



OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Strom- und Wärmespeicher für eine erfolgreiche Energiewende

6. Municipal Netzwerktreffen

Dr. Michel Haller, Leiter Forschung SPF, 14.03.2024



INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK

Welcher Anteil unseres (End)-Energiebedarfs ist Wärme?

im Jahr

50 %

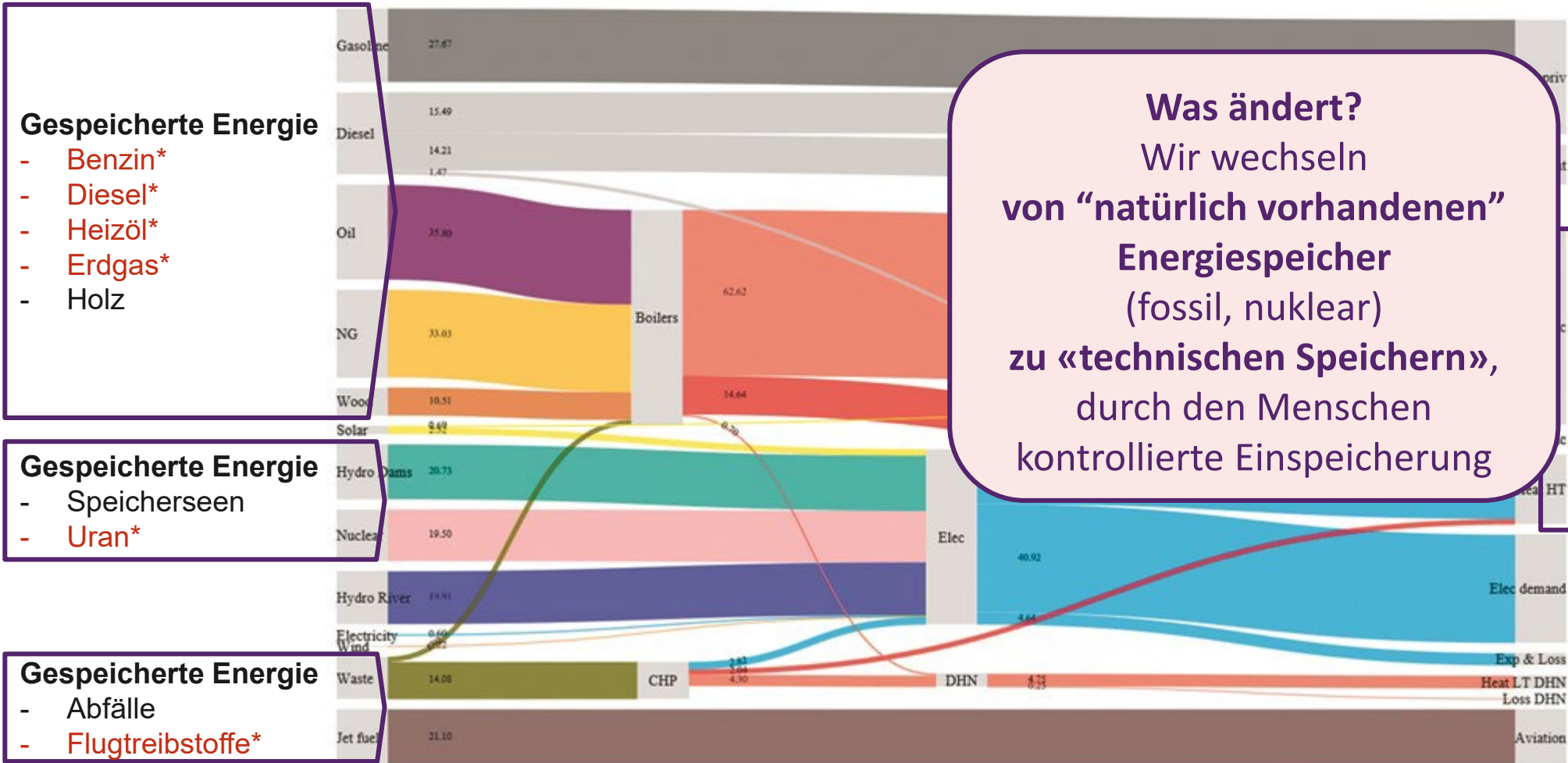
A map of Switzerland is shown with a vertical line down the center. The left half of the map is filled with black, and the right half is filled with grey. The text '50 %' is overlaid in large yellow font.

im Januar

66 %

A map of Switzerland is shown, completely filled with black. The text '66 %' is overlaid in large orange font.

Beispiel Schweiz: Sankey Diagramm von 2019

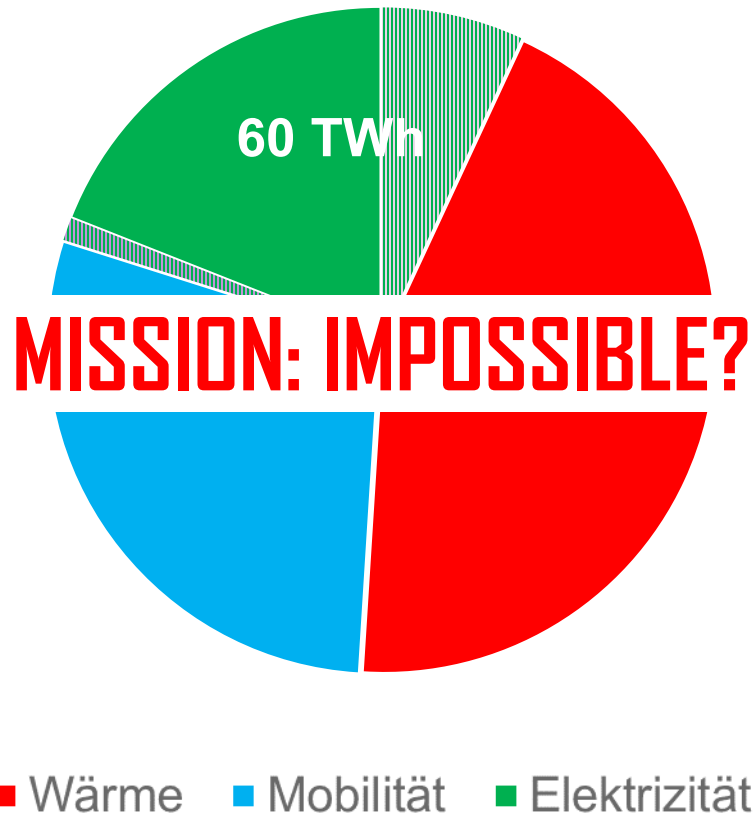


Source: Aqua & Gas, 4. Juli 2019, Stadler et al.

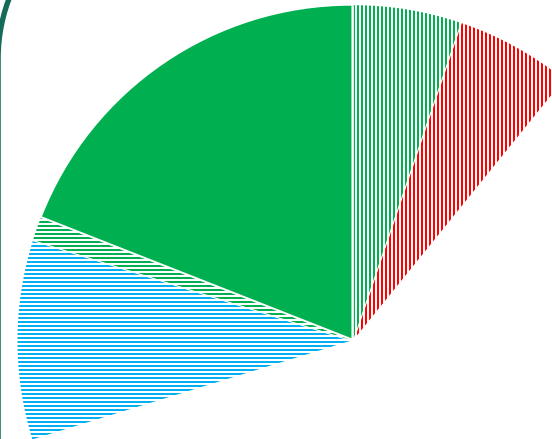
* muss ersetzt werden

End-Energiebedarf Schweiz

heute: 75% nicht erneuerbar



Zukunft: Effizienz und (oder durch) Elektrifizierung



+ 15-30 TWh_{ei}?

MISSION: POSSIBLE

- Effizienzgewinn Gebäude / Warmwasser
- Wärme: Fernwärme + Umgebungswärme
- Effizienzgewinn Elektromobilität

Zubauziele (nicht vollständig):

+ 2 TWh Wasserkraft (runder Tisch)

+ 2 TWh Wind (??)

+ 30 – 48 TWh Photovoltaik

-> heute ca. 6 TWh

+ 34 – 52 TWh Total (inkl. Ersatz AKWs)

Energiespeicher: Wie lange möchten Sie speichern?

Sekunden bis Minuten

Batterie

Kondensator

Schwungrad

Minuten bis Tage

Pumpspeicher

Thermischer Speicher

Batterie

Druckluft

Wochen bis Monate

Stauseen

Pumpspeicher?

Grosse Thermische

Chemisch

Beispiel Grosse Thermische Speicher

**Industriell: kurze Zeit (Tag-Nacht),
hohe Temperatur (> 300 °C)**

Beispiel: 50-MW-CSP-Kraftwerk
Shagaya (Kuwait);

Technologie: Flüssigsalz: $\text{NaNO}_3/\text{KNO}_3$



© TSK Group

Fernwärme

Beispiel: Dronninglund (DK); 62'000 m³
Technologie: Wasser / Erdbecken



© NIRAS Aalborg

Wohnen

Beispiel: Mehrfamilienhaus
Oberburg (CH); 200 m³
Technologie: Wasser / Tank



© Jenni Energietechnik

Welche Art von Speicher wollen Sie?

- **Netzstabilisierung, kurzfristig**

- Batterien, Kondensatoren, Schwungräder, Pumpspeicher, Wärmespeicher Leistungselektronik...
- Technologien vorhanden / ausgereift / kosten-effizient

- **Ausgleich Tag / Nacht**

- Pumpspeicher, thermische Speicher, Batterien
- Technologien vorhanden / ausgereift / kosten-effizient

Problem gelöst oder
relative einfach zu lösen

-
«piece of cake»

- **Ausgleich Sommer / Winter «Saisonale Energiespeicher»**

- Grosse thermische Speicher, chemische Speicher, Stauseen (Wasserkraft)
- Technisch möglich, aber teuer, grosse Volumen, Hürden bei der Implementierung / Akzeptanz

Herausfordernd!
Forschung und
Entwicklung

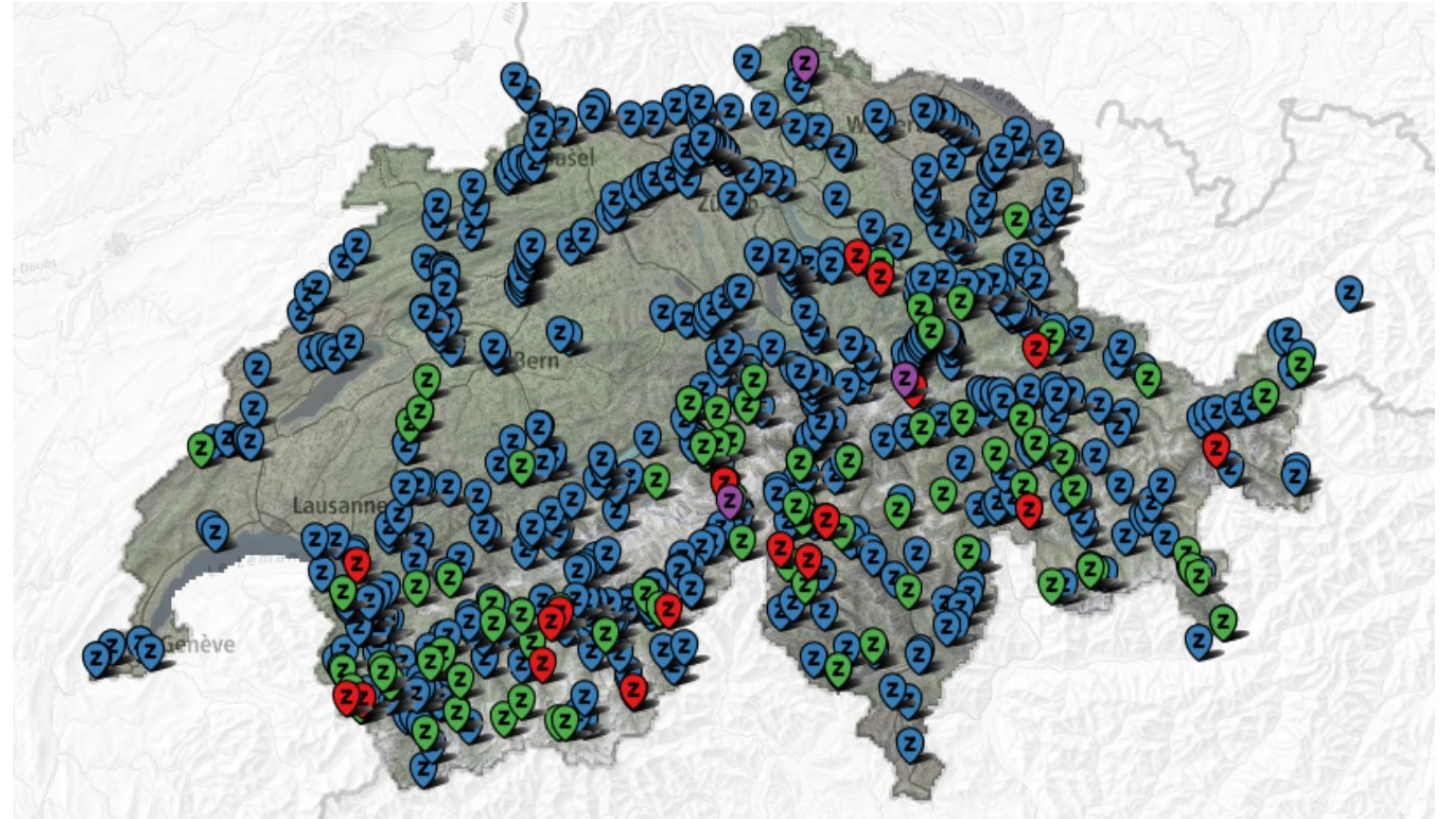
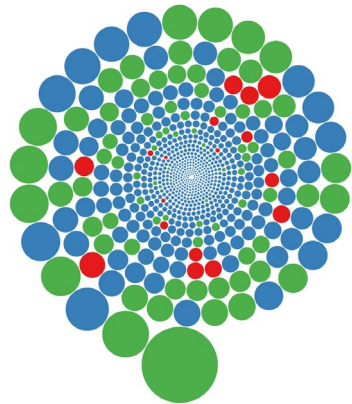
- **Ersatz Transport-Treibstoffe für Schwer- und Flugverkehr**

- Schiffe, Flugzeuge, (Lastwagen, Baumaschinen: Batterien?)

Wasserkraft in der Schweiz: ~37 TWh/a

- Laufwasser: 18 TWh (49%)
- Speicher: 17.4 TWh (47%)
- Pumpspeicher: 1.6 TWh (4%)

Nach Produktion geordnet



https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/WK_WASTA/

Quelle: <https://www.axpo.com/ch/de/ueber-uns/magazin.detail.html/magazin/erneuerbare-energien/laufwasserkraft-einfach-erklart.html>;
https://www.linie-e.ch/de/energiewissen/themen/energietraeger-wasserkraft.php#anchor_b2cd5c12_Accordion-Wasserkraft-in-der-Schweiz



Speicherkapazität Schweiz (Hydro)

- Theoretisch könnten mit bestehenden **Pumpspeicherkraftwerken** in der Schweiz (Fassungsvermögen 300 GWh) bei einer durchschnittlichen Last von 5 GW der Schweizer Strombedarf während **60 Stunden** abgedeckt werden.
- **Alle Speicherkraftwerke zusammen** (v.a. Speicherseen) können maximal 8.85 TWh an Stromerzeugung zurückhalten (speichern) und können damit in etwa **30 Prozent des Winter-Stromverbrauchs** in der Schweiz decken.



Foto: Lac de Moiry – Michel Haller

Quelle: Oberholzer S. *Energiespeichertechnologien - Kurzübersicht 2021*. Bern: Bundesamt für Energie BFE; 2021.

Wasser-Wärmespeicher – in verschiedenen Grössen



5 Liter – 100 €
Quelle: AEG



300 Liter – 600 €
Quelle: meinhausshop.de
2000 €/m³



z. Bsp. 18 m³ – 9'000 CHF
Quelle: jenni energietechnik
500 €/m³



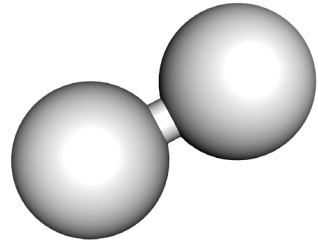
z. Bsp. 28'000 m³ – 10 Mio CHF
Quelle: Agro-Energie Schwyz
350 €/m³



Erdbeckenspeicher Vojens (DK) 200'000 m³ - ca. 2.6 Mio €
gl.ramboll.com **23 €/m³**

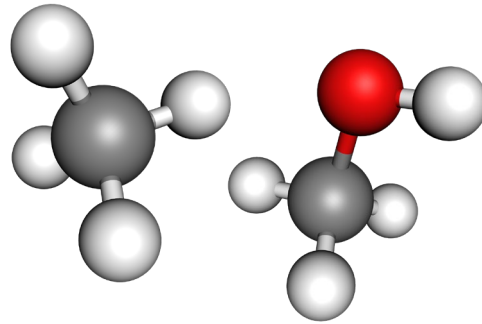
Chemische Energiespeicher (Power-to-X)

Wasserstoff



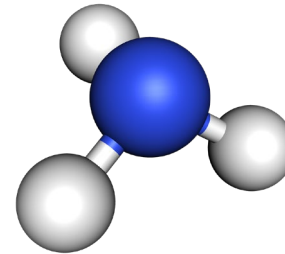
Nachteile:
vol. Energiedichte
/ Speicherbarkeit

Kohlenwasserstoffe Methan / Methanol



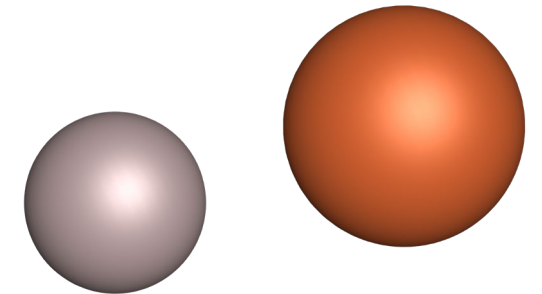
Nachteile:
Kohlenstoff: Woher
und wohin?

Ammoniak



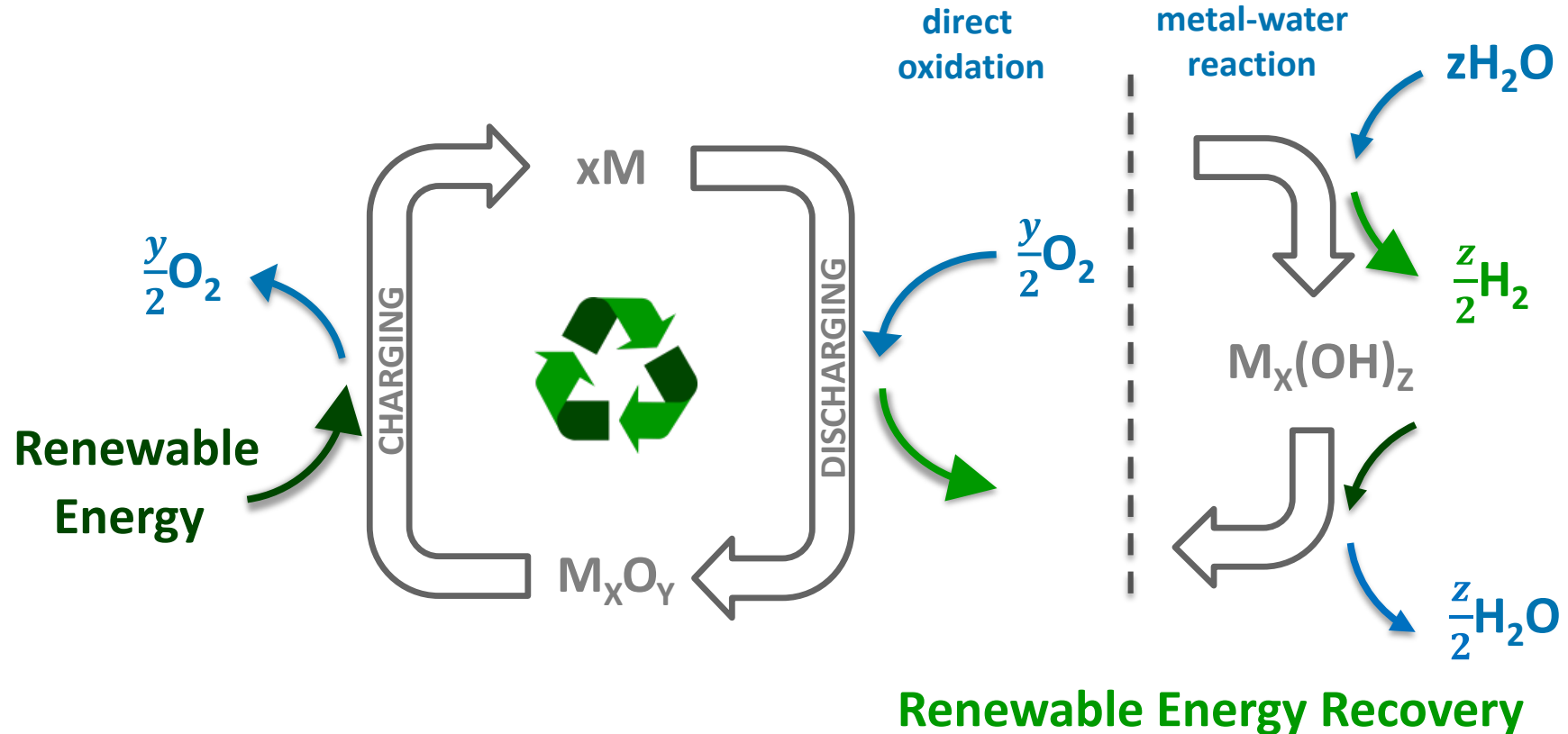
Nachteile:
Toxizität

Metalle – Renewable Metal Fuels: Al, Fe



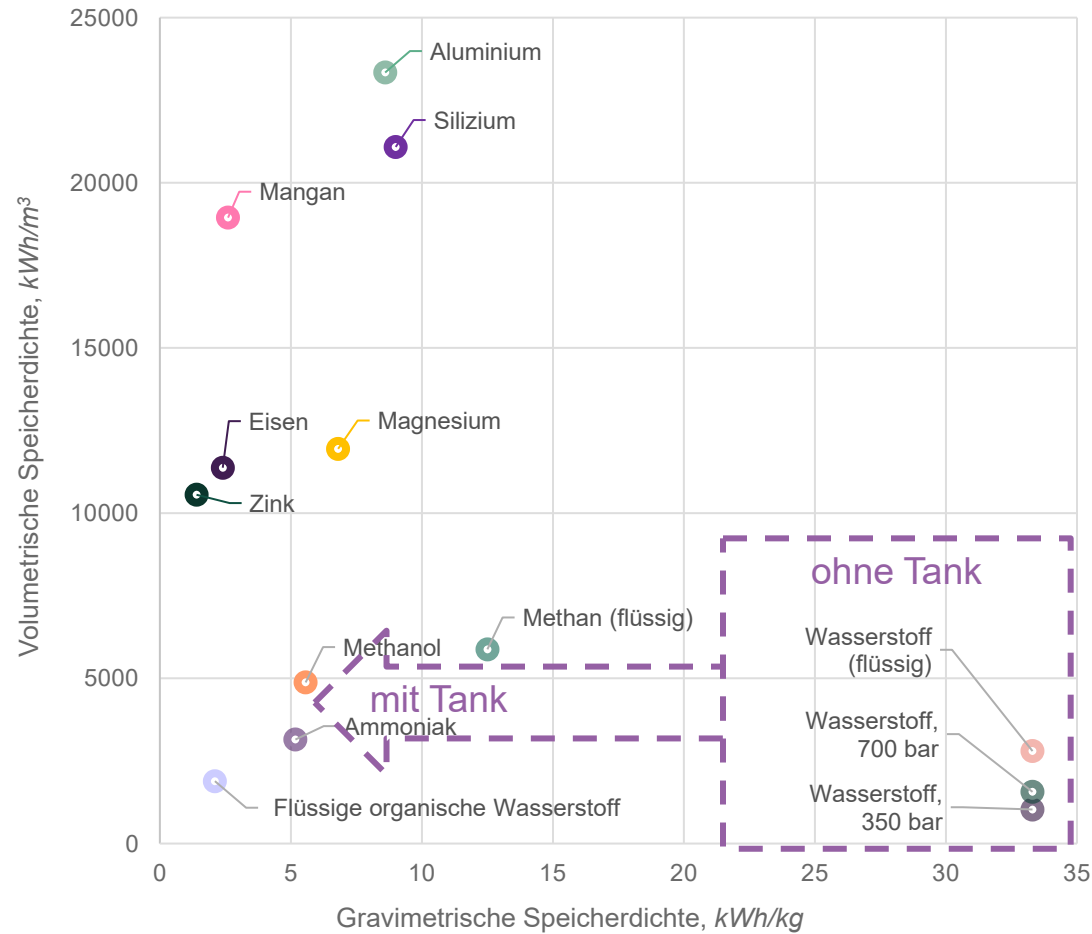
Nachteile:
Technologiereife

Speicherkreislauf mit Metallen



EU Projekt REVEAL, www.reveal-storage.eu

Speicherdichten



Grafiken: Isabelle Bäuerle 2023, Projekt PeakMetal, SPF-OST

Fazit

- Alles sprechen von Strom, aber zwei Drittel der Winterenergie sind Wärme
- Kurzfristige Speicherung (Tag/Nacht bis eine Woche) ist technisch gelöst und verfügbar
 - auch finanziell «erschwinglich», und immer häufiger profitabel
 - Elektrofahrzeuge sind in der Vollkostenrechnung günstiger als Benziner, und bringen den Kurzzeitspeicher bereits mit
- Langfristige Speicherung Sommer -> Winter ist noch nicht zu 100% gelöst, aber
 - Speicherseen sind bereits verfügbar und werden weiter ausgebaut (+2TWh)
 - Grosse Thermische Speicher für Fernwärme (Erdbecken, Aquifer) sind kostengünstig, aber raumplanerisch und bewilligungstechnisch anspruchsvoll
 - lange Vorlaufzeiten
 - Anpassung an der Zonenordnung und evt. bei Gesetzen und Verordnungen nötig
 - Chemische Speicher / Power-to-X, insbesondere Renewable Metal Fuels als spannende Option für «Peak-Load» Abeckung im Winter (Wärme und Strom)

Danke

16./17. & 23./24. Mai 2024, www.ost.ch/energiespeicher

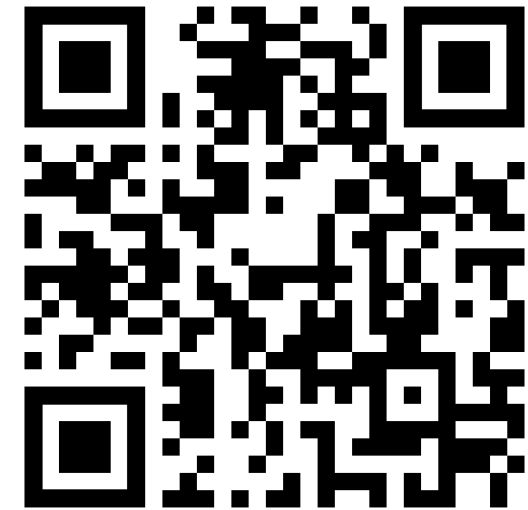


Jetzt mehr erfahren und anmelden

**WEITERBILDUNG
ENERGIESPEICHER**

WO WISSEN WIRKT.

 **OST**
Ostschweizer
Fachhochschule



Thermische Speicher als Saisonspeicher

Fokusstudie «Saisonale Wärmespeicher – Stand der Technik und Ausblick»

Auftraggeber: Forum Energiespeicher Schweiz
Titel: Saisonale Wärmespeicher – Stand der Technik und Ausblick
Datum: Februar 2019
Autoren: Michel Haller, Institut für Solartechnik SPF, Hochschule für Technik HSR
Florian Ruesch, Institut für Solartechnik SPF, Hochschule für Technik HSR

Unter Mitwirkung von:
Luca Baldini, EMPA
Stefan Brändle, Amstein & Walther AG
Andreas Haselbacher, ETH Zürich
Hubert Palla, VSG Verband der Schweizerischen Gasindustrie
Willy Villasmil, CC Thermische Energiespeicher, HSLU

Die vorliegende Fokusstudie gibt die Einschätzungen und Positionen der Autoren, jedoch nicht zwingend des Forums Energiespeicher Schweiz und dessen Partner wieder.



Download at <https://speicher.aeesuisse.ch/de/fokusstudien>

Verfügbarkeit von Metallen

Häufigkeit in der Erdkruste

