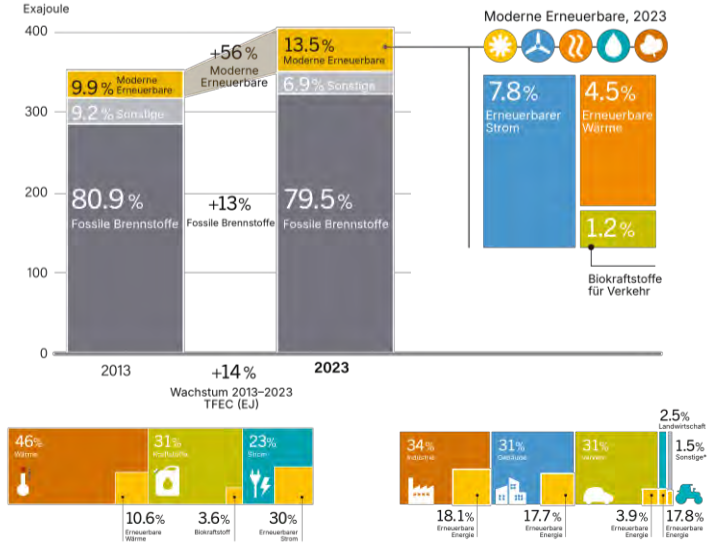
Sorptionsbasierte thermische Energiespeicher für die saisonale Wärmeversorgung von Wohngebäuden

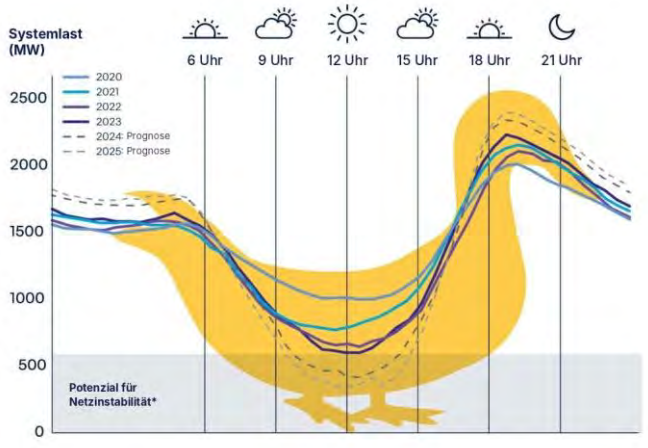
Elham Abohamzeh, Milad Tajik Jamalabad, Vishva Dhanani, Ria Mathew, Ghufran Amjad und Georg Frey

Das Energiedilemma

End energieverbrauch nach Quellen



Residuallast im Tagesverlauf



Energie gibt es reichlich. Nur nie dort, wo man sie braucht

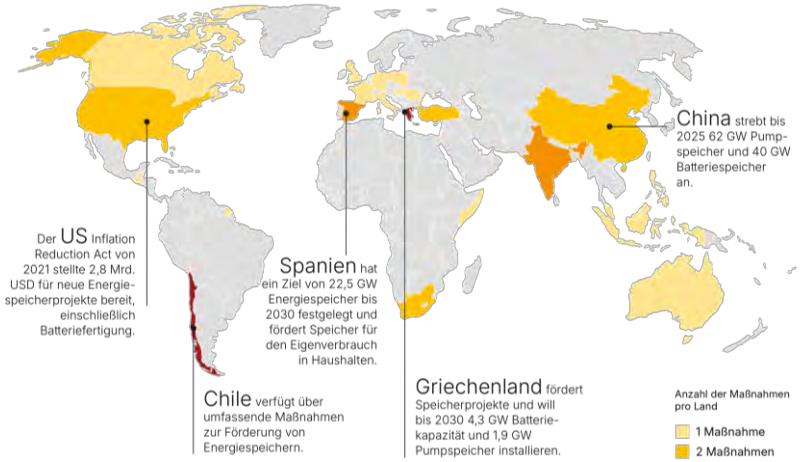
Falsche Zeit

Falscher Ort

Falsche Temperatur

Falsche Größenordnung

Länder mit Zielen und Vorgaben für Energiespeicher



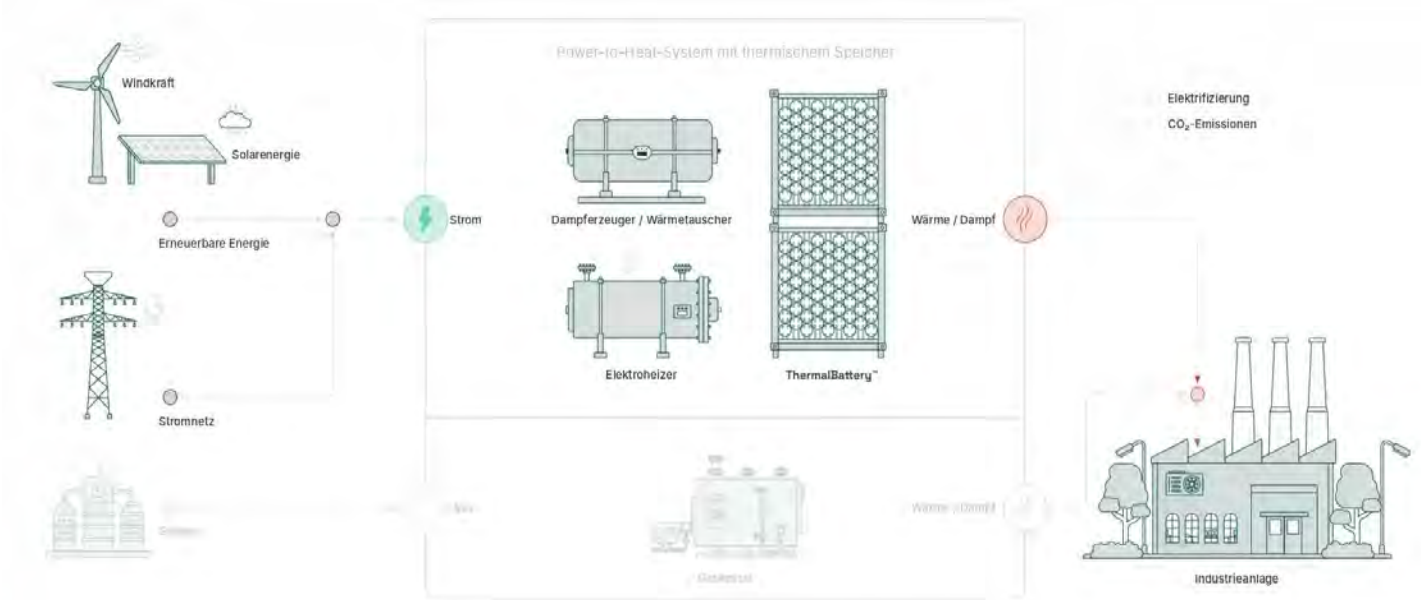
REN21. (2025). Renewables 2025 Global Status Report: Global overview. REN21 Secretariat. https://www.ren21.net/gsr-2025/

Strom speichern wir längst – und Wärme?

Was steckt in einer 500-kg-LFP-Batterie?

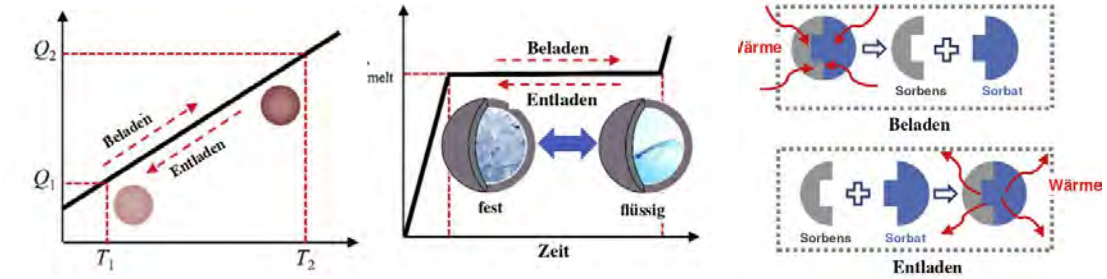


Was ist eine thermische Batterie?



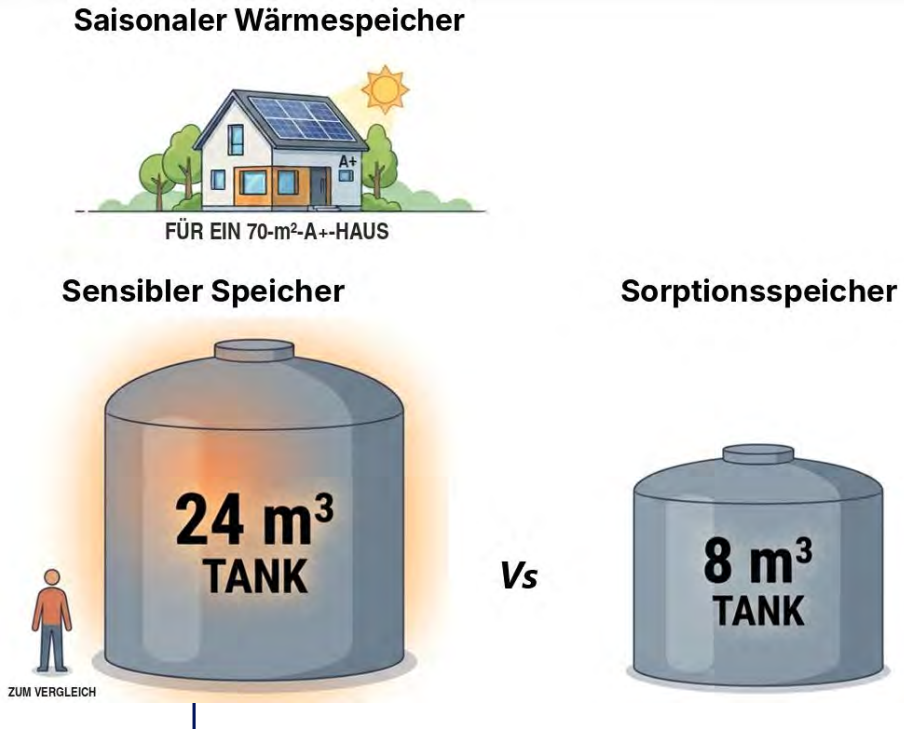
https://www. energy-nest.com & CIC energiGUNE

Arten thermischer Energiespeicher (TES)



	Sensible Wärme	Latente Wärme	Thermochemisch
Mechanismus	Temperaturänderung	Phasenwechsel	Chemische Reaktion / Sorption
Materialbeispiel	Wasser, Gestein	Phasenwechsel-materialien (PCM)	Chemische Verbindungen
TRL	9	6–8	4–6
Energiedichte	Mittel	Hoch	Am höchsten

Ungefähres Speichervolumen für die saisonale Beheizung eines energieeffizienten Hauses je TES-Technologie



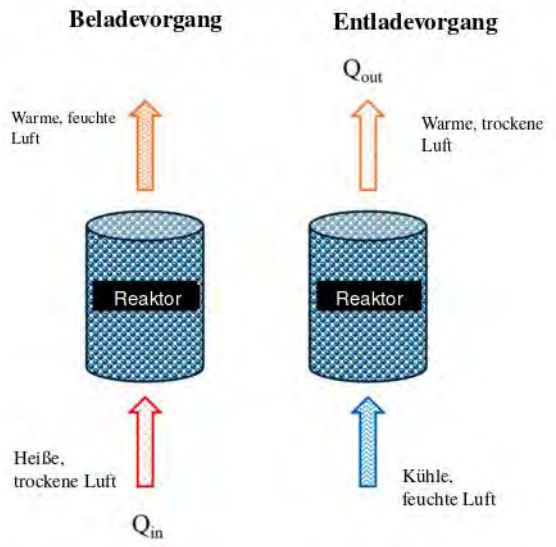
Makhanya et al (2021). Recent advances on thermal energy storage using metal-organic frameworks (MOFs). Journal of Energy Storage Volume 34, February 2021, 102179. doi:10.1016/j.est.2020.102179

Sorptionsspeicher

- Wechselwirkung zwischen **Sorbens** (Material) und **Sorbat** (z. B. Wasserdampf)
- **Beladen (Desorption):** Wärmezufuhr trennt Sorbat und Sorbens
- **Entladen (Sorption):** Sorbat lagert sich wieder an → Wärme wird frei

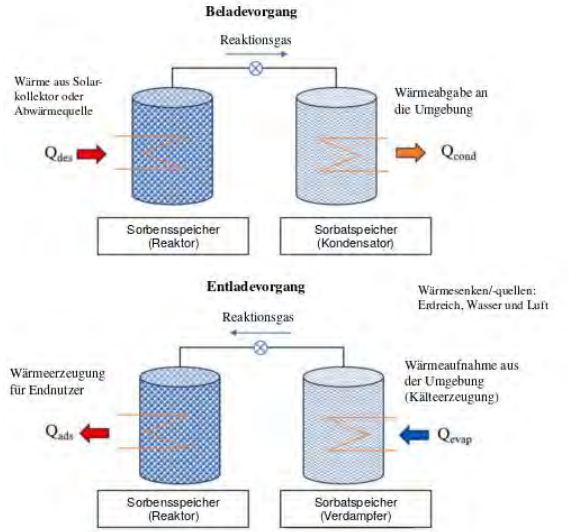
Offenes Sorptionssystem:

Feuchteaustausch direkt mit der Umgebungsluft



Geschlossenes Sorptionssystem:

Verdampfer/Kondensator speichert und gibt Wärme ab



Y. Zhang and R. Wang, "Sorption thermal energy storage: Concept, process, applications and perspectives," *Energy Storage Materials*, vol. 27, pp. 352–369, 2020.

Das Besondere an Sorptionsspeichern

Wärme wird als chemisches Potenzial gespeichert, nicht als Temperatur – ein beladenes Modul kann monatelang lagern oder transportiert werden, ohne sie zu verlieren.

1 Beladen

Sommer: Solar- oder Abwärme (130–180 °C) treibt das Wasser aus dem Zeolith.

2 Lagern

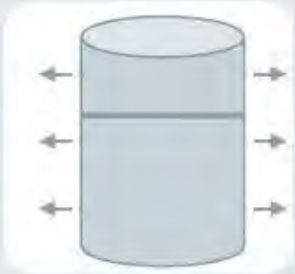
Das trockene Modul wird verschlossen und kühlt auf Umgebungstemperatur ab.

3 Transportieren

Optional: das beladene Modul dorthin bringen, wo Wärme gebraucht wird.

4 Entladen

Winter: Wasserdampf wird wieder adsorbiert und setzt Wärme bei 40–100 °C frei.



Warmwasserspeicher

sensible Wärme

Energie = Temperatur gegenüber der Umgebung

Verliert ständig Wärme: dicke Dämmung nötig, eher Wochen als Monate





Sorptionsmodul

Zeolith + Wasser

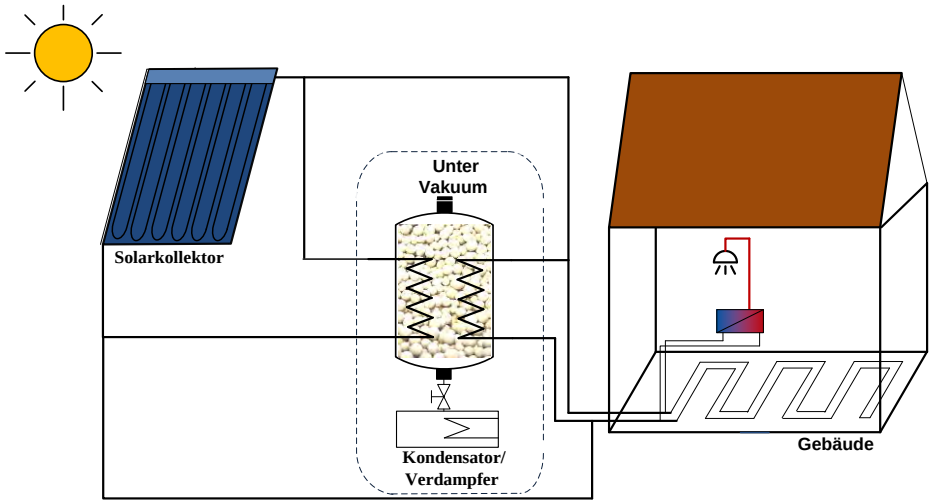
Energie = trockenes Adsorbens, das auf Wasserdampf wartet

Kaum Verluste: nur das warme Material kühlt ab, danach bleibt das Niveau konstant



Grundprinzip der Sorptionsspeicherung am AES

Unser Fokus: Sorptionsspeicher für Wohngebäude



TCstore
THERMOCHEMICAL ENERGY STORAGE

Beladetemperatur
130–180 °C

Entladetemperatur
40–100 °C

Energiedichte
150–180 kWh/m³

Projektphasen

Phase 1
Literaturrecherche, Lückenanalyse, Problemdefinition, Laborcharakterisierung

Phase 2
CFD- und Systemsimulation, Kopplung mit Gebäudeenergiemodell, Sensitivitätsanalyse

Phase 3
Bau von Prototyp und Prüfstand, erste Versuche, Validierung des Simulationsmodells

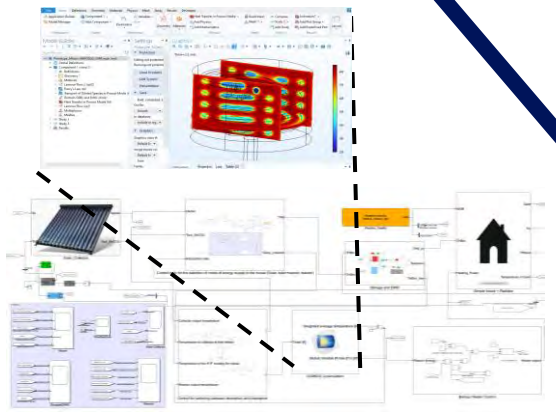
Phase 4
Untersuchung der Randbedingungen, experimentelle Parameterstudie

Phase 5
Optimierung der Zeolithmaterialien, neue Sorptionsmaterialien, experimentelle Leistungsbewertung

Phase 6
Multikriterielle Optimierung, Regelungsstrategie, Jahressimulation auf Systemebene, ML-Ersatzmodell

Projektüberblick

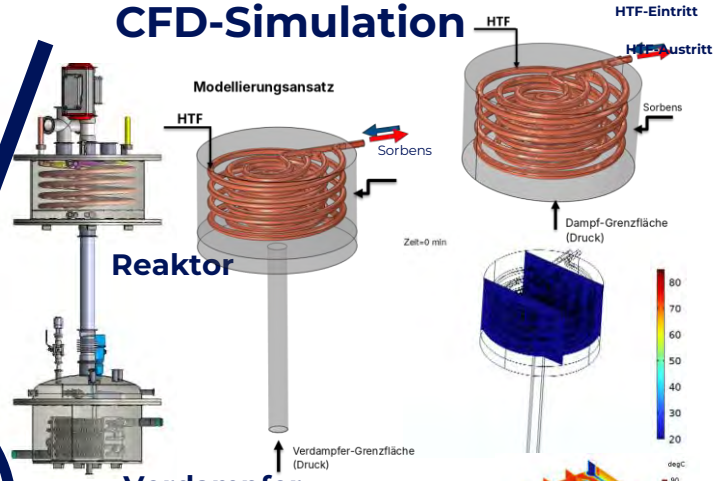
Gebäudesimulation



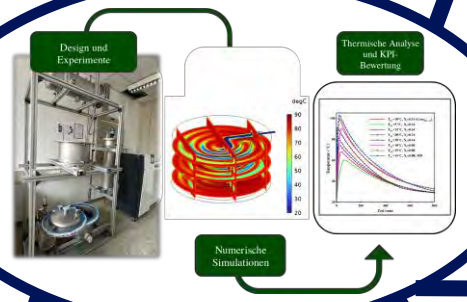
Reaktordesign



CFD-Simulation



- Adsorptionsisothermen-Modelle
- Dampfströmung, Verdünnungseffekte
- LTNE-Ansatz



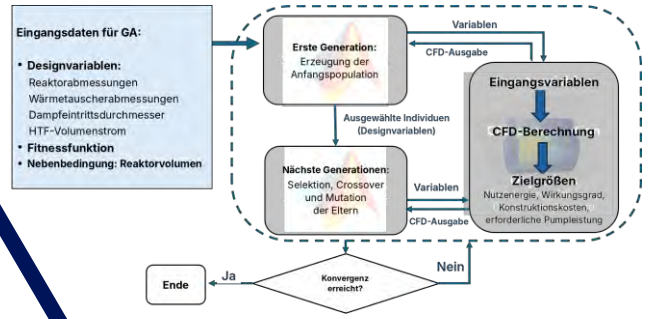
Experimente



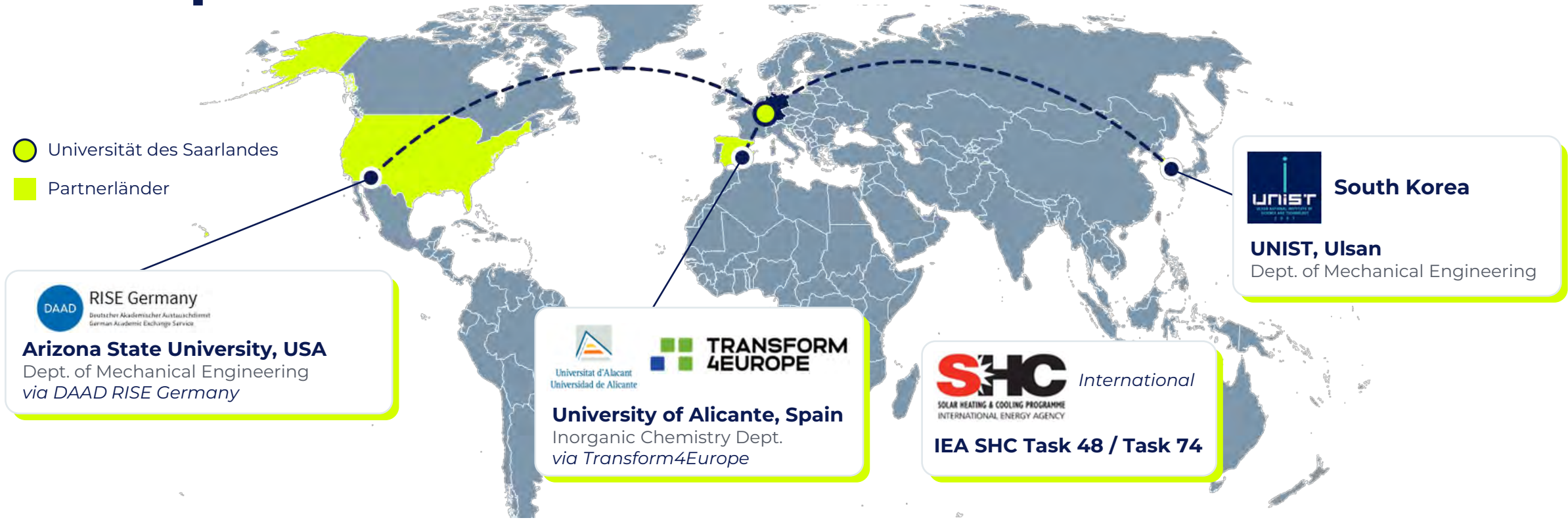




Designoptimierung



Kooperationen



RISE Germany

Arizona State University, USA
Dept. of Mechanical Engineering
via DAAD RISE Germany

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante
TRANSFORM 4EUROPE

University of Alicante, Spain
Inorganic Chemistry Dept.
via Transform4Europe

SHC SOLAR HEATING & COOLING PROGRAMME INTERNATIONAL ENERGY AGENCY
International

IEA SHC Task 48 / Task 74

South Korea

UNIST, Ulsan
Dept. of Mechanical Engineering

Veröffentlichte Ergebnisse

JOURNALS

energies

Energy Storage

frontiers

KONFERENZEN

COMSOL CONFERENCE 2025 AMSTERDAM

ISEC

EUROTHERM

enerstock

Team



Georg Frey
Prof. Dr.-Ing.



Elham Abohamzeh
M.Sc.



Milad Tajik Jamalabad
PhD



Ria Maria Mathew
B.Sc.



Vishva Dhanani



Ghufran Amjad

georg.frey@aut.uni-saarland.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!