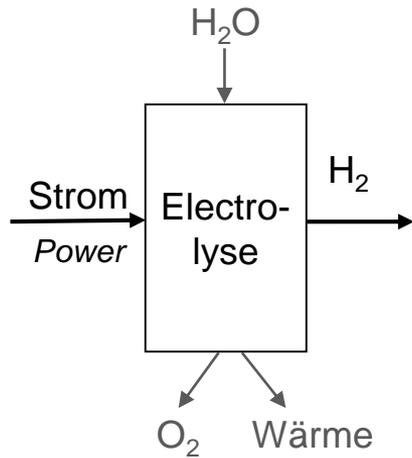


Power-to-Gas Schema

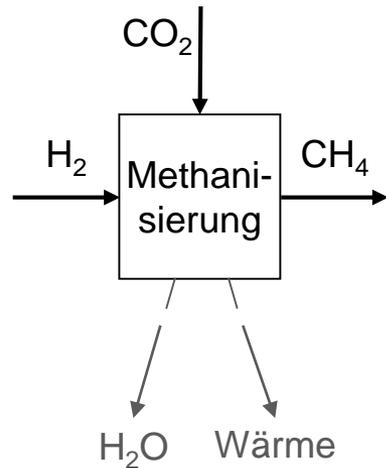


1. Die erforderlichen Infrastrukturen und Technologien existieren heute.
2. Emissionen des synthetischen Methans < Emissionen von fossilem Methan ist erfüllt, wenn der Strom erneuerbar ist.

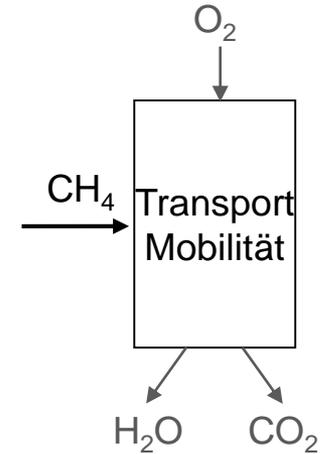
Stand der Technik



- Traditionell: Alkalische Elektrolyse
- Neu: PEM Elektrolyse
- Zukunft: Hochtemperatur Elektrolyse = SOEC



- Katalytische Methanisierung ca. 300°C, seit 4 Jahren kommerziell verfügbar
- Biologische Methanisierung kurz vor Markteinführung



- Kommerziell verfügbar:
- 20 PKW Modelle
 - Nutzfahrzeuge
 - Lastwagen
 - Bus

NACHHALTIGKEIT

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

- **Der Strom für die Herstellung des Methans aus einer Power-to-Methane Anlage trägt massgeblich zu den folgenden Punkten bei:**
 - Die Kosten des hergestellten Methans (Business Case)
 - Die Umweltbelastung des Methans

- **Darum sollte der folgende Strom verwendet werden:**
 - Erneuerbarer Strom
 - Günstiger Strom
 - Überschussstrom aus erneuerbaren Energien

- **Die Nachhaltigkeit des Methans entspricht unter diesen Umständen der Nachhaltigkeit von Biogas.**

Rohstoffquelle Kohlenstoff

- **Es ist wichtig, das Kohlenstoff zu «rezyklieren», um den Kohlenstoffkreislauf zu schliessen.**
- **Der Kohlenstoff kann folgendermassen gewonnen werden:**
 - Filter aus der Luft (Climeworks)
 - Aus CO₂ intensiven Prozessen
 - Zementherstellung
 - Kehrrichtverbrennungsanlage
 - Biogas
 - Biogasanlagen
 - Abwasserreinigungsanlage
- **Die Kohlenstoffquelle sollte je nach Standort ausgewählt werden, um die beste Nachhaltigkeit und den besten Preis zu erreichen.**

BUSINESS CASES PTM

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

Business Case für Power-to-Methane Anlage

- Der Preis für Erdgas ist niedrig, die durchschnittlichen Kunden zahlen etwa 6 Rp./kWh für die Energie. Die CO₂-Steuer beträgt 1,744 Rp./kWh und die Netzkosten betragen ca. 1 Rp./kWh.
- Privatkunden sind bereit höhere Beträge für Biogas oder SNG zu bezahlen. Die Preise für Biogas und SNG liegen bei 14 - 16 Rp./kWh.
- Bei Power-to-Methane Anlagen können heutzutage Gasgestehungskosten erreicht werden:
 - «best case scenarios» 12 Rp./kWh
 - «worst case scenarios» 19 Rp./kWh
- Dies zeigt, dass es bereits wirtschaftliche Geschäftsfälle für SNG-Anwendungen gibt.

Business Case für Power-to-Methane Anlage

- **Die Faktoren für einen wirtschaftliche Power-to-Methane Anlage sind die folgenden:**
 - Stabiler und günstiger Strom aus erneuerbaren Energiequellen
 - Befreiung von den Netznutzungsentgelten für die Stromversorgung
 - Power-to-Methan-Anlage befindet sich in der Nähe des Gasnetzes
 - Zertifizierung für SNG als erneuerbares Gas
 - Geringe Kosten für die CO₂-Versorgung
 - Einnahmen aus Dienstleistungen zur Frequenzkontrolle (negativ und / oder positiv)
 - Einnahmen aus dem Verkauf von Sauerstoff
 - Einnahmen für den Verkauf von Wärme
 - Partnerschaft mit einem Autoimporteur zur Reduzierung der Flottenemissionen

Zukunftsaussichten Power-to-Gas

- **Es wird angenommen, dass SNG (Synthetic Natural Gas), welches durch Power-to-Gas Anwendungen hergestellt wird, zwischen 2030 und 2040 günstiger sein wird als fossil gewonnenes Erdgas.**
 - Höhere Nachfrage nach Gas durch die geringeren Umweltauswirkungen als Erdöl
 - Höhere Gasgestehungskosten bei der konventionellen Gasgewinnung
- **Der Verein der Schweizerischen Gasindustrie (VSG) möchte den Biogasanteil bis 2030 um 30% im Wärmemarkt steigern.**
 - Der Biogasanteil soll ab 2030 mindestens 4'400 GWh (HHV) pro Jahr betragen.
 - Der VSG unterstützt Power-to-Gas Technologien ebenso wie die Schweizerischen Energieversorgungsunternehmen.

Windgas in wenigen Jahren preiswerter als Erdgas

- Erneuerbarer Wasserstoff kann schon in den 2030er-Jahren günstiger zur Verfügung stehen als fossiles Erdgas.
- Die Preise für Erdgas steigen bis 2040 – von derzeit rund 2,0 Cent auf 4,2 Cent pro kWh
(der gleiche Trend wurde in einer Shell Studie veröffentlicht)
- Die Produktionskosten für auf Basis von Grünstrom erzeugtem Wasserstoff sinken im gleichen Zeitraum von aktuell rund 18 auf 3,2 bis 2,1 ct/kWh.

- Quelle: Studie des Berliner Analyseinstituts Energy Brainpool im Auftrag von Greenpeace Energy.

POWER-TO-GAS PROJEKTE

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

Bestehende Power-to-Gas Anlagen (Auswahl)

Projekt	Ort	Elektrolyse	Output	Stand	Projekthomepage
Audi e-gas	Werlte	6 MW _{el}	270 Nm ³ /h CNG	In Betrieb	
Hybridwerk Aarmatt	Solothurn	350 kW _{el}	Wasserstoff	In Betrieb, seit April 2018: Anerkennung als erneuerbarer Brennstoff (befreit von CO₂-Abgabe) und Treibstoff (befreit von Mineralölsteuer)	
IBAAarau, Coop, H2 Energy	Aarau und Hunzenschwil	175 kW _{el}	Wasserstoff	In Betrieb, Wasserstoff für erste öffentliche Wasserstofftankstelle der Schweiz	
Move	EMPA, Dübendorf	175 kW _{el}	Wasserstoff		
ESI Plattform	PSI, Villigen	100 kW _{el}	Wasserstoff, Methan		

Neue Power-to-Gas Anlagen (Auswahl)

Projekt	Ort	Elektrolyse	Output	Stand	Projekthomepage
STORE&GO	Falkenhagen (D)	2 MW _{el}	ca. 51 Nm ³ /h CNG	IBN, Mai betriebsbereit	www.storeandgo.info
STORE&GO	Solothurn (CH)	350 kW _{el}	ca. 30 Nm ³ /h CNG	Im Bau, Anlieferung Juni, IBN August, Eröffnung 5. September 2018	www.storeandgo.info
STORE&GO	Troia (I)	200 kW _{el}	LNG	Im Bau, IBN Juni	www.storeandgo.info
HEPP	Rapperswil (CH)	14.6 kW _{el} PEM 5 - 10 kW _{el} SOEC	ca. 1 Nm ³ /h CNG	Im Bau, IBN September, Eröffnung 4. Oktober 2018	www.iet.hsr.ch
Limeco	Dietikon	2 MW _{el}	ca. 90 Nm ³ /h CNG	Baubewilligung erteilt, Bau 2018, Produktion 2019	https://www.swisspower.ch/themen-und-standpunkte/aus-abfall-und-abwasser-macht-das-hybridkraftwerk-sauberes-gas
	Laufenburg		Audi E-diesel, sowie Wachse	kein Widerspruch bei Baueingabe, erste Produktion Q1/19	http://ineratec.de/audi-intensiviert-forschung-bei-synthetischen-kraftstoffen/
KVA Linth	Niederurnen	5 MW _{el}	ca. 225 Nm ³ /h CNG	Aktuell keine Umsetzung geplant	
move-MEGA	Dübendorf und Gösgen				
PtG BW	Grenzach-Wyhlen	1 MW _{el} industriell 300 kW _{el} F&E	Wasserstoff	Genehmigung erteilt	http://www.ptg-bw.de/

FORSCHUNG AN DER HSR

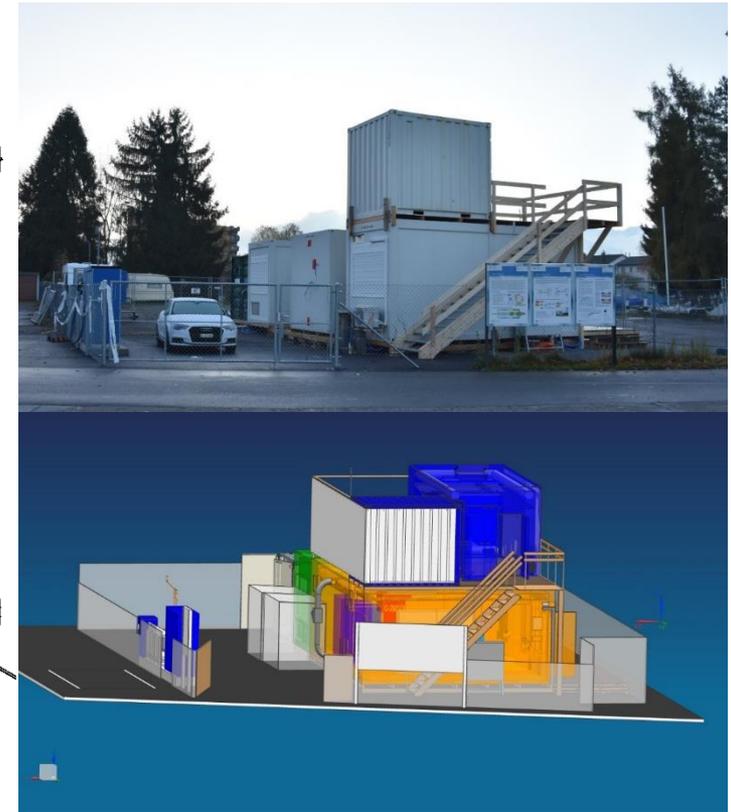
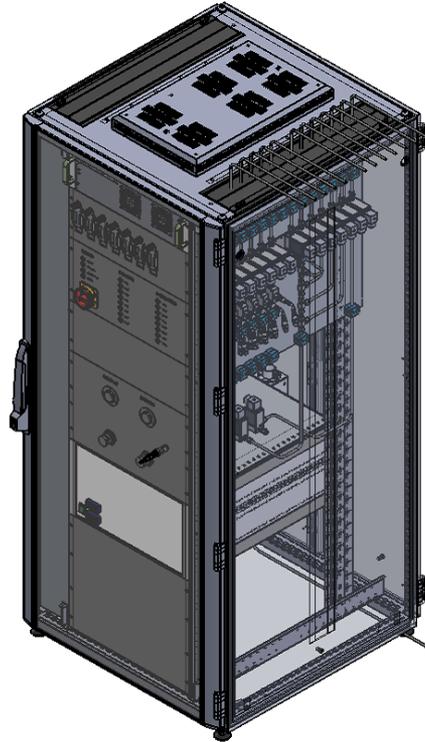
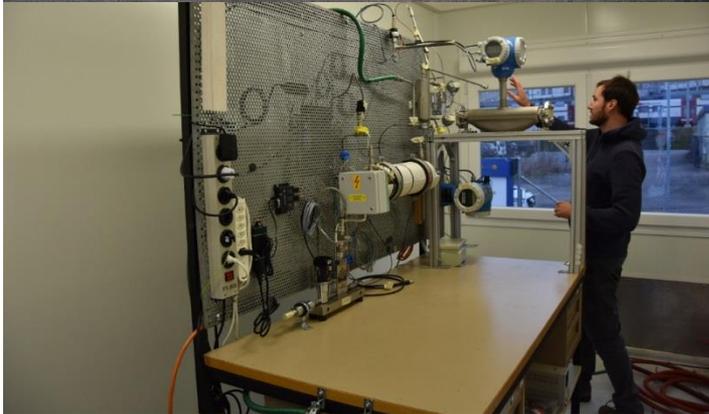
IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

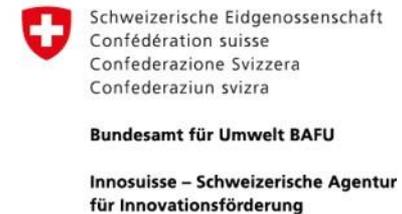
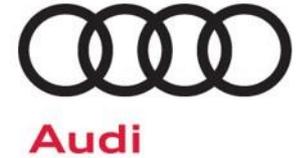
FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

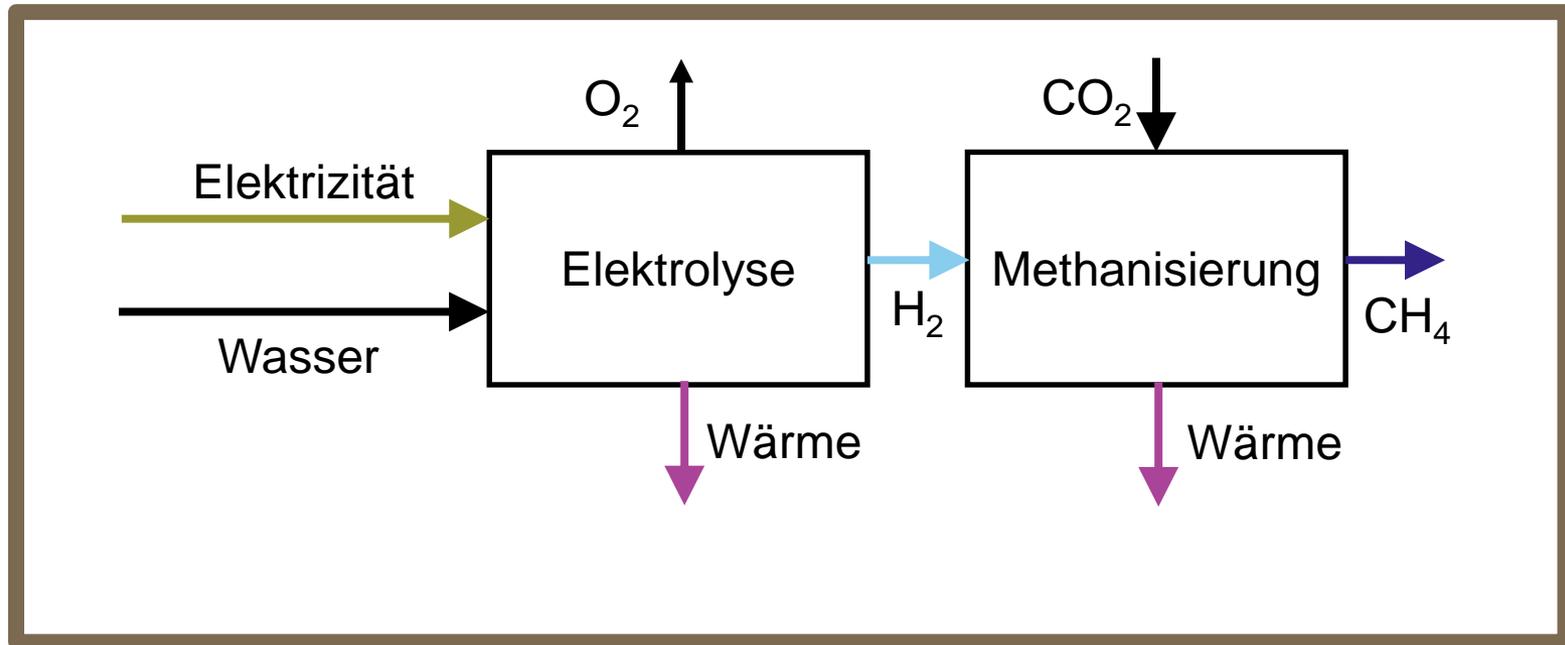
Projekt HEPP High Efficiency Power-to-Methane Pilot



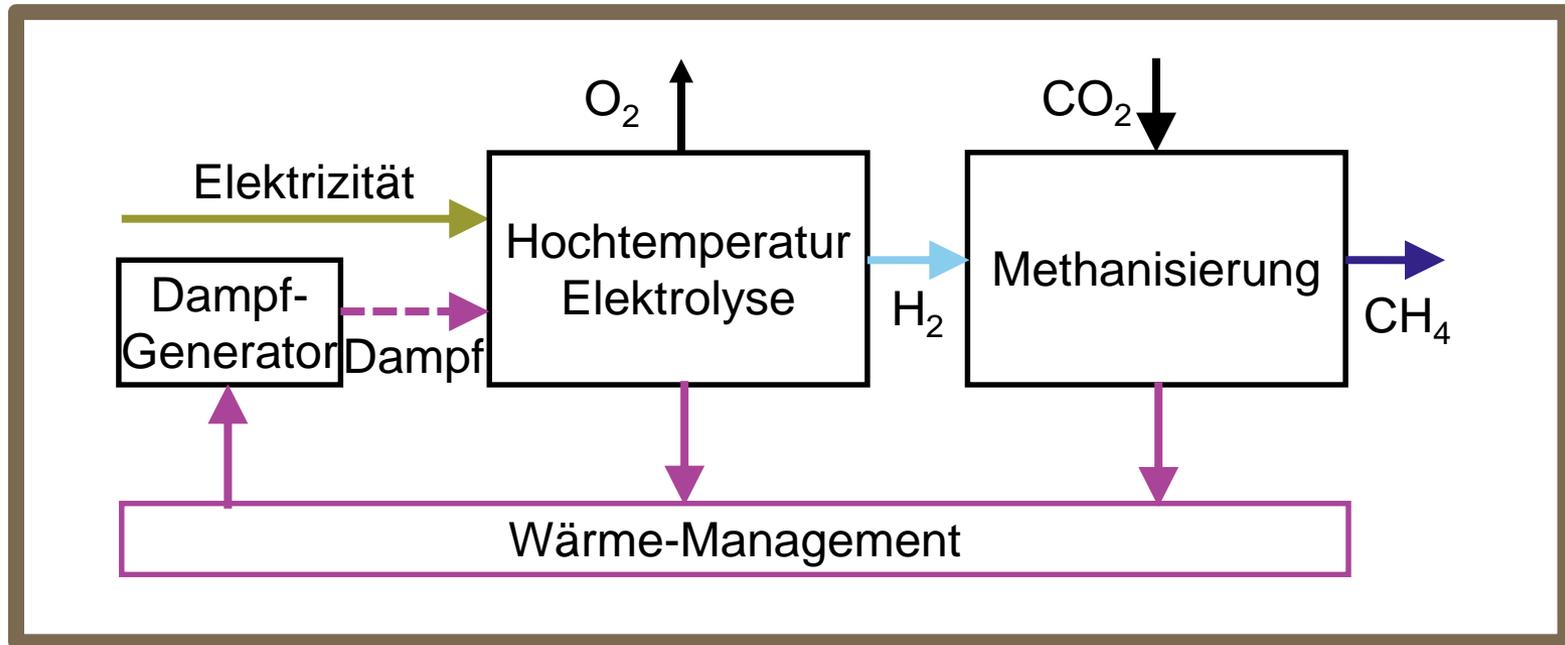
High Efficiency Power-to-Gas Pilot (HEPP)



High Efficiency Power-to-Gas Pilot (HEPP)



High Efficiency Power-to-Gas Pilot (HEPP)



HEPP : Eröffnung

- Eröffnung der Forschungsanlage am 4. Oktober 2018
- Nach der Eröffnung kann HEPP besichtigt werden:

- Kontaktaufnahme per Email

besuch-ptg@hsr.ch

sandra.moebus@hsr.ch

- Kontaktaufnahme per Telefon

Sandra Moebus 055 222 43 02

POWER-TO-LIQUID

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

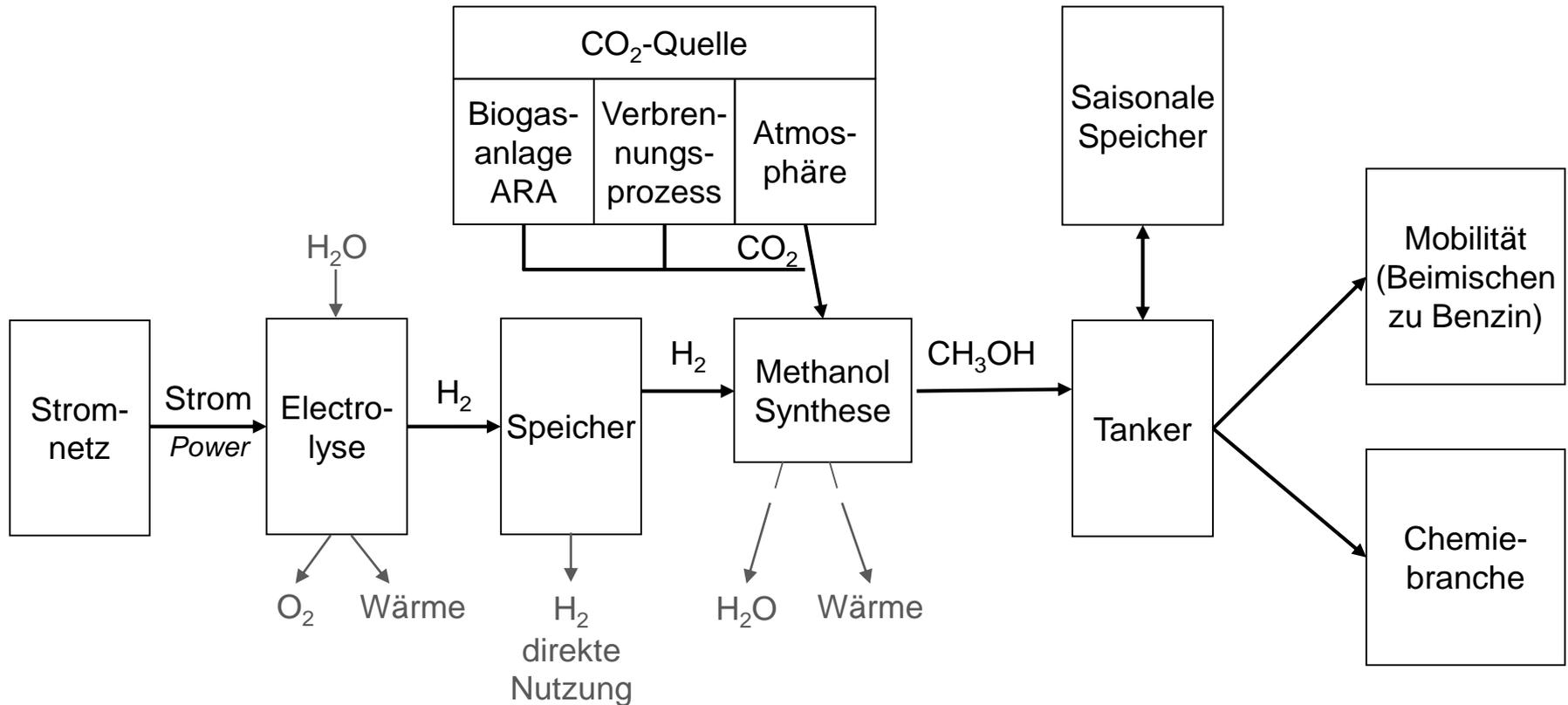
 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

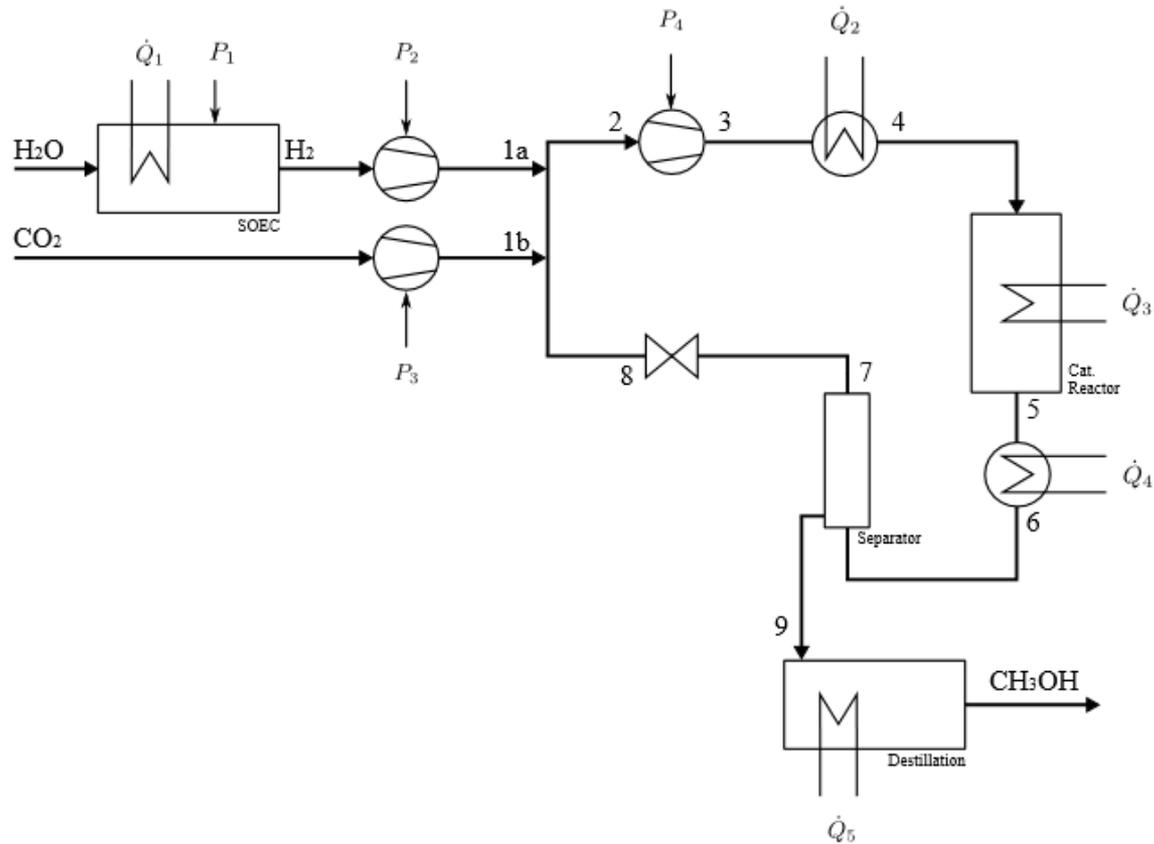
- Neben der Technologie Power-to-Gas gibt es den Fachbereich Power-to-Liquid
- PtL bedeutet, dass Flüssigkeiten hergestellt werden.
- Dieses Forschungsgebiet zielt auf den Ersatz der synthetischen Kohlenwasserstoffe wie Benzin, Diesel oder Kerosin
- Eine bereits erforschte Herstellung ist Power-to-Methanol
- Etliche Länder haben eine Power-to-Methanol Strategie. Es wird in den Treibstoff Methanol zugemischt. Treibende Länder sind z.B. China oder Israel.

Power-to-Methanol Schema



1. Die erforderlichen Infrastrukturen und Technologien existieren heute.

■ Prozessschema zur Methanol-Herstellung



ZUSAMMENFASSUNG

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

 **HSR**
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK

Power-to-Gas wird eine wichtige Rolle spielen

- in einer nachhaltigen Energieversorgung (Sektorenkopplung von Elektrizität, Wärme, Gas),
- und in einer nachhaltigen Mobilität.

Power-to-Gas

- nutzt existierende Infrastruktur
- und existierende Technologien.

Das IET unterstützt die Umsetzung von Power-to-Gas in der Schweiz.

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit.