



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



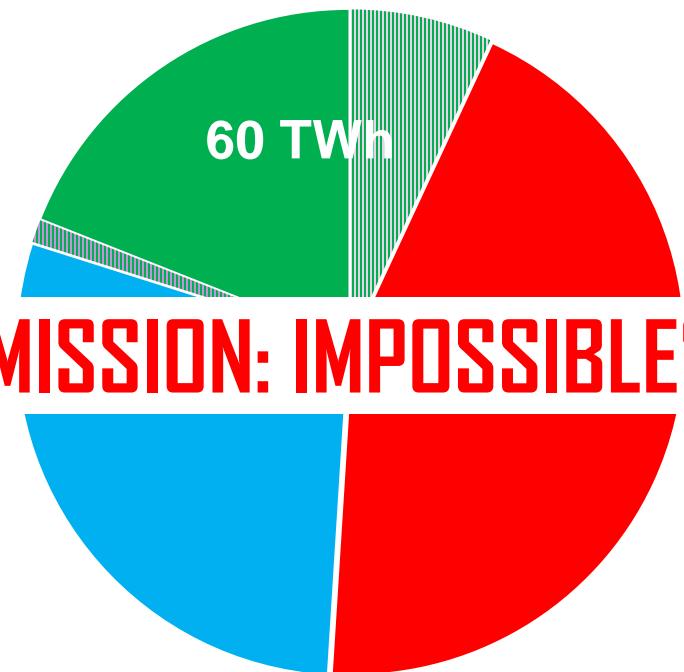
- **Forschung & Entwicklung**
 - Solarenergie & Wärmepumpen
 - Wärmespeicher / thermische Speicherschichtung
 - Legionellen in Trinkwassersystemen
 - Energiesimulationen – insbesondere Solarenergie & Sektorkopplung
 - Renewable Metal Energy Carriers / Metalle als Energiespeicher
- **Lehre**
 - Solares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

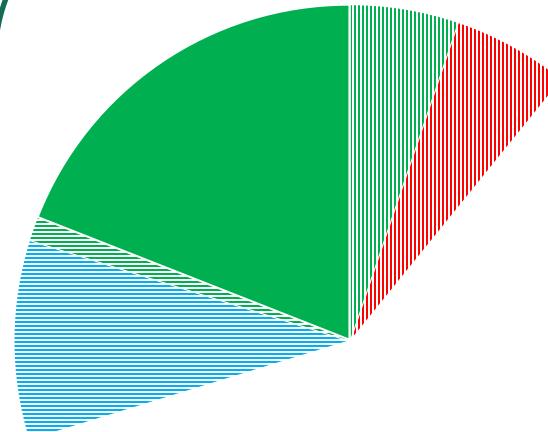
Heute: 75% nicht erneuerbar



MISSION: IMPOSSIBLE?

■ Wärme ■ Mobilität ■ Elektrizität

Zukunft: Effizienz und (oder durch) Elektrifizierung



+ 15-30 TWh_{el}?

MISSION: POSSIBLE

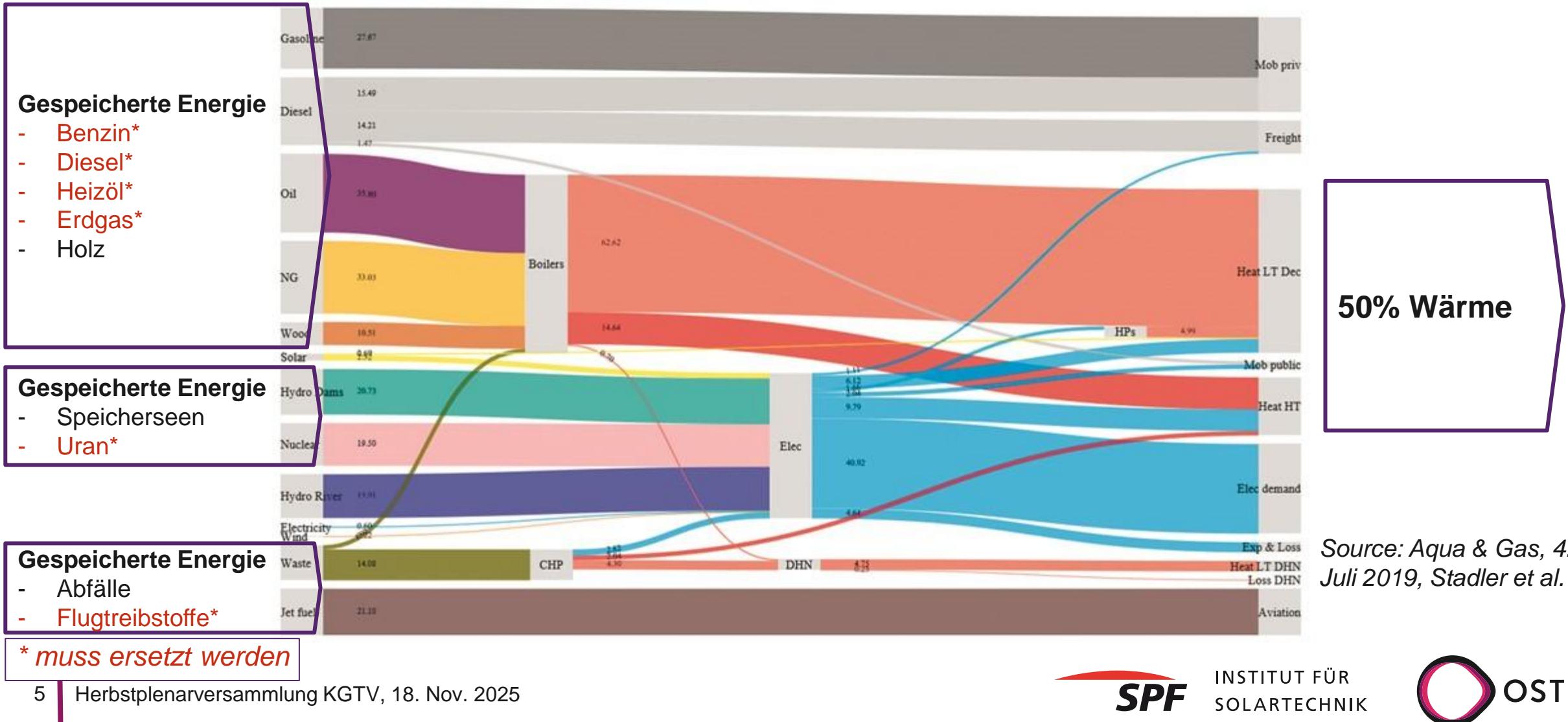
- Effizienzgewinn Gebäude / Warmwasser
- Wärme: Fernwärme + Umgebungswärme
- Effizienzgewinn Elektromobilität

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?



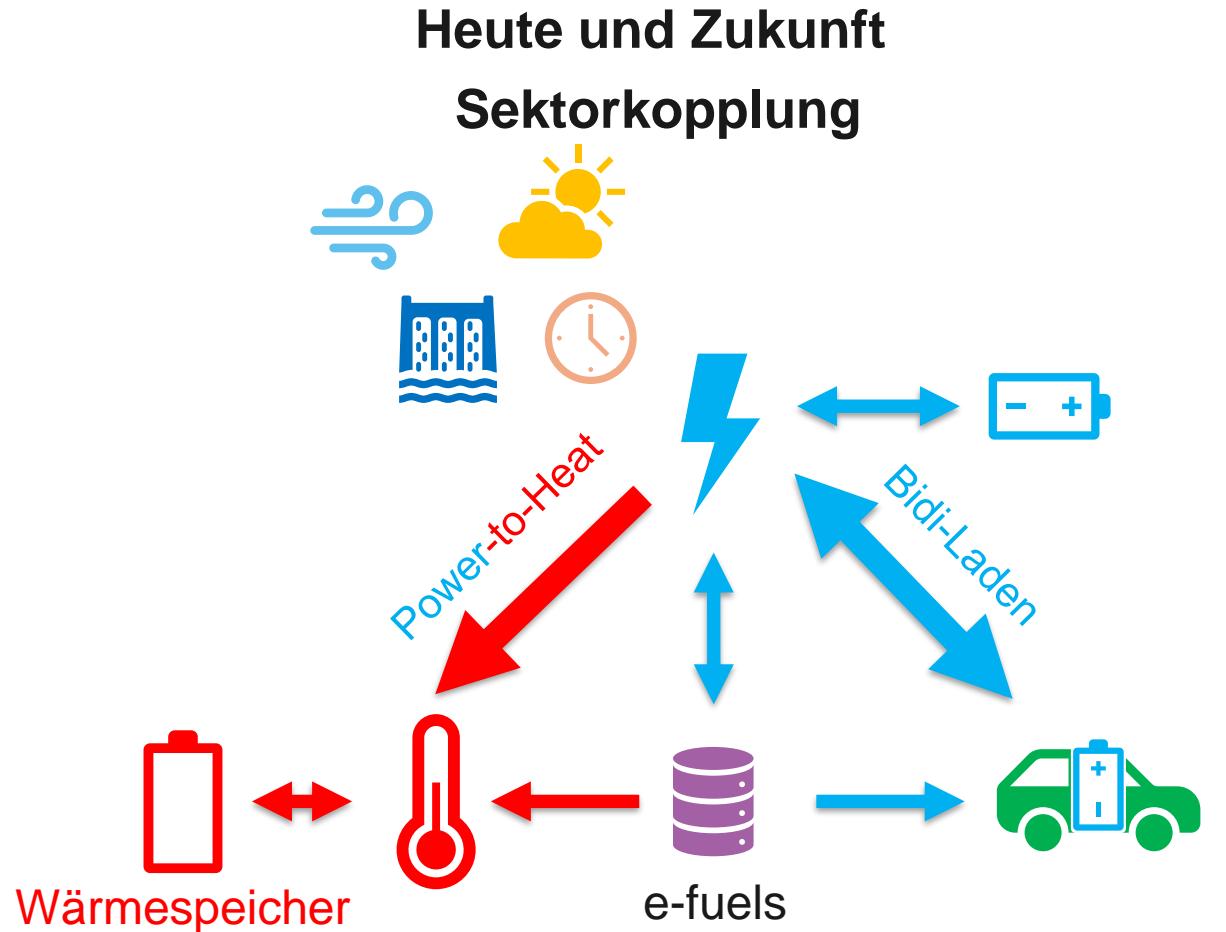
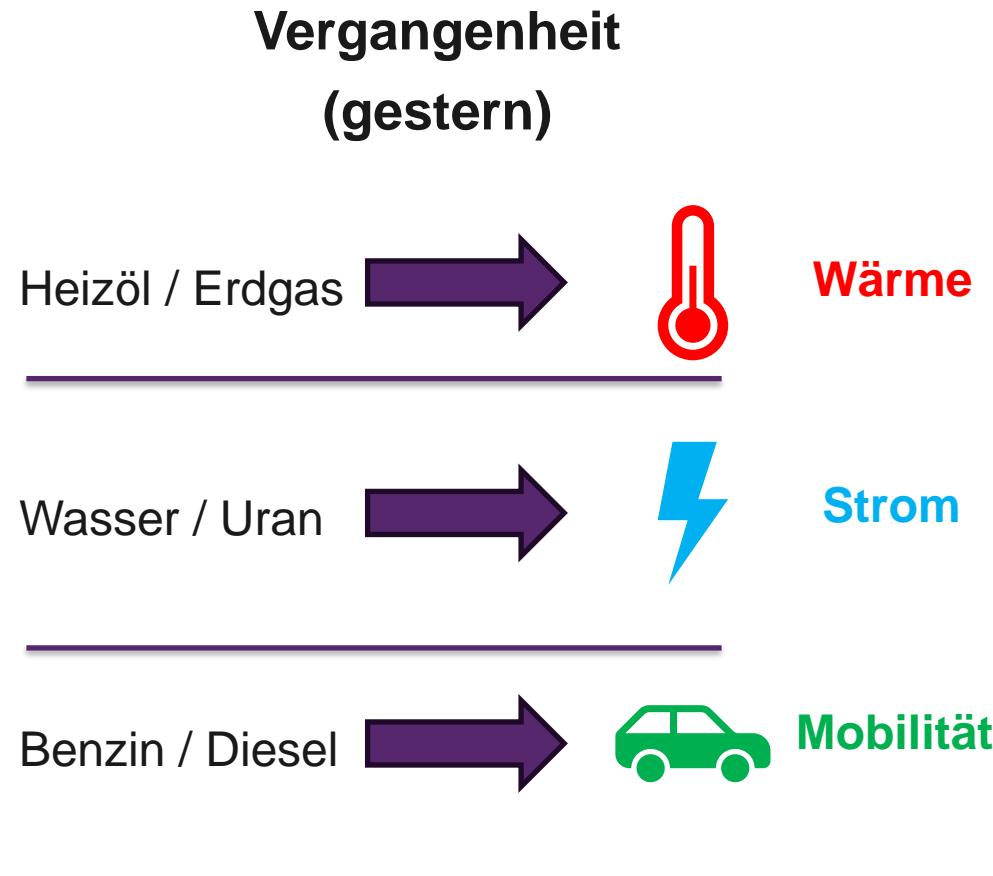
Was ändert sich?

- Wir wechseln **von "natürlichen" Energiespeichern** (fossil, nuklear) zu fluktuerender **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!

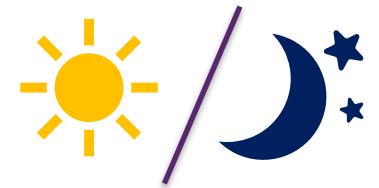


Energiespeicher: Wie lange möchten Sie speichern?



Drei Zeitskalen der Energiespeicherung

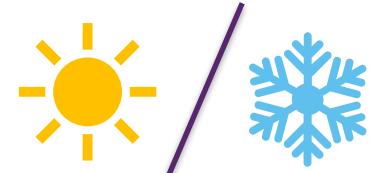
1 **Tag-/Nachtausgleich & Netzengpässe**
→ Zeiträume von wenigen Stunden



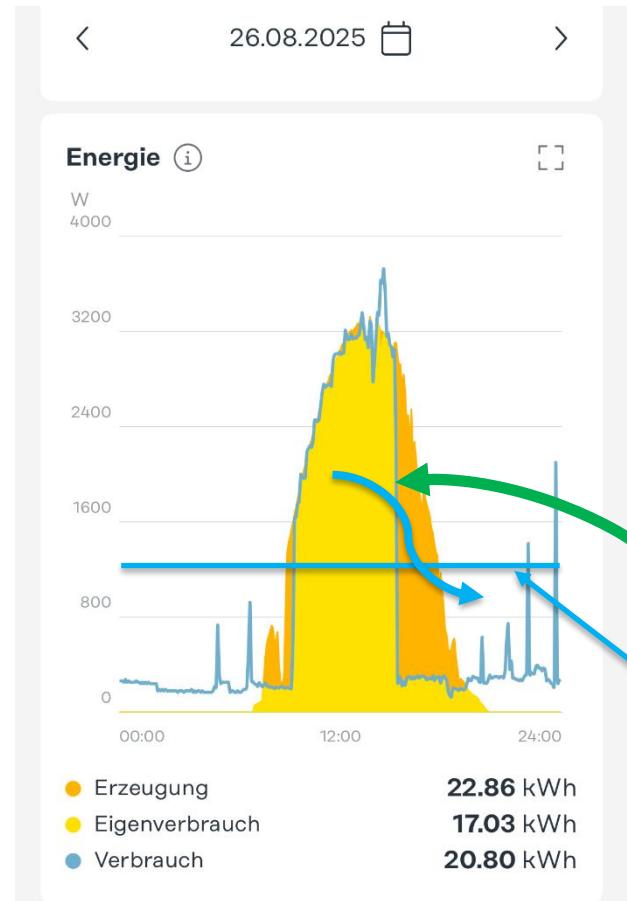
2 Das Gespenst der **Dunkelflaute**
→ Zeiträume von einigen Tagen



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



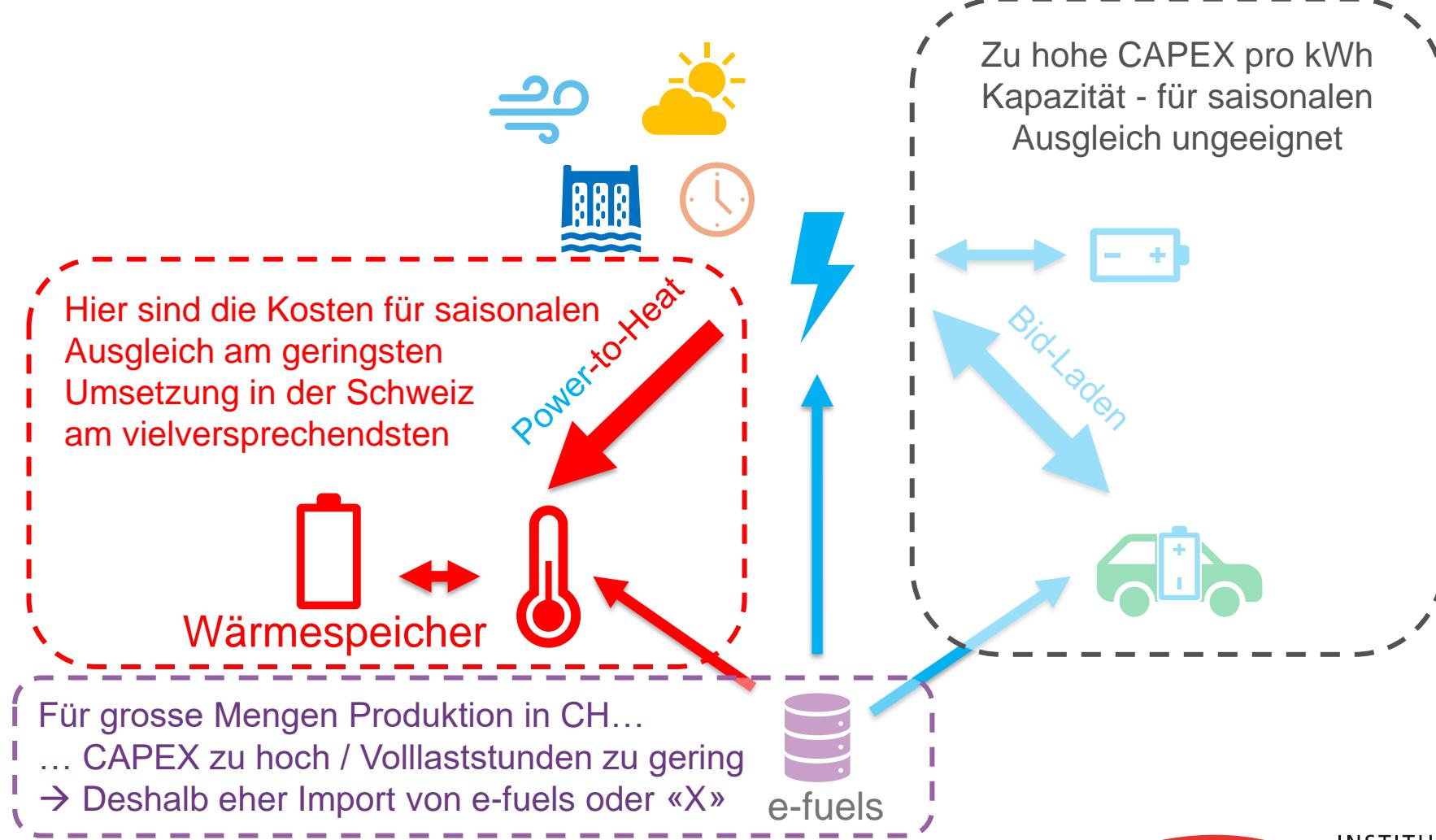
Wenn länger keine Sonne scheint, ist Wind oder Regen angesagt...

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



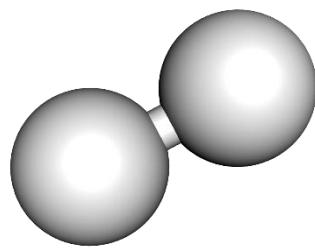
3. Stehen saisonale Speicher zur Verfügung, dann ist wohl auch das
scheinbare Problem von Dunkelflauten – wenn sich dieses einstellen
würde - gelöst

Drei Zeitskalen – Drei Lösungen: 3. Saisonaler Missmatch



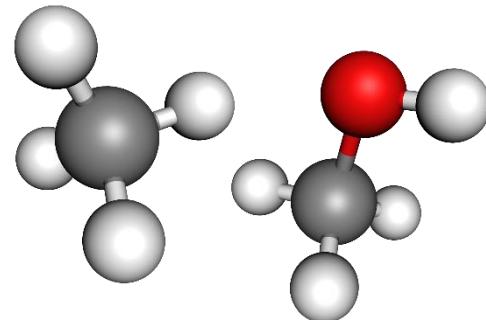
Chemische Energiespeicher (Power-to-X, e-fuels)

Wasserstoff



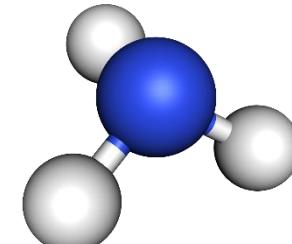
Nachteile:
vol. Energiedichte
/ Speicherbarkeit

Kohlenwasserstoffe
Methan / Methanol



Nachteile:
Kohlenstoff:
Woher und wohin?

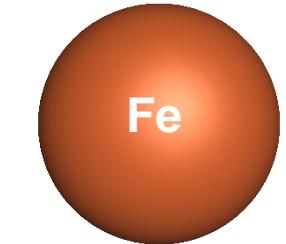
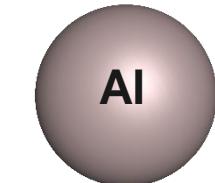
Ammoniak



Nachteile:
Toxizität

Metalle

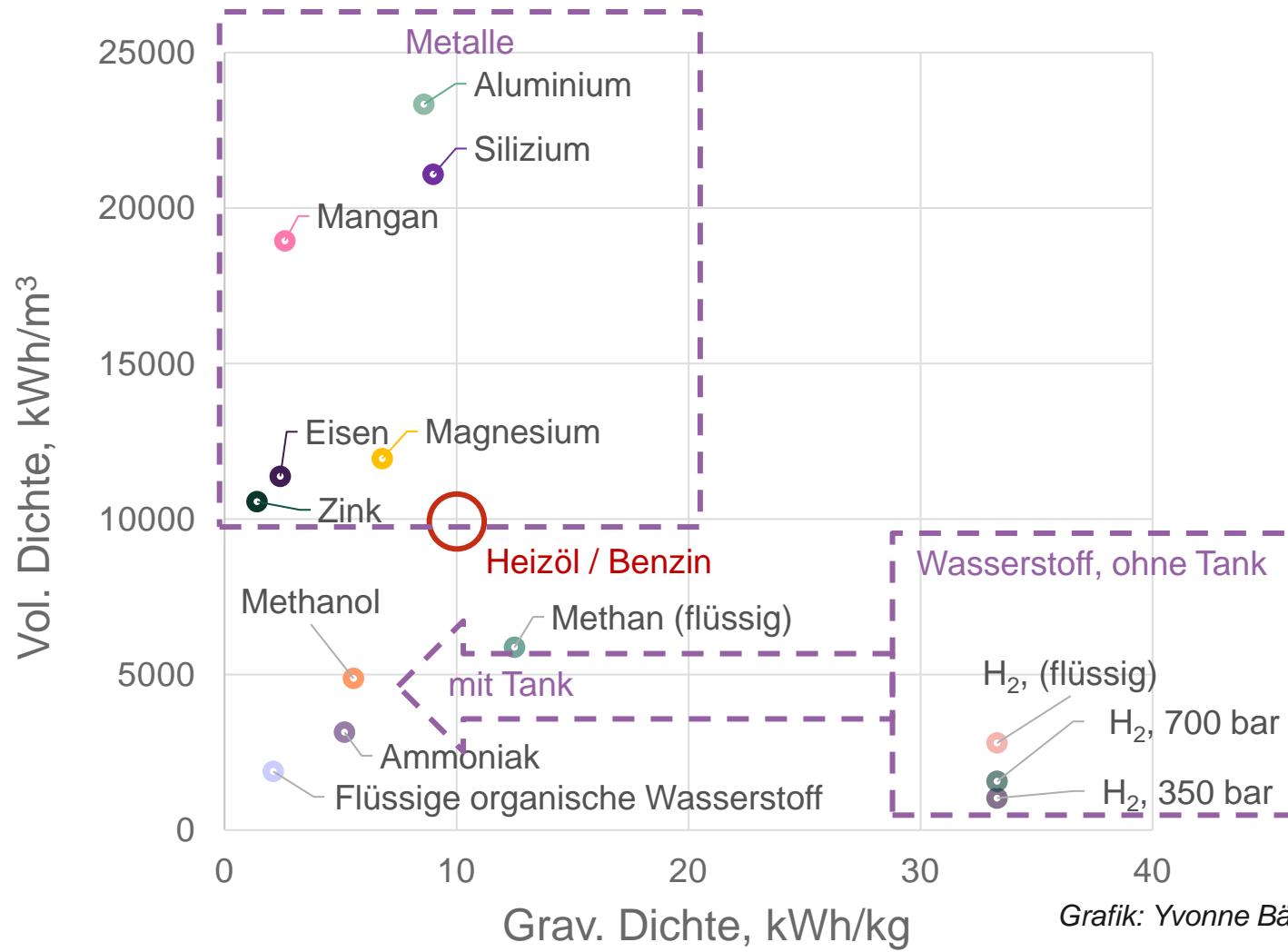
Renewable Metal
Energy Carrier:
Al, Fe



Nachteile:
Technologiereife

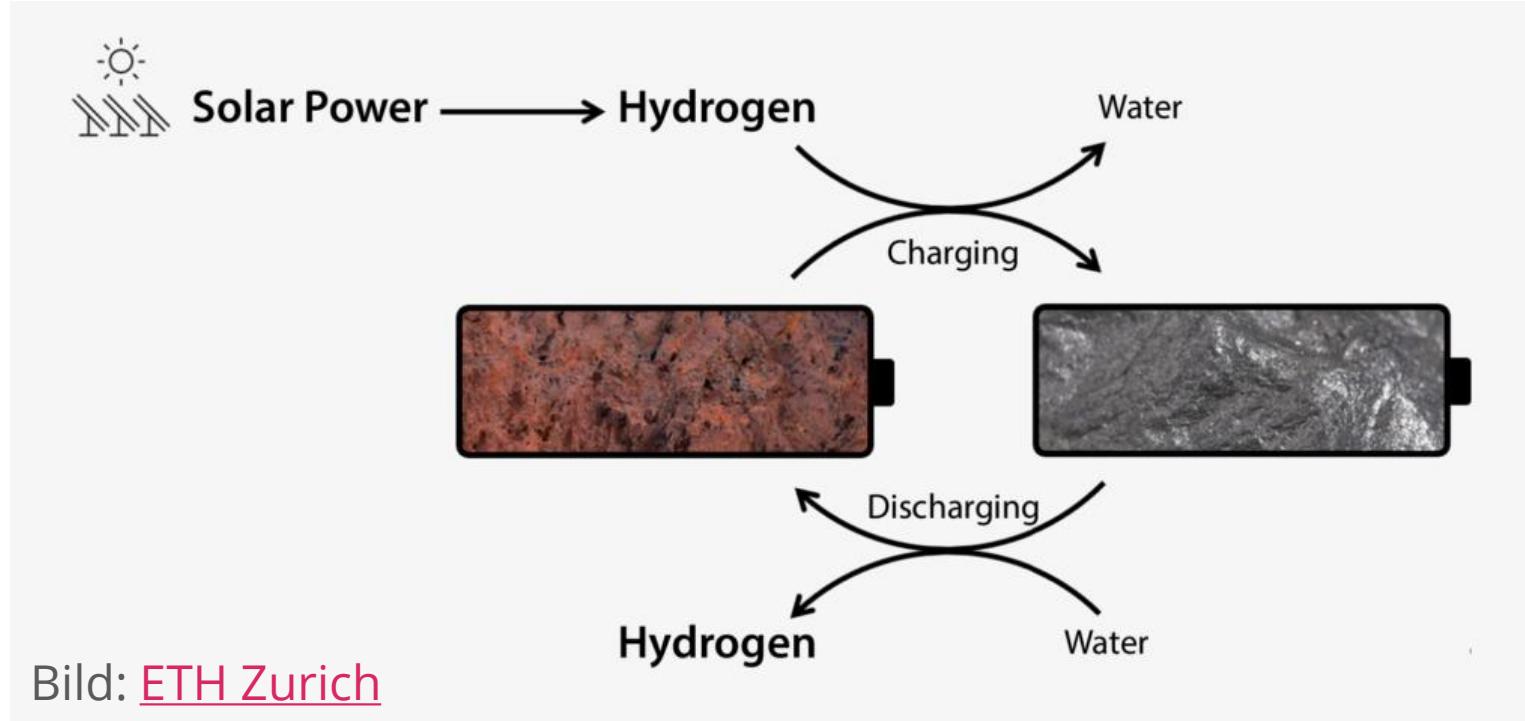
Moleküle aus: molview.org

Energie-Speicherdichten verschiedener Optionen



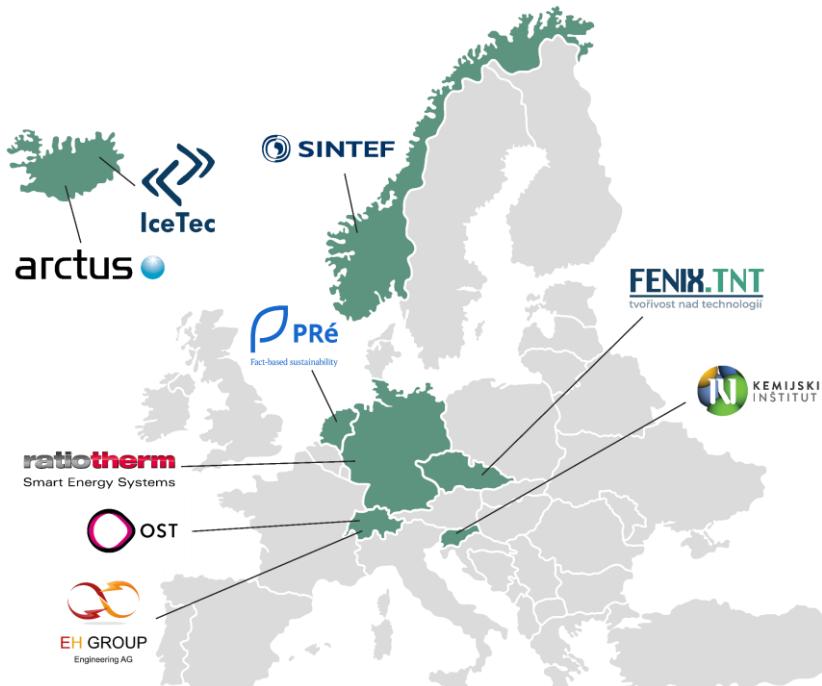
Grafik: Yvonne Bäuerle 2023, www.ost.ch/spf/peakmetal

Metal Energy Carriers: Eisen - ETH SpinOff Iron Energy



Metal Energy Carriers: Aluminium – Projekt REVEAL

EU Horizon Europe Projekt REVEAL
2022 - 2026



Project funded by

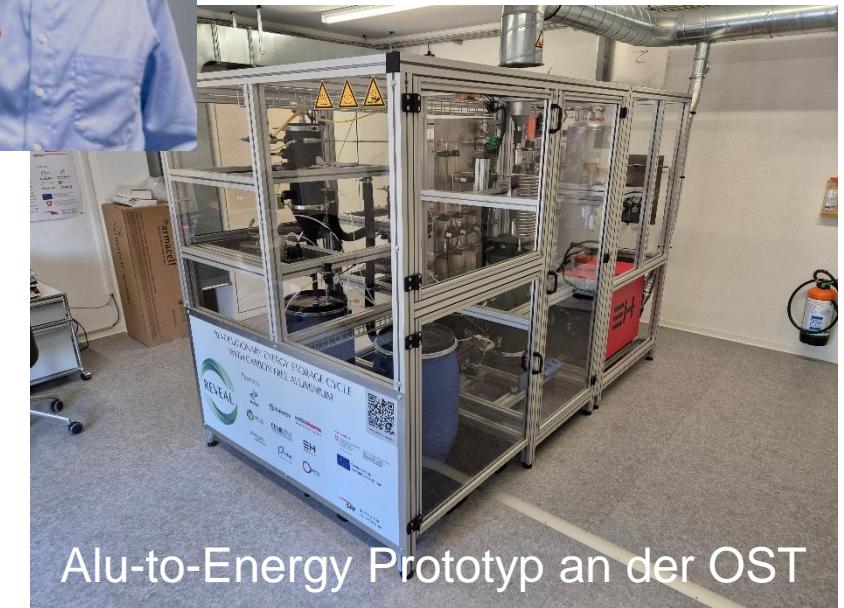


Co-funded by
the European Union



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Confederation

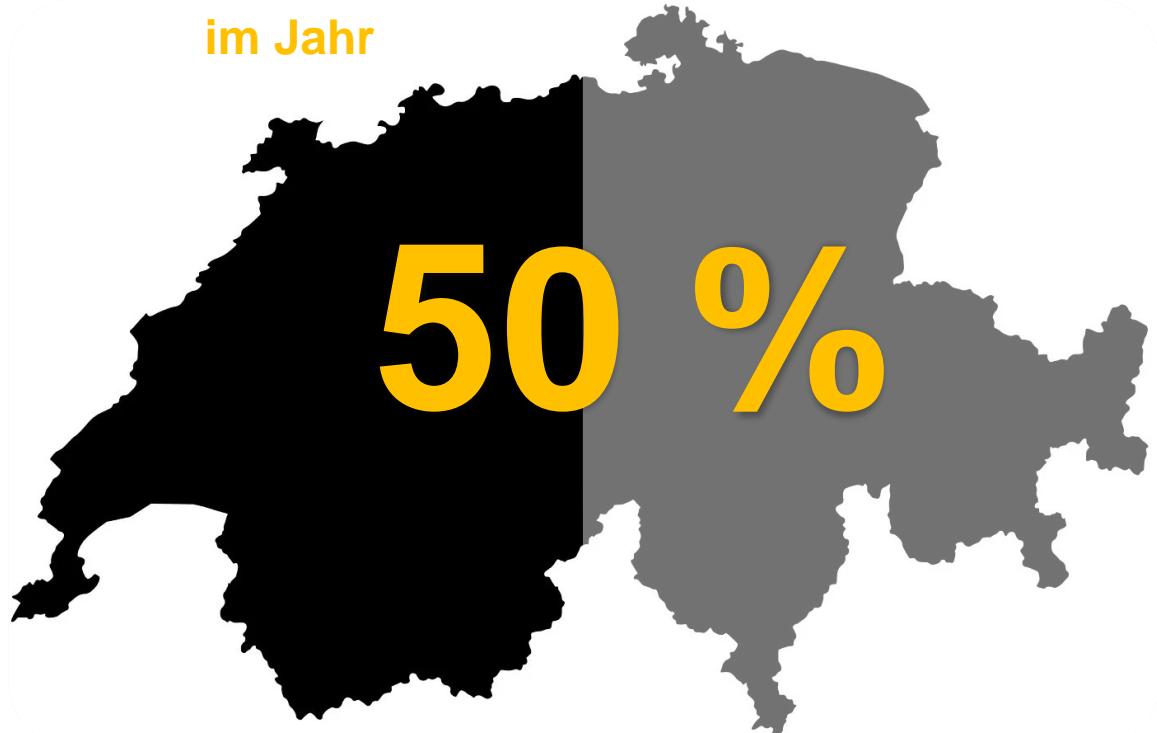
Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Education,
Research and Innovation SERI



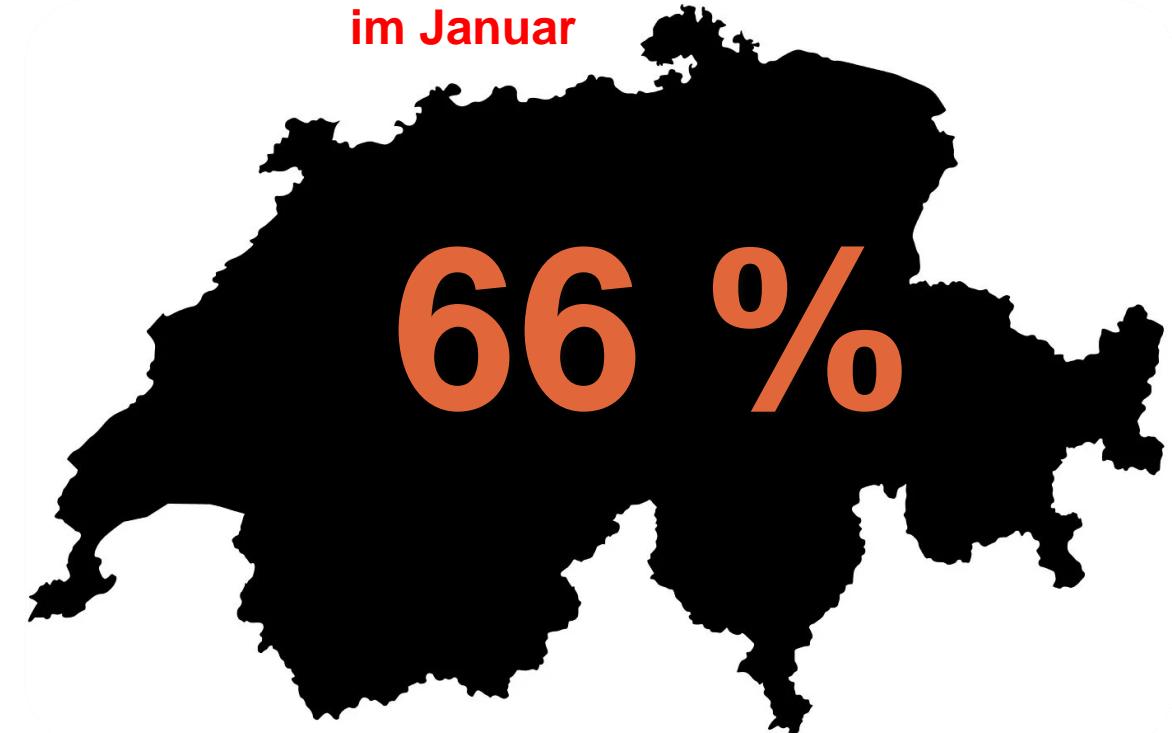
apricot 366

Welcher Anteil unseres (End)-Energiebedarfs ist Wärme?

im Jahr



im Januar



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



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

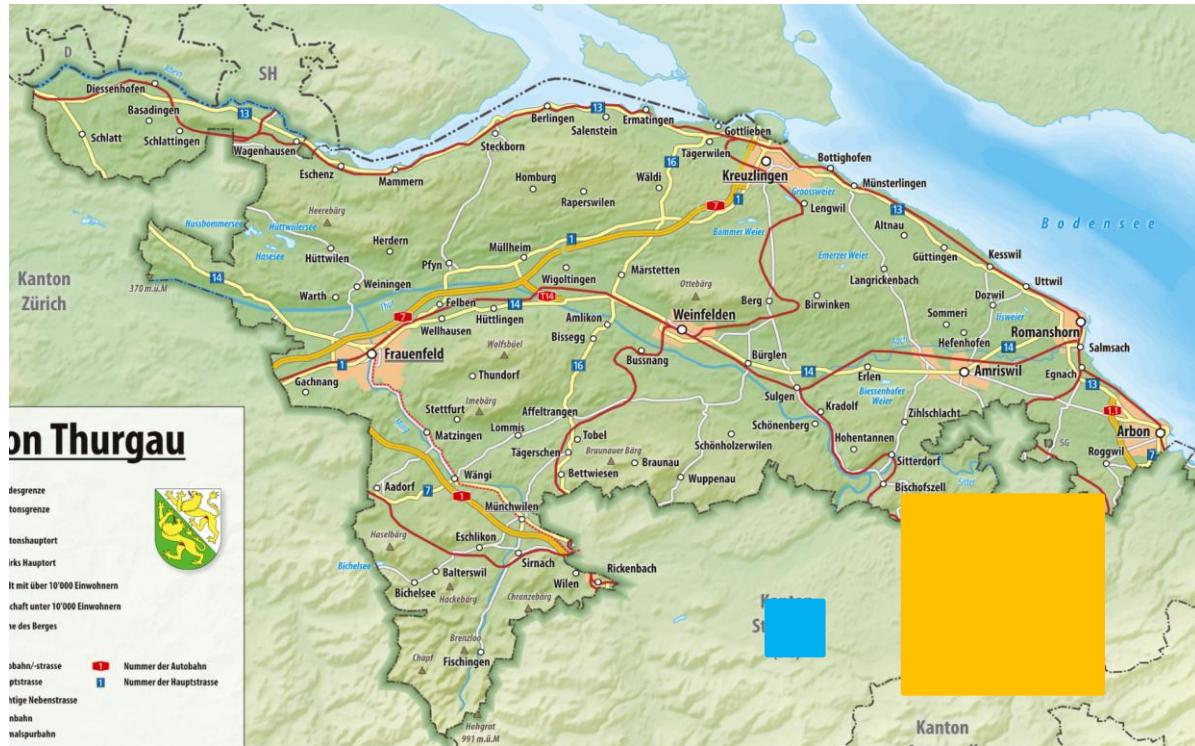
- Speicherdichte: 70 kWh/m³
- **Investition pro kWh Kapazität: 0.30 €**
- **Als Saisonaler Speicher**
 - **Ca. 3 cts pro kWh Wärme umgesetzt**



Batterispeicher / 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



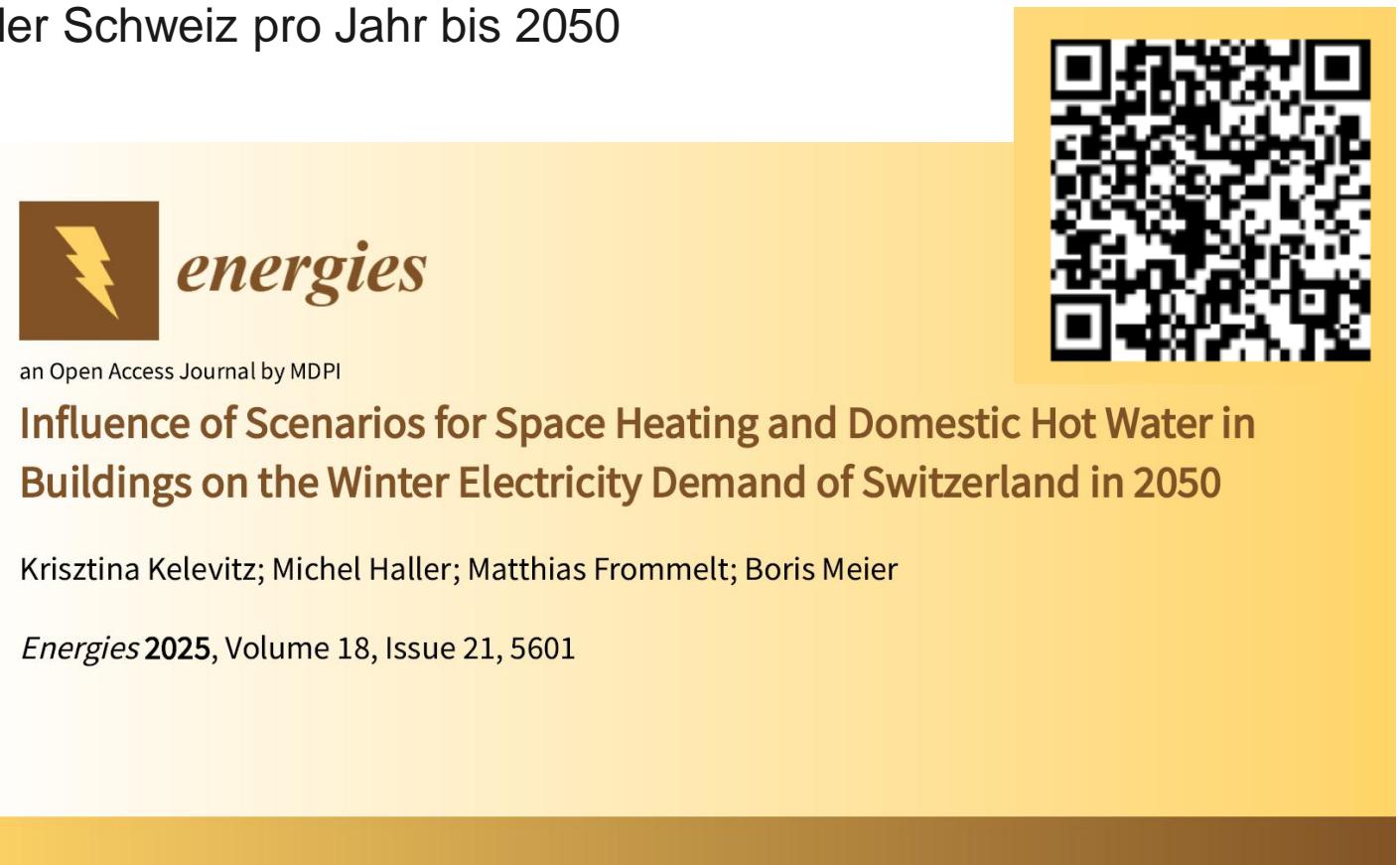
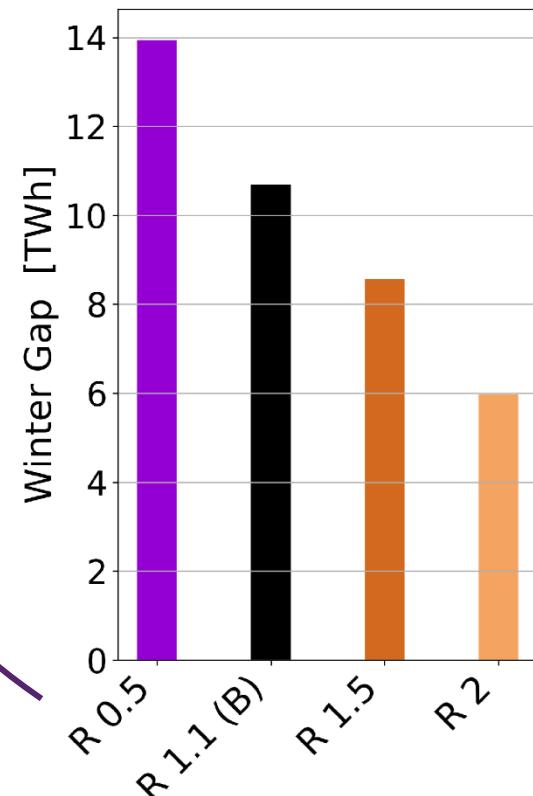
- Fläche der Schweizer Speicherseen (8 TWh_{el})
- Gleiche Energiemenge in Erdbeckenspeichern (thermisch)

«Winter-Gap»: Rolle des Gebäude-Wärmebedarfs

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

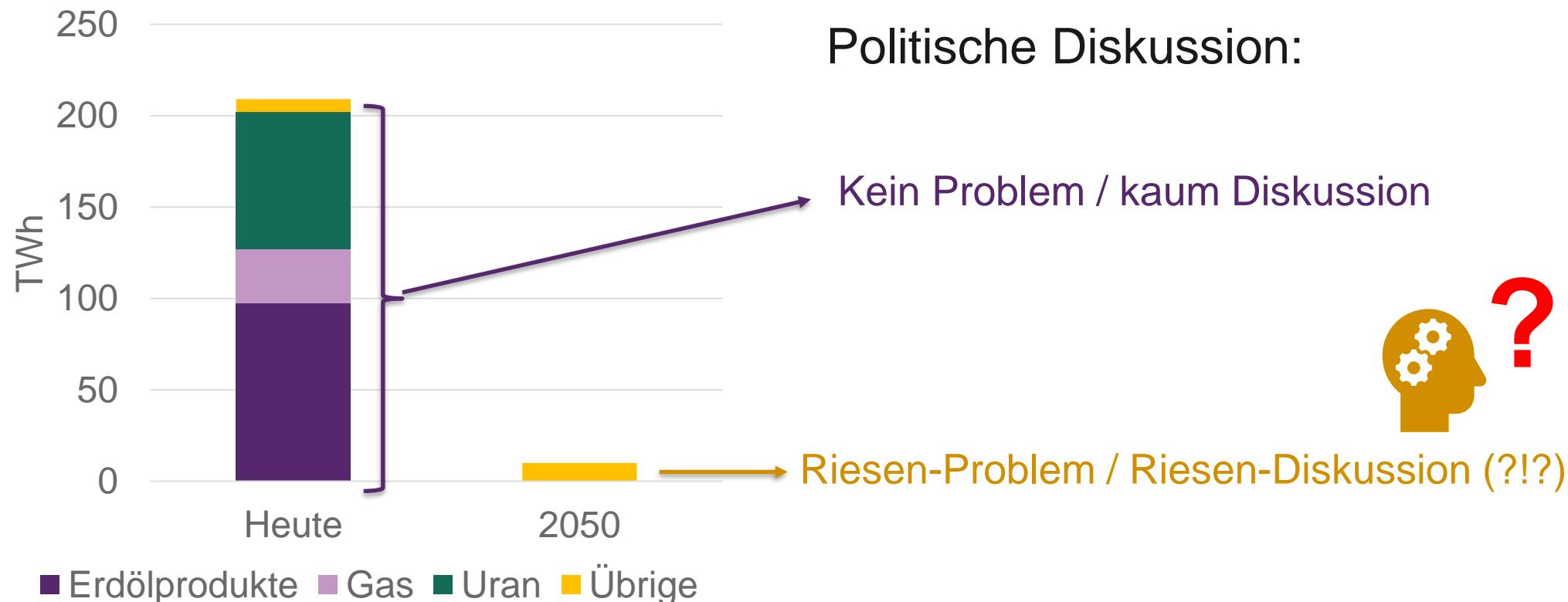
R = Renovationsrate Gebäudehüllen in der Schweiz pro Jahr bis 2050

(0.5%, 1.1%, 1.5%, 2%)



«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?

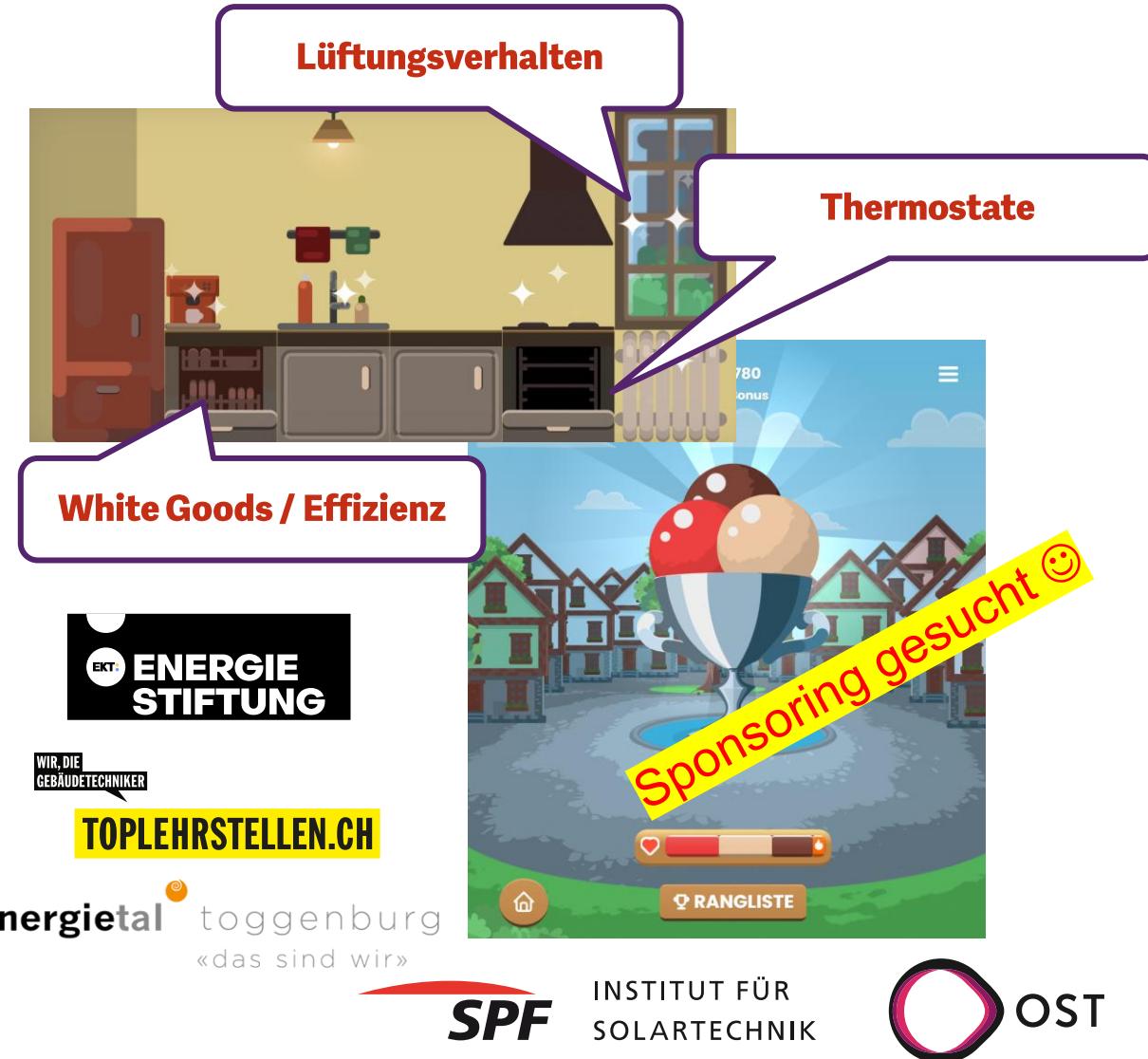


Rolle der Bevölkerung: «Wohnen und Arbeiten»

- 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

