

Strommarkttreffen:

SAISONALE FLEXIBILISIERUNG EINER NACHHALTIGEN ENERGIEVERSORGUNG IN DER SCHWEIZ

Prof. Dr. Markus Friedl
Rapperswil, 14. November 2018



- **HSR und IET**
- **Energieversorgung der Schweiz**
- **Was ist Power-to-Gas?**
- **Stand Power-to-Gas**
- **Power-to-Gas für Transport und Mobilität**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Power-to-Gas @ IET**
- **Zusammenfassung**



IET INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK



Prof. Dr. Markus
Friedl



Prof. Dr. Thomas
Kopp



Prof. Dr. Benno
Bucher



Prof. Dr. Henrik
Nordborg



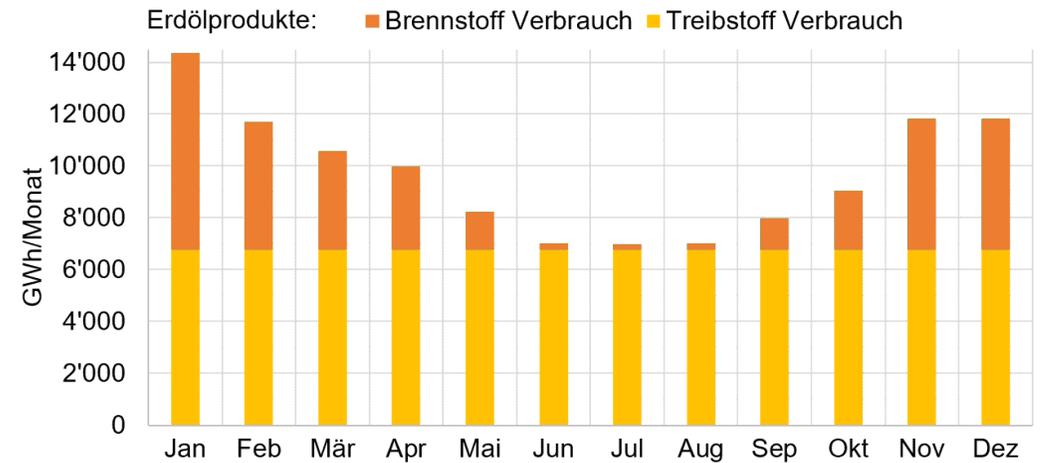
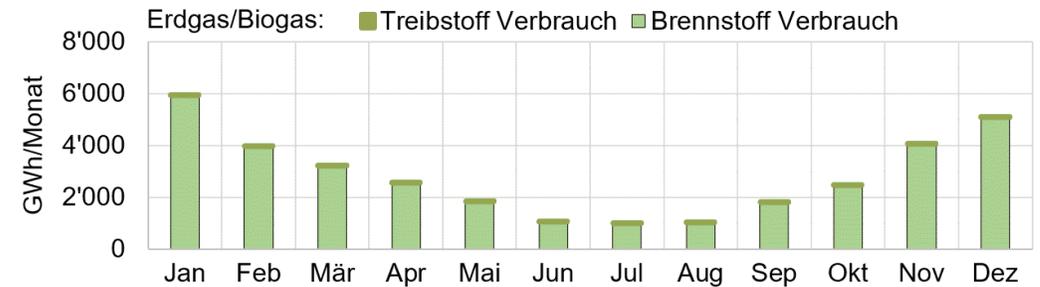
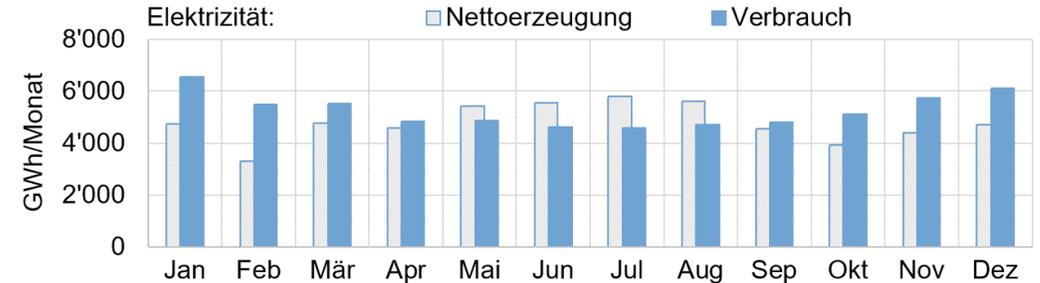
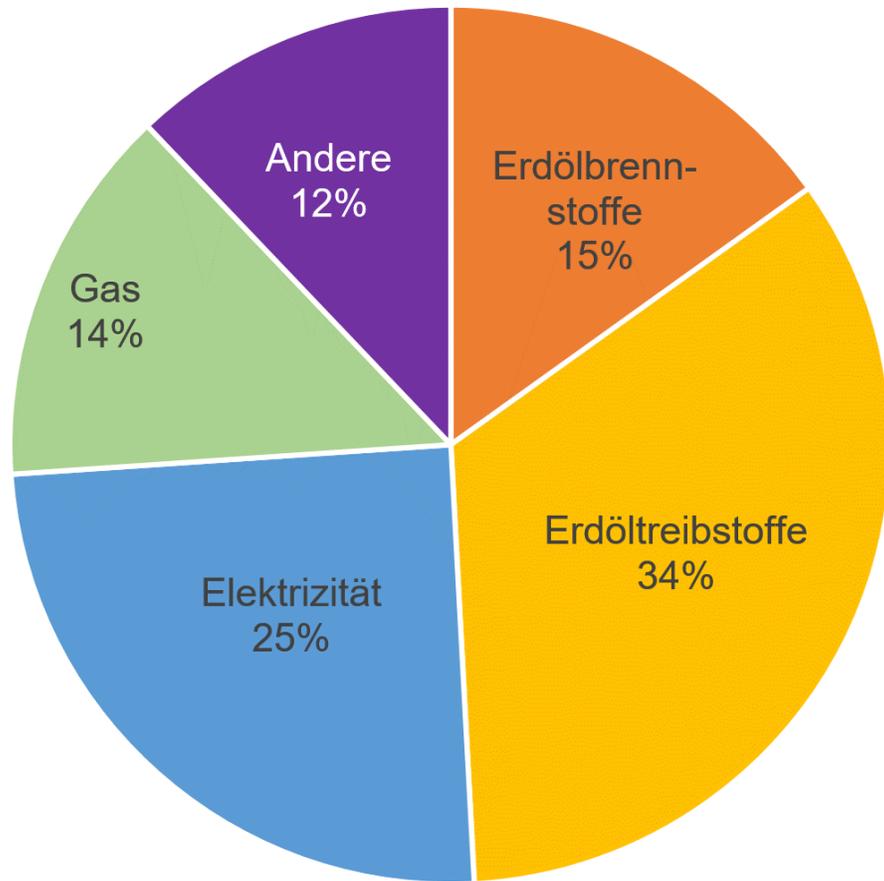
Prof. Dr. Jasmin
Smajic



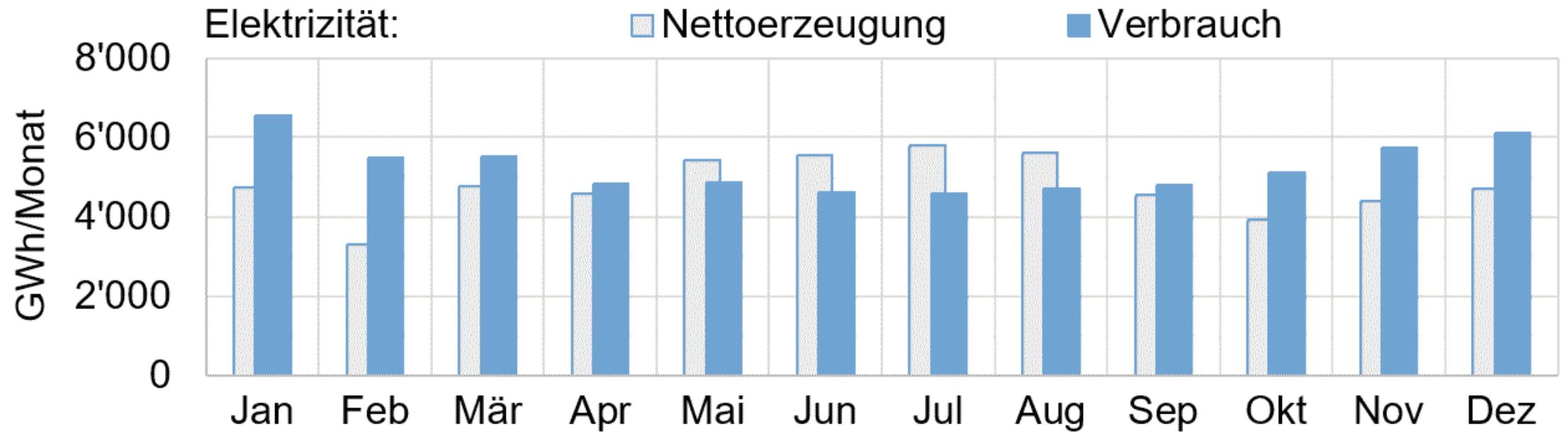
Prof. Carsten
Wemhöner

Energie Endverbrauch im Jahr 2017

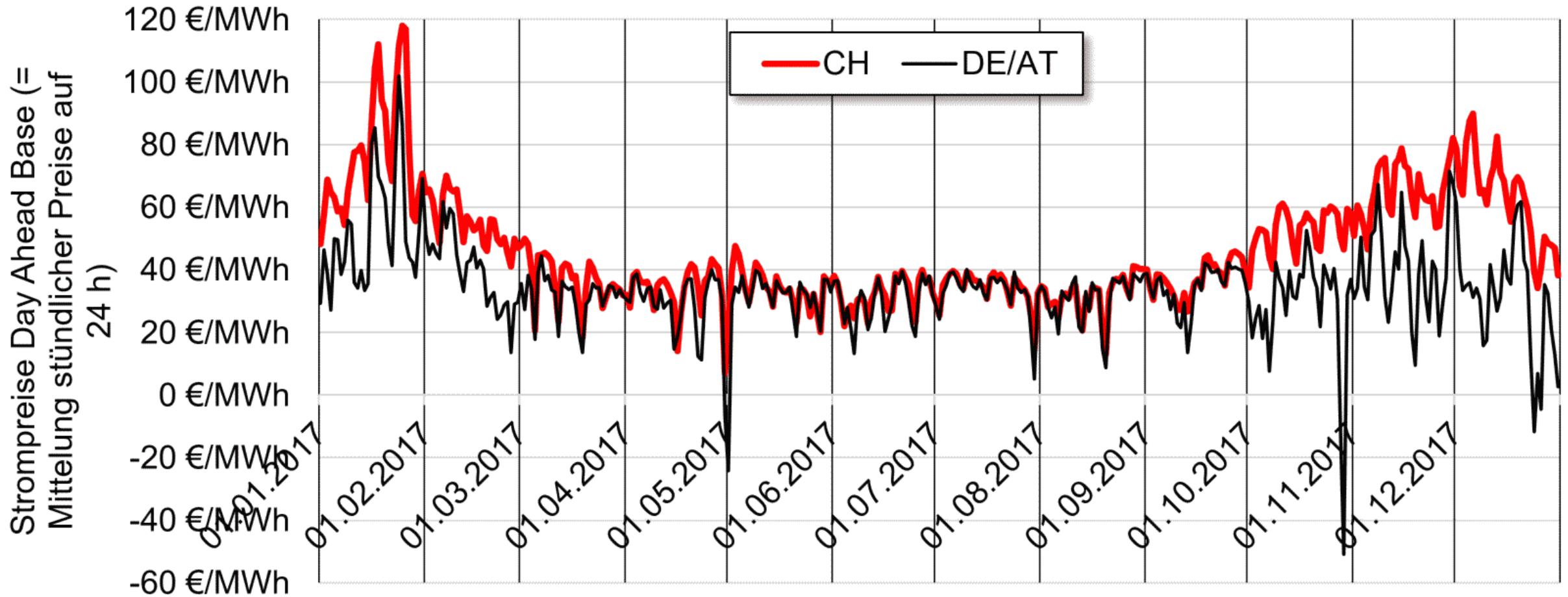
Energie: 849 PJ = 236'053 GWh
 Elektrische Energie: 210 PJ = 58'483 GWh



Elektrische Energie: Nettoerzeugung und Endverbrauch in der Schweiz 22017



Elektrische Energie: Preise in der Schweiz im Vergleich mit Deutschland/Österreich



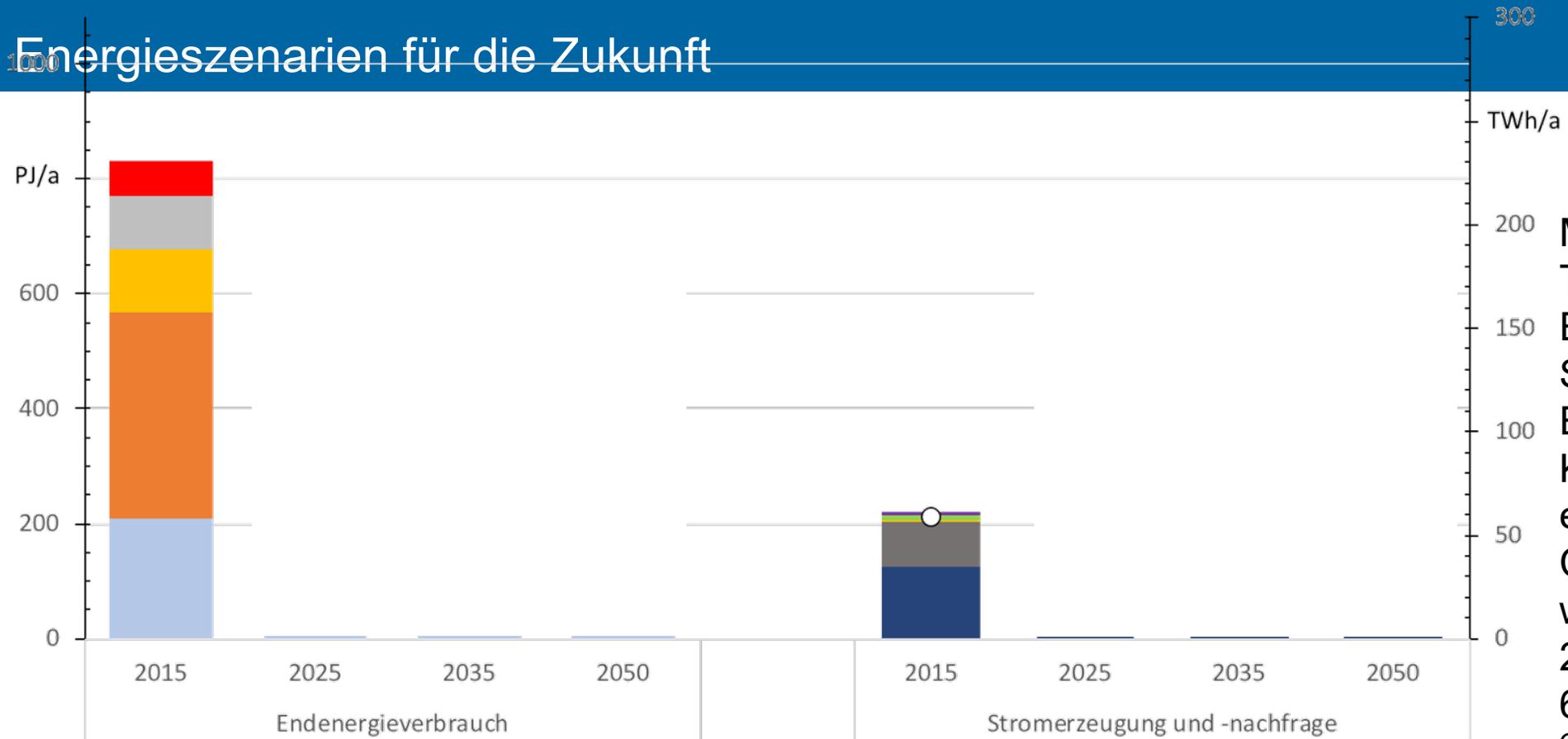
- „Sicherstellung einer wirtschaftlichen und umweltverträglichen Bereitstellung und Verteilung der Energie“ *
- Reduktion Endverbrauch durch „sparsamere und effizientere Energienutzung“ *
- „Übergang hin zu einer Energieversorgung, die stärker auf der Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere einheimischer erneuerbarer Energien, gründet.“ *
- Ausstieg aus der Nutzung der Kernkraft **
- Reduktion von Treibhausemissionen ***, Einhaltung Übereinkommen von Paris.

* Energiegesetz Stand 2017

** Kernenergiegesetz Stand 2018

*** Der Schweizerische Bundesrat, “Verordnung über die Reduktion der CO₂ -Emissionen,” 2015

Energieszenarien für die Zukunft

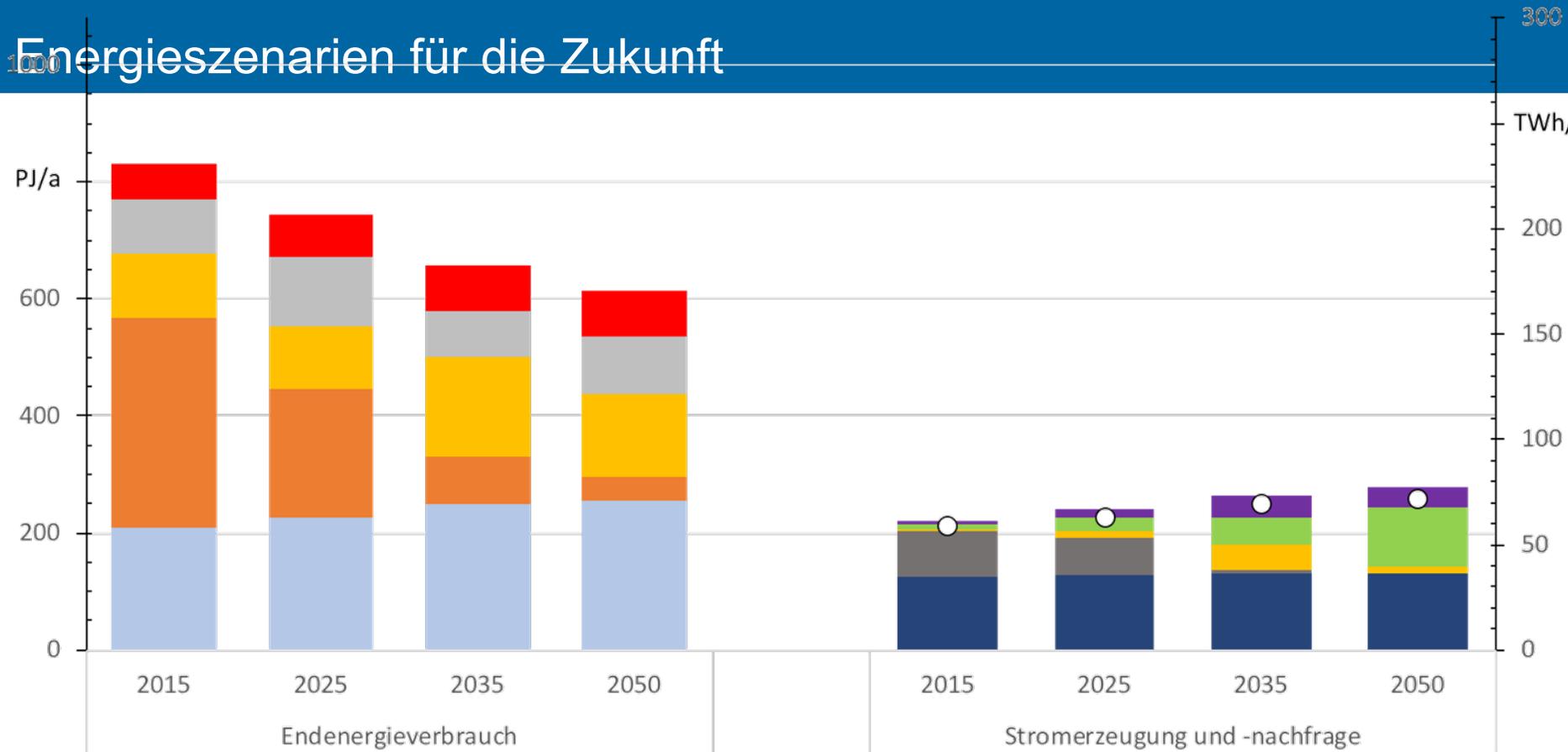


- Endenergieverbrauch:**
- Elektrizität
 - Erdgas
 - Kerosin
 - Brenn- und Treibstoffe (flüssig, exkl. Kerosin)
 - Sonstige
- Stromerzeugung und -nachfrage:**
- Wasserkraft
 - GuD-Kraftwerk
 - WKK dezentral
 - Kernenergie
 - Neuer Erneuerbare
 - Nachfrage

Mögliche Transformation des Energiesystems der Schweiz unter Einhaltung des Klimaschutzziels: die energiebedingten CO₂-Emissionen werden gegenüber 2010 bis 2050 um 60 % reduziert.

Quelle: Modellgestützte Szenarioanalyse des PSI (2018). Wird veröffentlicht in Friedl, Kober, Ramachandran und Mühlethaler "Saisonale Flexibilisierung einer nachhaltigen Energieversorgung der Schweiz", White Paper AEE Suisse, FESS, 2018

Energieszenarien für die Zukunft



Mögliche Transformation des Energiesystems der Schweiz unter Einhaltung des Klimaschutzziels: die energiebedingten CO₂-Emissionen werden gegenüber 2010 bis 2050 um 60 % reduziert.

Quelle: Modellgestützte Szenarioanalyse des PSI (2018). Wird veröffentlicht in Friedl, Kober, Ramachandran und Mühlethaler "Saisonale Flexibilisierung einer nachhaltigen Energieversorgung der Schweiz", White Paper AEE Suisse, FESS, 2018

- Endenergieverbrauch:**
- Elektrizität
 - Erdgas
 - Kerosin
 - Brenn- und Treibstoffe (flüssig, exkl. Kerosin)
 - Sonstige
- Stromerzeugung und -nachfrage:**
- Wasserkraft
 - GuD-Kraftwerk
 - WKK dezentral
 - Kernenergie
 - Neuer Erneuerbare
 - Nachfrage

Reduktion der saisonalen Schwankungen:

- **Photovoltaik nicht optimiert auf maximale Ausbeute, sondern auf Variabilität (Ost, West, Nord, Fassaden).**
- **Breite Diversifikation der Produktionstechnologien: PV, Wind, dezentralisierte WKK, Geothermie**
- **Effizienzsteigerung im Wärmesektor → reduzierte saisonale Schwankungen beim Wärmebedarf**

Management der saisonalen Schwankungen:

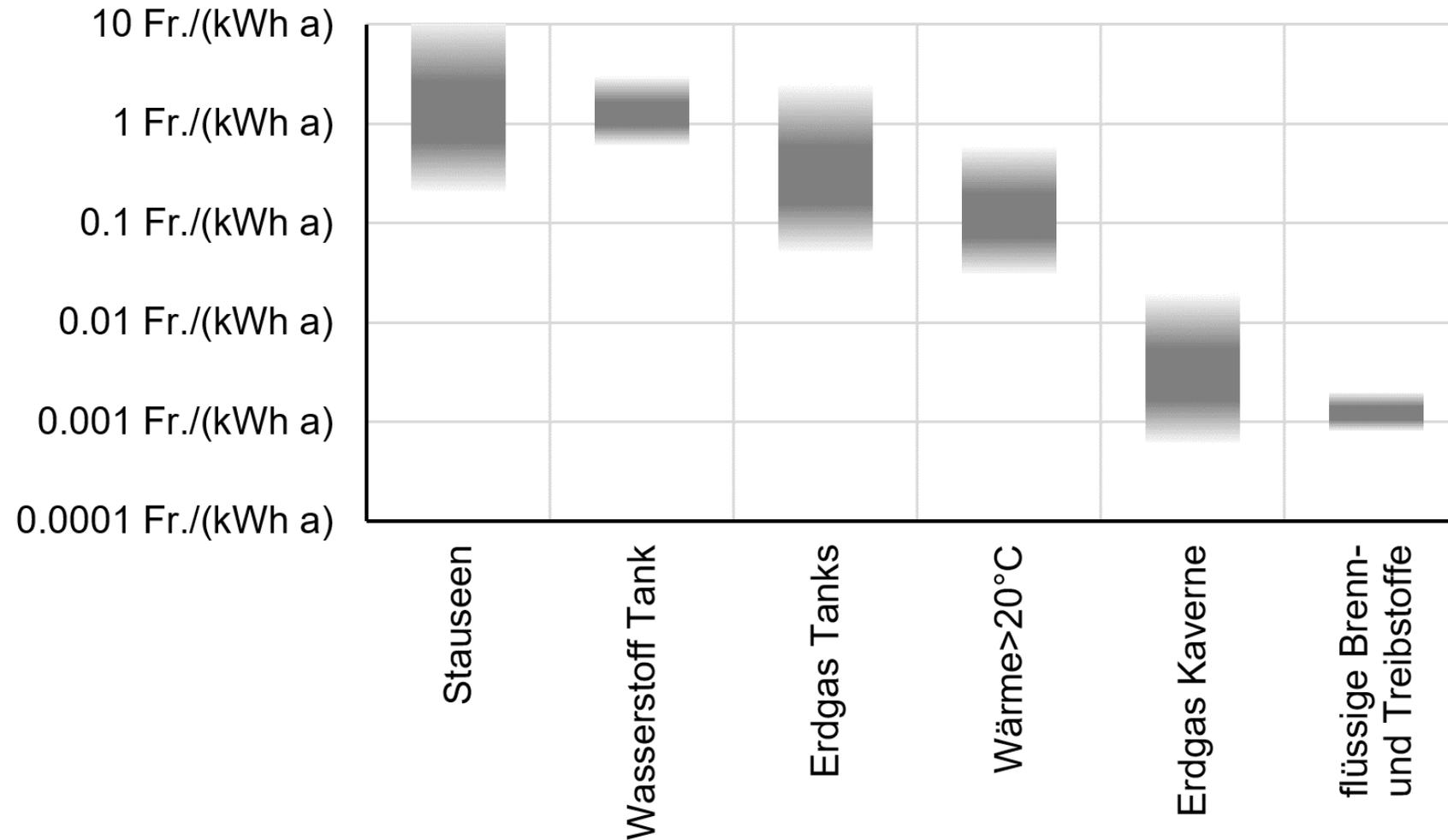
- **Energiehandel mit Nachbarländern (am günstigsten) technisch, marktwirtschaftlich**
- **Gaskraftwerke (in Form von WKK oder Grosskraft) bei weniger ambitionierten CO₂-Zielen.**
- **Power-to-X sowie saisonaler Gasspeicherung (Wasserstoff, Methan). Wird bei stringenten CO₂-Zielen und hohem Autarkieziel langfristig eine Rolle spielen.**

Bestehende Energiespeicher Schweiz

| Beschreibung | Energie (Zeit) |
|--|--|
| Speicherwasserkraftwerke: | 8.8 TWh (ca. 50 Tage); weiterer Ausbau auf 10.8 TWh möglich. |
| Pumpspeicherkraftwerke | 0.37 TWh (3 Tage) |
| Erdgasnetz und Kurzzeitspeicher | 0.09 TWh (1 Tag) |
| Erdgaskavernen: | 1.5 TWh (20 Tage) |
| Heizöltanks: | bis zu mehreren Jahren |
| Flüssigen Treib- und Brennstoffe, Pflichtlager für Notversorgung der Schweiz Zusätzlich kleine Lager Mineralölhändler | Heizöl: ca. 21 TWh (5.5 Monate) plus Gas-Ersatzlagerhaltung Benzin: ca. 12 TWh (4.9 Monate) Diesel: ca. 11 TWh (4.1 Monate) Flugpetrol: 4.5 TWh (2.6 Monate) |
| Stationäre Grossbatteriespeicher | ca. 9 MWh |
| Stationäre Kleinbatteriespeicher | ca. 31 MWh |
| Wärmespeicher mit $T < 20\text{ °C}$ (Anergie) | 20 GWh |
| Wärmespeicher mit $T > 20\text{ °C}$, | 51 GWh |
| Luftdruckspeicher (CAES) | ein Pilotprojekt im Tessin (Biasca) |

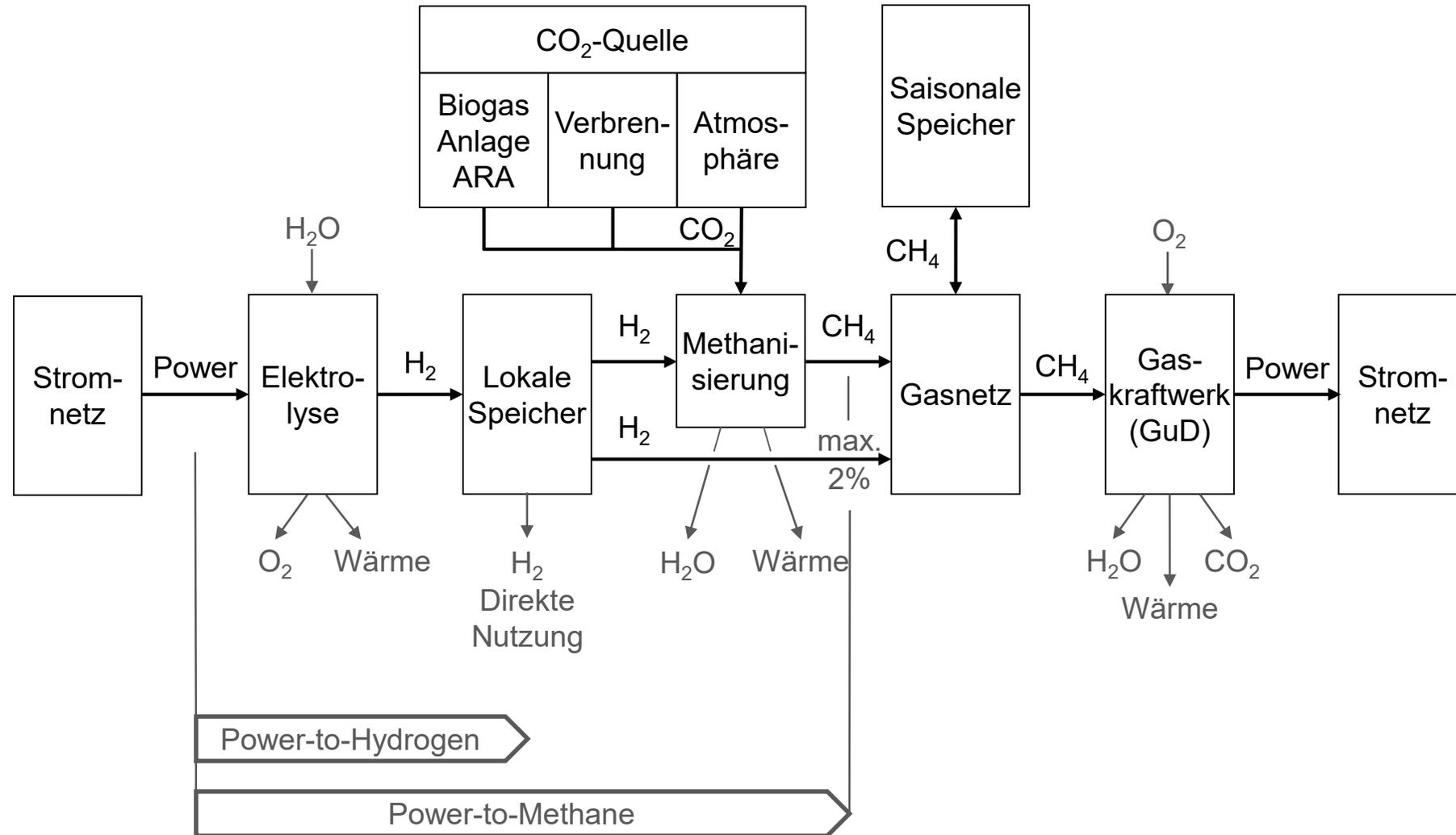
Quelle: Wird veröffentlicht in Friedl, Kober, Ramachandran und Mühlethaler "Saisonale Flexibilisierung einer nachhaltigen Energieversorgung der Schweiz", White Paper AEE Suisse, FESS, 2018

Kosten von Speichern

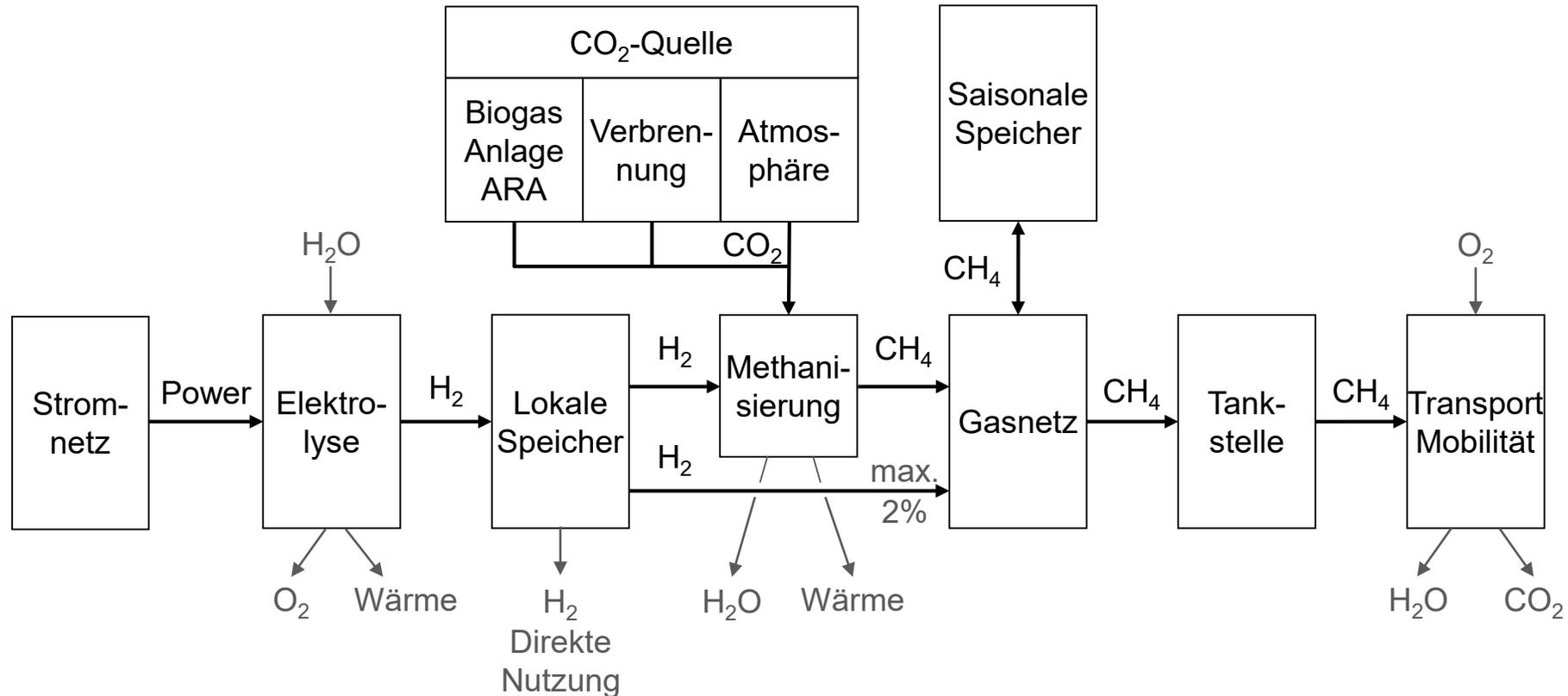


Quelle: Wird veröffentlicht in Friedl, Kober, Ramachandran und Mühlethaler "Saisonale Flexibilisierung einer nachhaltigen Energieversorgung der Schweiz", White Paper AEE Suisse, FESS, 2018

Was ist Power-to-Gas?



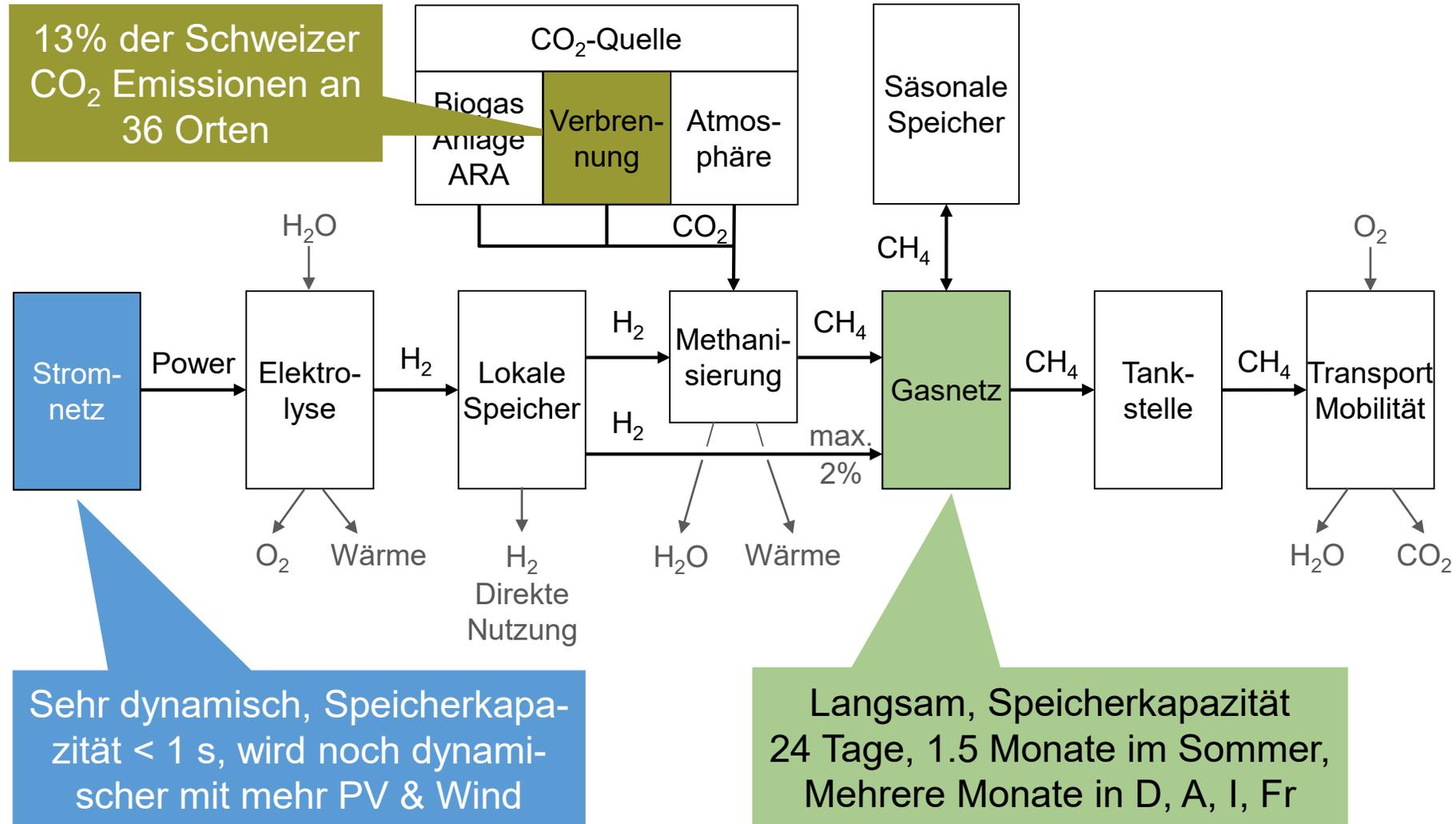
Was ist Power-to-Gas?



1. Die Infrastrukturen und die Technologien existieren heute.
 2. Produktionskosten synthetisches Methan > Produktionskosten für fossiles Erdgas
 3. Emissionen synthetisches Methan < Emissionen von fossilem Erdgas
- Bedingung 3. ist erfüllt, wenn die Elektrizität erneuerbar ist.

Produktionskosten synthetisches Methan durch Kosten für Strom dominiert.

Was ist Power-to-Gas?



Power-to-Gas kann aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden:

Elektrizitätsversorgung:

- Elektrifizierung (Wärmepumpen, Elektromobilität)
- PV und Wind produzieren mehr erneuerbaren Strom, der stark fluktuiert
- Überschussstrom
- Leistung: Produktion = Verbrauchte → Grössere Nachfrage nach Speicher in unterschiedlichen Zeiträumen.
- Saisonale Speicherung
- Sektorkopplung

Dekarbonisierung:

- Wie ersetzen wir fossile Kohlenwasserstoffe in der Energieversorgung und als Rohmaterial?
- Power-to-Gas ergänzt das Potential an Biogas
- Fit-in Technologie für existierende Infrastruktur und Verbraucher (300 Mio. Geräte in Europa verwenden Methan).

Reduktion von CO₂ Emissionen:

- Carbon Capture and Utilisation (CCU)
- Carbon Recycling
- Aus der Atmosphäre (Climeworks) oder aus konzentrierten Quellen
- Alternative zu Carbon Capture and Storage (CCS).

Forschungsanlagen in der Schweiz:

- **HSR:**
 - Erste Anlage von 2015 bis 2017
 - Neue Anlage wurde am 4. Oktober 2018 eröffnet → Melden Sie sich für Besichtigungen

- **EMPA Dübendorf**

- **PSI Villigen**

- **EPFL Sion**

Grosse Anlagen:

- **Power-to-Methan von Audi in Werlte mit 6 MW_{el}, seit 2015 in Betrieb**
- **Power-to-Gas mit Wasserstoff und Methan von Regio Energie in Solothurn (ca. 0.36 MW_{el})**

- **Power-to-Methan von Limeco in Dietikon (2 MW_{el}) IBN im Jahr 2019**

Grosse Pläne für Wasserstoff:

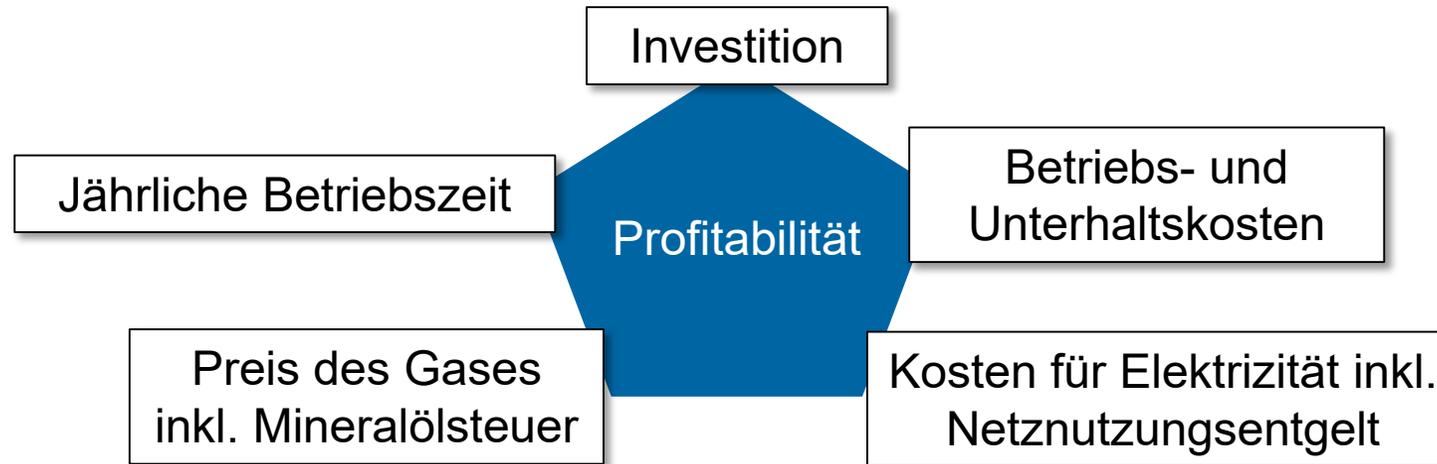
- **Mai 2018: Agrola AG, AVIA Vereinigung, Coop, Coop Mineraloel AG, fenaco Genossenschaft, Migrol AG und der Migros-Genossenschafts-Bund gründen einen Förderverein mit dem Ziel, in der Schweiz gemeinsam ein flächendeckendes Netz von Wasserstofftankstellen zu realisieren.**
- **September 2019: Hyundai wird H2 Energy 1'000 Wasserstofflastwagen liefern.**

Unterschiedliche Möglichkeiten für erneuerbaren Transport und Mobilität

| | Elektromobilität | Wasserstoff-Mobilität | Methan-Mobilität |
|--|--|---|--|
| |  |  |  |
| |  |  |  |
| | | |  |
| | | |  |

Unterschiedliche Möglichkeiten für erneuerbaren Transport und Mobilität

| | Elektromobilität | Wasserstoff-Mobilität | Methan-Mobilität |
|-----------------------------------|---|---------------------------------|--|
| Produktion Treibstoff | Keine Transformation aus Elektrizität | Einfach mit Power-to-Hydrogen | Zusätzliche Methanisierung oder Biogas |
| Effizienz | Hoch | Mittel | Am tiefsten bei P-t-G |
| Verfügbare Fahrzeuge | Immer mehr PKWs | Zwei PKWs | 24 PKWs, Lieferwagen, Lastwagen, Busse |
| Existierende Infrastruktur | Im Aufbau | Zwei Tankstellen in der Schweiz | 140 öffentliche Tankstellen in der Schweiz |
| Zeit für Betankung | Langsam | Schnell | Schnell |
| Range | Gut für PKWs | Gut für PKWs | Gut für PKWs, Lastwagen, Busse |
| Graue Energie | Grosse Batterien verdoppeln graue Energie PKW | Mittel | Gleich wie normales Auto |
| Speicherbarkeit | Kurzzeit mit hoher Effizienz | | Kurzzeit im Netz und Langzeit |



Zutaten für einen funktionierenden Business-Case:

- Erneuerbare Elektrizität am Standort
- Elektrische Leistung von mindestens 1 MW
- Mindestens ca. 4'000 Stunden Betrieb pro Jahr
- Einnahmen aus Netzdienstleistungen
- Einnahmen aus dem Verkauf von CO₂-neutralem Gas «Swiss Made» für Mobilität oder Transport
- (Eventuell finanzielle Unterstützung für Pilot- und Demonstrationsprojekte des BFE)

Power-to-Gas @ IET

Projects Applied R&D

High Efficiency Power-To-Gas Pilot HEPP

SNF Project: Carbon Flows in Energy Transition

70 NRP Energy Turnaround National Research Programme

Horizon 2020

Supported by Swiss Confederation, Federal Department for Economic Affairs, Education and Research (SEER), State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI), European Commission

Services

Scientific Consulting Hybrid plant Aarmatt

Feasibility Studies

Expert Talks Power-to-Gas

Network

Exchange of Experience Power-to-Gas

Education

BSc and MSc Thesis ARO

Partners

Storage Swiss Competence Center for Energy Research

Energie Swiss Competence Centers for Energy Research

FORUM ENERGIESPEICHER SCHWEIZ

SVGW SSGE

H₂HYDROPOLE

Power-to-Gas Team @ IET



Friedl



Meier



Ruoss



Schmidlin



Moebus



Stadler



Gorre



de Sousa



Angst



Lydement

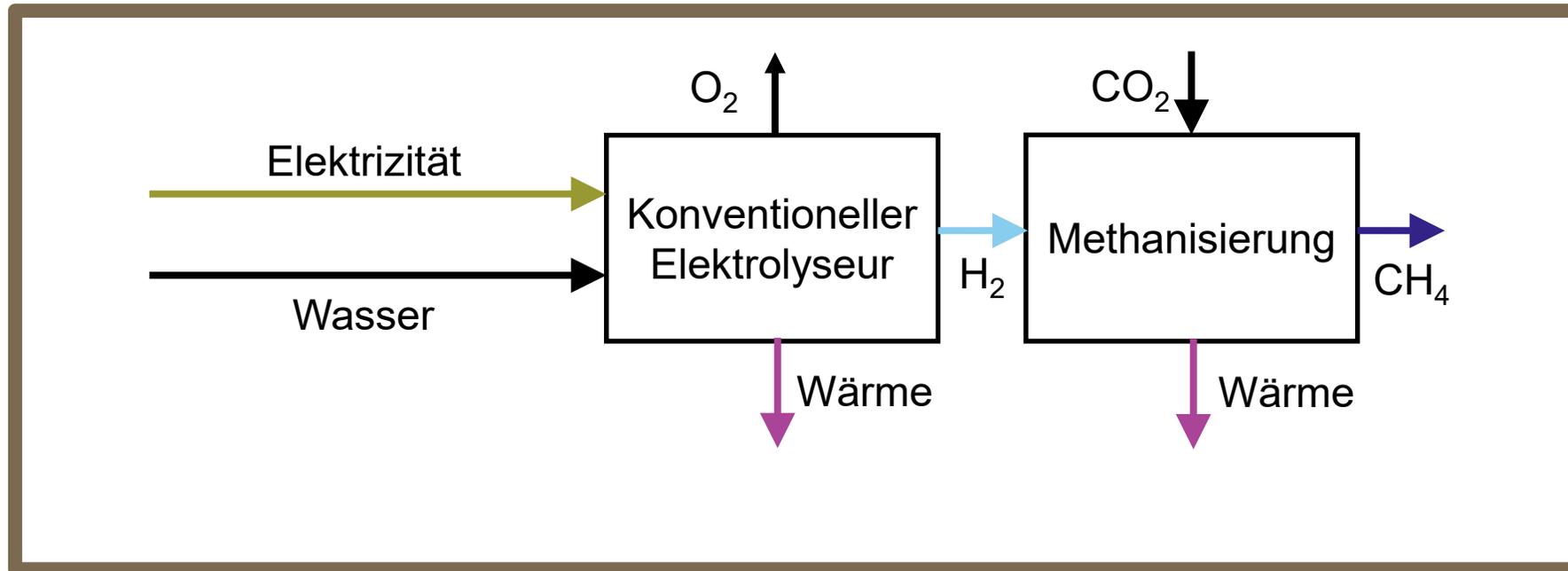


Steiner

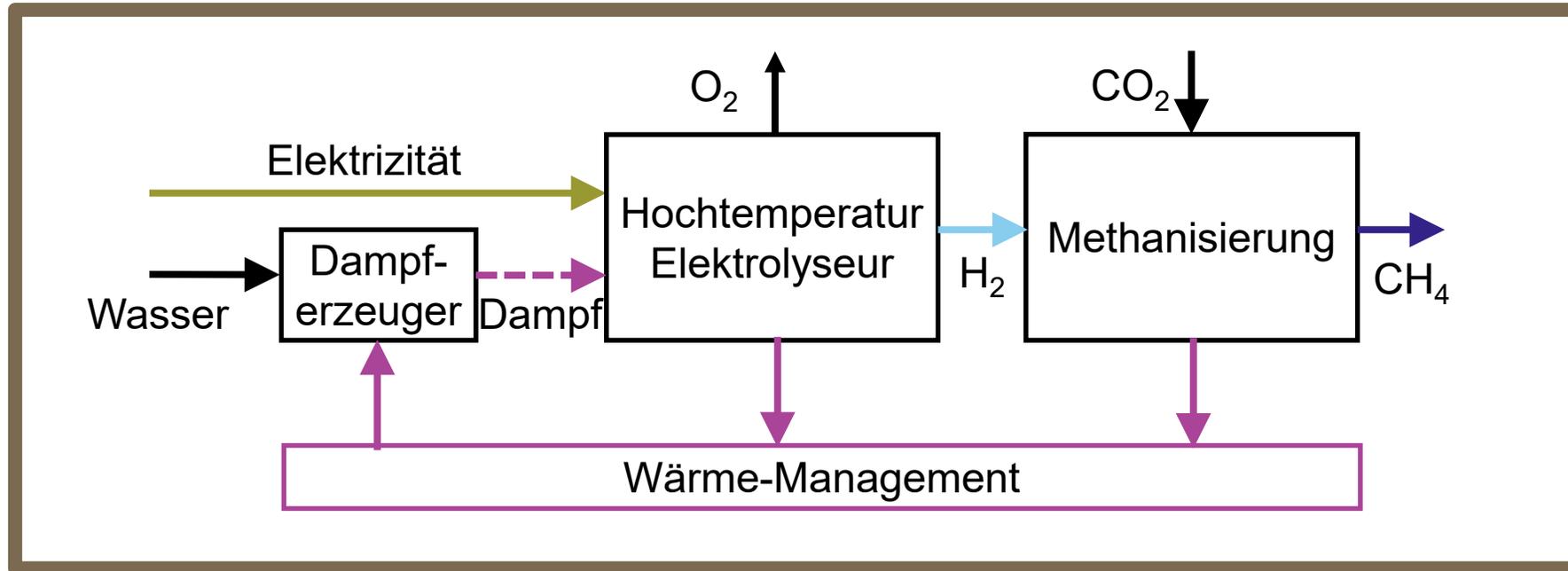


Leonhard

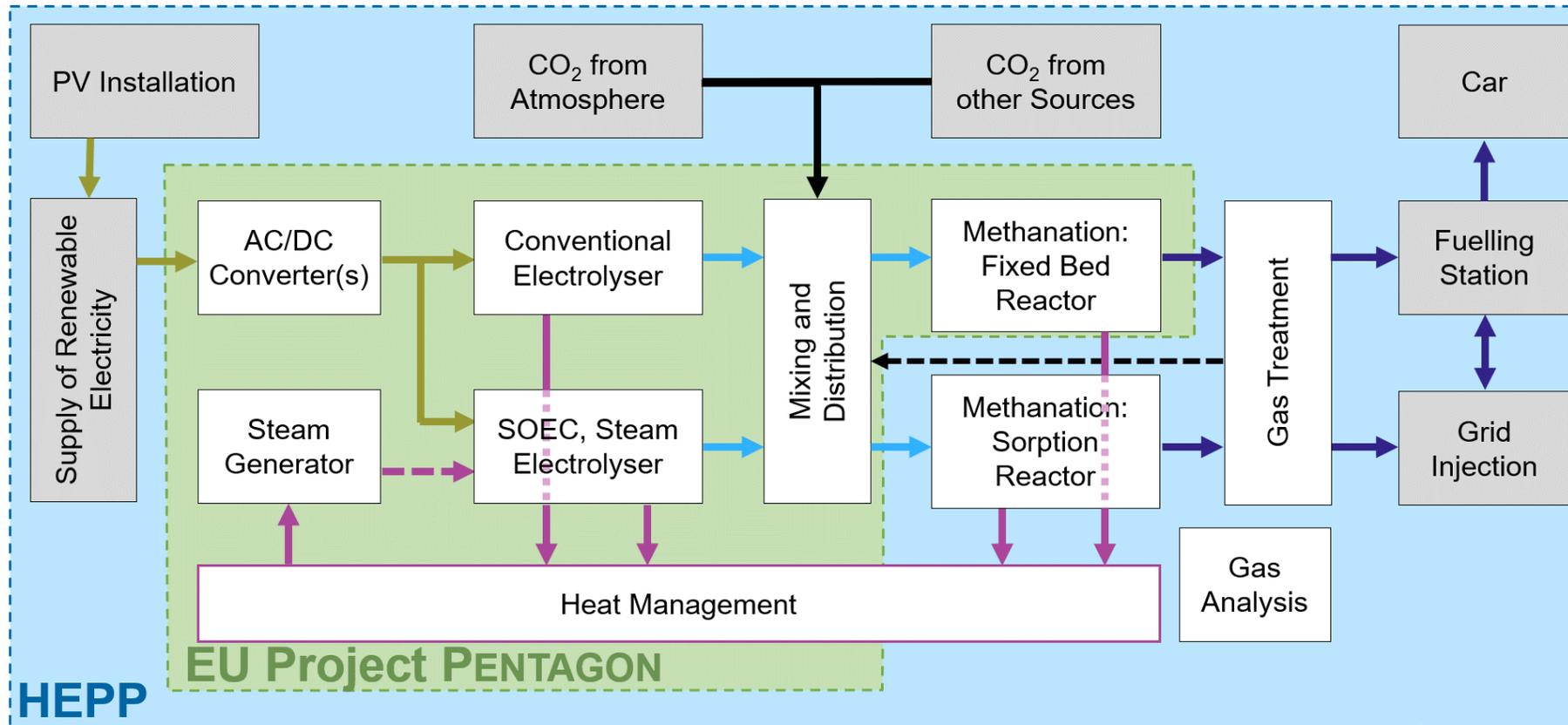
High Efficiency Power-to-Gas Pilot (HEPP)



High Efficiency Power-to-Gas Pilot (HEPP)



High Efficiency Power-to-Gas Pilot (HEPP)



Hohe Effizienz:

- SOEC & Methanisierung

Neue Technologien für Verbesserung Rentabilität

- Membrantechnologie
- Messung der Gaszusammensetzung
- Zwei neue Technologien zur Methanisierung

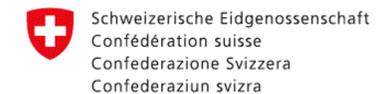
Demonstration

- PV
- CO₂ aus der Atmosphäre
- Tankstelle
- Auto
- Geschlossener CO₂-Kreislauf

High Efficiency Power-to-Gas Pilot (HEPP)



This project is co-funded by the European Union



Bundesamt für Umwelt BAFU

Innosuisse – Schweizerische Agentur für Innovationsförderung

- **Nachhaltige Energieversorgung beinhaltet alle Formen von Energie.**
- **Betrachtung aller Sektoren gemeinsam → Sektorkopplung**
- **Power-to-Gas produziert aus erneuerbarer Elektrizität Wasserstoff und/oder Methan.**
- **Kosten für Elektrizität dominiert die Herstellkosten des produzierten Gases.**
- **Umweltimpact der Elektrizität dominiert den Umweltimpact des produzierten Gases.**
- **Transport und Mobilität mit Strom, Wasserstoff und Methan werden sich ergänzen.**
- **Transport und Mobilität mit Methan ist sofort umsetzbar.**
- **Das IET arbeitet an der Umsetzung und Weiterentwicklung von Power-to-Gas.**