

Willkommen  
Welcome  
Bienvenue

# Optimaler Einsatz von Energy-to-X im Schweizer Energiesystem

*«Welchen Einfluss haben die hohen Energiepreise auf die Rolle von Power-to-X im Energiesystem?»*

Dr. Robin Mutschler  
Prof. Matthias Sulzer  
Dr. Martin Rüdüsüli



Robin  
Mutschler



Matthias  
Sulzer



Martin  
Rüdüsüli

Kontakt: [robin.mutschler@empa.ch](mailto:robin.mutschler@empa.ch)  
Empa, Urban Energy Systems Laboratory  
<https://www.empa.ch/web/s313>



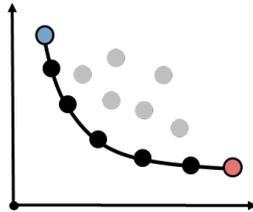
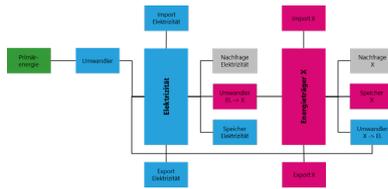


# Wird wärmer, ist doch schön?



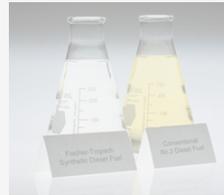
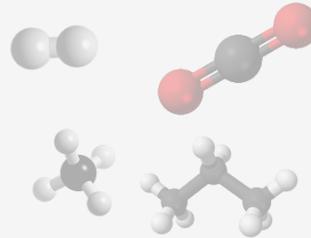
# Outline

## 1. Energiesystem Modellierung



Gemeinsamer Aufbau  
des Modells

## 2. CO<sub>2</sub> und Energy-X



Konzept der Energy-X  
Einbindung ins Modell

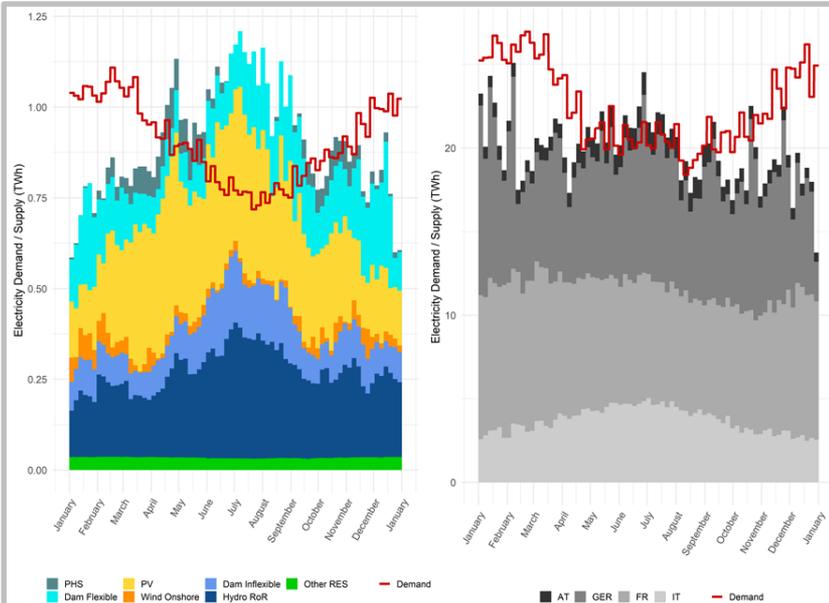
## 3. Resultate Szenarien



Diskussion vorläufiger  
Resultate von Energy-X  
Szenarien

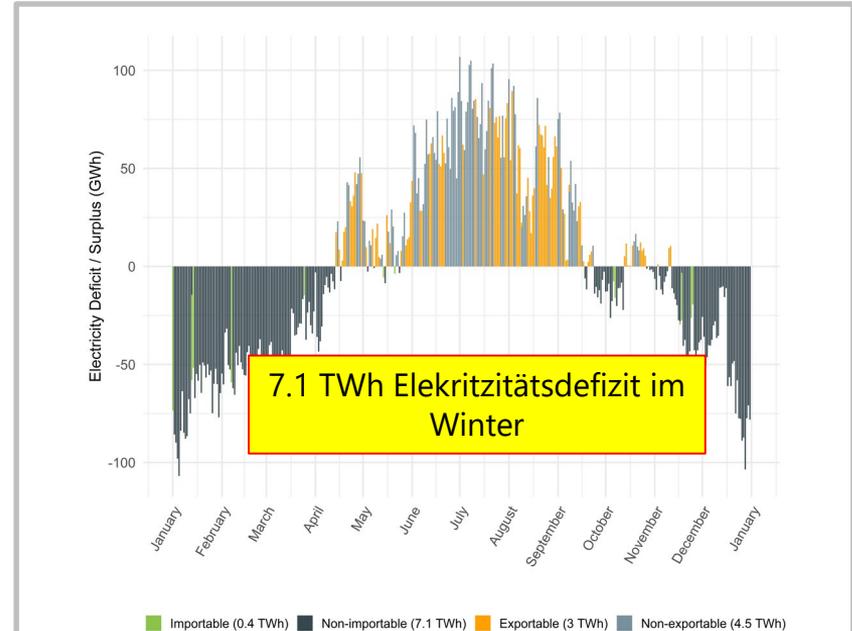
# Korrelation Entwicklungsstudien EU - CH

## CH und EU in 2040



- Schweizer Szenario basiert auf Energieperspektive 2050+
- EU basierend auf TYNDP 2018 Szenarien von Entso-E
- Hohe Korrelation des Defizits zwischen Schweiz und EU

## CH-EU Korrelation 2040



System Analysis of Concurrent Deficit and Surplus Situations in the Future Renewable European Electricity System

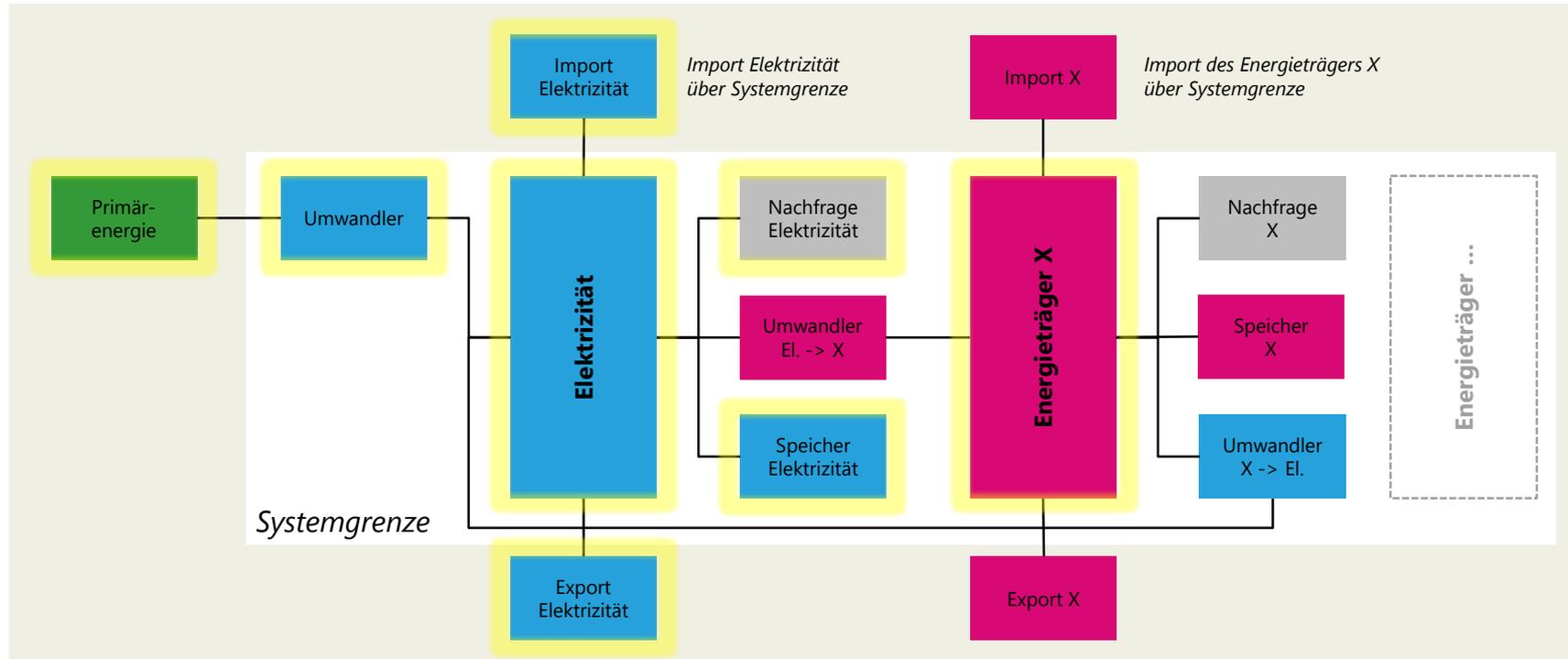
N Lienhard, R Mutschler, L Leeders, M Rüdösüli

Submitted work

**Selber herstellen oder importieren?**



# Aufbau eines gekoppelten Energiesystems



**Import / Export**  
Energieflüsse über Systemgrenze

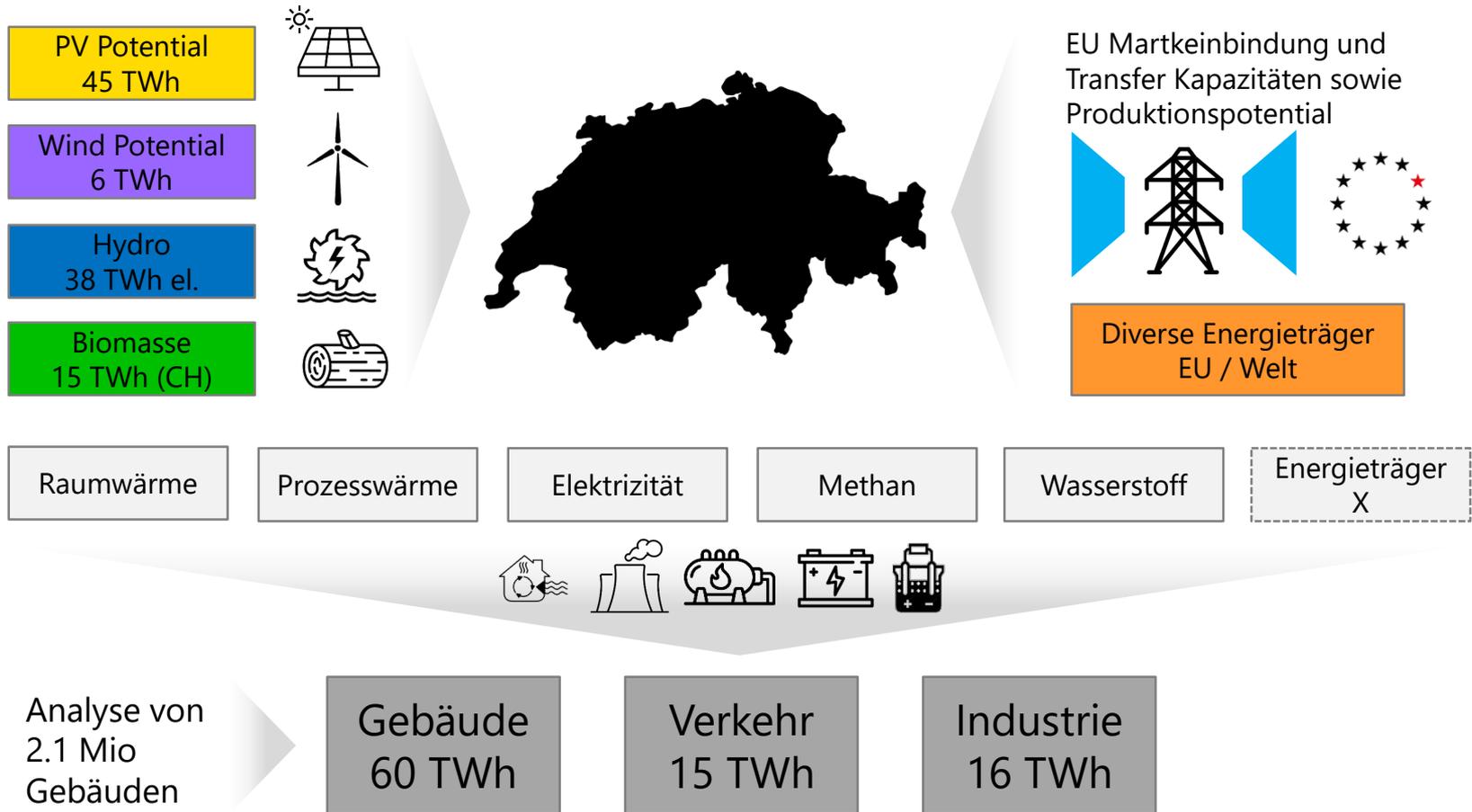
**Umwandler**  
PV, WKK, ...

**Speicher**  
Wärmespeicher, H<sub>2</sub>, Batterie, ...

**Nachfrage**  
Nutzenergie

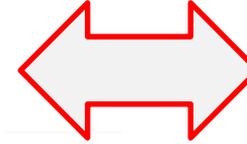
**Energieträger**  
Elektrizität, Gas, Wärme, H<sub>2</sub>, ...

# Energiesystem Modell "heute" - 2050

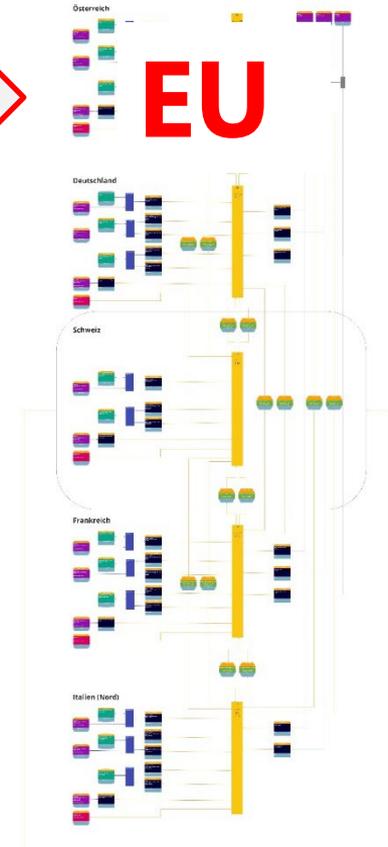
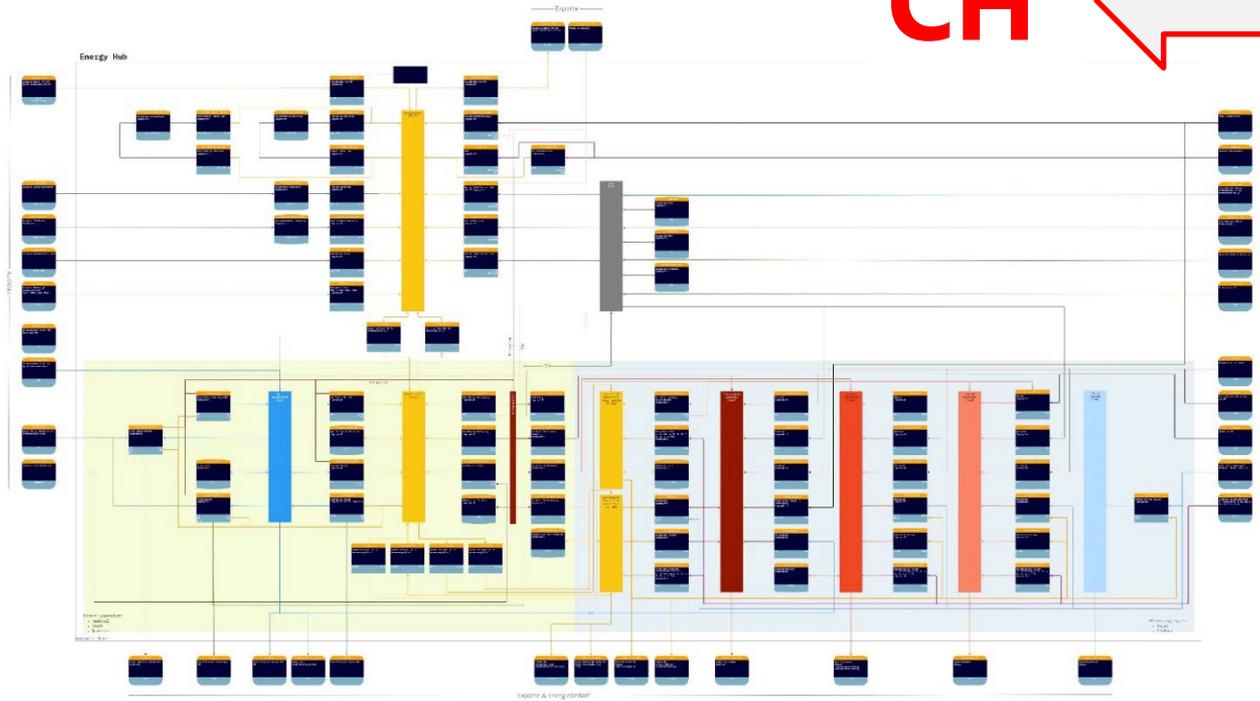


# Modell Energiesystem Schweiz

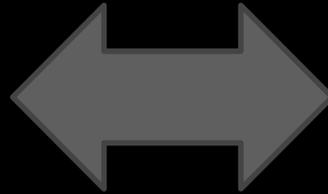
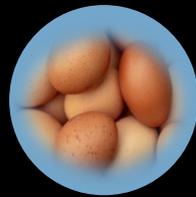
CH



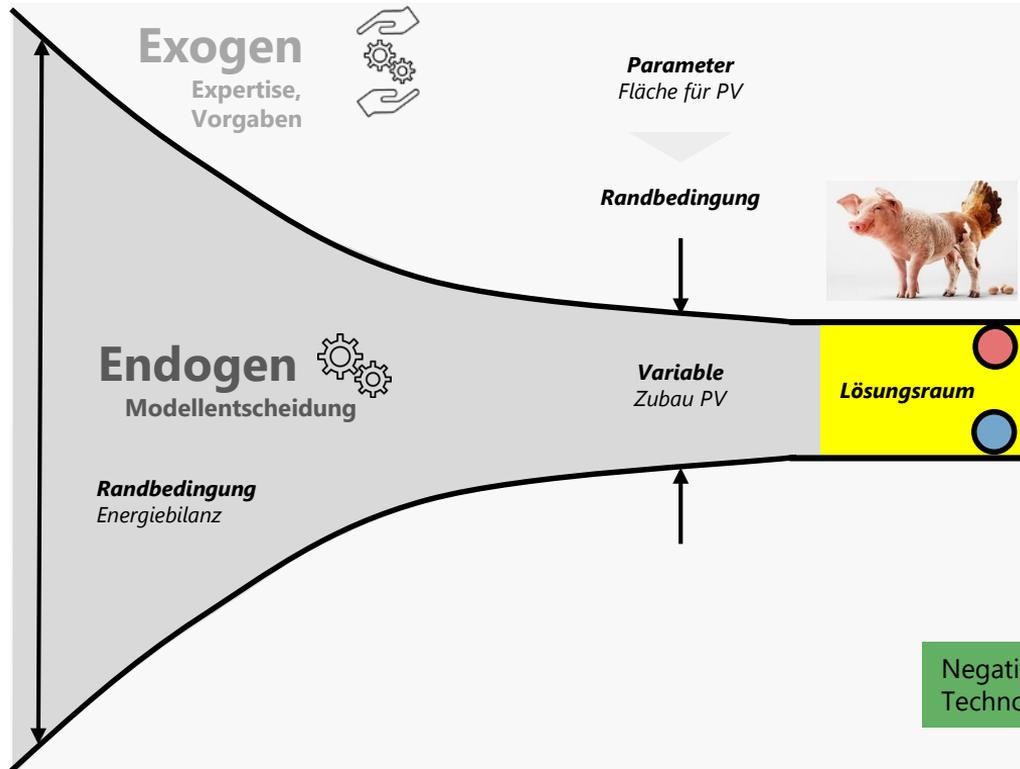
EU



# Wie sieht es aus, das optimale Energiesystem?



# Optimierung eines Energiesystems



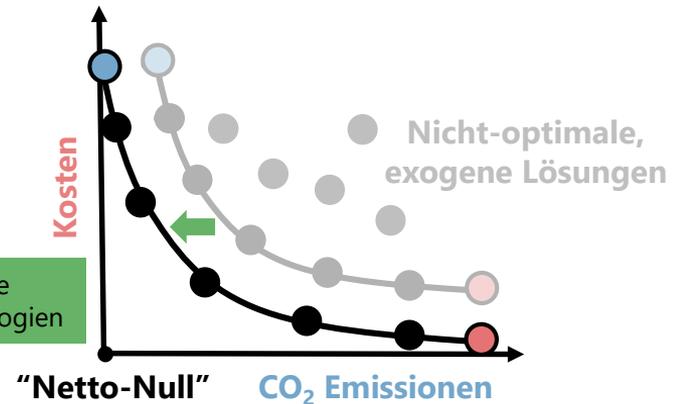
## Zielfunktionen

→ Finden Optima im Lösungsraum

1. Wie können **CO<sub>2</sub> Emissionen minimiert** werden?
2. Wie können **Systemkosten minimiert** werden?

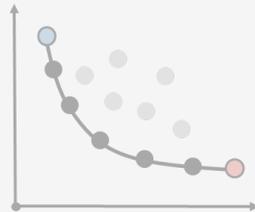
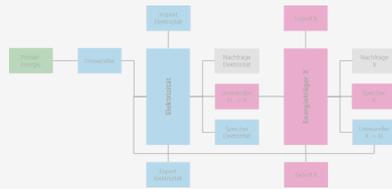
## Optimierungs Dilemma

→ Negativ Emission Technologien ermöglichen "Netto-Null"

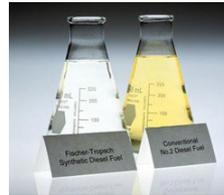
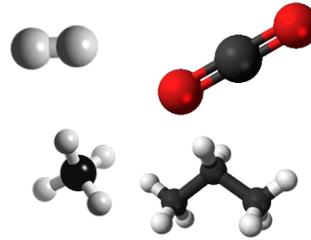


# Outline

## 1. Energiesystem Modellierung



## 2. CO<sub>2</sub> und Energy-X



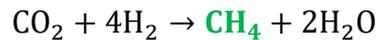
## 3. Resultate Szenarien



# Synthetische Kohlenwasserstoffe

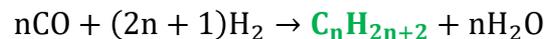
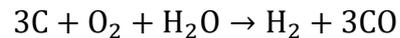


## Sabatier Reaktion, 1910



Paul Sabatier

## Fischer-Tropsch Reaktion, 1925



Franz J. E. Fischer

## Katalysatoren für die Reaktion



Hans Tropsch



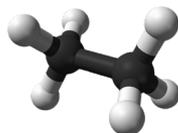
...



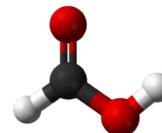
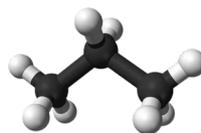
CO



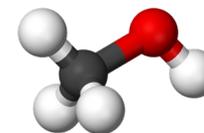
CH<sub>4</sub>



C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>



HCOOH

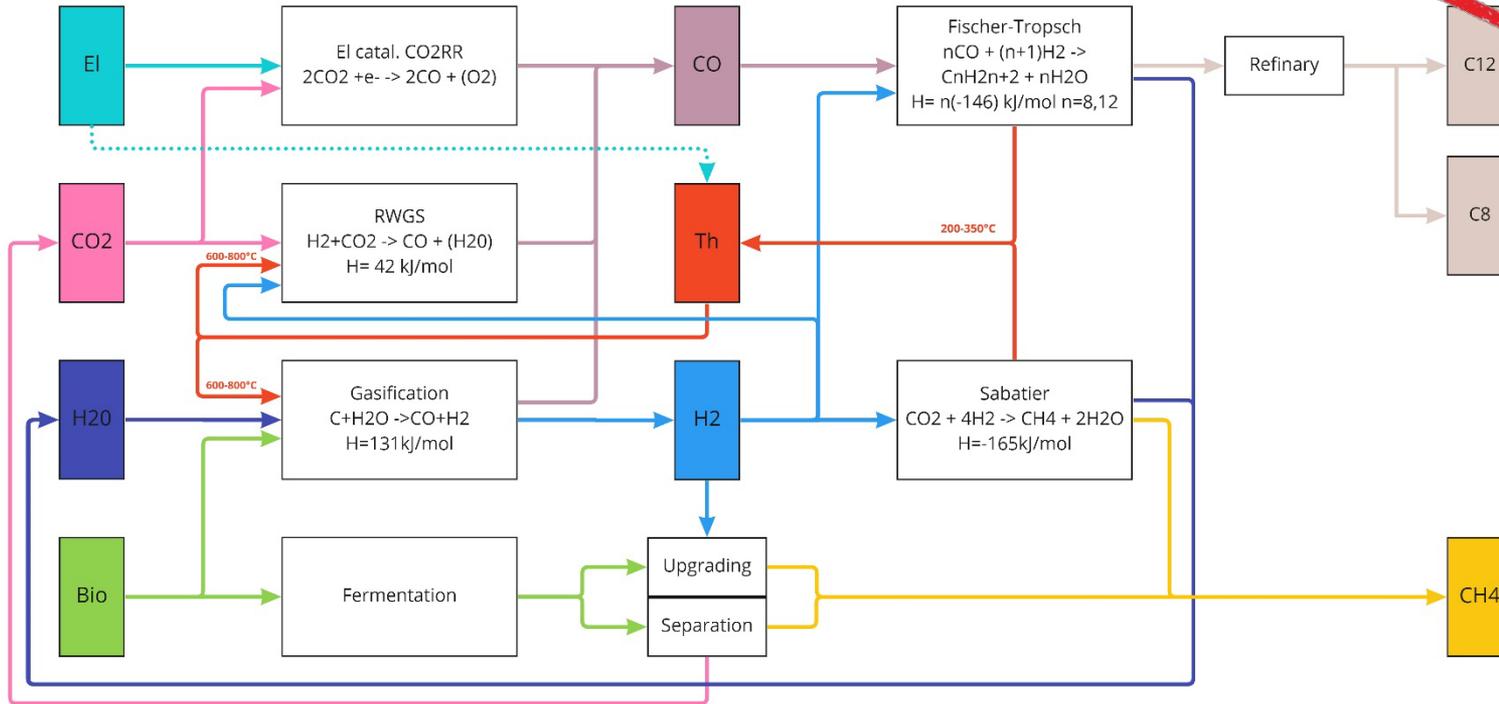


CH<sub>3</sub>OH

...

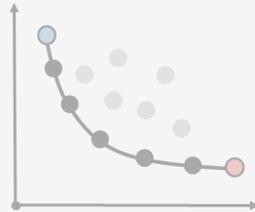
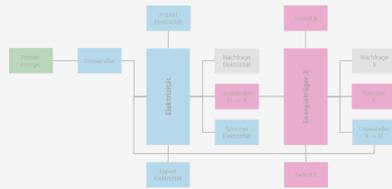
# Integration von Energy-X Pfaden

**PROTOTYPE**

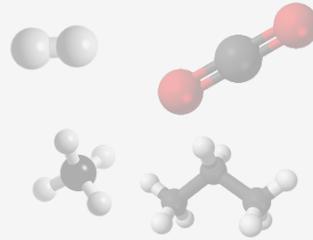


# Outline

## 1. Energiesystem Modellierung



## 2. CO<sub>2</sub> und Energy-X



## 3. Resultate Szenarien



# «Welchen Einfluss haben die hohen Energiepreise auf die Rolle von Power-to-X im Energiesystem?»

## Referenzsystem 2050 "Original"



### Kenngrossen Referenzsystem 2050

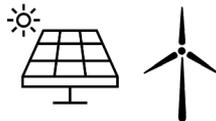
PV Potential:	45 TWh
Wind Potential:	6 TWh
Strombedarf Mobilität:	15 TWh
Wärmebedarf Gebäude:	60 TWh
Wärmebedarf Industrie:	16 TWh
Strommarkt Einbindung:	ja
Preis und Kapazität	
Import Energieträger:	TYNDP2020

## Differenz $\Delta$

### Import



### Erneuerbare



### Speicher



Netto-Null  
Systeme

## Energy-X Szenarien 2050

**PROTOTYPE**

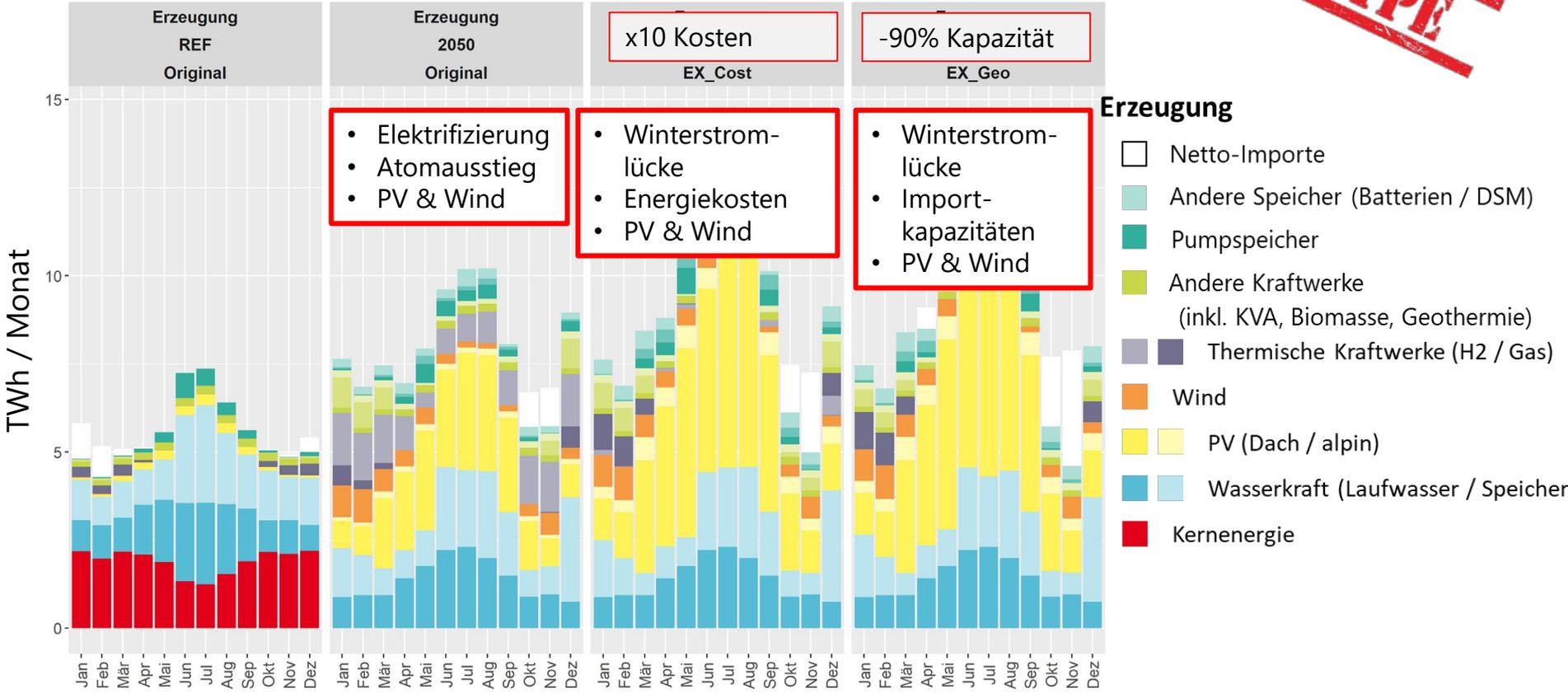
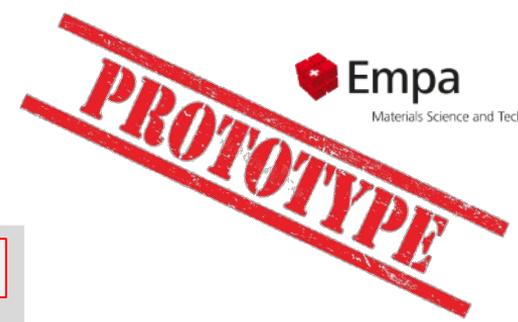


"Cost" Szenario: **10x höhere Kosten** für importierte Energieträger.  
**Winterstromlücke** (November – März kein Import möglich).

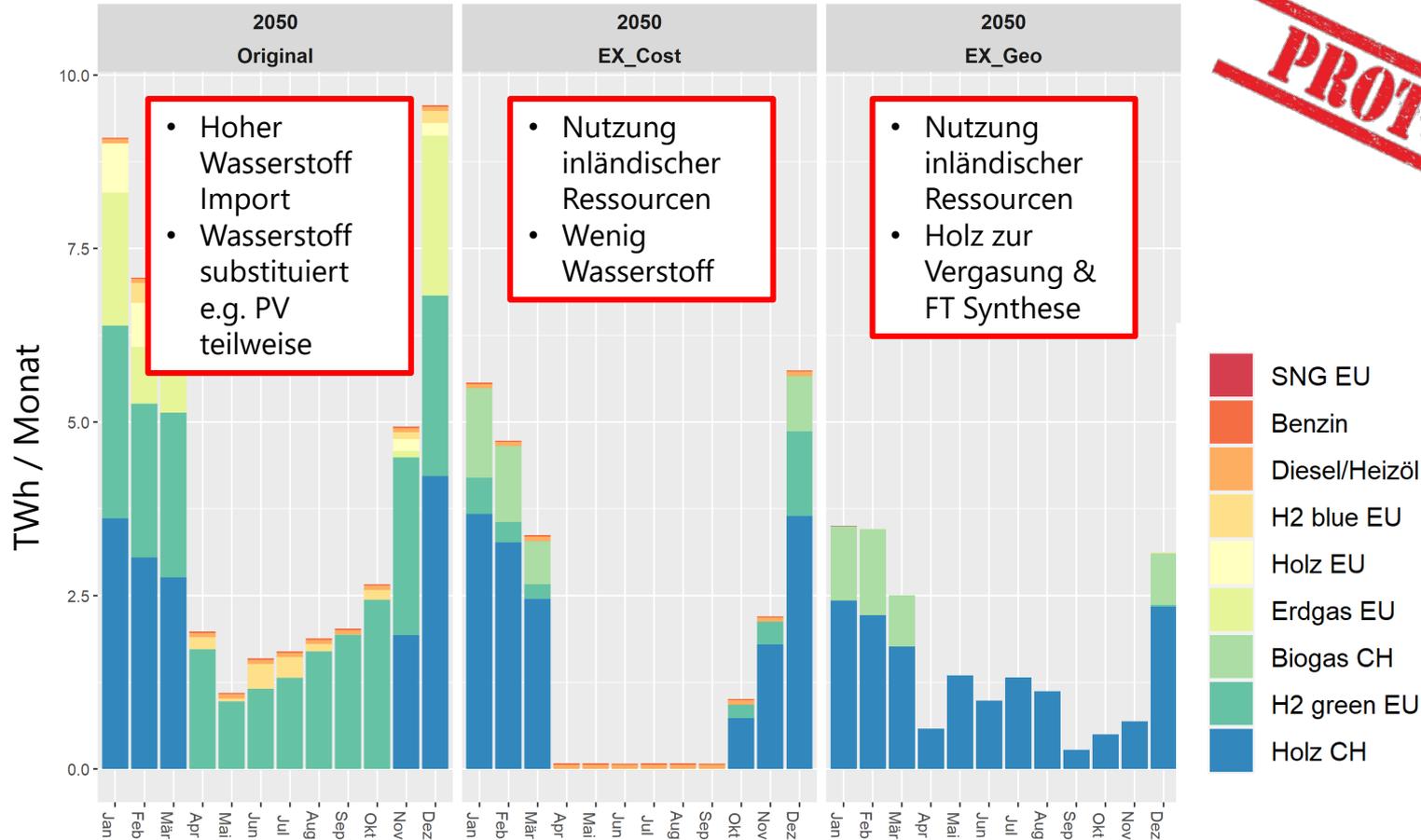


"Geo" Szenario: Um **Faktor 10 verkleinerte Import Kapazitäten** von Energieträgern aus der EU / Welt.  
**Winterstromlücke**

# Vergleich Elektrizitätserzeugung im Referenzsystem und Energy-X Systemen

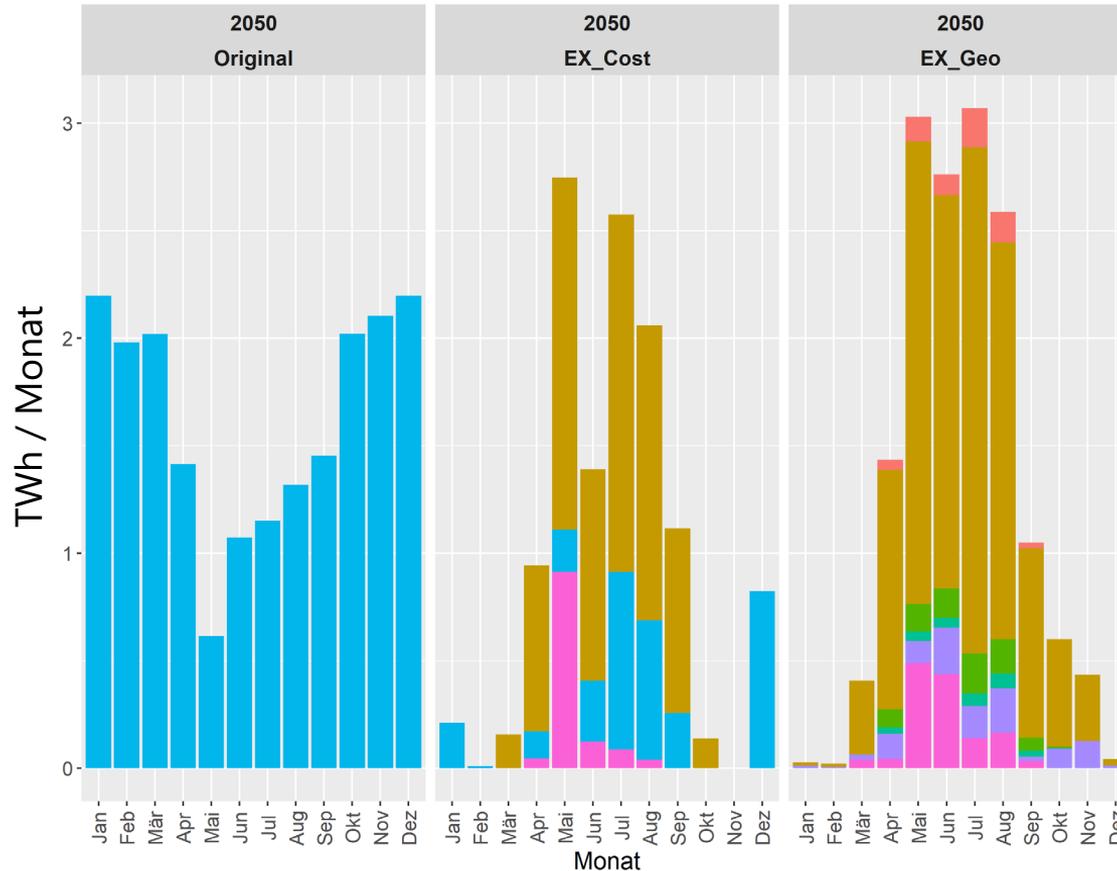


# Rolle von Energy-X bei der Import Abhängigkeit



**PROTOTYPE**

# Einsatz von Energy-X Technologien



## Qualitative Interpretation

1. Viel Eigenproduktion von **Wasserstoff** bei hohen Energiepreisen / limitierten Importmöglichkeiten
2. **FT-Synthese** via Biomasse Vergasung
3. **Vorsicht: Abwesenheit eines Pfades heisst nicht abschliessend, dass sich dieser unter Umständen nicht lohnt!** Sensitivitätsanalyse / Verfeinerung der Parameter notwendig.

## Tech

-  El. chem. CO2 Red.
-  Elektrolyse
-  Fischer-Tropsch C12
-  Fischer-Tropsch C8
-  H2 Gas-Kombi
-  Biomasse-Vergasung
-  H2 Beimischung

## **Zusammenfassung**

- Energy-X Umwandlungspfade können einen wichtigen Beitrag leisten um die Systemkosten bei Importverknappung und Verteuerung zu minimieren.
- Schweizer Optimierungsmodell erlaubt holistische Diskussion der Umwandlungspfade und Szenarienanalysen

## **Nächste Schritte:**

- Verfeinerung der Parametrisierung bei Kosten, Technologiepfaden und Speicherpotentialen.
- Einbindung der Luftfahrt: Schwer dekarbonisierbarer Sektor. Bedarf ist nur über Energy-X Prozesse zu decken.
- Geht uns das CO<sub>2</sub> für Energy-X Prozesse aus?

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Urban Energy System Lab, Empa  
Überlandstrasse 129  
8600 Dübendorf

