



OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Speichermöglichkeiten / Kapazitäten (?) / Technologien

Herbstplenarversammlung KGTV

Dr. Michel Haller, Leiter Forschung SPF, 18.11.2025



INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK

Kurzvorstellung Michel Haller

- Dipl. Natw. ETH, Dr. techn. TU Graz
- Leiter Forschung & StV. Inst-Leiter am SPF Institut für Solartechnik der OST



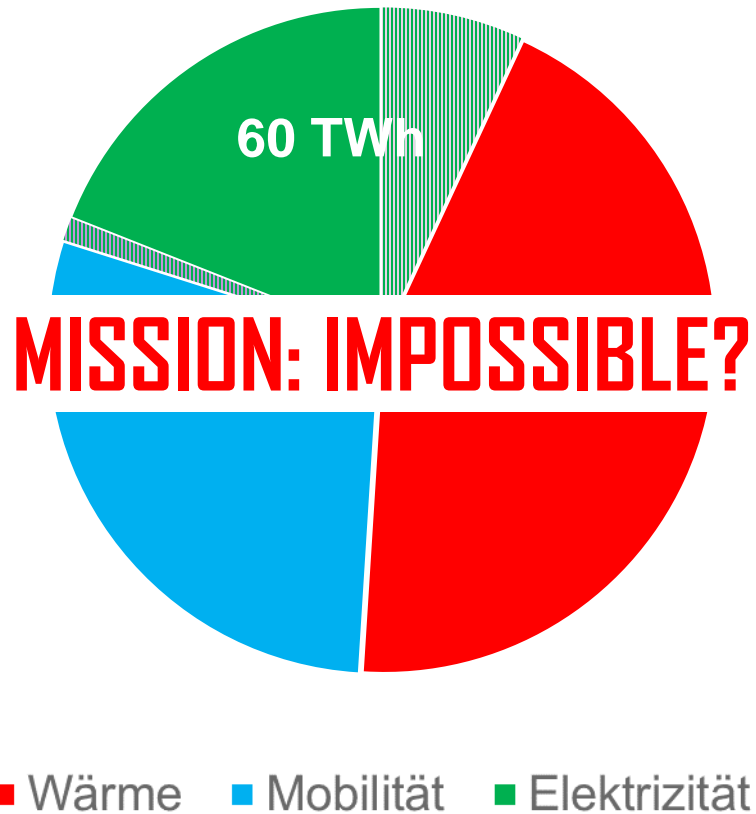
- **Forschung & Entwicklung**
 - Solarenergie & Wärmepumpen
 - Wärmespeicher / thermische Speicherschichtung
 - Legionellen in Trinkwassersystemen
 - Energiesimulationen – insbesondere Solarenergie & Sektorkopplung
 - Renewable Metal Energy Carriers / Metalle als Energiespeicher
- **Lehre**
 - Solares Heizen und Kühlen
 - Energiespeicher

Übersicht

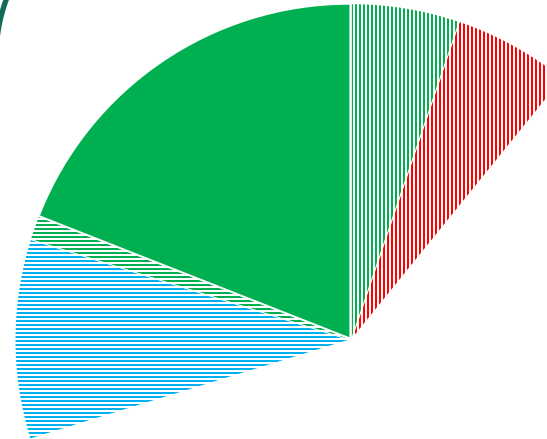
- Energiewende: Mission Impossible?
- Wie verändert sich unser Energiesystem gerade?
- Welche Rolle spielen Sektorkopplung und Wärme?
- zeitliche Skalen des Energiespeicherbedarfs
 - Welche Speicher für welchen Zeitraum?
 - 1. Tag/Nacht
 - 2. «Dunkelflaute»
 - 3. Saisonal
- Wechselwirkungen Politik, Wirtschaft, Gesellschaft (spotlights)
 - Rolle der Individuen
 - Rolle des Gebäude-Wärmebedarfs
 - Einordnung von 10 TWh «Winterstromlücke»

End-Energiebedarf Schweiz

Heute: 75% nicht erneuerbar



Zukunft: Effizienz und (oder durch) Elektrifizierung



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. 10 TWh

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

Was ändert sich mit der Energiewende in der Schweiz?

Gespeicherte Energie

- Benzin*
- Diesel*
- Heizöl*
- Erdgas*
- Holz

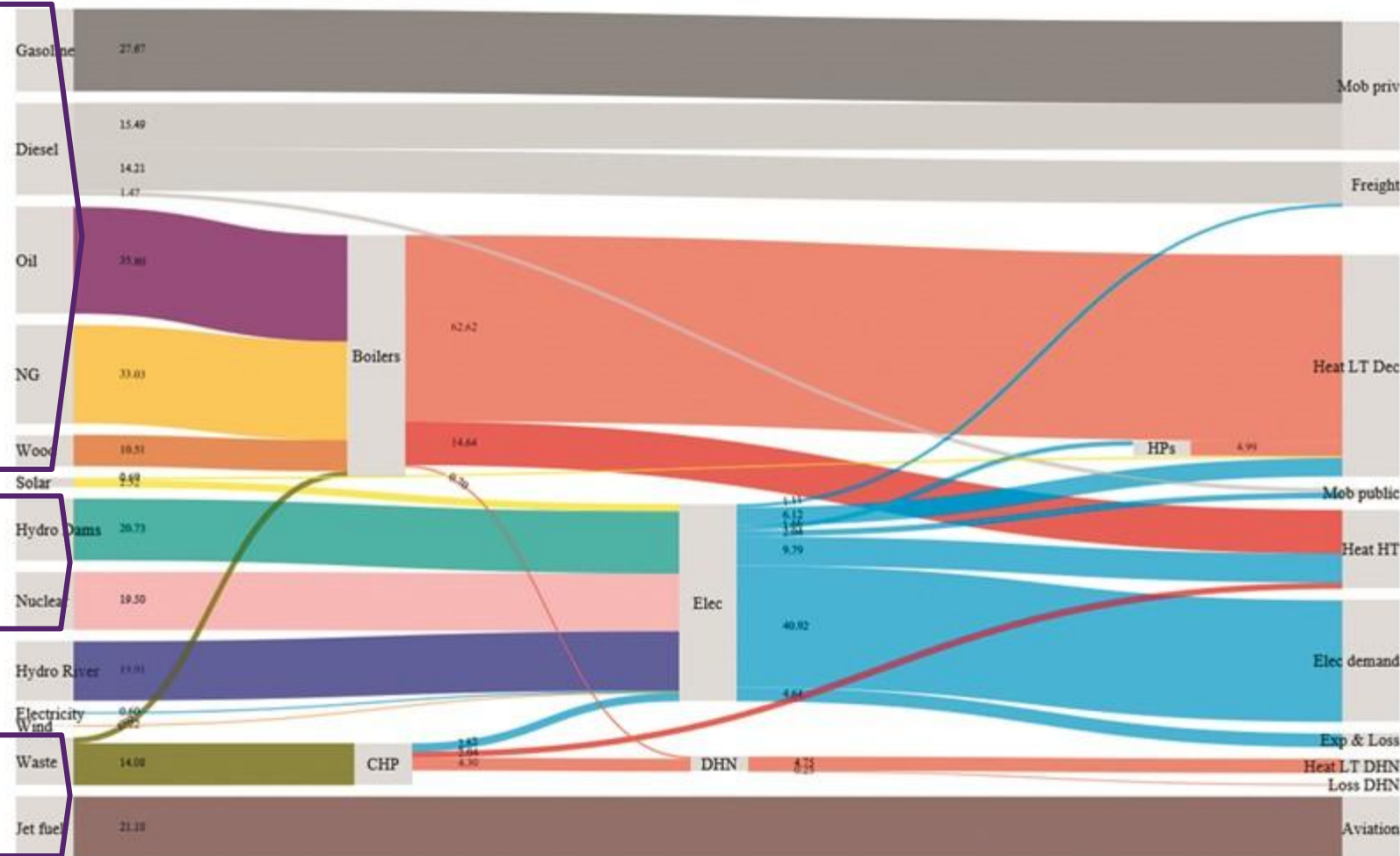
Gespeicherte Energie

- Speicherseen
- Uran*

Gespeicherte Energie

- Abfälle
- Flugtreibstoffe*

* muss ersetzt werden



50% Wärme

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

Was ändert sich?

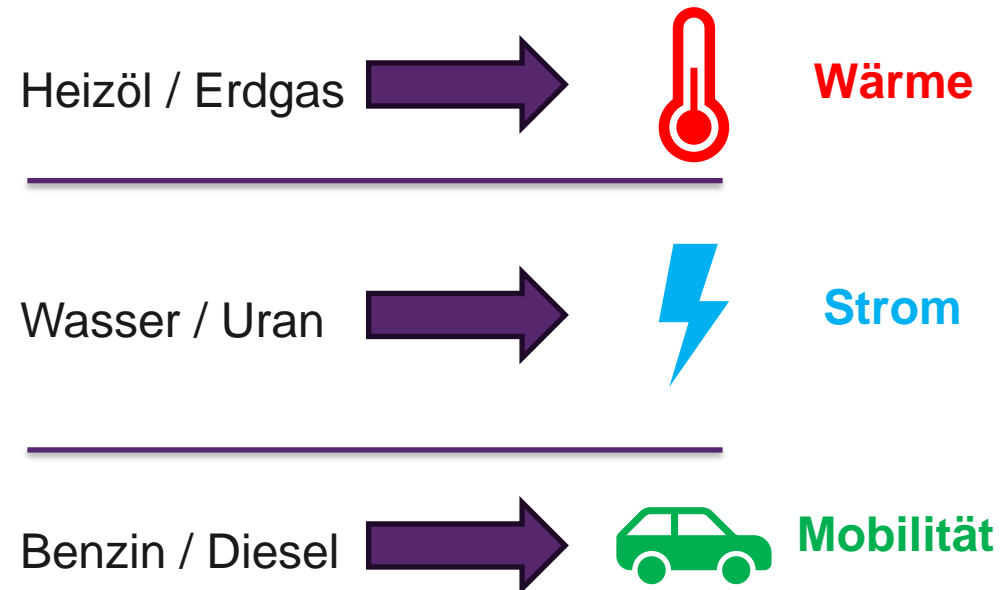
- Wir wechseln **von “natürlichen” Energiespeichern** (fossil, nuklear) zu fluktuierender **Erneuerbarer Erzeugung** von Strom aus Solar, Wind (+Biomasse).
- Diese müssen auf Grund **weitgehend fehlender inhärenter Speicherfunktion** – bei hoher Marktdurchdringung - ergänzt werden durch “technische Energiespeicher”
- **Resultat**
 - Die Energiewende wird dekarbonisiert, wir **reduzieren das Ausmass der bevorstehenden Klimakatastrophe**, und...
 - ... wir werden weitgehend **unabhängig von Energie-Importen**, insbesondere Heizöl, Diesel, Benzin, Erdgas, Uran, und...
 - ... wir **erhöhen die Wertschöpfung in der Schweiz**: es fließen jährlich **8 Mia CHF weniger ans Ausland** für den Einkauf von fossilen Energieträgern und Uran



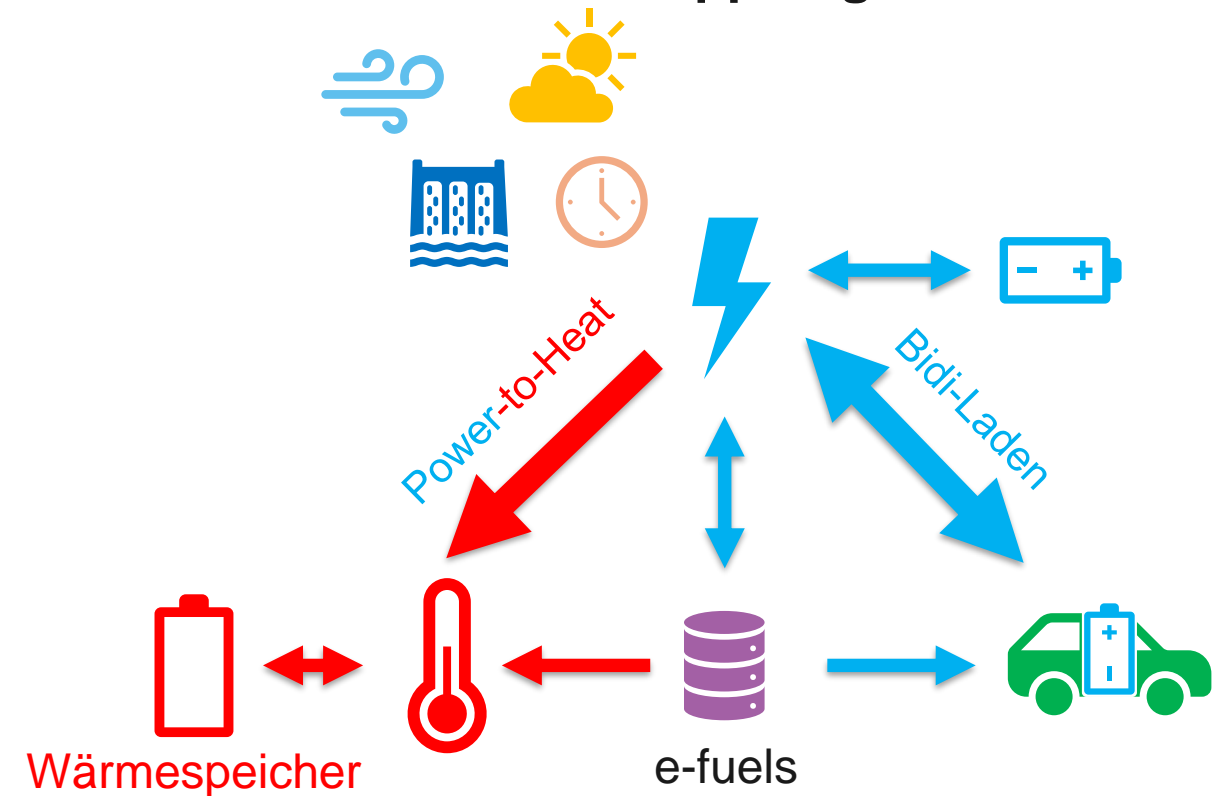
+ 8 Mia CHF/Jahr

Sektorkopplung – Ein Paradigmenwechsel!

Vergangenheit (gestern)



Heute und Zukunft Sektorkopplung



Energiespeicher: Wie lange möchten Sie speichern?

Sekunden bis Minuten

Batterie

Kondensator

Schwungrad

Minuten bis Tage

Pumpspeicher

Thermischer Speicher

Batterie

Druckluft

Wochen bis Monate

Stauseen

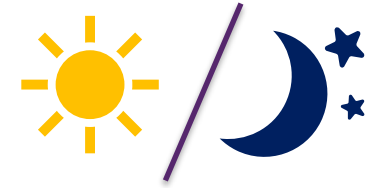
Pumpspeicher?

(Grosse) Thermische

Chemisch

Drei Zeitskalen der Energiespeicherung

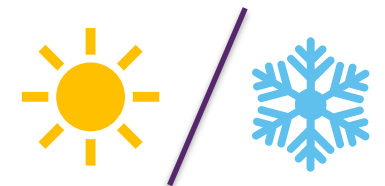
1 Tag-/Nachtausgleich & Netzengpässe
→ Zeiträume von **wenigen Stunden**



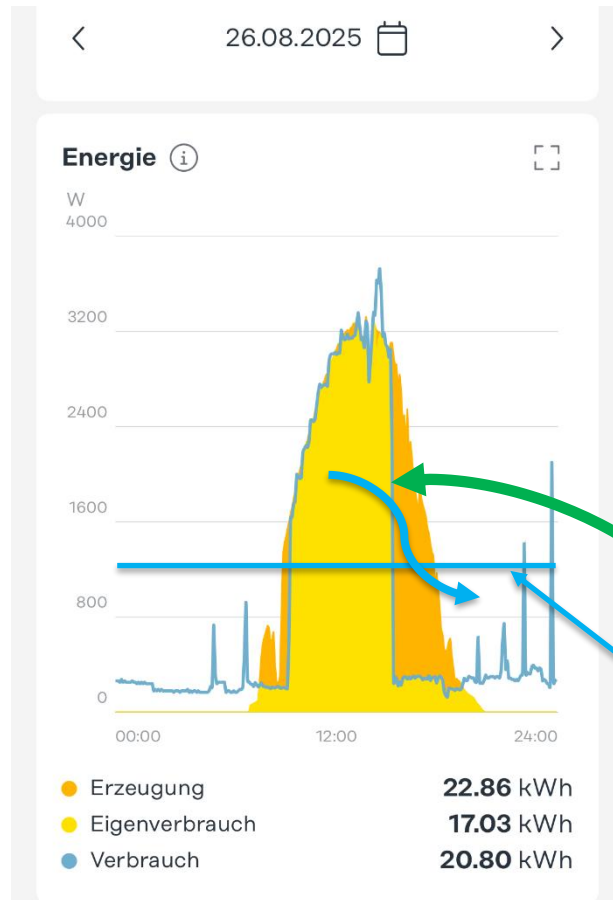
2 Das Gespenst der **Dunkelflaute**
→ **Zeiträume von einigen Tagen**



3 **Saisonaler Ausgleich**
→ Viel Sonnenstrom im Sommer, viel (Wärme)-
Energiebedarf im Winter



Drei Zeitskalen – Drei Lösungen: 1. Tag-Nacht



- **2050:** 45 TWh PV → ca. 45 GWp Leistung (installiert)
- **Mittagspeaks:** ca. 30 GW PV zu erwarten
 - **Mittags-Bedarf Sommer** heute: 6-8 GW;
Zukunft (2050) 10-12 GW
- Herausforderung: **Netzkapazitäten**/Übertragungsleistung: viel Energie in kurzer Zeit (Leistungsgrenze)
- **Lösung: DEZENTRALE FLEXIBILITÄTEN:**
 - a) **Elektromobilität (smart charging, Mega-Trend)**
 - b) **Batteriespeicher (heute 500 – 1000 CHF/kWh, Kosten sinkend)**
 - c) **Wärme und Kälte auf Vorrat**

Drei Zeitskalen – Drei Lösungen: 2. Dunkelflaute

1. Diversifizieren:

a) **Wasser**

b) **Sonne**

c) **Wind**



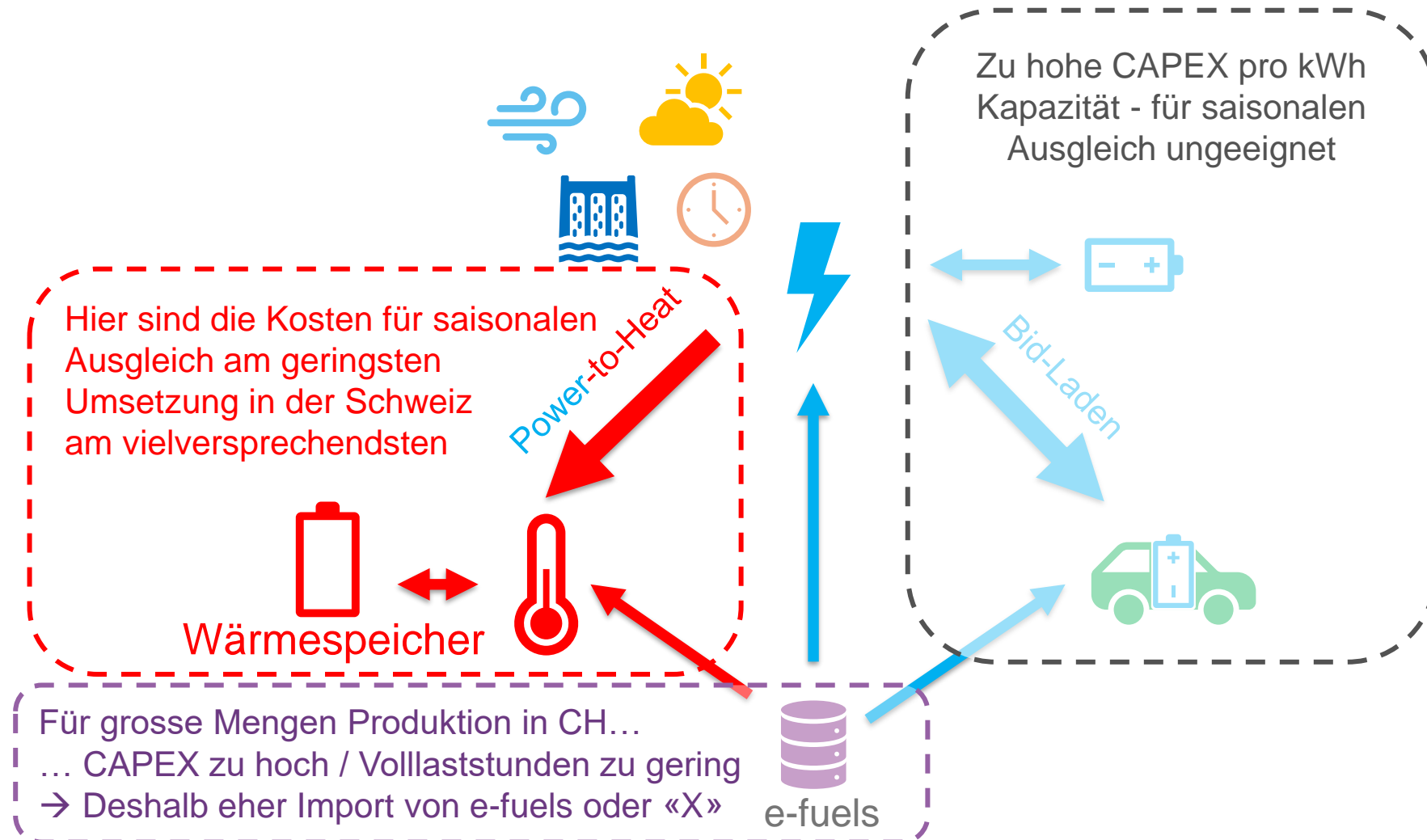
Wenn länger keine Sonne scheint, ist Wind oder Regen angesagt...

2. Pumpspeicher und Speicherseen, evt. ergänzt durch Biomasse und e-Fuels

3. Stehen saisonale Speicher zur Verfügung, dann ist wohl auch das scheinbare Problem von Dunkelflauten – wenn sich dieses einstellen würde - gelöst

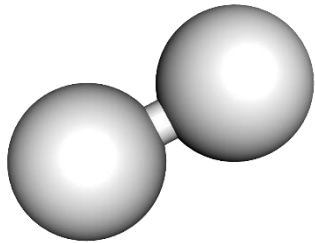


Drei Zeitskalen – Drei Lösungen: 3. Saisonaler Mismatch



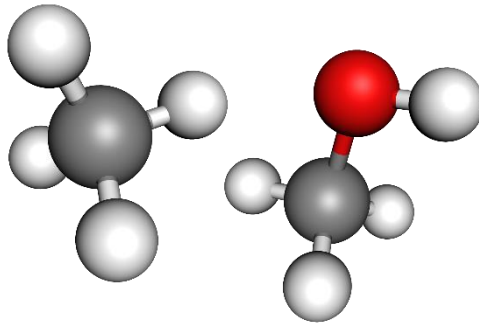
Chemische Energiespeicher (Power-to-X, e-fuels)

Wasserstoff



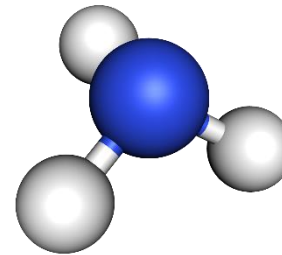
Nachteile:
vol. Energiedichte
/ Speicherbarkeit

Kohlenwasserstoffe Methan / Methanol



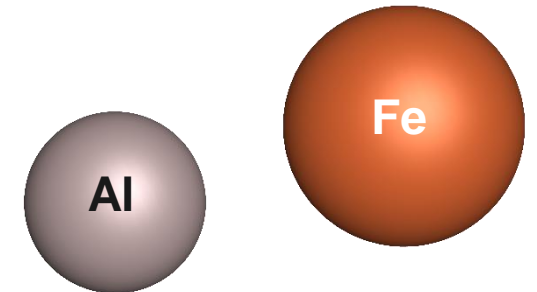
Nachteile:
Kohlenstoff:
Woher und wohin?

Ammoniak



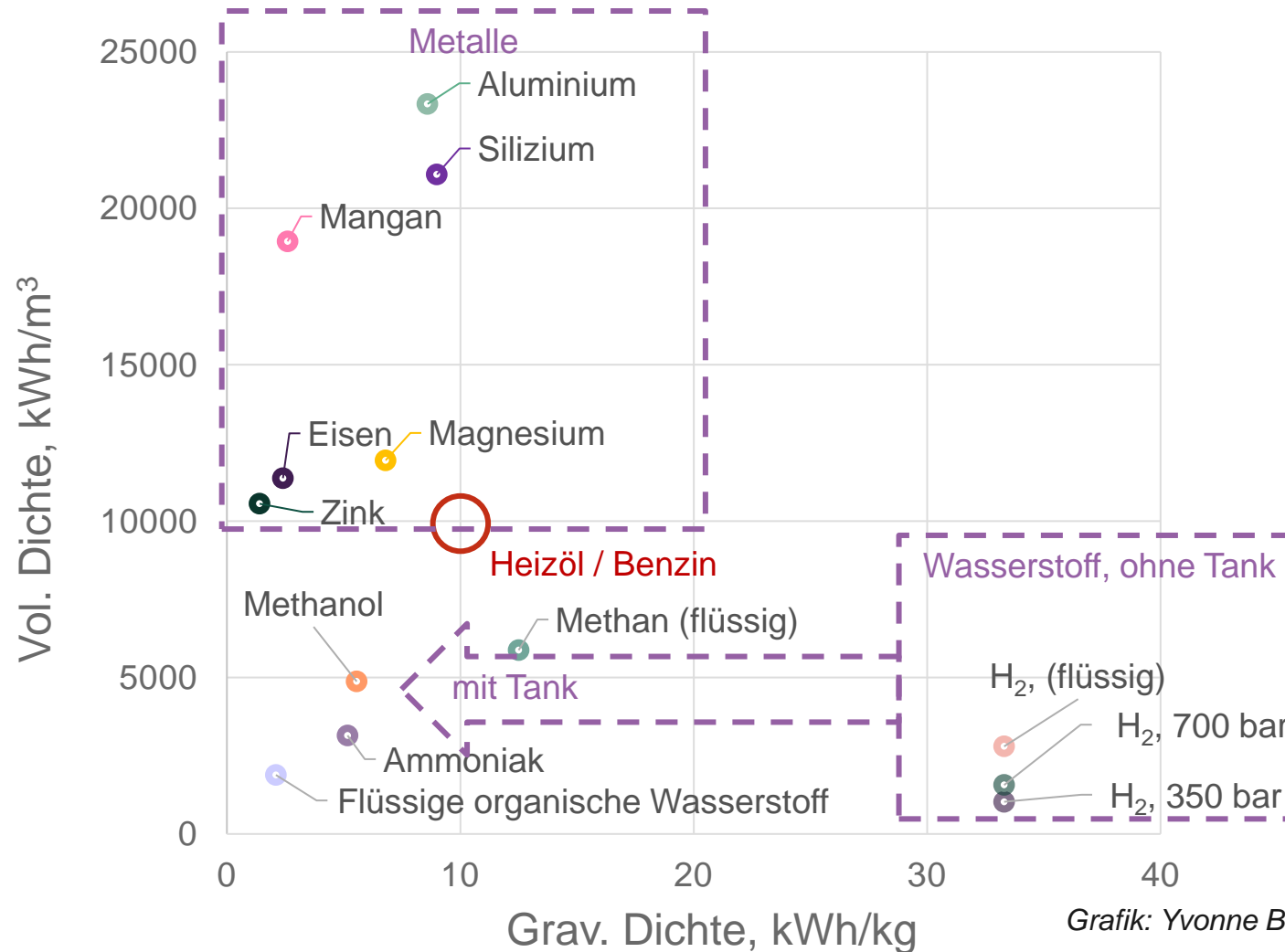
Nachteile:
Toxizität

Metalle Renewable Metal Energy Carrier: Al, Fe



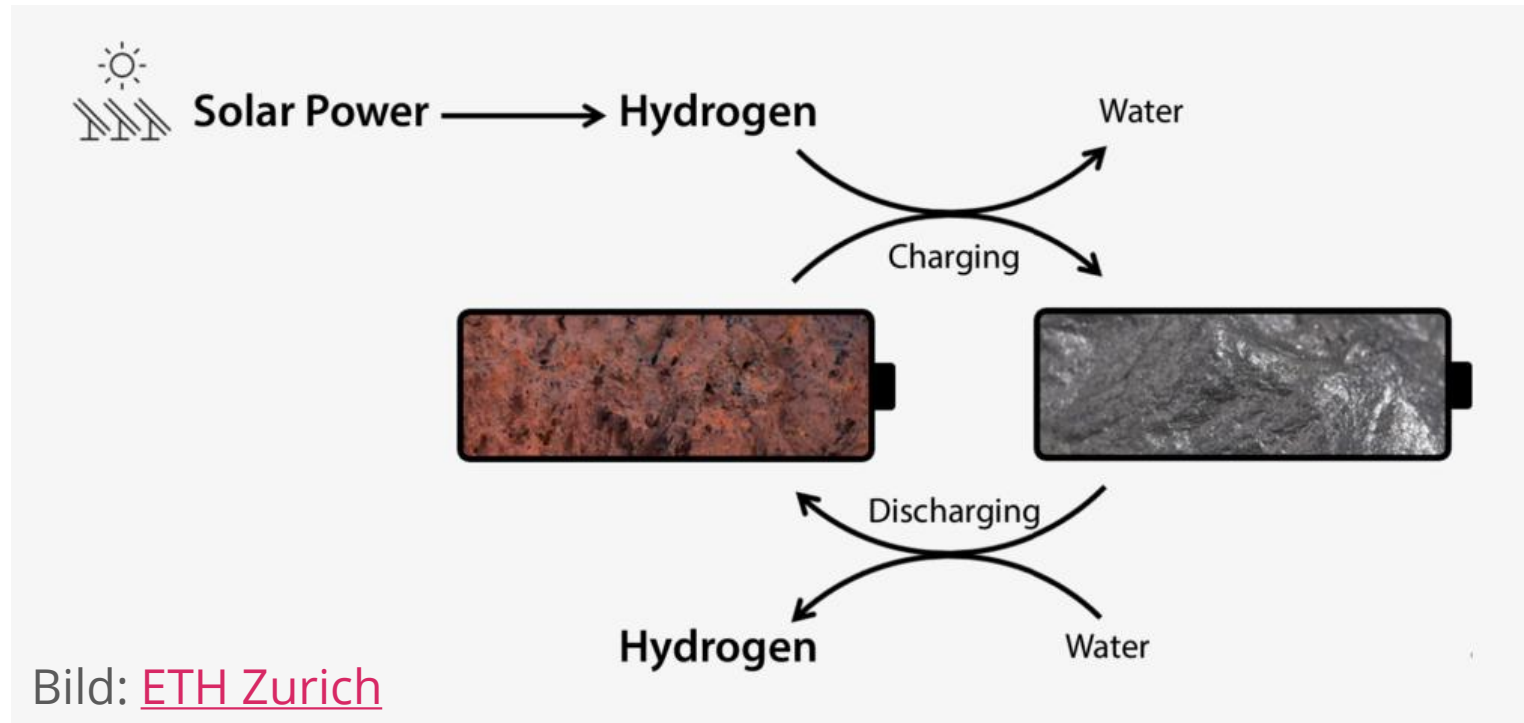
Nachteile:
Technologiereife

Energie-Speicherdichten verschiedener Optionen



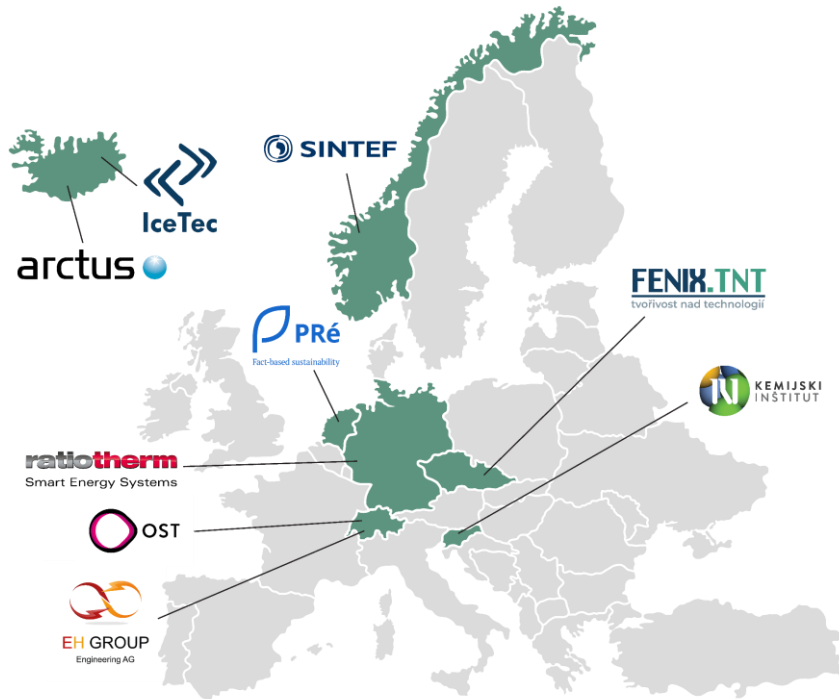
Grafik: Yvonne Bäuerle 2023, www.ost.ch/spf/peakmetal

Metal Energy Carriers: Eisen - ETH SpinOff Iron Energy



Metal Energy Carriers: Aluminium – Projekt REVEAL

EU Horizon Europe Projekt REVEAL
2022 - 2026



Co-funded by
the European Union

Project funded by



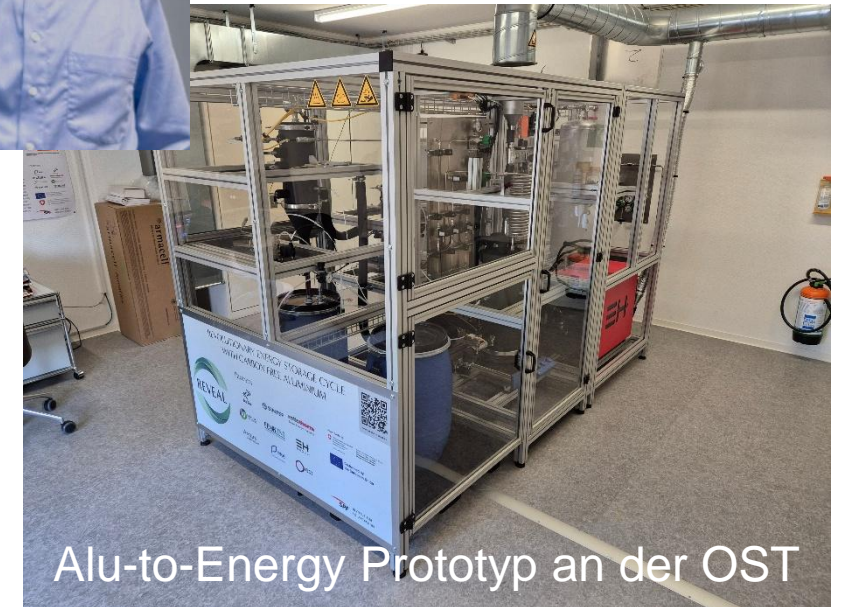
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Education,
Research and Innovation SERI



apricot 366



Welcher Anteil unseres (End)-Energiebedarfs ist Wärme?

im Jahr

50 %

A map of Switzerland is shown. The left half of the map is filled with black, representing 50% of the total energy demand. The right half is grey. The text '50 %' is written in large yellow font across the center of the map.

im Januar

66 %

A map of Switzerland is shown. The majority of the map is filled with black, representing 66% of the total energy demand. The remaining 34% is grey. The text '66 %' is written in large orange font across the center of the map.

Vergleich Kapitalkosten Thermisch vs. Batterie (a=15 Jahre, i=5%)



Grosser thermischer Erdbeckenspeicher
Investitionskosten (DK): 23 €/m³

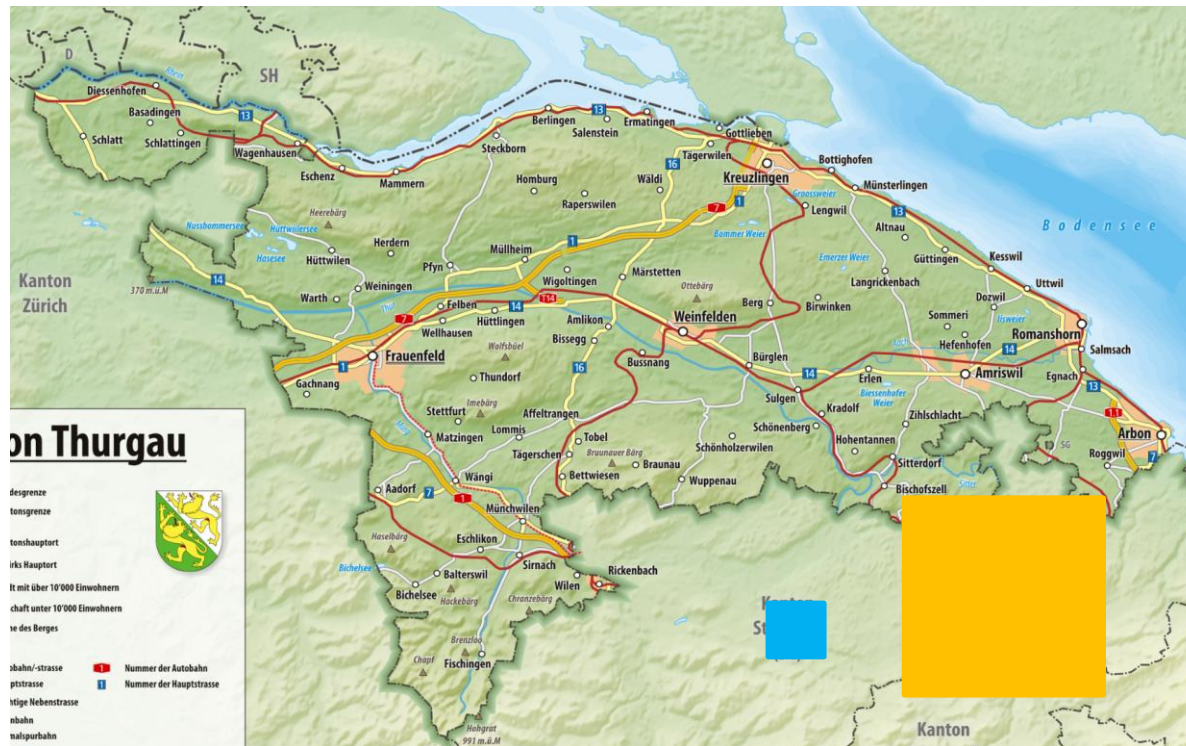
- Speicherdichte: 70 kWh/m³
- Investition pro kWh Kapazität: 0.30 €
- Als Saisonaler Speicher
 - Ca. 3 cts pro kWh Wärme umgesetzt



Batteriespeicher / Gross-Speicher

- Investition pro kWh Kapazität: 500 CHF
- Als Saisonaler Speicher
 - Ca. 48 CHF pro kWh Strom umgesetzt
- Bei 300 Speicherzyklen pro Jahr
 - 16 Rp/kWh umgesetzt

Herausforderung Energiedichte und Raumplanung

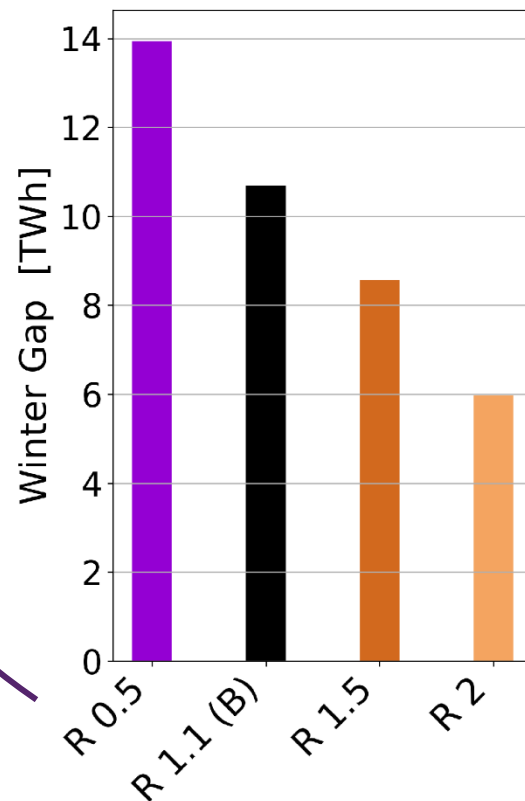


- Fläche der Schweizer Speicherseen (8 TWh_{el})
- Gleiche Energiemenge in Erdbeckenspeichern (thermisch)

«Winter-Gap»: Rolle des Gebäude-Wärmebedarfs

- Kelevitz et al. (2025) in *Energies*, <https://doi.org/10.3390/en18215601>

R = Renovationsrate Gebäudehüllen in der Schweiz pro Jahr bis 2050
(0.5%, 1.1%, 1.5%, 2%)



energies

an Open Access Journal by MDPI

Influence of Scenarios for Space Heating and Domestic Hot Water in Buildings on the Winter Electricity Demand of Switzerland in 2050

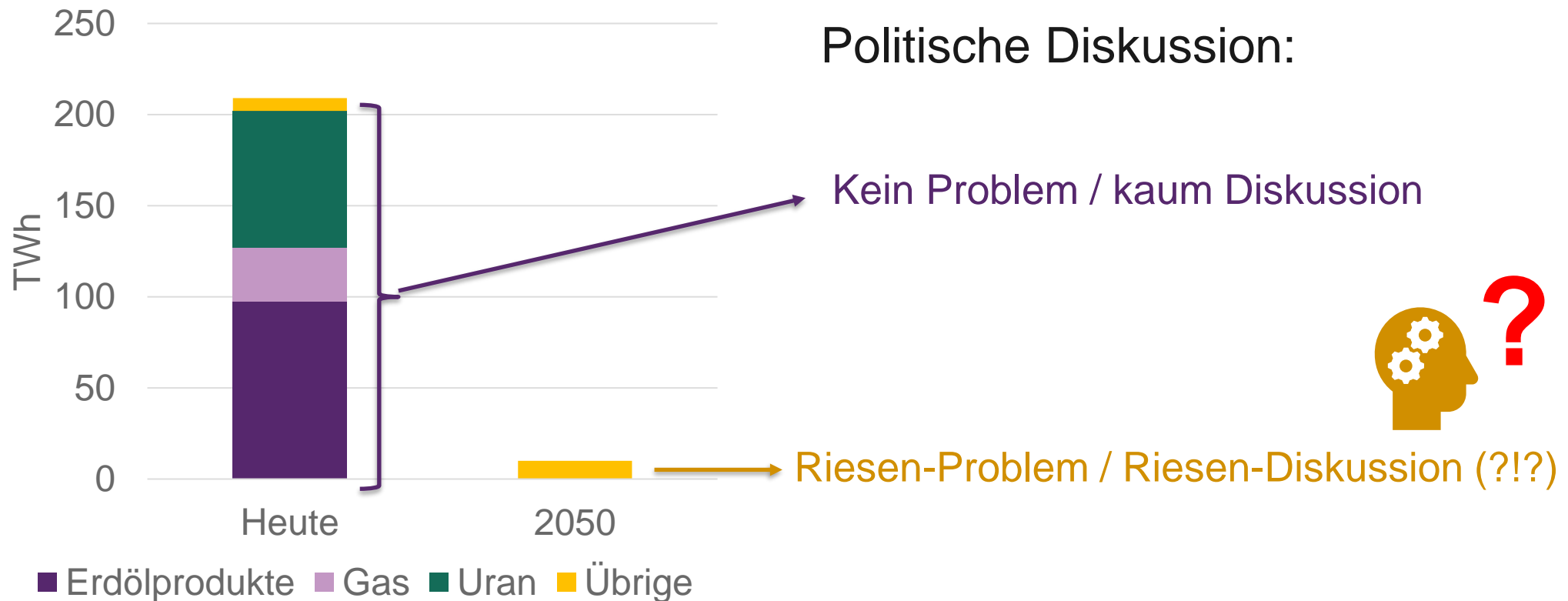
Krisztina Kelevitz; Michel Haller; Matthias Frommelt; Boris Meier

Energies 2025, Volume 18, Issue 21, 5601



«Winter-Gap»: Wie viel ist 10 TWh Speicher oder Import?

- Angenommen, wir müssten die ganzen 10 TWh importieren, wie hoch ist diese Menge im Vergleich zu heutigen Importen von Energieträgern?

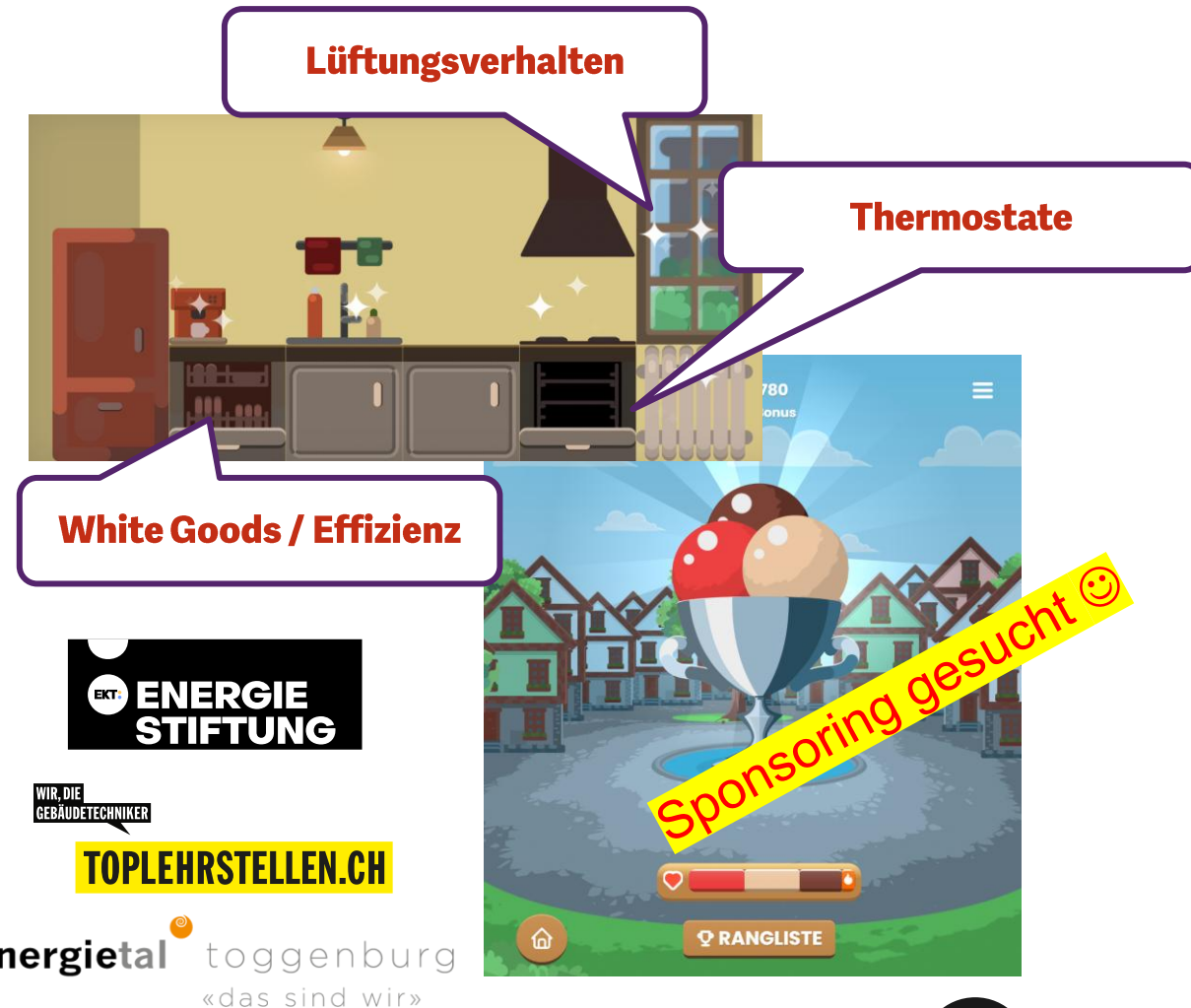


Rolle der Bevölkerung: «Wohnen und Arbeiten»

- Energieverbrauch im Bereich «Wohnen, Arbeiten, private Mobilität» ist **grosser Hebel**
- Unter Einschluss des privaten Verkehrs in CH
 - > 50% des Endenergiebedarfs und
 - > 50% der CO₂-Emissionen
- Vieles davon im Einflussbereich / Themenbereich der **KGTV** 😊
- Wie optimiert man seinen eigenen CO₂-Fussabdruck kosteneffizient?
 - am besten spielerisch lernen:

www.energygame.ch

(nicht mobile optimiert -> Desktop)



Fazit – take home messages

- Die Energiewende ist (nur) Dank weitgehender **Elektrifizierung von Mobilität und Wärme** und den damit verbundenen **Effizienzgewinnen** machbar
- Wir ersetzen in grossem Massstab gespeicherte fossile und nukleare Energieträger durch erneuerbare, **CO₂-freie Stromproduktion ohne inhärente Speicherfunktion**
- Es braucht (verschiedene Arten) von **Speicher als Ergänzung**, der Bedarf kann in drei Zeitskalen mit unterschiedlichen Lösungen unterteilt werden:
 1. **Tag/Nacht, Netzengpässe**: sind dezentral zu lösen → Lastmanagement, Batteriespeicher, BiDi-Laden, Wärmespeicher, etc.
 2. **Dunkelflauten**: Diversifizierung der Erzeugung (Wind und Wasser ergänzen Sonne) sowie Pumpspeicher und evt. Mehrfachnutzung von Saisonalspeicher
 3. **Saisonal «Wintergap»**: im Inland grösstenteils thermische Langzeitspeicher (aus ökonomischen Gründen) womöglich ergänzt durch X-fuels (Metalle als neue, vielversprechende Option)
- **Gebäude-Wärmedämmung und Nutzerverhalten** sind grosser Hebel zur Reduktion des Wintergaps «Strom»
- **Selbst wenn wir in Zukunft für den Winter noch 10 TWh/a importieren müssen (falls in Form von X-fuels 20 TWh/a), ist dies 10-20 x weniger als heute (!)**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Dr. Michel Haller, michel.haller@ost.ch
www.energygame.ch

**Weiterbildung
Energiespeicher**

[link](#)



**Seminar / Weiterbildung
Sektorkopplung**

[link](#)



**StartUp apricot 366
Alu-to-Energy**

www.apricot366.ch

