

OST

Otschweizer
Fachhochschule

Erkenntnisse aus der Kopplung von Hochtemperatur-Elektrolyse und Methanisierung im Projekt HEPP

Expertinnen und Expertengespräche vom 20. Juni 2023

Christoph Steiner, wiss. Mitarbeiter Power to Gas & HEPP

IET Institut für Energietechnik

Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

Vermerk

Wir beabsichtigen, eine wissenschaftlichen Arbeit der ersten Erkenntnisse zu publizieren. Deshalb können die vollständigen Folien erst danach veröffentlicht werden.

Besten Dank für Ihr Verständnis

Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

Zum Einstieg

- Teil eines frischen zusammengestellten Teams, das den Anspruch hatte, eine Forschungsanlage sowie eine industrienaher Demonstrationsanlage in Einem zu realisieren
- Natürlicherweise lief nicht alles immer so - wie wir uns das vielleicht vorgestellt hatten
- Das Projektmotto «**Erwarte das Unerwartete**» entstand – und hielt sich auch bis ins 2023, z.B.:
 - während der Testwoche wiederkehrende Ausfälle von Gasanalyse und Messtechnik
 - Oder eine Leckage im Thermoöl-Kreislauf nach einer Umbauphase vor zwei Monaten
- Glücklicherweise gibt es aber auch erfreuliches zu Berichten, z.B. die erfolgreiche Integration der Hochtemperaturelektrolyse HTE in die Methanisierung.
- Wie präsentiert man trockene Zahlen?

Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

Erkenntnis I

- Komplexe Anlage mit über 400 Sensoren, Aktoren, Geräte, Ventilen etc. führt zwangsweise zu hohem Aufwand und anspruchsvollem Betrieb
 - a. Steuerung mit vielen Interlocks
 - b. Immer neue Erkenntnisse und die daraus folgende Adaptionen führen zu langatmigen Prozessen
 - c. herausfordernde Analyse, wenn die Bedingungen gleichbleibend sein sollen
 - d. Unsere Aufwände für Wartung, Fehlerbehebungen oder auch die Einarbeitung neuer Mitarbeiter ist sehr gross.
 - e. ..

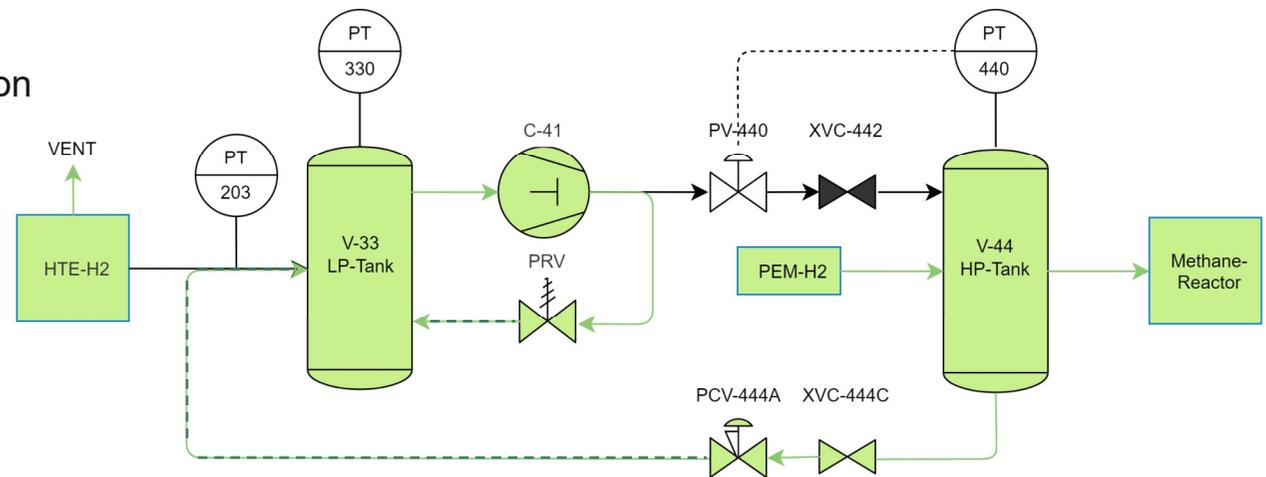
Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

H2 aus der HTE: Verdichtung

- Anforderung, dass die H2-Produktion innerhalb der HTE nicht oder nur minimal beeinflusst wird.
- Aus früheren Versuchen entstanden Anpassungen an den Übernahmeprozess des Wasserstoffes von der HTE

Ein Anfahrprozedere Schritt für Schritt:

- 1) Dampfproduktion via Reaktor & H2 von PEM (oder andere Quelle) starten
- 2) Während Inbetriebnahme HTE, H2-Kompressor-Kreislauf vorbereiten
- 3) Interner Kompressor-Kreislauf starten
- 4) Hochdruckseitiges Regulierventil öffnen
- 5) Wasserstoff der HTE nach V-33 Niederdrucktank umleiten
-> PEM wird «überdruckt»



Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

Erkenntnis II

- Komplexe Anlage mit über 400 Sensoren, Aktoren, Geräte, Ventilen etc. führt zwangsweise zu hohem Aufwand und anspruchsvollem Betrieb
- Integration der HTE in eine konventionelle Methanisierung funktioniert
 - Abwärme aus der Methanisierung ist zu gering, um die komplett benötigte Dampfmenge erzeugen zu können.
 - Potenziale bei Dampfnutzungsgrad und exothermer Betrieb innerhalb der SOE
 - Sämtlicher Dampf kann zur HTE überführt werden
 - Übernahme des Wasserstoffes dank interner Rezirkulation und Feinjustierungen relativ sanft und stabil

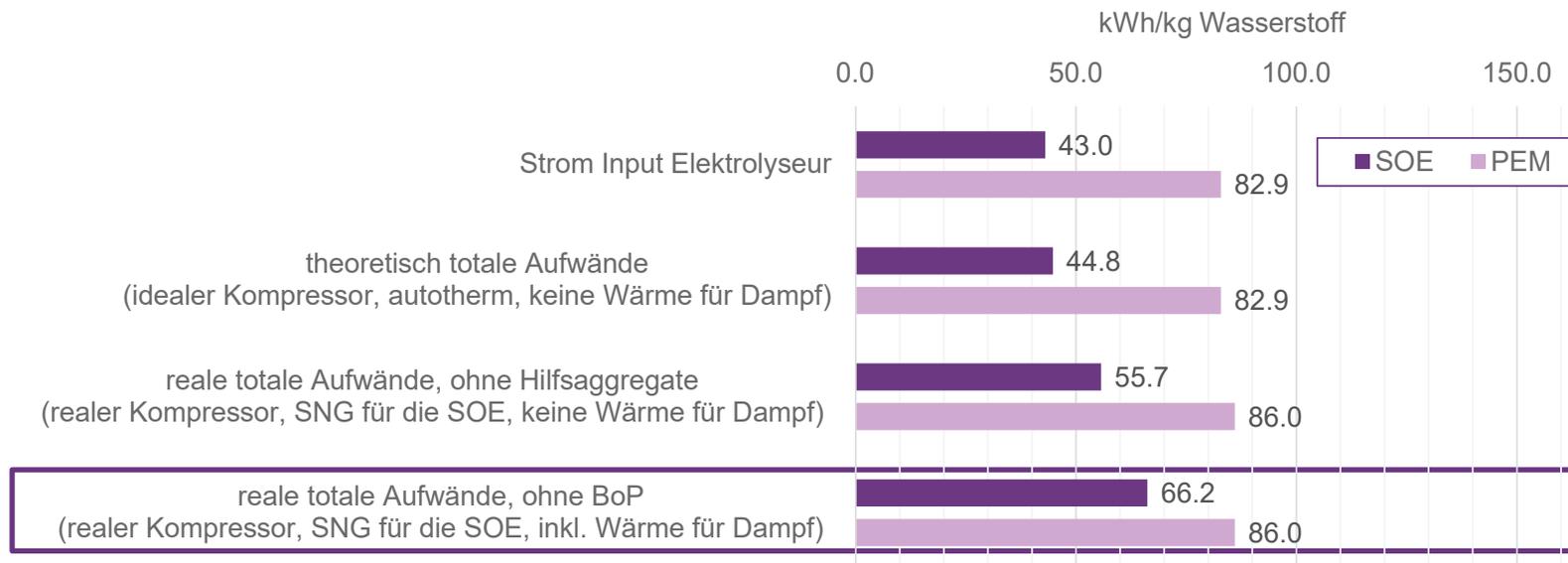
Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

Erkenntnis III: Methanisierung

- Komplexe Anlage mit über 400 Sensoren, Aktoren, Geräte, Ventilen etc. führt zwangsweise zu hohem Aufwand und anspruchsvollem Betrieb
- Integration der HTE in eine konventionelle Methanisierung ist möglich, aber mit zusätzlichem Aufwand
- Die Methanisierung arbeitet solid, es schlummern jedoch noch Potenziale
 - 2-stufiger Reaktor war bis anhin zuverlässig, aber noch selten unter Vollast betrieben.
 - Thermoöl während dem Betrieb als Kühl- sowie während dem Aufstarten als Vorwärmmedium gut geeignet.
 - Membrane dürfte selektiver auf Wasserstoff und Kohlendioxid sein. Hoher CH₄-Massenfluss im Recycling behindert die Methanisierung (LeChatelier) und erfordert mehr Kompressionsaufwand

Vergleich der beiden Betriebsarten SOE & PEM

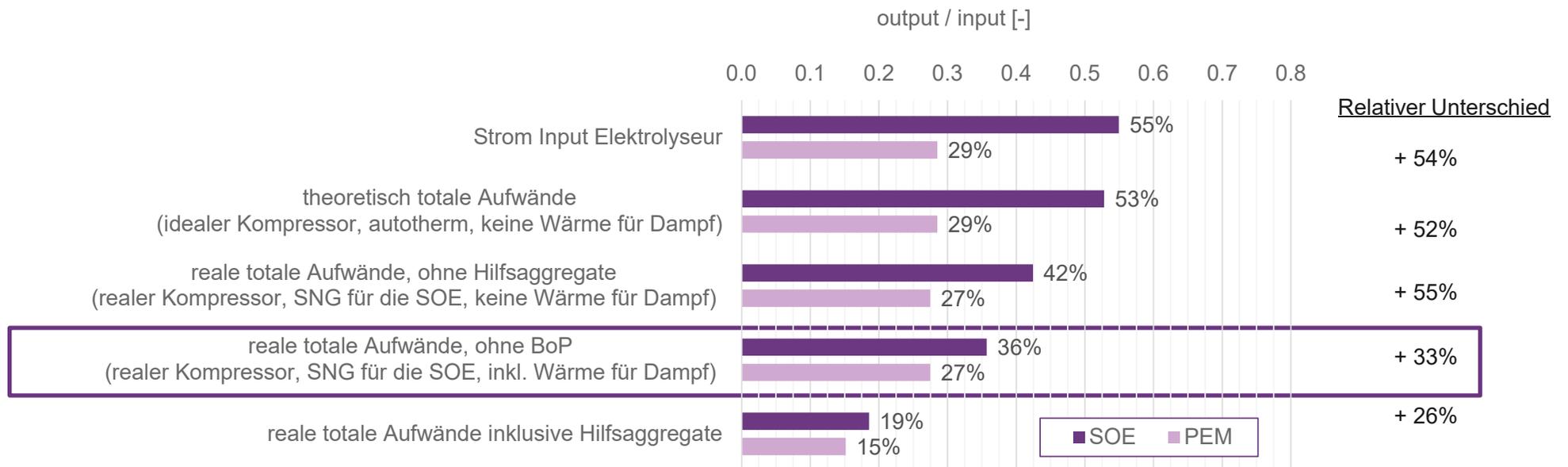
Energieaufwand pro Kilogramm Wasserstoff



➤ Zahlengrundlagen aus Versuchen 2022 gepaart mit Erkenntnissen aus 2023

Vergleich der beiden Betriebsarten SOE & PEM

Effizienzvergleich für 2.85 kW_HHV SNG Einspeisung



➤ Zahlengrundlagen aus Versuchen 2022 gepaart mit Erkenntnissen aus 2023

Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

Erkenntnis IV: Gesamtwirkungsgrad

- Komplexe Anlage mit über 400 Sensoren, Aktoren, Geräte, Ventilen etc. führt zwangsweise zu hohem Aufwand und anspruchsvollem Betrieb
- Integration der HTE in eine konventionelle Methanisierung ist möglich, aber mit zusätzlichem Aufwand
- Die Methanisierung arbeitet solid, es schlummern jedoch noch Potenziale
- Wirkungsgradsteigerung PtM-Produktion mit SOE gegenüber PEM signifikant
 - Wirkungsgrad vergleichbarer PtM-Anlagen liegen im grosstechnischen Bereich bei 50 – 55%¹
 - Gesamtwirkungsgrade von 65-70% (dank Wärmeauskopplung für die Dampfproduktion) scheinen für die Kopplung der HTE mit einer PtM Anlage möglich.
 - Diese These gilt es in **weiteren Versuchsreihen** oder in **grösseren Projekten**, wie z.B. **ZEN 24/7**, noch zu festigen

1) F. Ruoss in «Wirkungsgrade» abgerufen auf

<https://www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/erneuerbare-energien-und-umwelttechnik/iet-institut-fuer-energietechnik/power-to-x/publikationen>

Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

Zusammenfassung Erkenntnisse

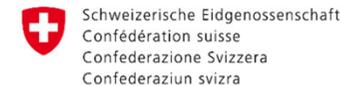
- I. Komplexe Anlage mit über 400 Sensoren, Aktoren, Geräte, Ventilen etc. führt zwangsweise zu hohem Aufwand und anspruchsvollem Betrieb
- II. Integration der HTE in eine konventionelle Methanisierung ist möglich, aber mit zusätzlichem Aufwand
- III. Die Methanisierung arbeitet solid, es schlummern jedoch noch Potenziale
- IV. Gesamtwirkungsgradsteigerung mit SOE gegenüber PEM signifikant

Forschungsplattform HEPP

Grosses Dankeschön an die Sponsoren und Unterstützer



This project is co-funded by the European Union



Bundesamt für Umwelt BAFU

Innosuisse – Schweizerische Agentur für Innovationsförderung

Bundesamt für Energie BFE



Steering Committee:

- Ernst Uhler, EZL
- Martin Landolt, Die Mitte
- Barbara Keller-Inhelder, SVP
- Marcel Dobler, FDP
- Peter Graf, SWSG
- Michael Bätcher, EWJR
- Bettina Bordenet, SVGW
- Daniela Decurtins, VSG
- Nadine Brauchli, VSE
- Arne Siemens, Audi
- Dominique Kronenberg, Climeworks
- Thorsten Harder, Burckhardt Compression
- OST



Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

**Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Christoph Steiner

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Power to Gas

T direkt +41 58 257 43 49

T mobile +41 78 866 31 37

christoph.steiner@ost.ch

OST – Ostschweizer Fachhochschule

Institut für Energietechnik | Oberseestrasse 10 | 8640 Rapperswil | Switzerland | www.ost.ch

Wir gestalten eine nachhaltige Zukunft durch Innovation

IET | Institut für
Energietechnik

Erkenntnisse aus der Kopplung von HTE und Methanisierung in HEPP

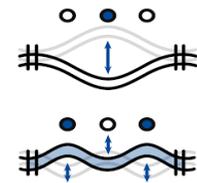
Es folgt zusätzliches Material!

- Wenn wir nochmals von vorne Beginnen könnten:
 - Was würde wir wohl anders ausführen?
 - Was würden wir gleich machen?
- Optimierungsmöglichkeiten

Zusammenfassung der Erkenntnisse

Was würden wir nächstes mal anderst angehen?

- i. Getrennte Kühlung für a) Gastrocknung und b) PEM & Kompressoren
→ weniger Störungen durch Auskondensation und zu tiefen Kühlmitteltemperaturen
- ii. Coriolis-Massenflussmeter für die wichtigen Stellen
→ unabhängig von Gaszusammensetzung und somit von einer Gasanalyse
- iii. einheitliches Bussystem für die Kommunikation und Datenübertragung, Inklusive Einbindung der SOE → Zeitersparnisse bei Integration und Debugging der kommunizierenden Geräte
- iv. Remote-Zugriff auf Bereiche des Betriebsleitsystems → Bearbeitung und Datenbezug von mehrere Orten aus
- v. Anlage in einer industrielle Halle aufstellen → Zeitersparnisse durch Infrastrukturarbeiten
- vi. Produktaufbereitung mit SEM, Zwischenkondensation oder mit einer elektrochemischer Pumpe



Zusammenfassung der Erkenntnisse

Was würden wir nächstes mal wieder gleich angehen?

- i. Das Trennen des Thermomanagements durch den Thermoöl-Kreislauf hat gut funktioniert.
- ii. Dank Impfstelle im Methan-Reaktor Entschärfung des Hotspots

Zusammenfassung der Erkenntnisse

Optimierungsmöglichkeiten?

- Nach ausgeführter Echtzeitoptimierung Betrieb mit einem frischen Elektrolyse-Stack erhöhte Performance zu erwarten.
 - Dies könnte zu einem besserer Dampfnutzungsgrad
 - Und zu einem erhöhten autothermischen Betrieb führen
- Langzeitbetrieb mit optimierter Stöchiometrie im Reaktor ist anzustreben
 - Somit kann Differenzdruck der Membrane auf das absolut notwendige reduziert werden
 - Führt zu weniger Aufwand im Recycling
 - sowie zu mehr Verweildauer der Edukte im Reaktor
- Kühlung mit unterschiedlichen Stufen (ca. -15°C für Kondensation und $+30^{\circ}$ für PEM & Kompressoren)
 - Ergibt weniger thermische Verluste für die Kühlaggregate