

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Aluminium zur Dekarbonisierung dezentraler Anlagen (Strom + Wärme)

E + E Diskurs Darmstadt

Dr. Michel Haller, Stv. Institutsleiter, Forschungsleiter SPF

20. November 2024



INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK



Welcher Anteil des Endenergiebedarfs ist Wärme?

im Jahr

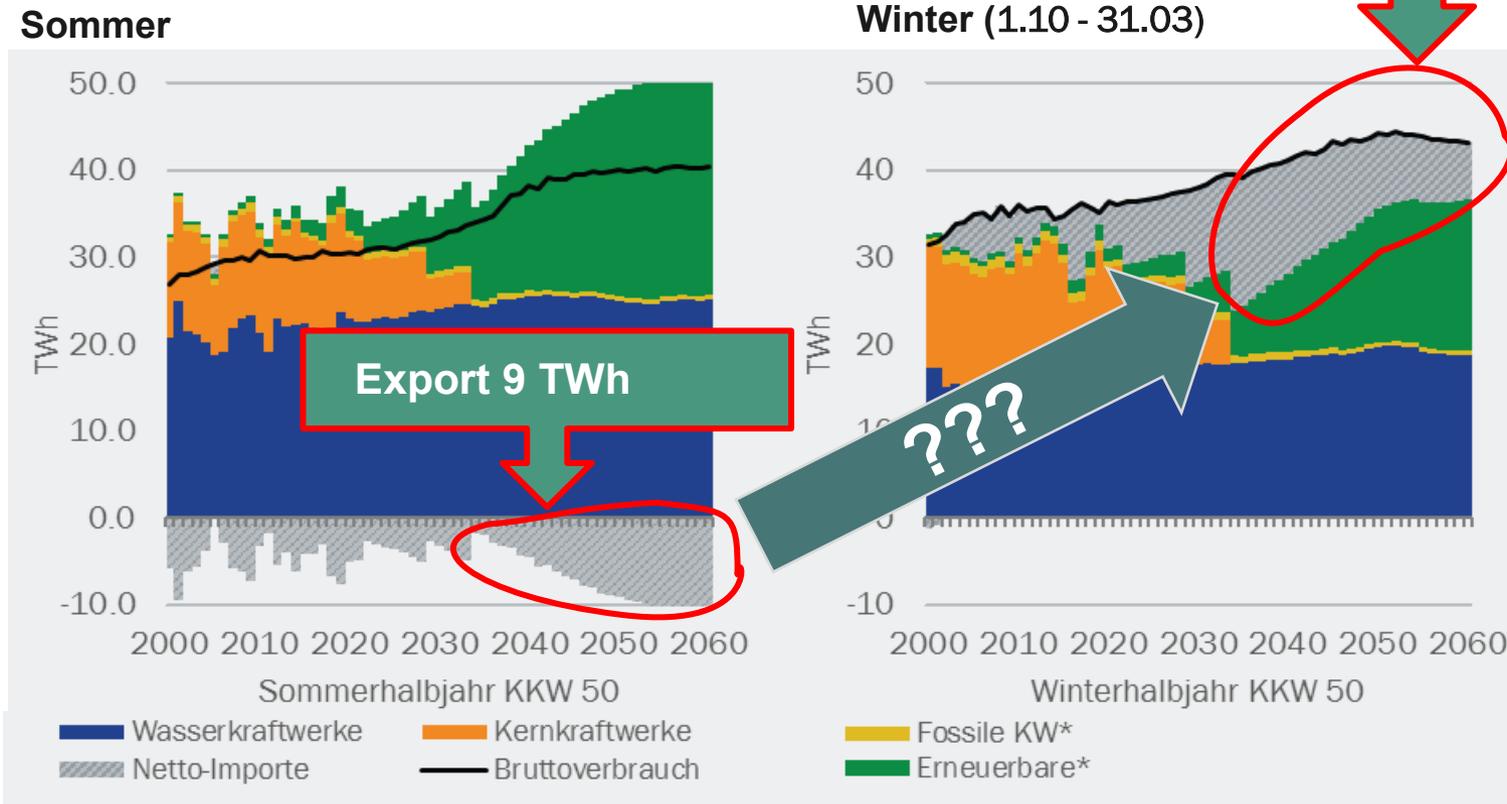
50 %

im Januar

66 %

Energieperspektiven 2050+ der Schweiz

Sommer/Winter-Bilanz: Schweizer Bruttostromerzeugung und -verbrauch

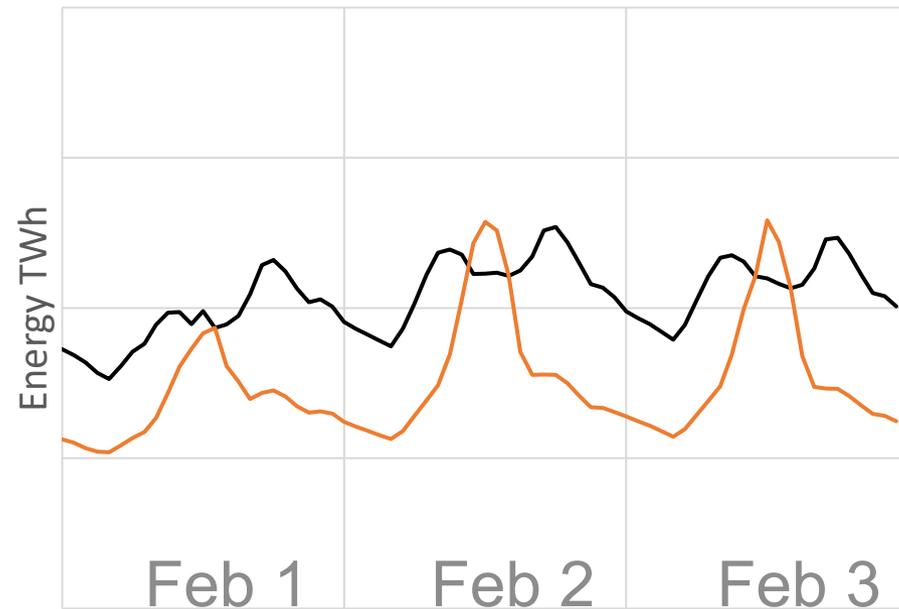


- Der Strombedarf steigt weiter an (Elektrifizierung)
- Elektrizität aus Kernenergie wird durch erneuerbare Energien ersetzt werden
- Leichter Anstieg von Wasserkraft und Windkraft
- Im Jahr 2050 34 TWh PV-Strom

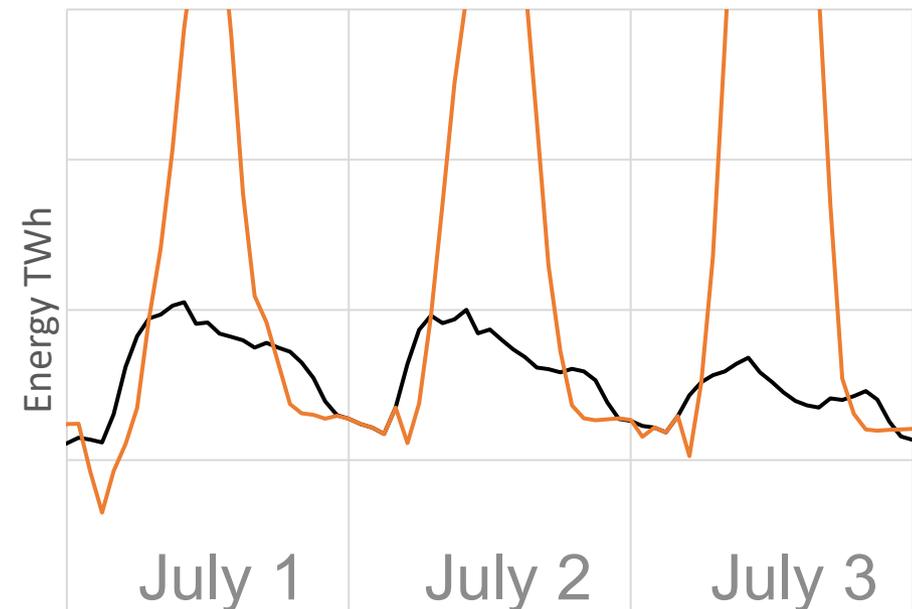
Ausgleich Sommer-Winter (Jahr 2050)

demand - production

typical days in winter

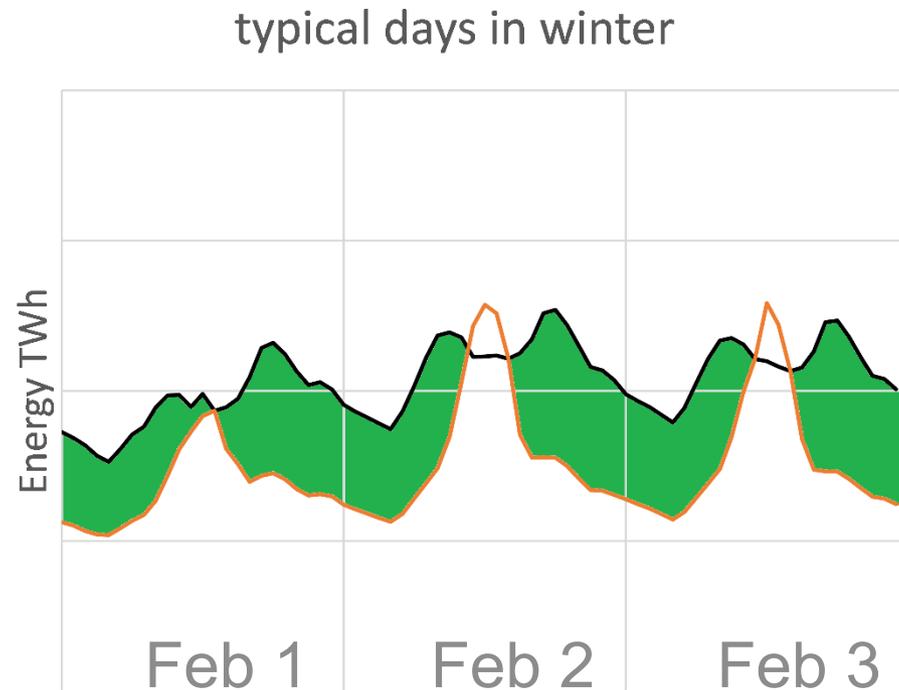


typical days in summer



Idealerweise: ein Lückenfüller

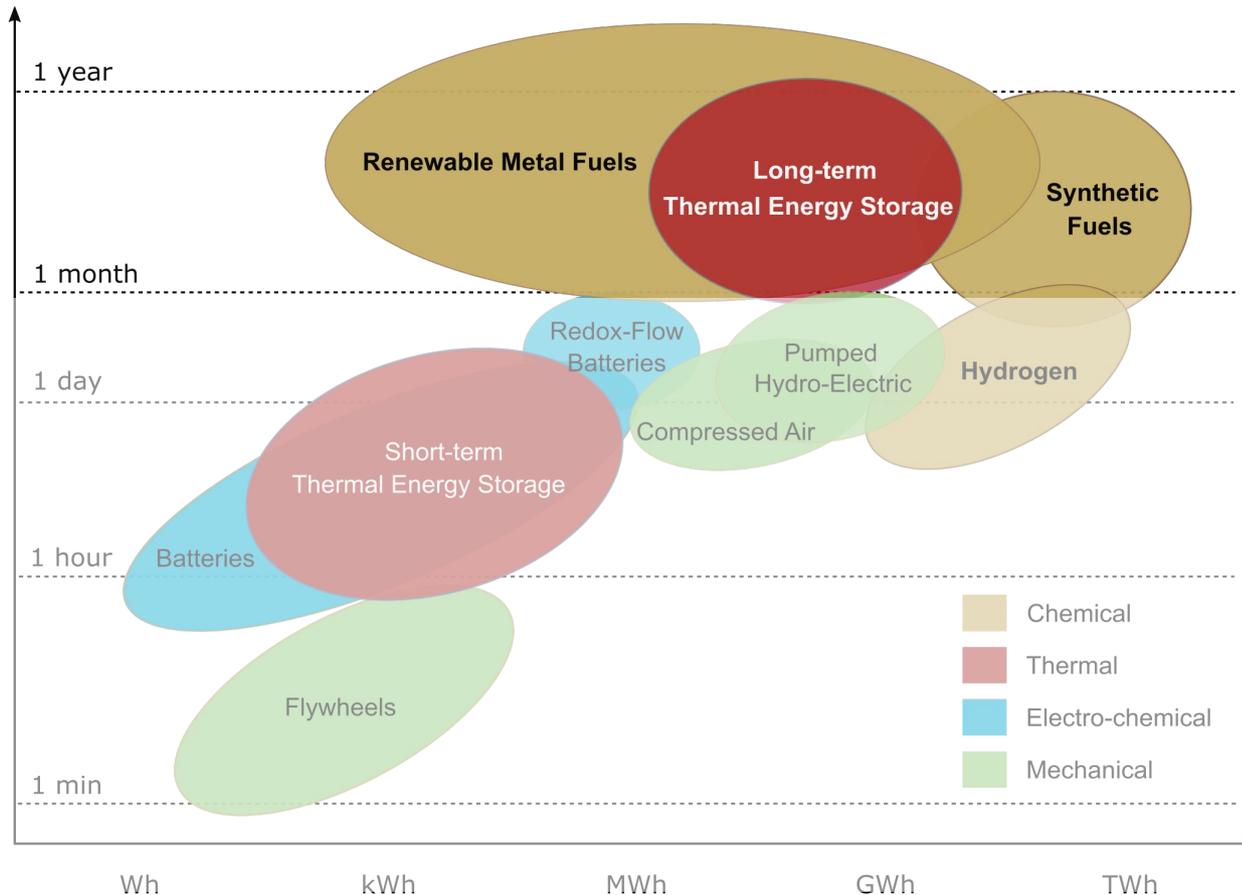
... zum Beispiel mit Alu-to-Energy...



**Marktvolumen in CH:
2 Billionen €/a**

10 TWh pro Jahr «Winterlücke»
200 €/MWh «Preis für
Spitzenlast-Energie»

Energiespeichertechniken: Langzeit - ReMeF



- **ReMeF**

- hohe Energiedichte
- leicht transportierbar
- nicht toxisch / nicht brennbar oder explosiv*
- kein Kohlenstoff

- **Thermische Speicher**

- niedrige Energiedichte
- keine Stromproduktion
- umweltfreundlich und kostengünstig
- Voraussetzung: Wärmenetze und viel Platz

- **Synthetic (hydrocarbon) fuels**

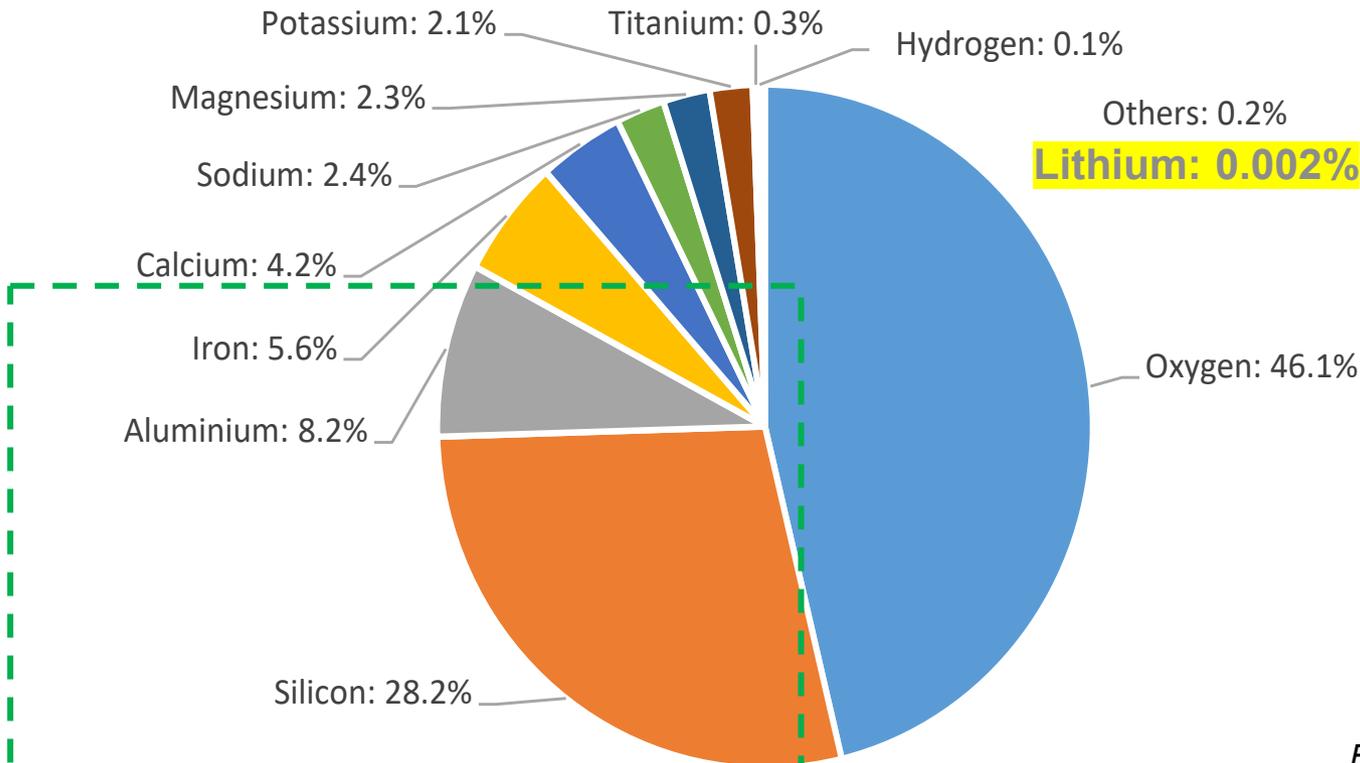
- brennbar
- woher kommt der Kohlenstoff, wohin geht er?

Quelle: AEE Suisse FESS

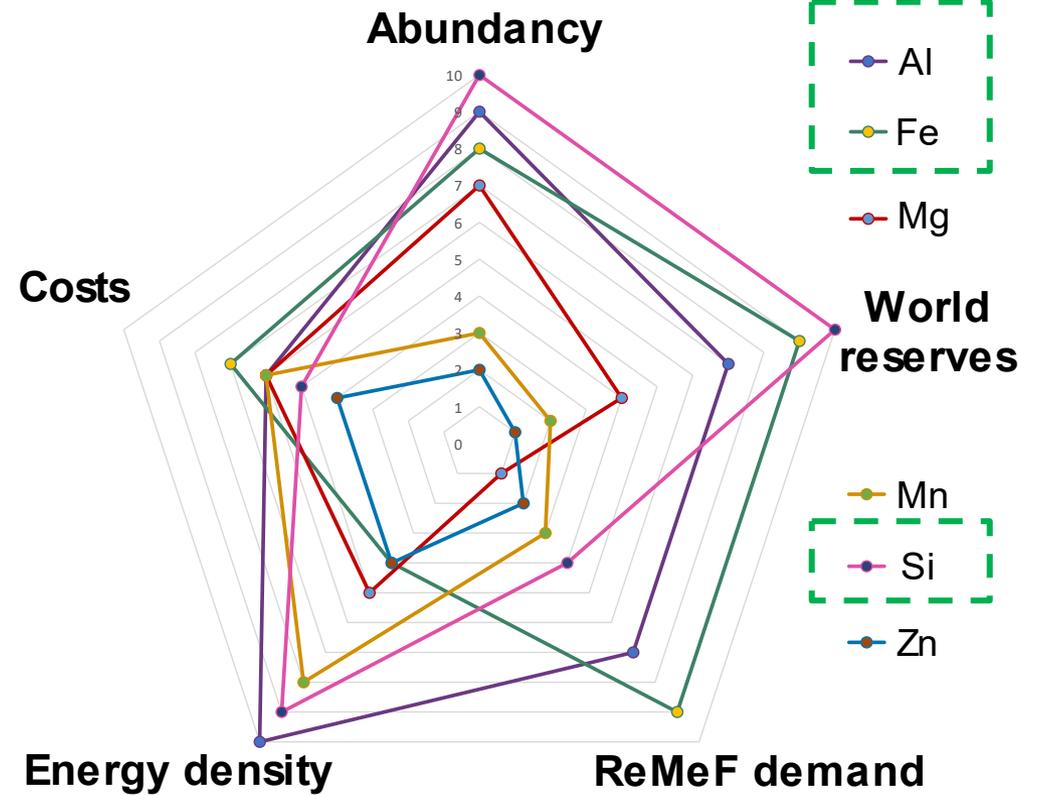
*Ausnahme: Metall-Pulver

Warum sind Aluminium und Eisen interessant?

Häufigkeit der Elemente in der Erdkruste



Si, Al, Fe = zweit- dritt- und vierthäufigste Elemente der Erdkruste



Baeuerle, Y., Haller, M., 2024 - <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2018.05.001>

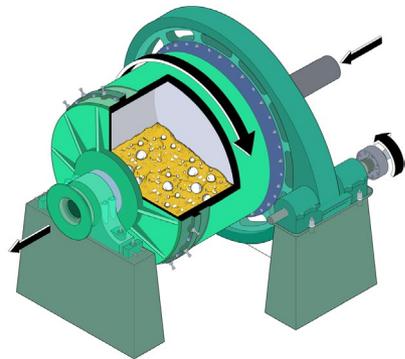
Aluminium-Wasser Reaktion

- Al + Dampf ($\sim 400\text{ }^\circ\text{C}$, $\sim 16\text{ barg}$): $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$
- Al + Wasser ($70\text{ }^\circ\text{C}$, 0-1 barg): $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2$

Problem: Dünne Oxidschicht auf Aluminium behindert die Reaktion:

Lösungen (drei Beispiele):

Kugelmahlen -> Al-Pulver



«Flüssigmetall-Legierungen»
Ga – Gallium; In – Indium; etc.

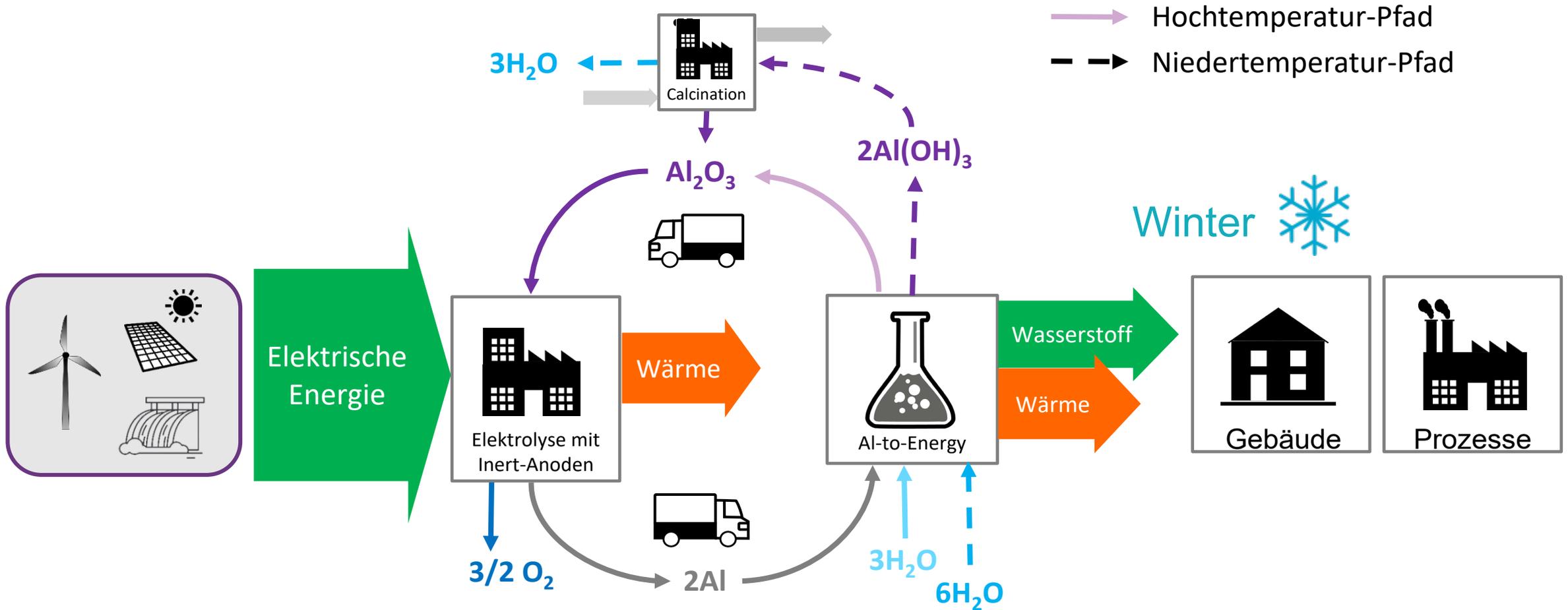


Starke Laugen (oder Säuren)
NaOH -- KOH

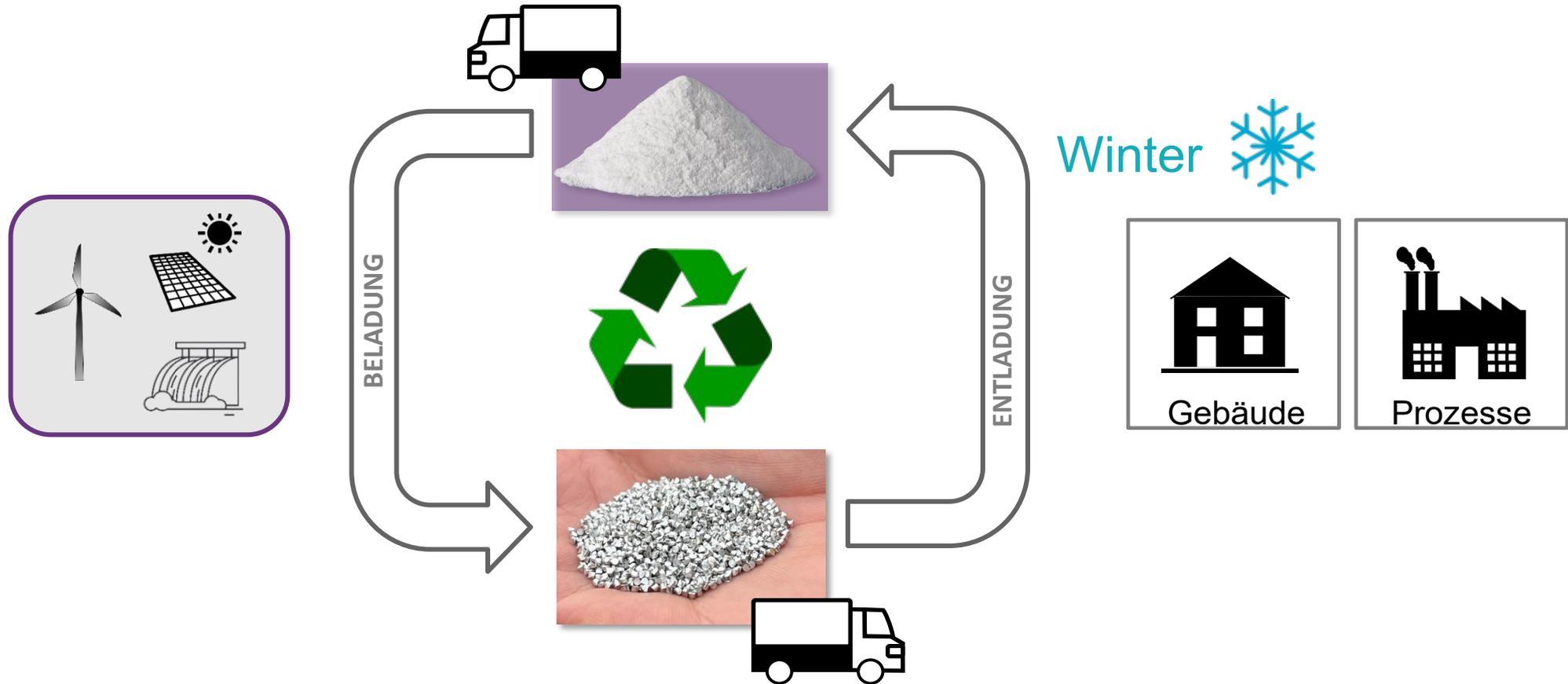


Bildquellen: Kugelmühle by Rusch, Heather, <https://www.loc.gov/pictures/item/co0922.sheet.00021a>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=83451257>; Natronlauge: <https://www.sofatutor.ch/chemie/videos/natronlauge>; Flüssigmetall: <https://www.technik-einkauf.de/rohstoffe/rohstoffe-a-z/rohstoff-quecksilber-richtig-einkaufen-289.html>

Aluminium-Energiespeicherzyklus

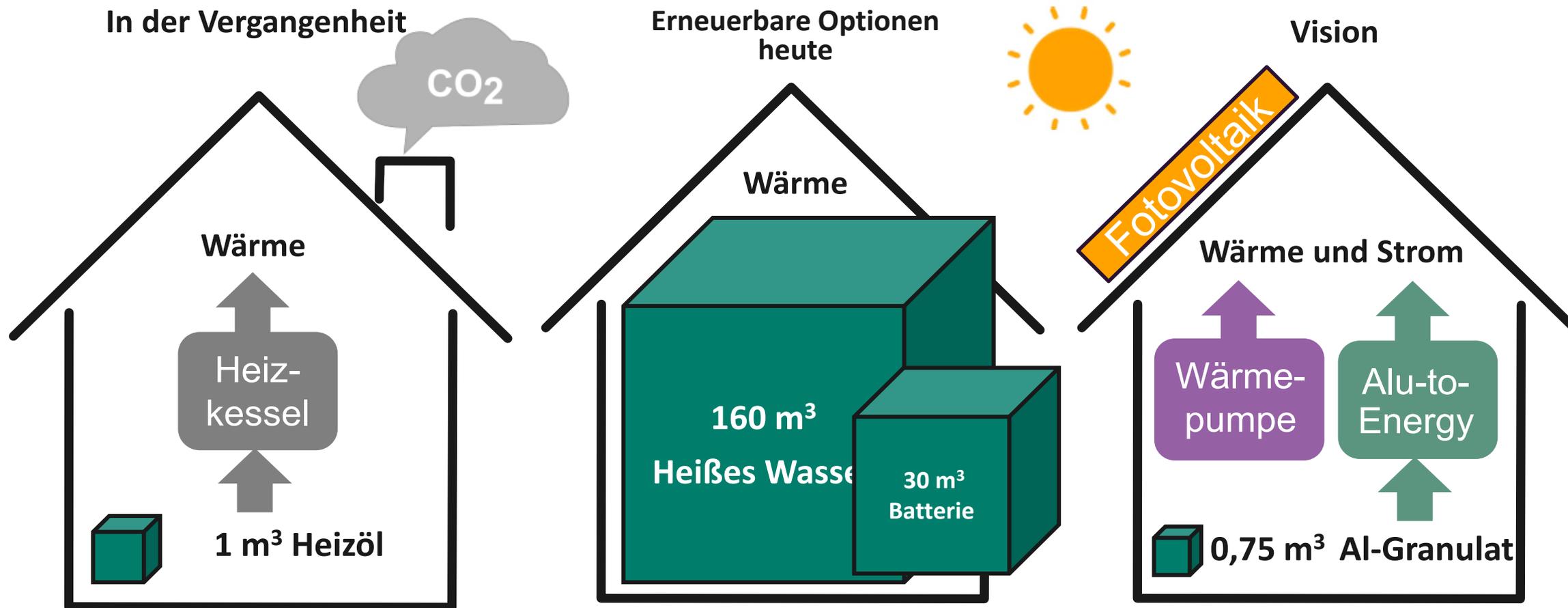


Kreislaufwirtschaft «Erneuerbar und Rezyklierbar»



Source of alumina: <https://www.esan.com.tr/en/commercial-products/aluminium-oxide-al2o3>

Wärme und Strom für Gebäude im Winter



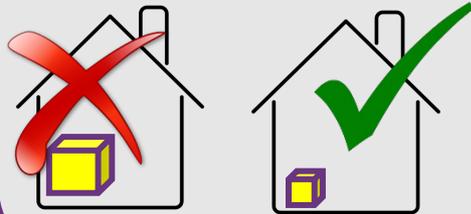
Erforderliches Speichervolumen zur Deckung eines Winterwärmebedarfs von **11'000 kWh**

Vorteile gegenüber Wasserstoff (komprimiert)

50% weniger
Kapitalkosten



7 x weniger
Speichervolumen



**Flexible
Stromquelle,**
Wasser, Wind, PV
lokal oder importiert



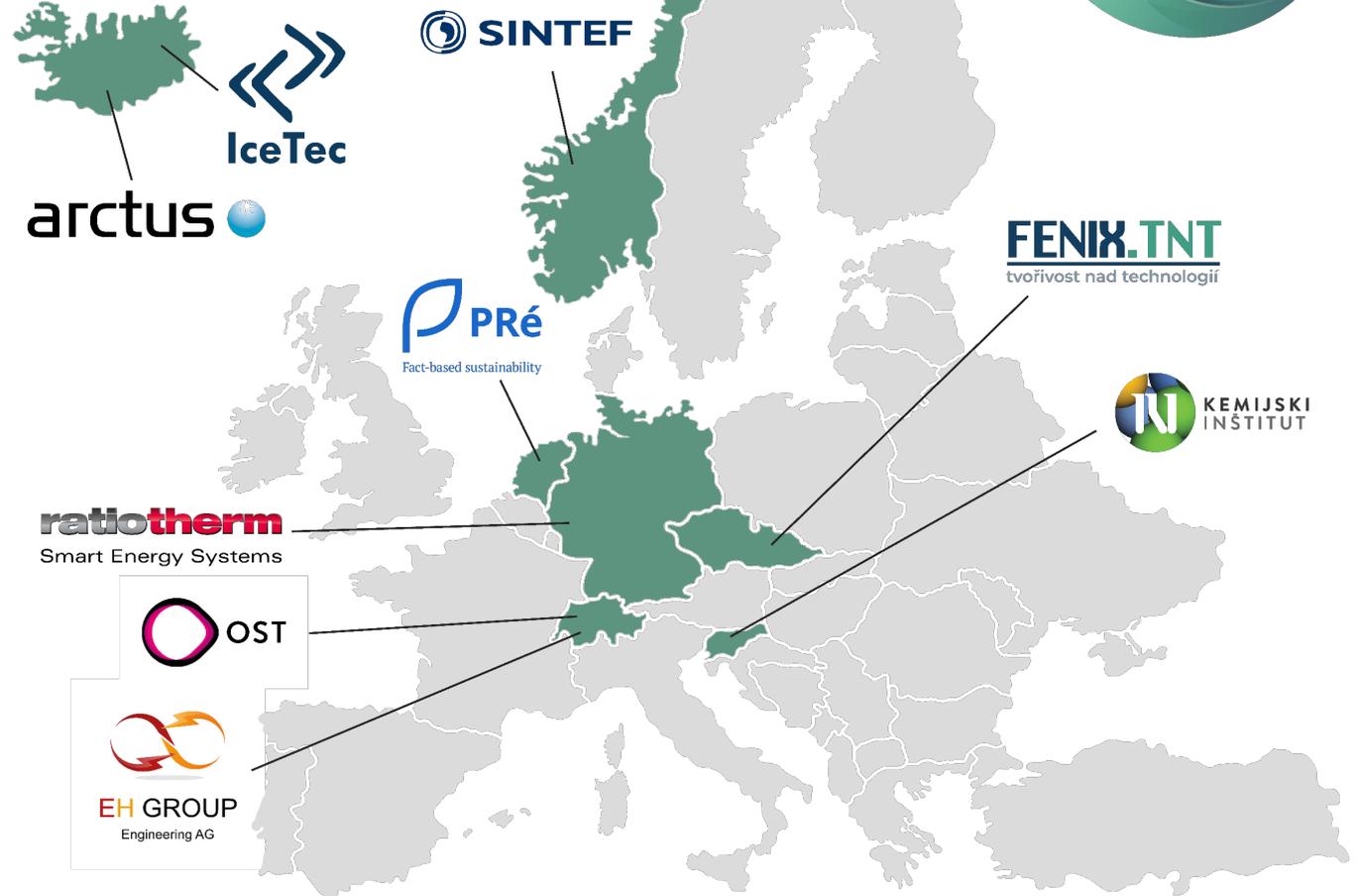
Sicherheit: keine
grossen H₂ Speicher



EU Horizon Europe Projekt REVEAL

Zusammenarbeit von **9 Partnern** aus **7 europäischen Ländern**.

Island, Slowenien,
Norwegen, Niederlande,
Tschechische Republik,
Deutschland und Schweiz



@reveal_storage



@reveal_storage



@reveal-storage



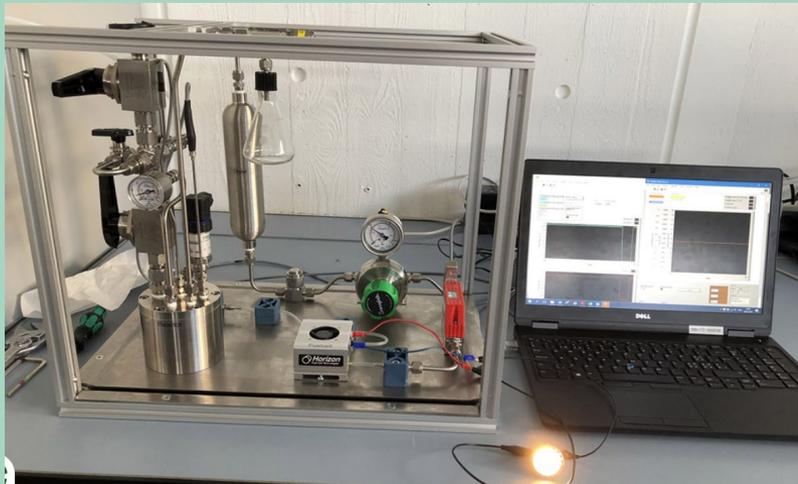
Enthüllungs-Lagerung

Unsere Entwicklung: Alu-to-Energy...



2019

First Alu-to-Energy Demo: 10 W

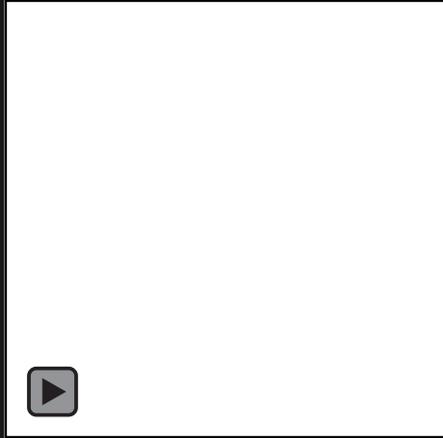


2024

Automated Feeding: 4 kW







Gründung Spin-off

apricot 366 GmbH

- Fundraising / Investoren
- Alu-to-Energy Markteinführung



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

- michel.haller@ost.ch
- www.reveal-storage.eu
- www.ost.ch/spf/peakmetal : PeakMetal - Deckung von Winterspitzen durch Strom und Wärme aus «Renewable Metal Fuels»
- www.ost.ch/spf/rewax : ReWAX – Reduzierte Wärmepumpenauslegung durch X-to-Energy für Spitzenlastdeckung

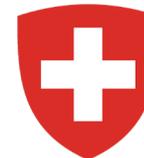


Co-funded by
the European Union



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Federal Office of Energy SFOE



The Swiss contribution is supported by the Swiss
State Secretariate for Education, Research and
Innovation (SERI) under contract number 22.00043