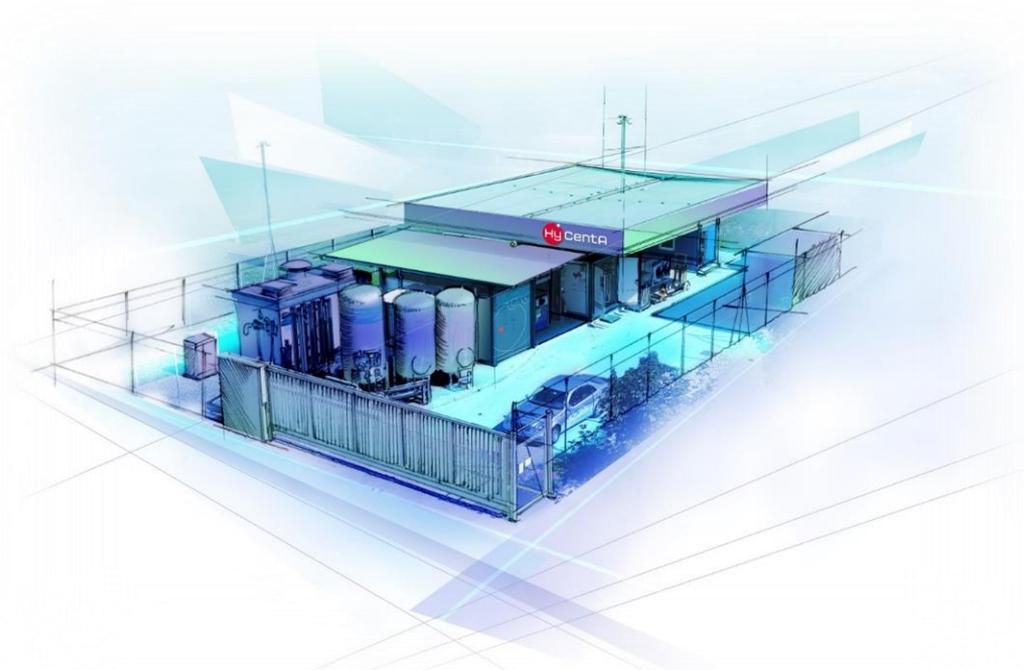


Kraftwerk der Zukunft Konzeptionierung einer PtP-Anlage zur Netzstabilisierung

Fabian Radner, Klaus Esser, Markus Sartory, Christoph Redtenbacher, Alexander Trattner

17. Symposium Energieinnovation 2022

- Vorstellung - **HyCentA**
- **Entwickelte Simulationethodik**
 - PtX-Anlagen und Wasserstoffinfrastrukturen
- Anwendung in **Hy2Power**
 - H₂-Rückverstromung
 - Regelleistungsbetrieb



Österreichs Forschungszentrum für Wasserstofftechnologien



Außeruniversitäre Forschungsgesellschaft
an der Technischen Universität Graz (TUG)



- **50 Forschende** aus Maschinenbau, Physik, Chemie, Verfahrenstechnik, Elektrotechnik
- **Mehr als 70 Projekte** erfolgreich abgeschlossen
- **Mehr als 15 Jahre** an Expertise
- **Modernste Versuchs- & Betankungsinfrastruktur**
- **Lehre an der TU Graz**



* ca. 160 Forschende im H₂-Bereich an TUG

Idee



Umsetzung
und Betrieb

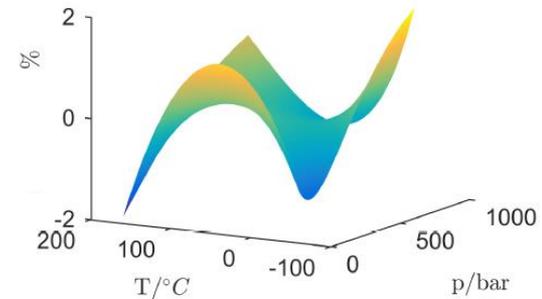
HYDRA

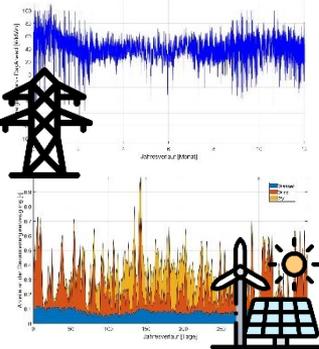
Hydrogen Infrastructure Simulation and Optimization Tool

Kurzübersicht der Modellfunktionen

- Langjährige Entwicklung: Gasspeicher → H₂-Betankung → PtX
- Basierend auf **Matlab/Simulink**
- **Umfangreiche Modulbibliothek** von der Energiequelle über die Umwandlung bis hin zum Energiebedarf
- **Modellierung** der Module **flexibel** und austauschbar (Thermodynamisch, Kennlinien, Kennwerte)
- Betrieb mit flexiblen **Betriebsstrategien**
- **Wirtschaftliche Bewertung** mittels **Kapitalwertmethode**

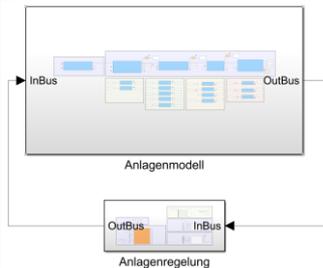
MATLAB®
& SIMULINK®





Lokaler Bedarf

- Energiebedarf (Elektrisch, Chemisch, Wärme)
- Medienbedarf (Industrielle Nutzung)
- Alle Sektoren implementierbar



Definition der Betriebsstrategie

- Kostenbasiert
- Bedarfsbasiert
- Gekoppelt an EE
- Netzstabilisierung
- Forcastbasiert



Dokumentation

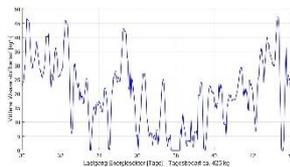
- Graphische Datenaufbereitung
- Berechnung von Kennwerten

Iterative Simulationsstudie



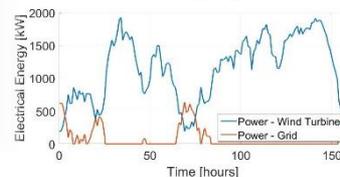
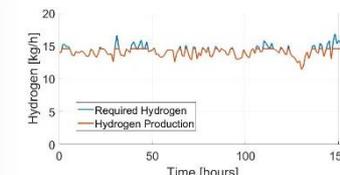
Nutzbare Potentiale

- Erneuerbare Energieerzeugung
- Stromnetze
- Gaspipelines
- Residuallasten / Regelleistung



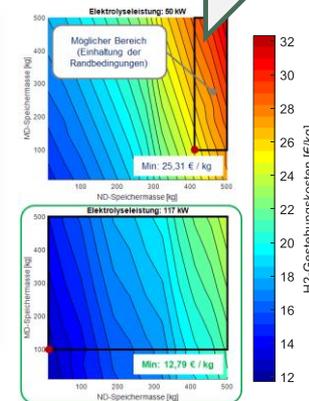
Anlagentopologie definieren

- Modulauswahl aus Bibliothek
- Anlagenaufbau mittels Drag&Drop
- Vordefinierte Anlagentopologien



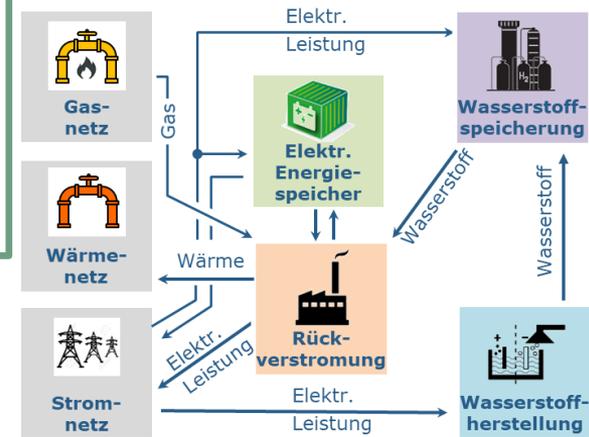
Techno-ökonomische Bewertung

- Technologieauswahl
- Business Cases identifizieren
- Optimieren der Betriebsstrategie
- Wirtschaftliche Bewertung



Ziel des Pionierprojekts **Hy2Power** ist die **Entwicklung eines technologischen Gesamtkonzepts für ein Kraftwerk der Zukunft zur Bereitstellung von Netzdienstleistungen.**

- Entwicklung von **Anlagenkonzept und Betriebsstrategien**, welche auf der Nutzung von überschüssigem Strom basieren
- Entwurf eines Basismoduls zur **Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse, temporären Speicherung** und hochdynamischen **Rückverstromung** des Wasserstoffs
- Demonstration des **hybriden Rückverstromungsmoduls** auf dem **LEC Hightech-Vollmotorprüfstand**
- Übergeordnetes Ziel ist die **Demonstration des Basismoduls**



© LEC GmbH 2020

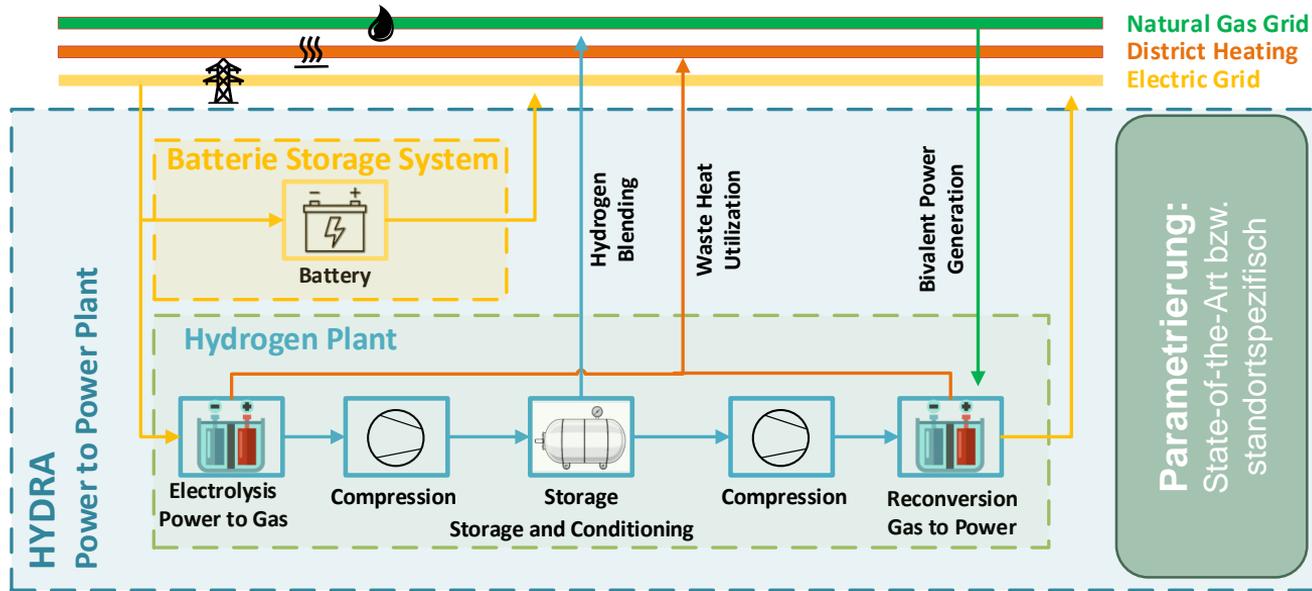
COMET-Projekt am COMET-K1-Zentrum LEC EvoLET

Projektpartner



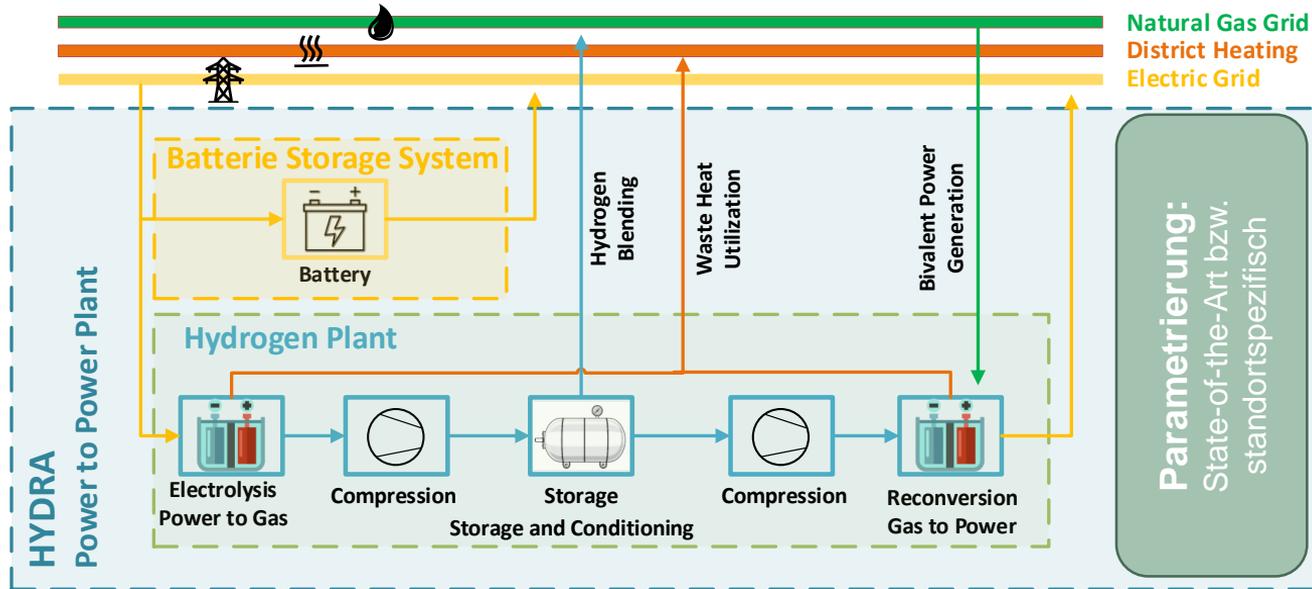
Fördergeber des
COMET-K1-
Zentrums LEC





Untersuchte **Umwandlungs-** und **Speichertechnologien:**

- Brennstoffzelle, bivalente VKM & bivalente Gasturbine (4 – 8 MWeI Nennleistung)
- Alkalische und PEM-Elektrolyse (1 – 10 MWeI Nennleistung)
- Batteriespeicher (0 – 4 MWeI Nennleistung, 0 – 4,5 MWh Speicherkapazität)
- H₂-Gasspeicher (1 – 5 t Speicherkapazität, 80 bar Speicherdruck)



Untersuchte **Betriebsregime:**

- Freier **Markteinsatz** bzw. Wasserstoff-Rückverstromung (FME)
- Positive und negative **Primär- und Sekundärregelleistung** (PRL 100, SRL 100)
- **Kombination** aus freiem Markteinsatz und Regelleistungsbetrieb mit 50% der angebotenen Nennleistung als Regelleistung (PRL 50, SRL 50)

Über 20.000 Kombinationen aus Anlagentopologie und Betriebsregime wurden simuliert und techno-ökonomisch bewertet.

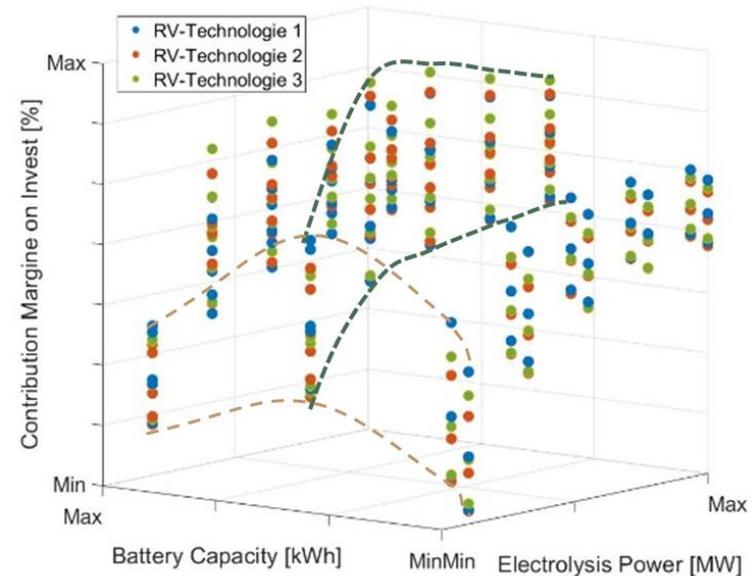


Welche Schlüsse konnten aus der Simulation gezogen werden?

- Technologieauswahl
 - PEM/Alkalische-Elektrolyse
 - BZ/VKM/Gasturbine
- Leistungspaarungen
- Skalierbarkeit des Konzeptes
- Wirtschaftlichkeit der Betriebsregime abschätzbar
 - H₂-Rückverstromung
 - Regelleistungsbetrieb

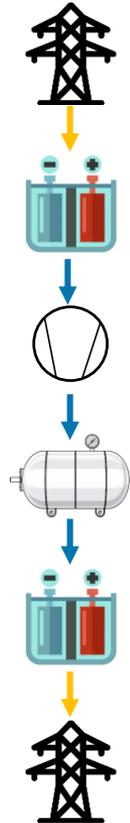


Anlagentopologie wurde ausgewählt

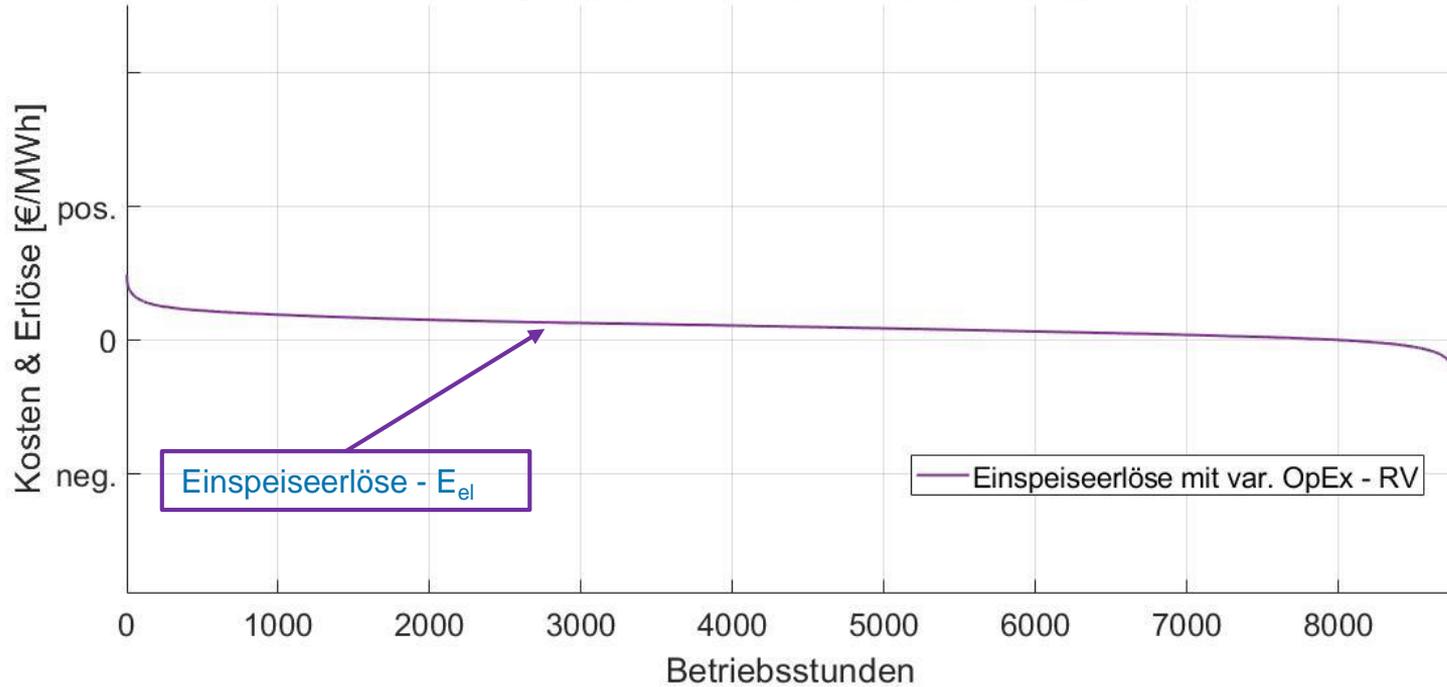


Ziel der Analyse ist die Beurteilung des **maximalen Potentials** zur gewinnbringenden Produktion und Rückverstromung von Wasserstoff (Best Case)

- **H₂-Produktionskosten** und **Einspeiseerlöse** wurden im **Jahresverlauf** berechnet und **sortiert**
- Annahme: Produzierter **Wasserstoff** kann zu **jedem Zeitpunkt gespeichert** werden (Keine Aussage zu notw. Speichermenge)
- Alle relevanten **Betriebskosten** und **Gebühren** des Standortes **berücksichtigt**
- Berechnung enthält **keine Investitionskosten**

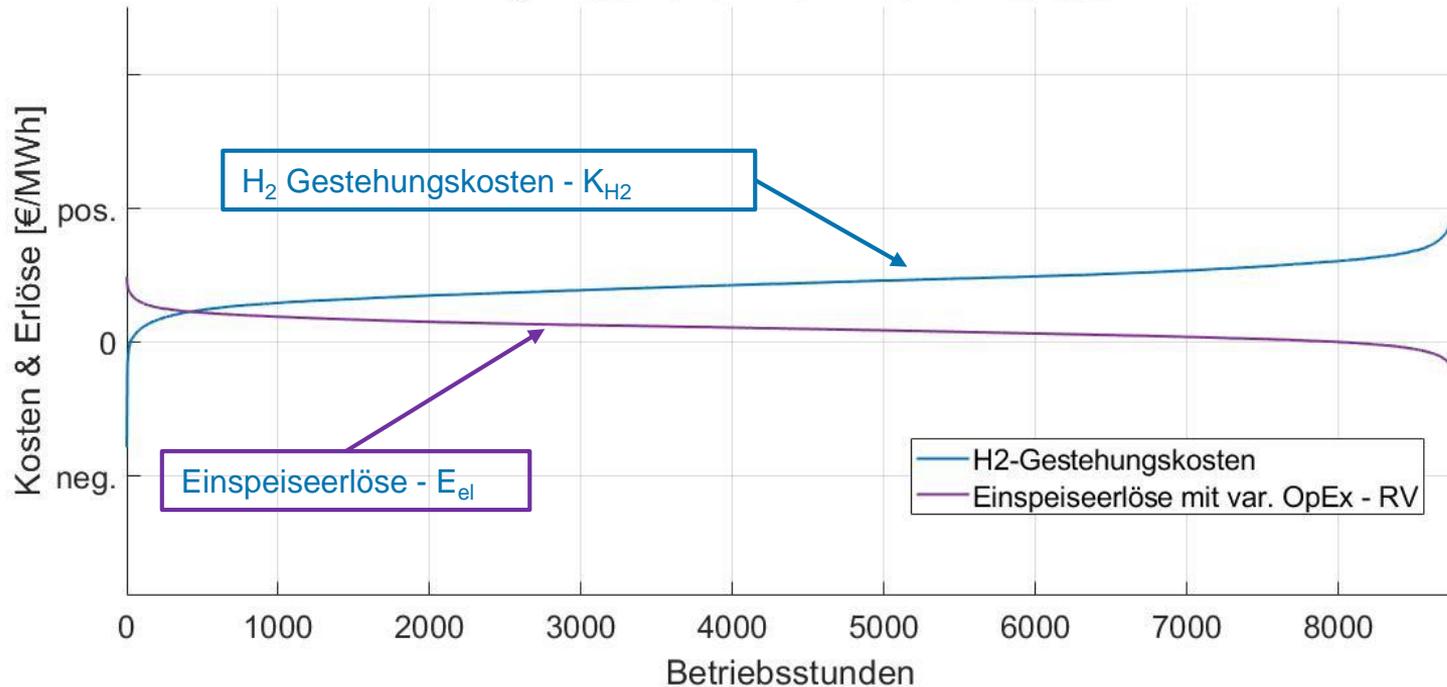


DayAhead 2019 APG - Free Market Use



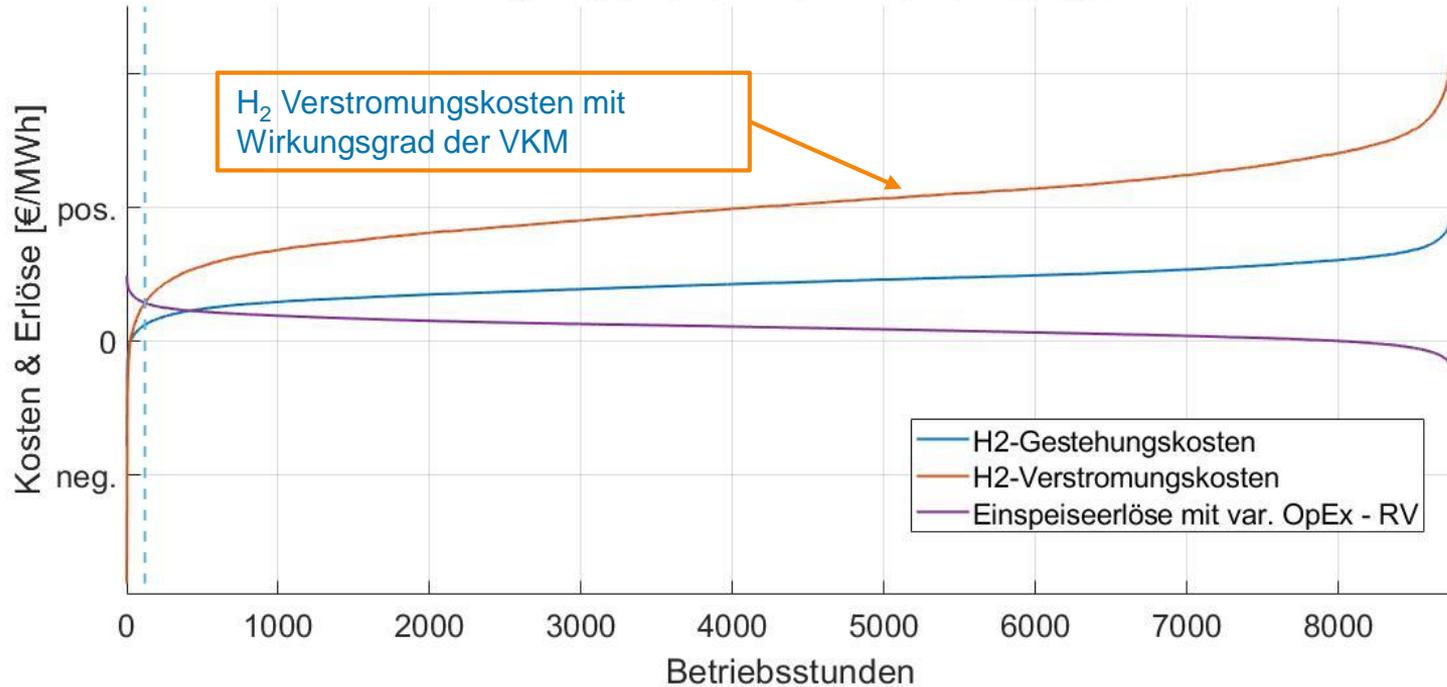
$$E_{el} = (E_{Energie} - K_{Netz_Ein}) - OpEx_{RVVar}$$

DayAhead 2019 APG - Free Market Use



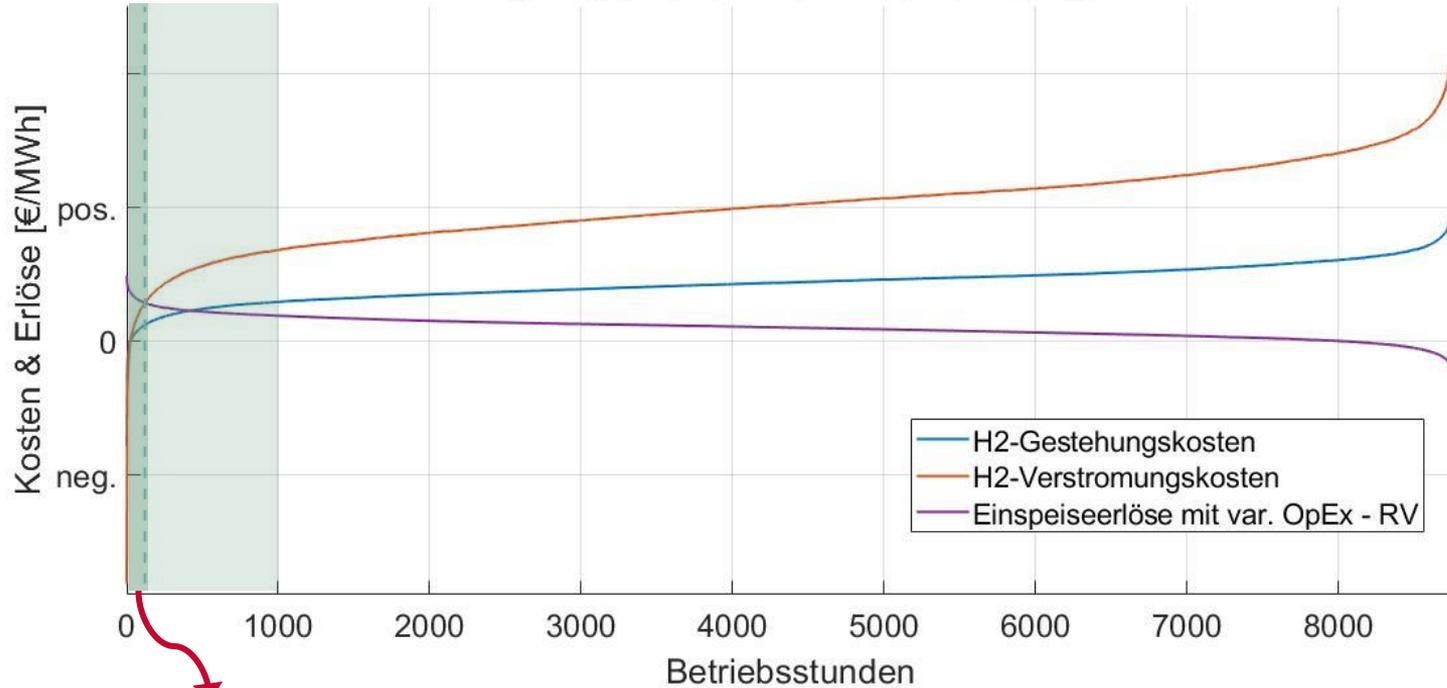
$$K_{H_2} = OpEx_{Elyvar} + \frac{(K_{Energie} + K_{Netz}) \cdot (1 + \xi_{VD})}{\eta_{Ely}}$$

DayAhead 2019 APG - Free Market Use



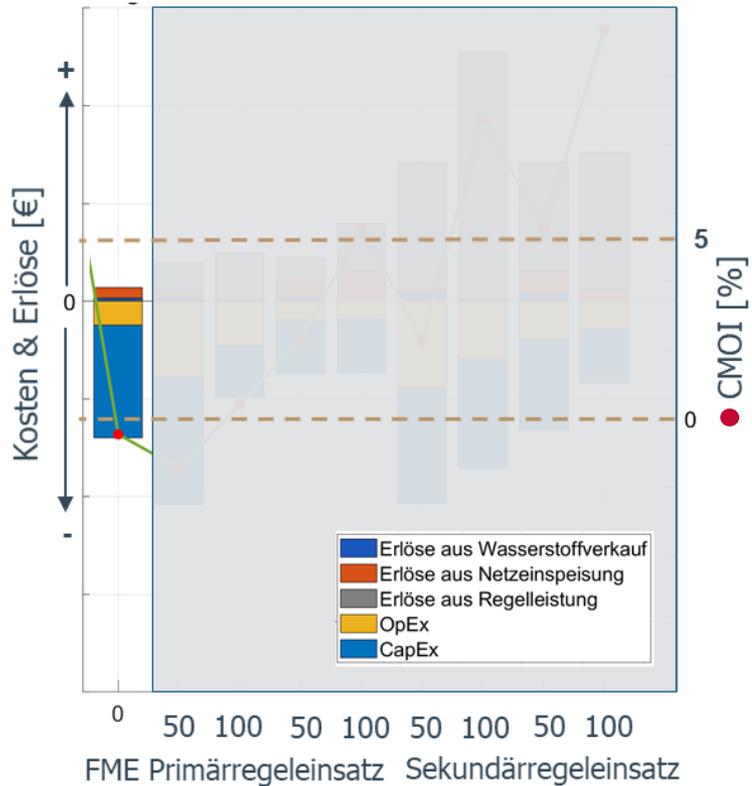
$$K_{H_2} / \eta_{RV_{H_2}} = 0$$

DayAhead 2019 APG - Free Market Use



2019 nur ca. **150 nutzbare Betriebsstunden**
Erlöse in Relation zu den Betriebskosten **gering**

→ **Kein eigenständiger Business Case**



Freier Markteinsatz (FME):

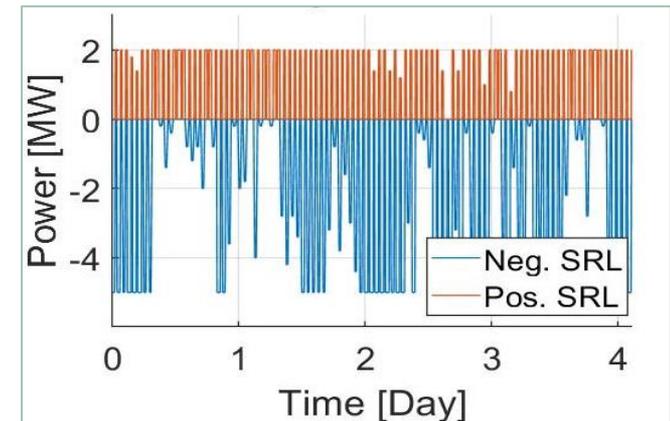
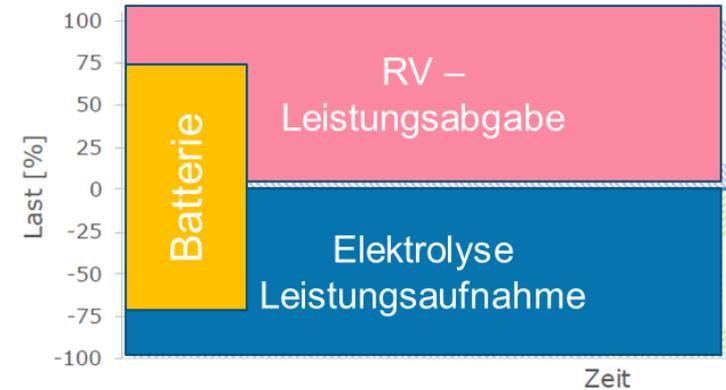
- **Auslastung** der Elektrolyse und Rückverstromung deutlich **kleiner 10 %**
- **Betriebskosten** können **nicht gedeckt** werden

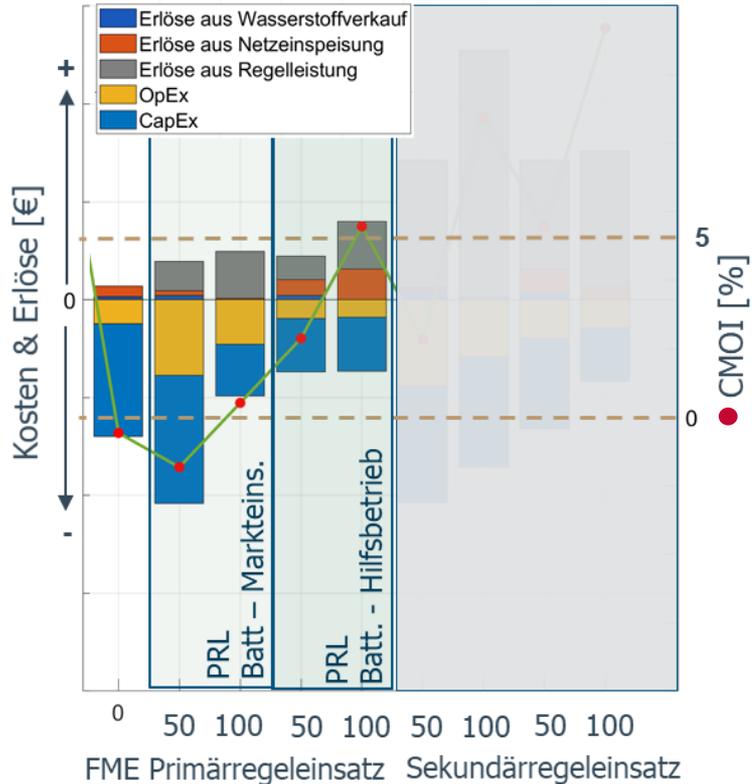
Unter den **gegebenen Rahmenbedingungen** kein **Business-Case**

Stark abhängig von **Energiepreisschwankungen**

Ziel der Analyse ist die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Betriebsregimen basierend auf Regelleistung

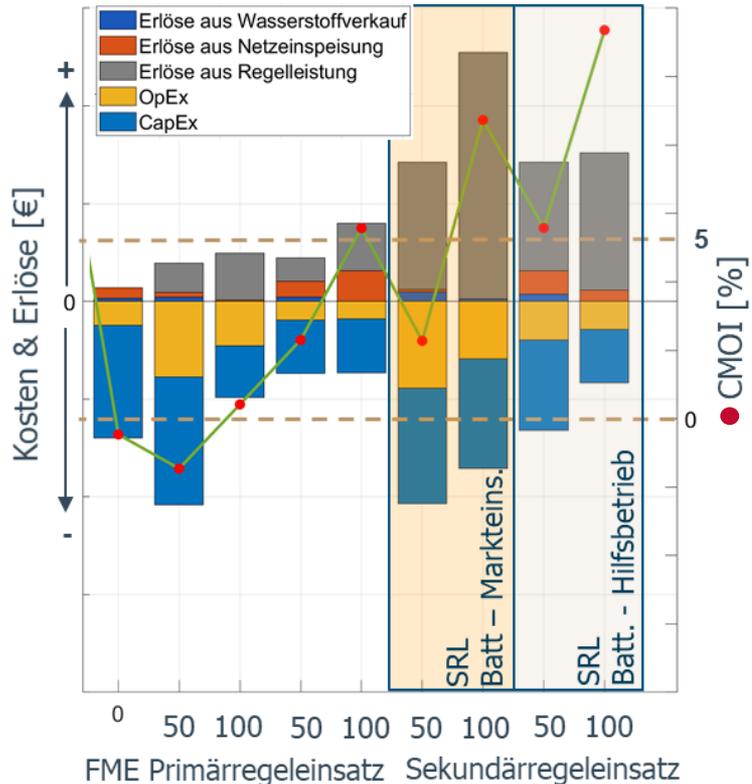
- Berechnung basiert auf den Regelleistungsabfragen 2019 lt. APG
- Annahme: Zuschläge in Höhe der angebotenen Regelleistung zu den mittleren Kosten des jeweiligen Zeitpunktes
- Anlagenbetriebspunkt wird entsprechend der aktuellen RL-Anfrage angefahren
- Betriebsregime ab einem DBOI von 5 % können kostendeckend betrieben werden





Primärregelleinsatz (PRL):

- **Symmetrische Leistung** von VKM und Elektrolyse gefordert
- **Batterie** wird zum Abdecken der **Leistungsgradienten** und im **Hilfsbetrieb** eingesetzt
- Nur bei vollständiger Nutzung des Leistungsbereiches als PRL wirtschaftlich (100 % Zuschlagsquote notwendig)



Sekundärregelinsatz (SRL):

- Leistung der **Elektrolyse** um Faktor **1,25 – 2,5 größer** als die **VKM** dimensioniert
- **Batterie** wird zum Abdecken von SRL eingesetzt (**Hilfsbetrieb**)
- Bei Zuschlagsquoten von 50 % und insbesondere 100 % **wirtschaftlich betreibbar**
- Anlagentopologie nicht linear skalierbar

- Die entwickelte **Simulationsmethodik** HYDRA ermöglicht die **techno-ökonomische Auslegung** von komplexen **PtX-Anlagen**



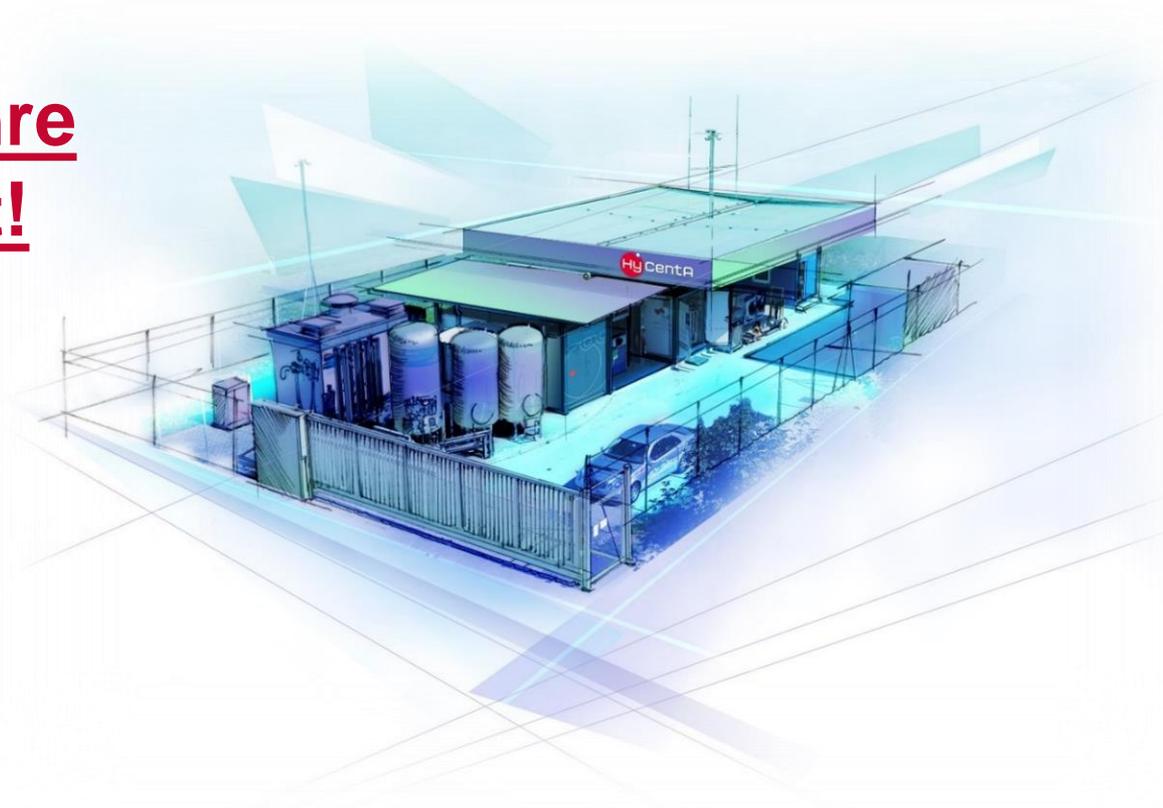
- **Unter den Rahmenbedingungen des Projektes Hy2Power:**

- PtP-Anlagen sind technisch zur Netzstabilisierung und saisonalen Energiespeicherung geeignet
- H₂-Rückverstromung ist aktuell kein eigenständiger Business-Case
- Der primäre Einsatz zur Netzstabilisierung ist wirtschaftlich darstellbar



Die **Wirtschaftlichkeit** der Anlagen ist **stark abhängig vom Energiemarkt**:
Weitere **Verwertungspfade** des hergestellten **Wasserstoffs** im Sinne der **Sektorkopplung** sollten zur **Erhöhung der Resilienz** betrachtet werden.

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**



Dipl.-Ing. Fabian Radner
radner@hycenta.at

HyCentA Research GmbH
Inffeldgasse 15
A-8010 Graz