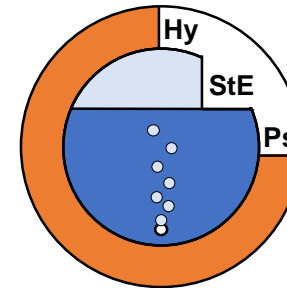




HYSTEPS

Hybrides Speicherkonzept für effiziente Prozesse



René Hofmann

AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Center for Energy
TU Wien, Institut für Energietechnik und Thermodynamik

Andreas Kiedl

Voestalpine Stahl Donawitz GmbH

Gerwin Drexler-Schmid*

AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Center for Energy



HINTERGRUND

Notwendigkeit die thermischen Speicherkapazitäten drastisch zu erhöhen wegen:

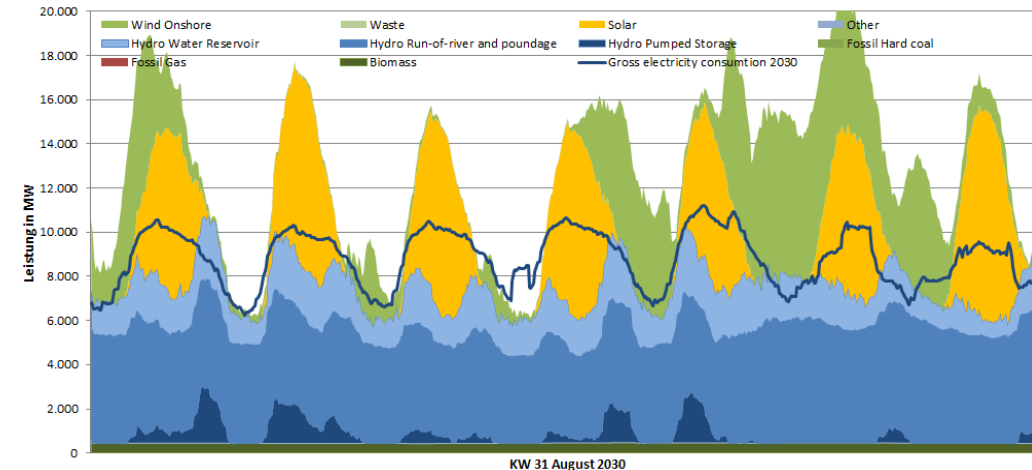
- Erneuerbarer Energieträger
- Dekarbonisierung

Entwicklungsziele – Entwickeln und Testen:

- Innovatives Hybridspeicherkonzept in Betrieb
- Speicherkapazität um bis zu 40% erhöhen
- Dadurch Energieeffizienzmaßnahmen ermöglichen

Ergebnis: Experimentell validiertes Konzept zur Erhöhung der Dampfspeicherkapazität

Branchen: Nahrungsmittel, Genussmittel, Papier, Metall



Source: G. Pauritsch, AEA, Vortrag Energiegespräche 2018, Wien

Dampfspeicher

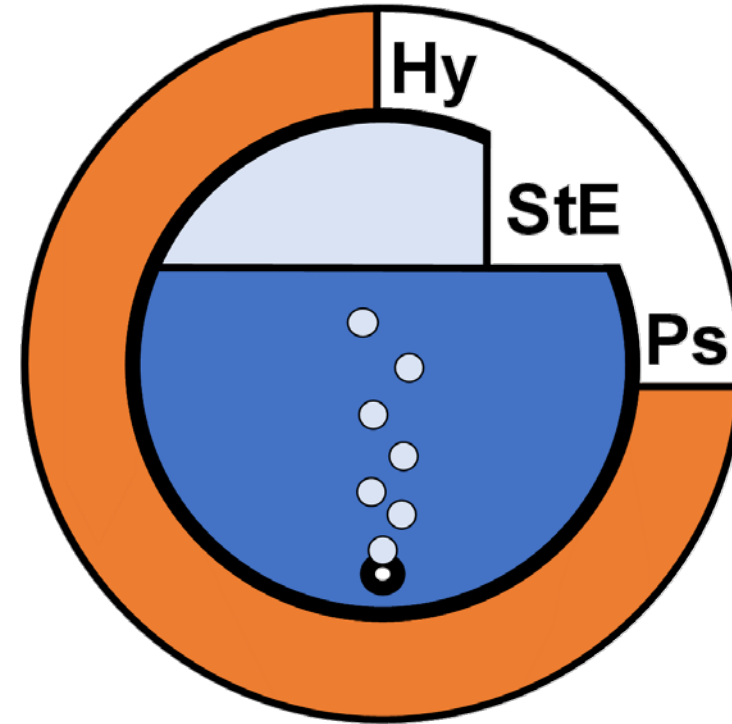


Source: voestalpine/AIT

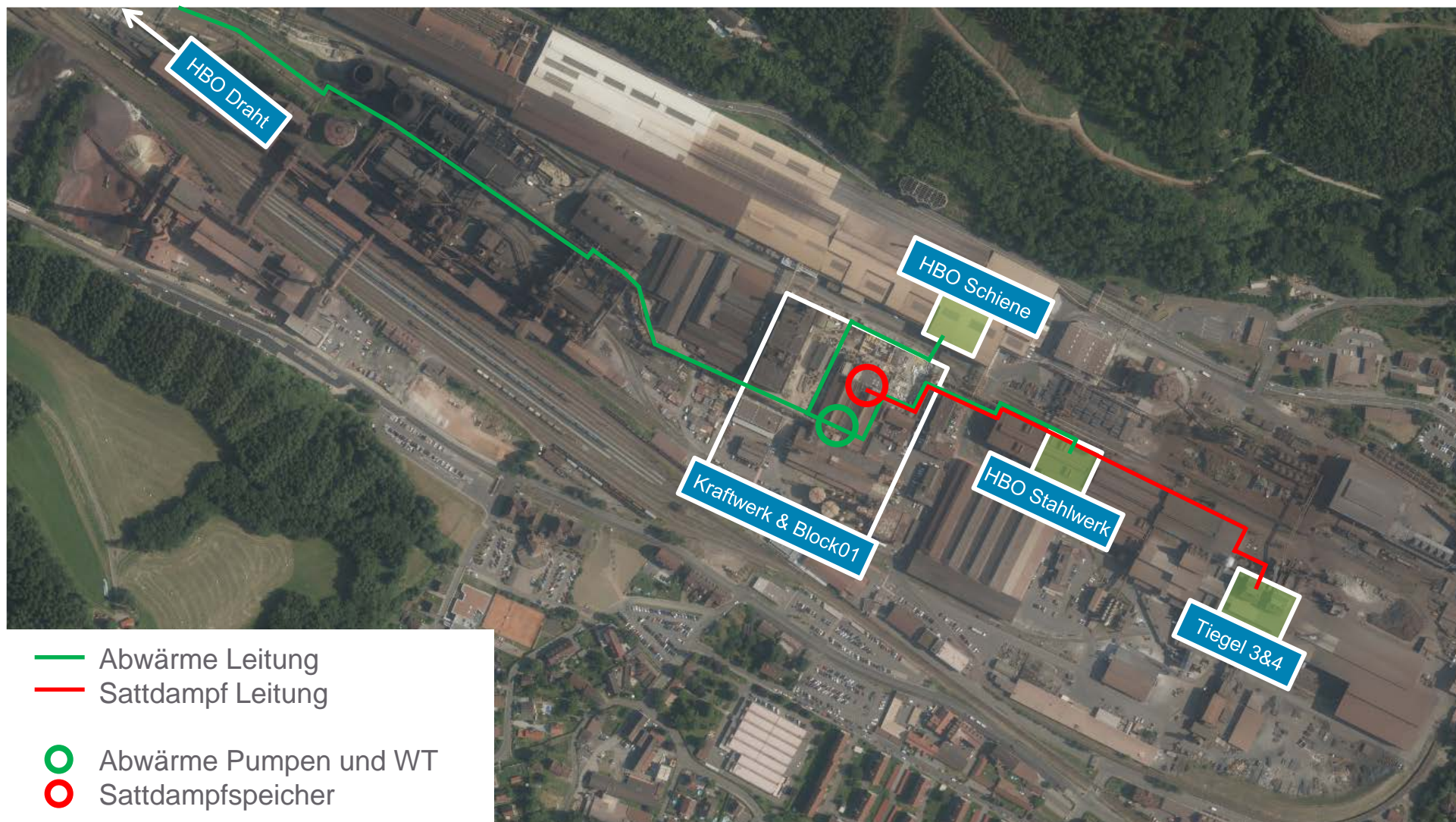
INHALT

- Anwendung
 - Voestalpine Stahl Donawitz
 - Dampfspeicherinfrastruktur
- Entwicklung
- Thermodynamik
 - PCM Simulationen
- Regelungstechnik
- Wirtschaftlichkeit
- Conclusio

ANWENDUNG



ABWÄRMENETZ DER VOESTALPINE STAHL DONAWITZ

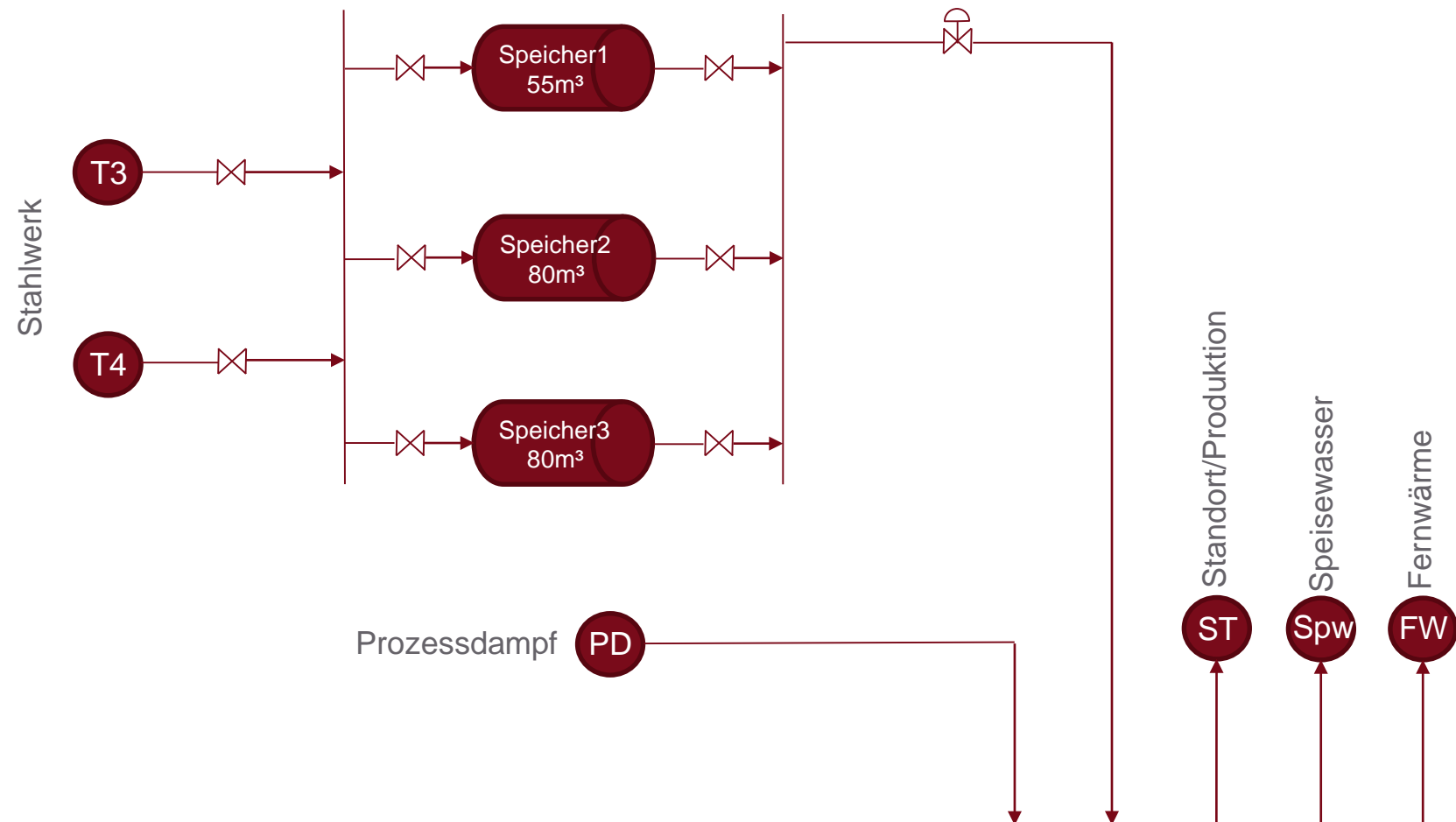


DAMPFSPEICHER DER VOESTALPINE STAHL DONAWITZ

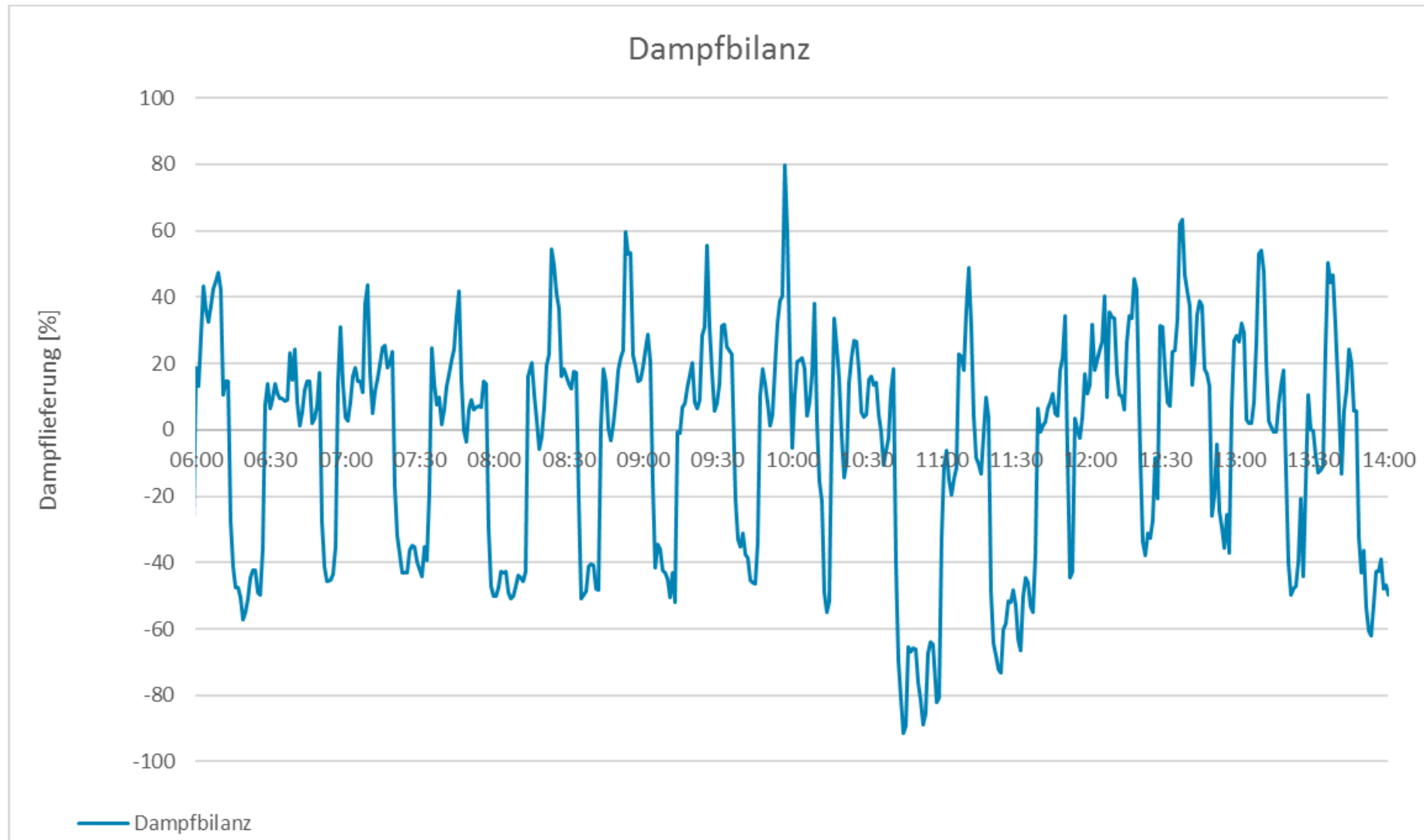


- 2x 80m³ und 1x55m³
Speichervolumen installiert
- Fluktuierender Dampfanfall
mit schnellen Gradienten
- Fluktuierende Abnahme
- Geringe
Speichermöglichkeit
- 80m³ Speicher entspricht
rd. 3,4 MWh
Speichermöglichkeit

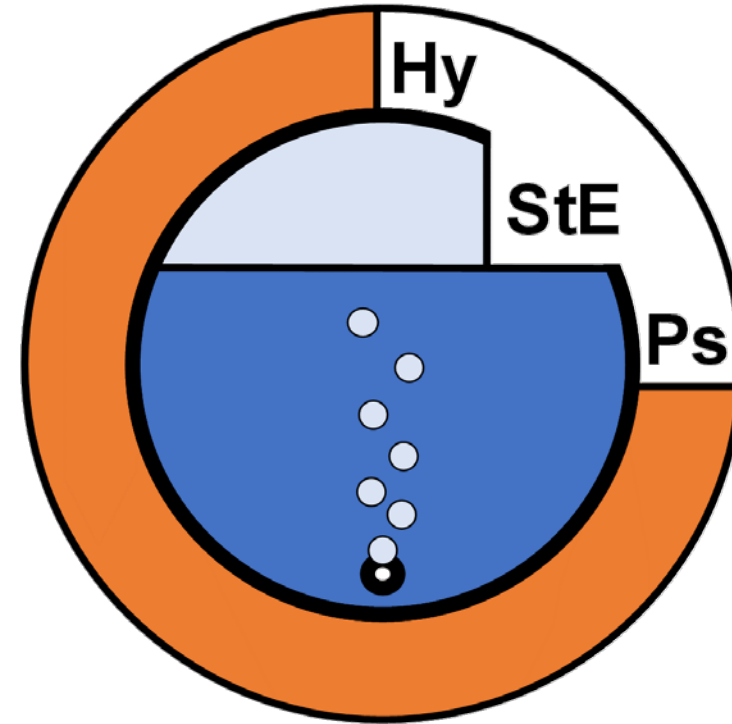
SPEICHERINFRASTRUKTUR UND BETRIEB



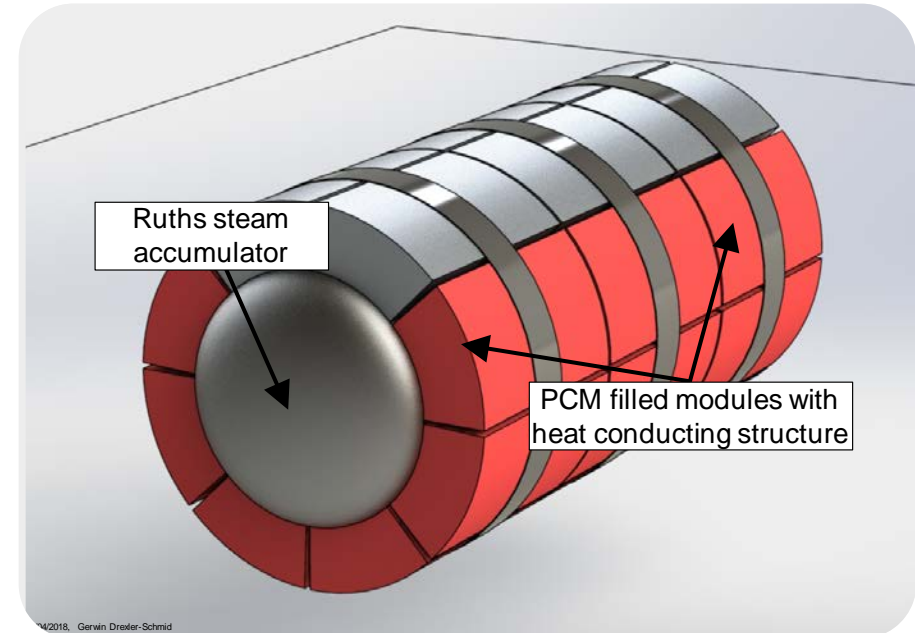
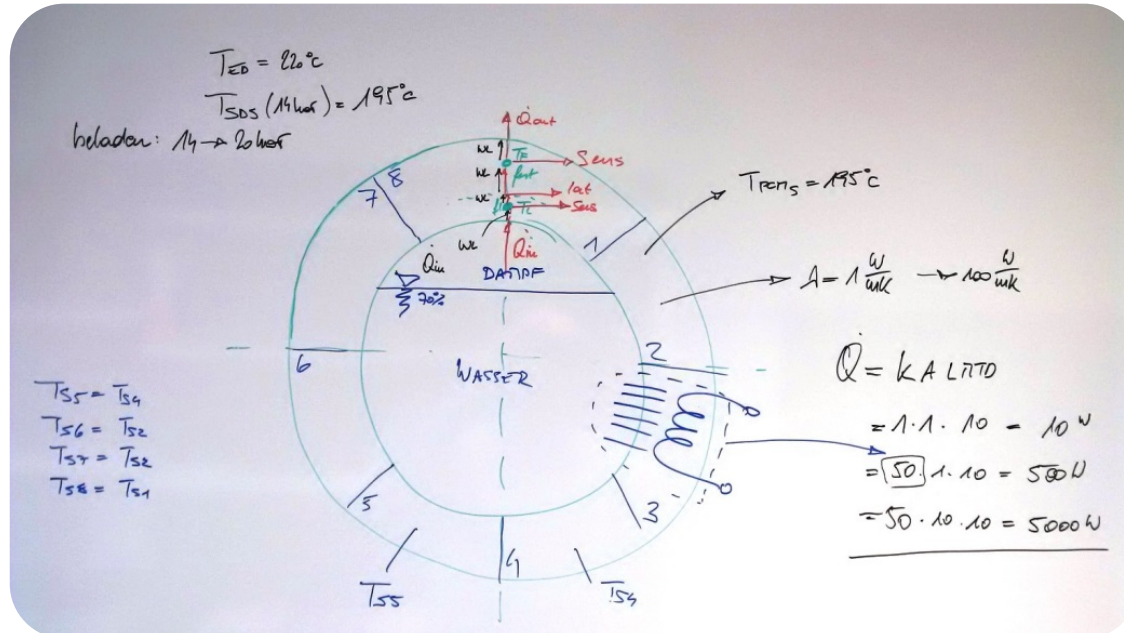
SPEICHERINFRASTRUKTUR UND BETRIEB



ENTWICKLUNG



VON DER IDEE ZUR INDUSTRIELLEN UMSETZUNG



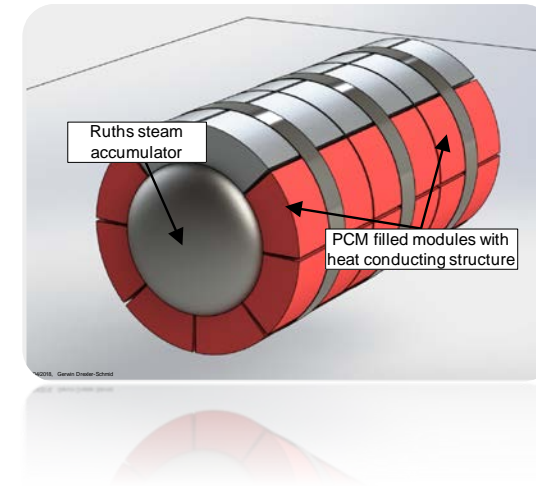
- R. Hofmann, C. Zauner, S. Dusek, F. Hengstberger: "Dampfspeicher"; Patent: EU, Nr. Ep 3 260 803 A1; eingereicht: 22.06.2017.
- R. Hofmann, C. Zauner, S. Dusek, F. Hengstberger: "Dampfspeicher"; Patent: Österreich, Nr. At 518828 A1 2018-01-15; eingereicht: 23.06.2016.
- R. Hofmann, C. Zauner, S. Dusek, F. Hengstberger: "Dampfspeicher"; Patent: Österreich, Nr. At 518793 A1 2018-01-15; eingereicht: 23.06.2016.

- **Kombination aus Ruths-Dampfspeicher und Phasenwechselmaterial (PCM)**
- **Retrofit zur Erhöhung der Speicherkapazität um bis zu 40%**

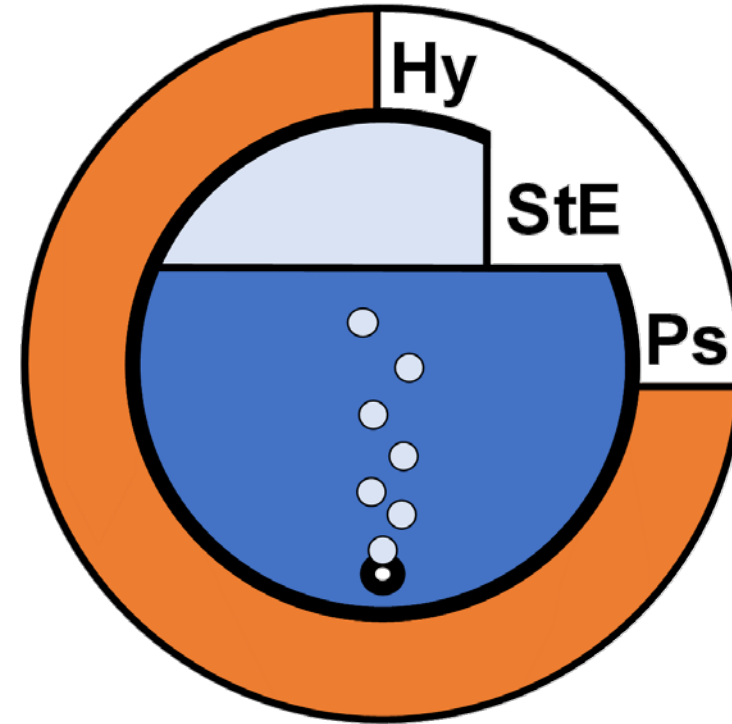
UMSETZUNGS & FORSCHUNGSFRAGEN

- Umsetzung
 - Bau eines oder mehrerer Labormuster
 - Entwicklung der Wärmeleitstruktur
 - Ladezustandsmessung
 - Intelligenter Betrieb und Regelung

- Forschungsfragen
 - Auswahl des optimalen PCM? (Schmelzpunkt, Entflammbarkeit, Toxizität)
 - PCM Verhalten? (detaillierte Simulationen, Regelung)
 - Konstruktion? (Korrosion, Wärmeübergang, Festigkeit, Sicherheit, etc.)
 - Wirtschaftlichkeit? (Techno-ökonomische Analyse nach Versuchen)

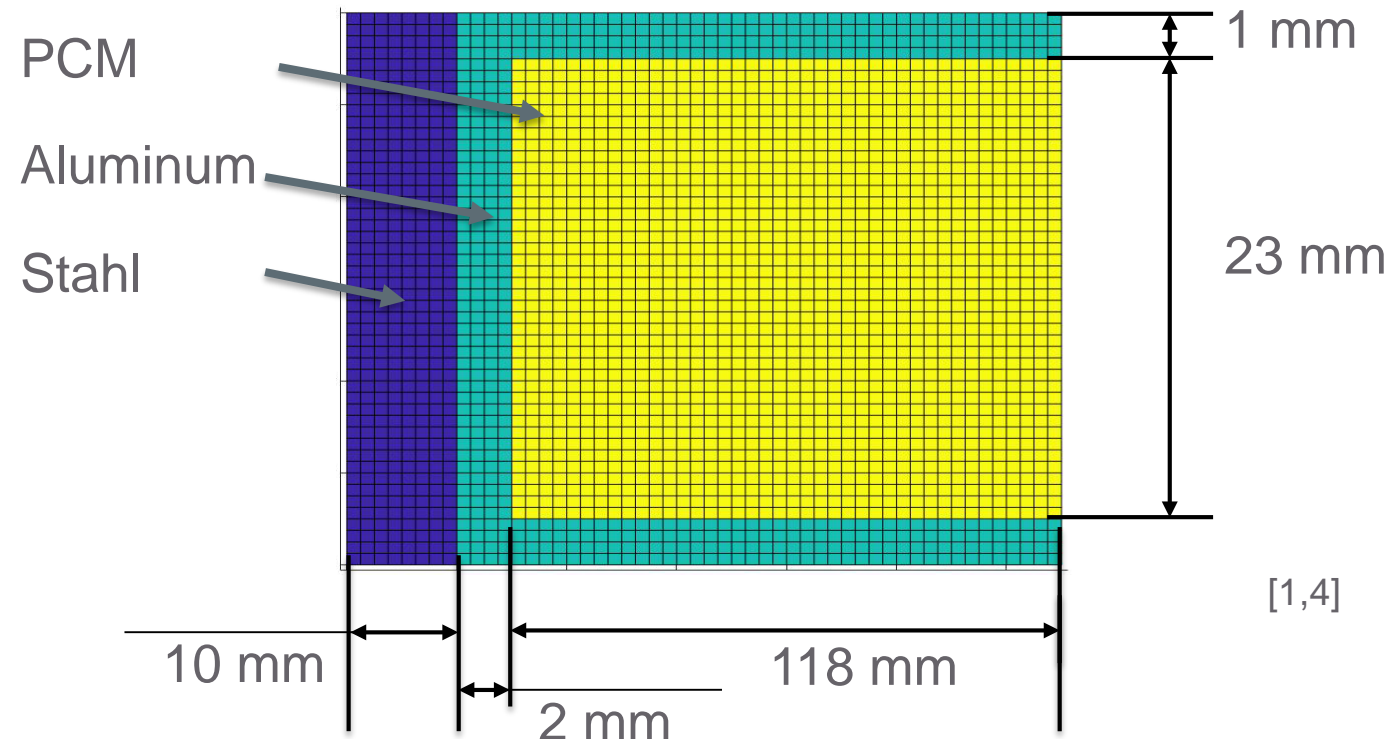


THERMODYNAMIK



PCM-MODELLE FÜR DETAILLIERTE SIMULATIONEN

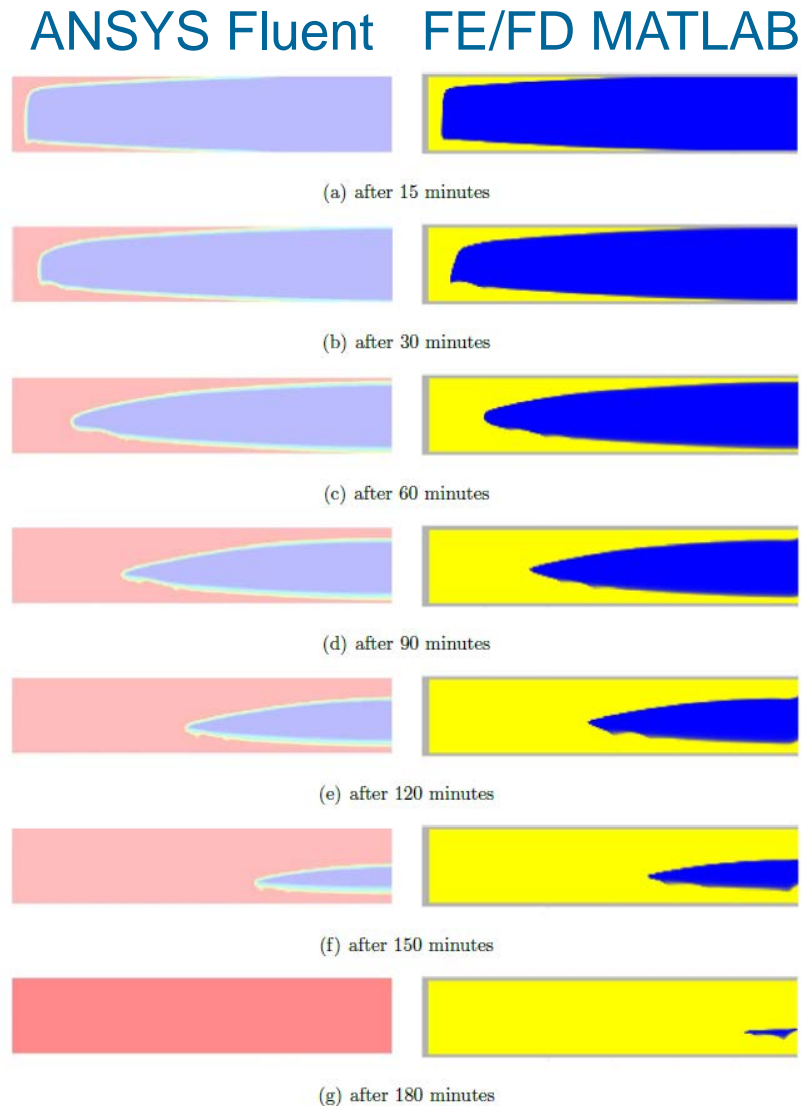
- 2 Modelle, Berücksichtigung von Wärmeleitung + natürlicher Konvektion:
 - ANSYS Fluent
 - Finite Elemente (FE)/ Finite Differenzen (FD) Code in MATLAB



VERGLEICH BEIDER MODELLE

- ✓ Erfolgreiche Validierung über experimentelle Daten aus der Literatur
- ✓ Gute Übereinstimmung zwischen Fluent und FE/FD Code

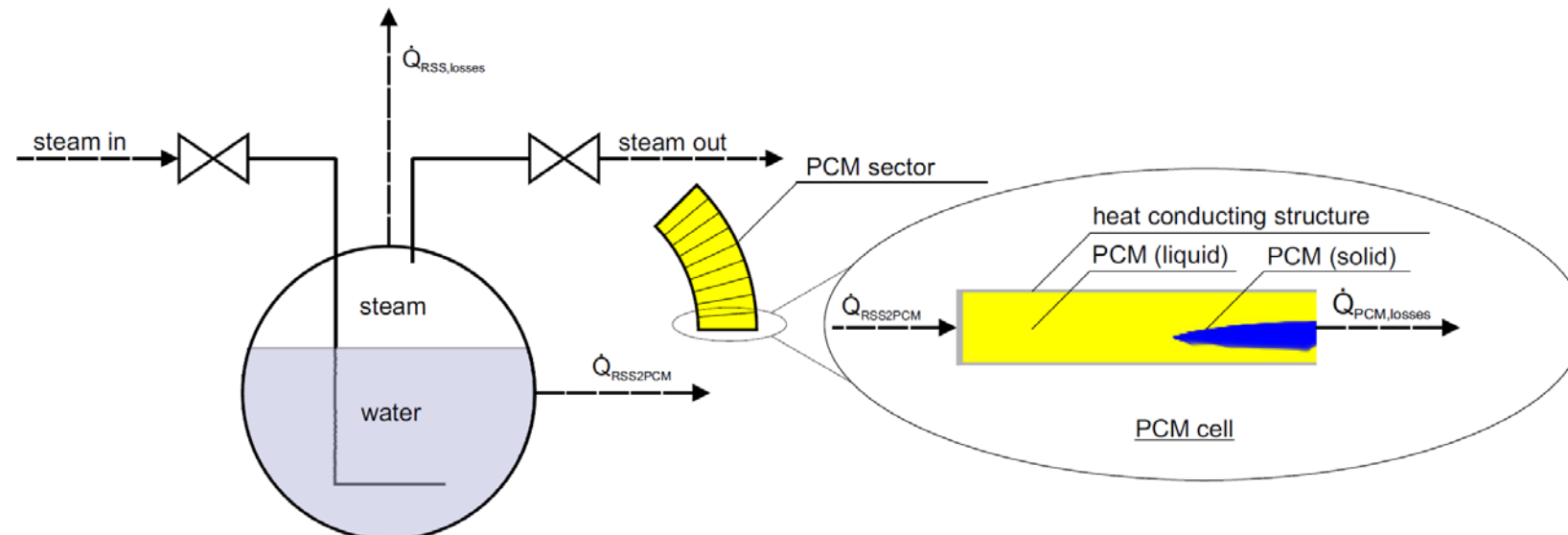
- MATLAB Code liefert robustes und adaptives Modell für:
 - Parameterstudien
 - Modellreduktion



THERMODYNAMISCHE ANALYSE

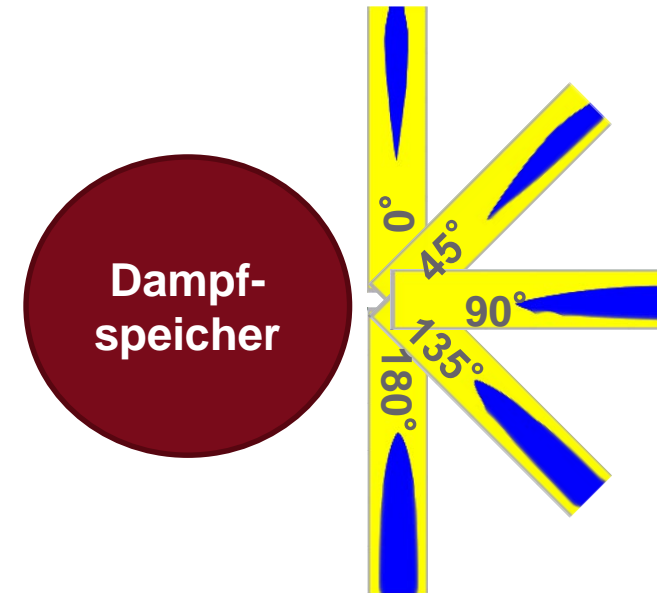
2 wesentliche Einflüsse auf Be- und Entladeverhalten:

- Orientierung der PCM Zellen (Einfluss der Konvektion)
- Position am Speicher relativ zum Füllstand (Wärmeübergang)

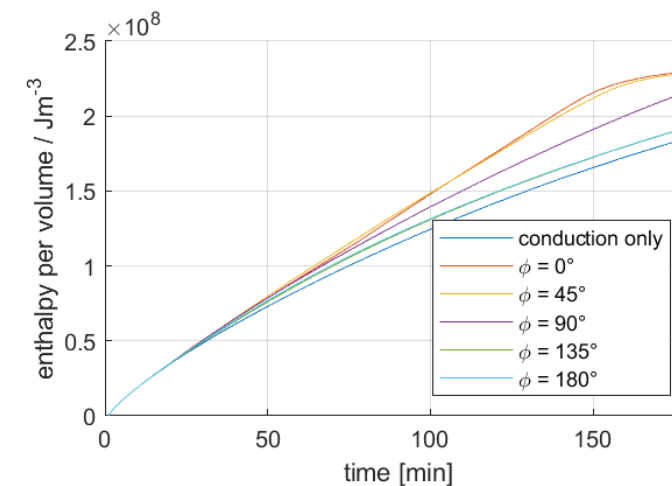


EINFLUSS DER ORIENTIERUNG

- Signifikanter Einfluss der Konvektion im Belade-Fall (v.A. für aufwärts gerichtete Zellen)
- Vernachlässigbarer Einfluss der Konvektion im Entlade-Fall



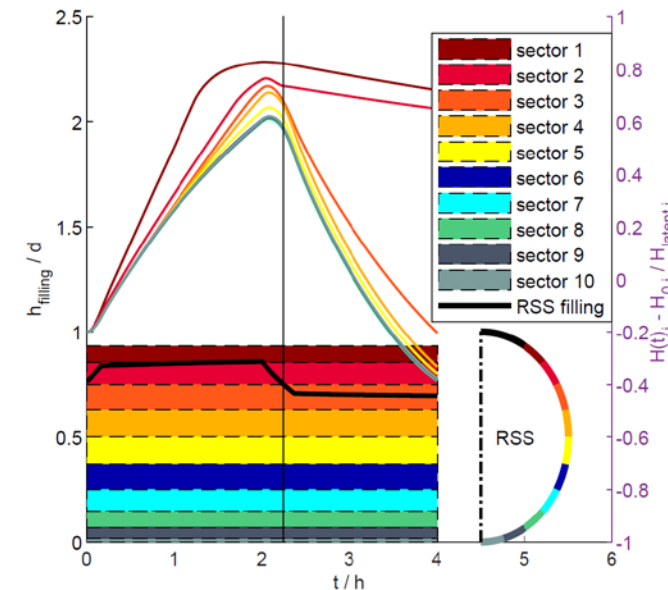
Belade-Szenario



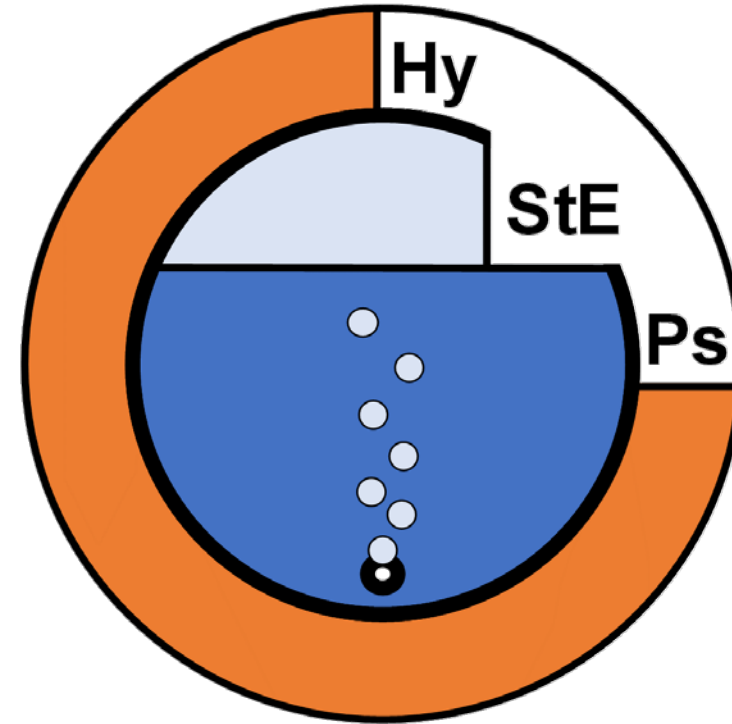
EINFLUSS DER POSITION AM SPEICHER

- Im Belade-Fall zwar guter Wärmeübergang im oberen Bereich, im Entlade-Fall aber sehr schlecht
- Obere PCM-Zellen werden sehr schlecht entladen → Isolierung

Betriebszustand	Phase	Zustand	Wärmeübergang $\frac{\alpha}{Wm^{-2}K^{-1}}$
Beladen	Dampf	kondensierender Dampf	~ 5000
Beladen	Wasser	flüssiges Wasser	~ 700
Entladen	Dampf	trockener Dampf	~ 10
Entladen	Wasser	siedendes Wasser	~ 1000



REGELUNGSTECHNIK



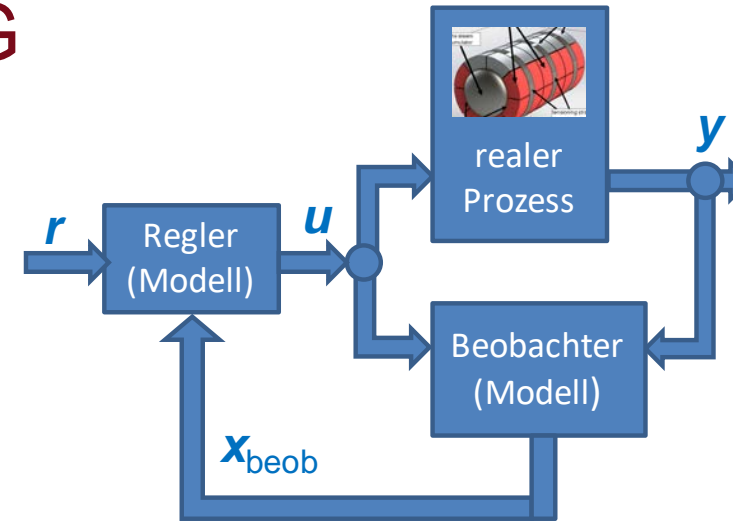
MODELLPRÄDIKTIVE REGELUNG

Ziel:

- **Effiziente und sichere Führung/Betriebsstrategie** des Speichers entlang Soll-Trajektorien der Regelgrößen

Anforderungen:

- Effizientes, ausreichend genaues **Modell**
- Gute Kenntnis des Systemzustands aus **Echtzeit-Beobachtung** des realen Prozess (**Experiment: Messdaten**)

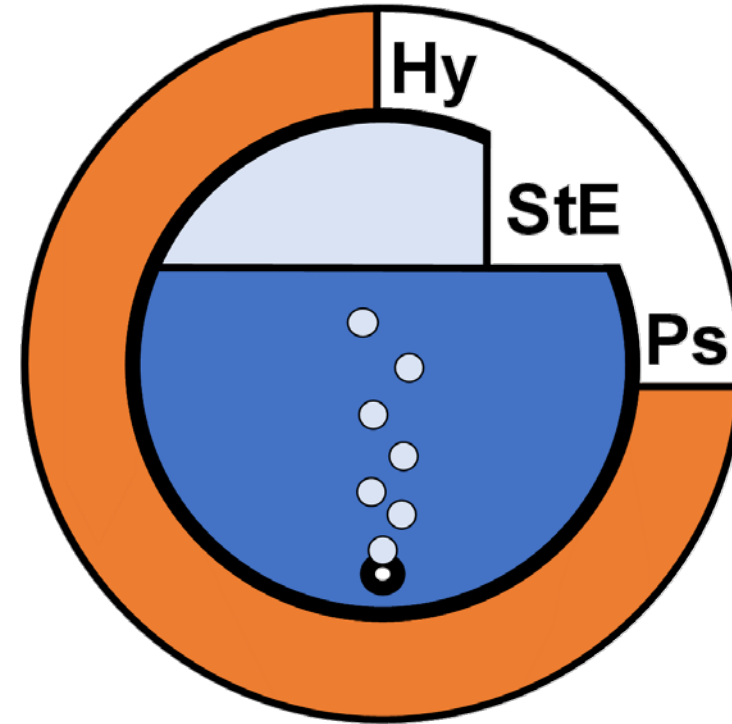


[4]

Methodik:

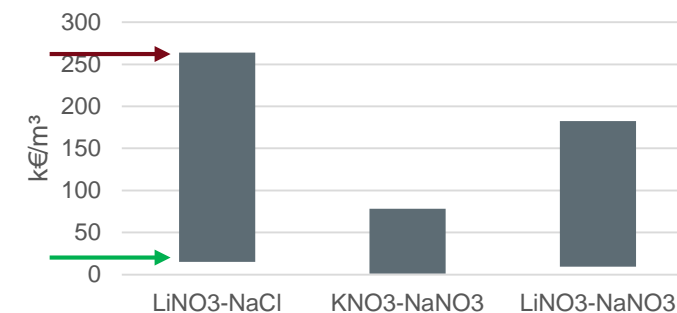
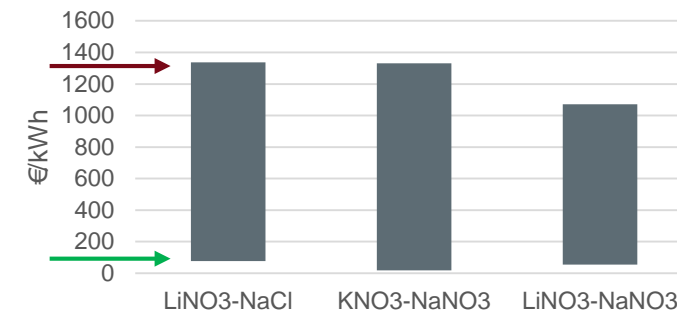
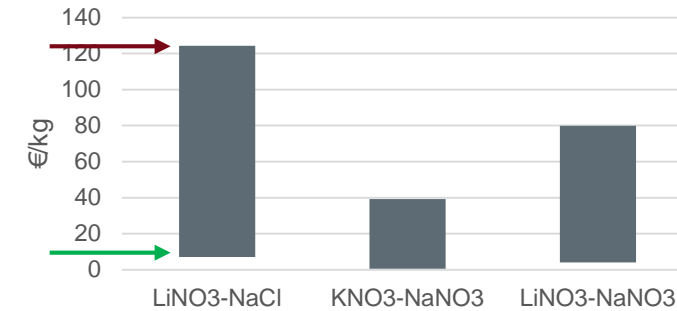
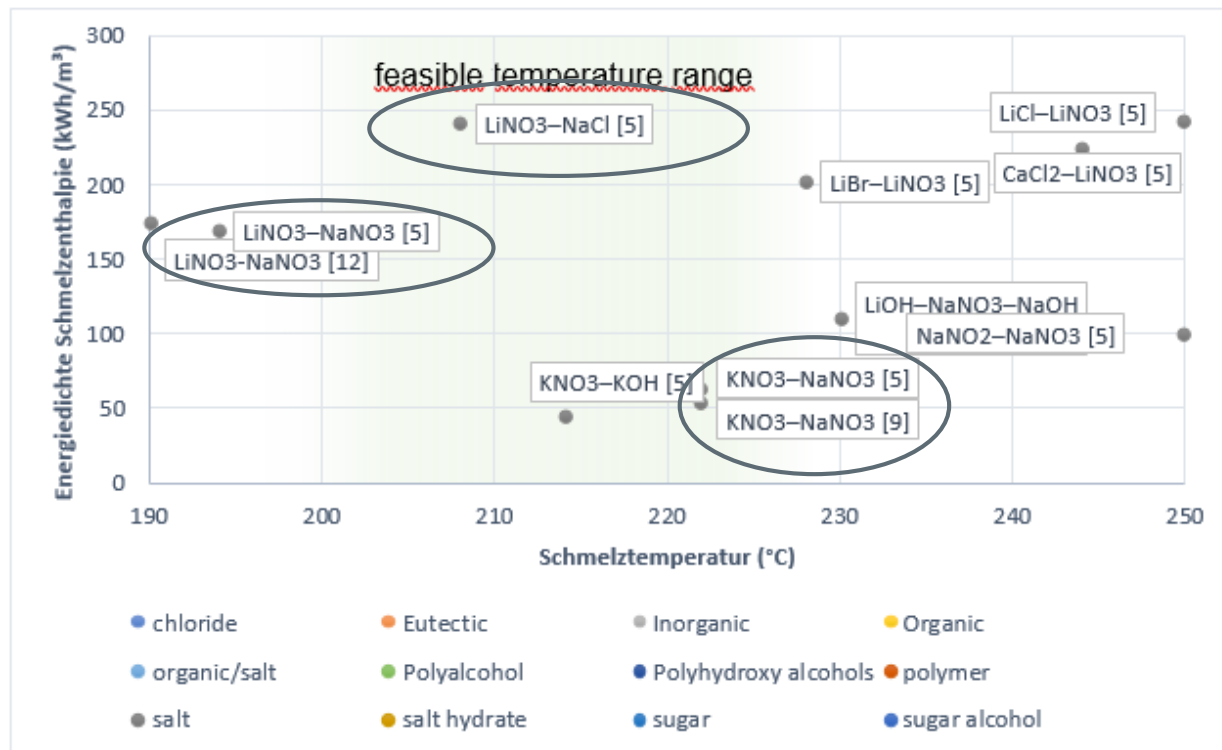
- **Modellprädiktive Regelung** zur **optimalen**, prädiktiven **Regelung** des Prozesses unter Einhaltung von **Randbedingungen**
- **Validierung** in Simulation und experimentell

WIRTSCHAFTLICHKEIT



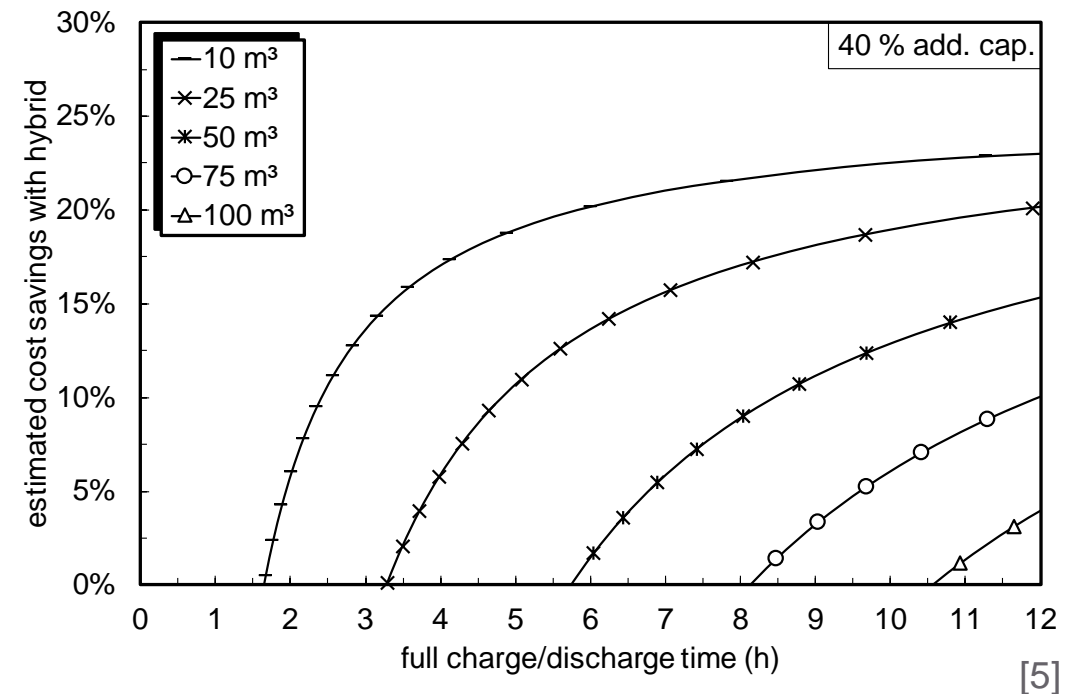
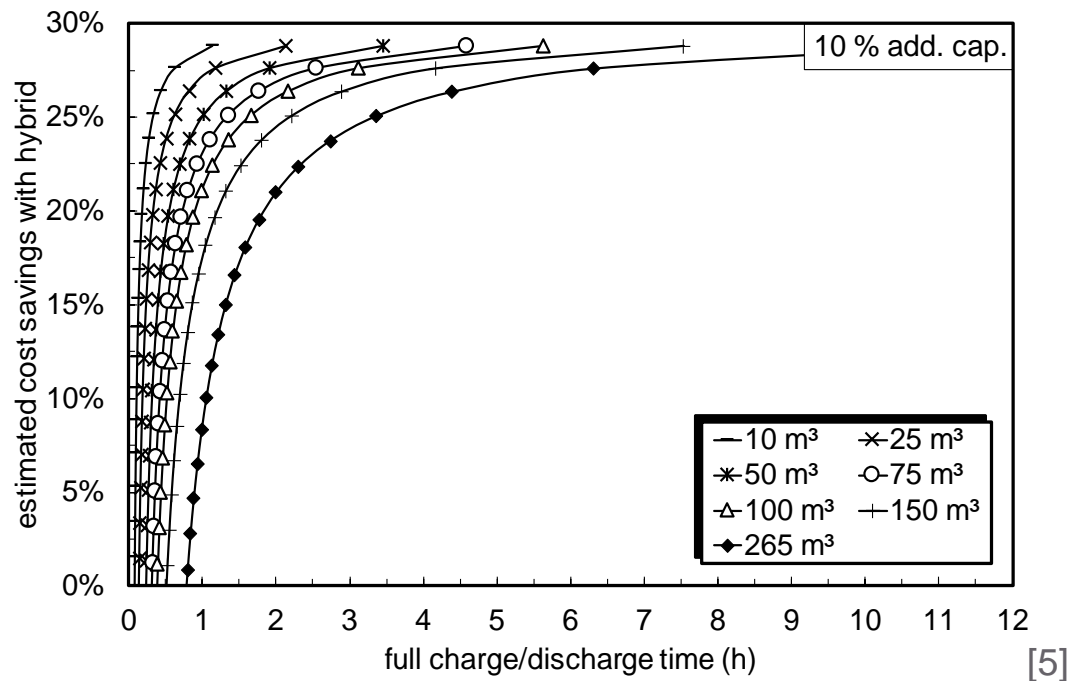
PCM-AUSWAHL

- $\text{LiNO}_3\text{-NaCl}$ → Korrossion, Preis
- $\text{KNO}_3\text{-NaNO}_3$ → Schmelzpunkt zu hoch
- $\text{LiNO}_3\text{-NaNO}_3$ → guter Schmelzpunkt, hohe Energiedichte

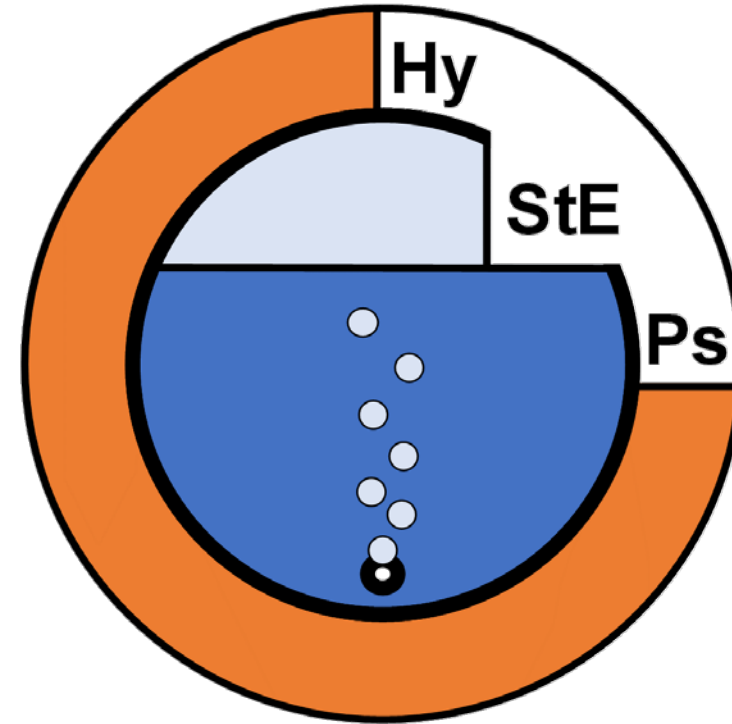


KOSTENERSPARNIS

- Aluminium zum Wärmetransport
- Oberflächen-Volumenverhältnis wichtig
- Abhängig von Entladezeit
- Ohne Konvektion gerechnet



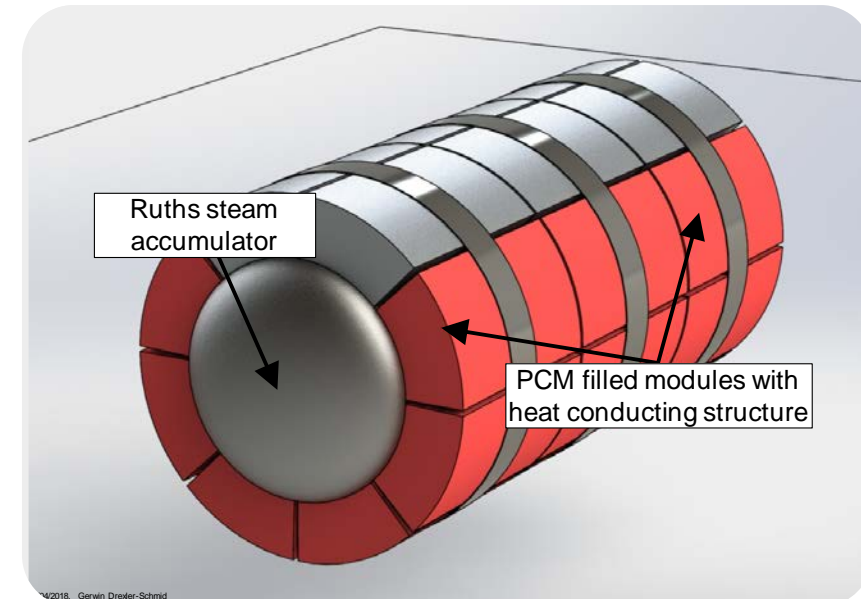
CONCLUSIO



CONCLUSIO & AUSBLICK

- Technische Herausforderungen
 - Wärmedehnung von PCM und Einkapselung, auch unterhalb des Schmelzpunktes
 - Wärmeübergang zwischen Dampfspeicher und PCM-Modul
 - Wärmeleitung in PCM-Modul
- Wirtschaftliche Herausforderungen
 - Kostengünstige Konstruktion, die Prozessanforderungen und Sicherheitsaspekte erfüllt
 - Wirtschaftlichkeit möglich

- Stand jetzt und nächste Schritte
 - Auswahl aus etwa 20 verschiedenen PCM-Modulvarianten getroffen
 - 3 verschieden Varianten werden auskonstruiert und getestet

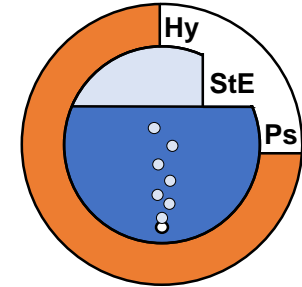


REFERENZEN

- [1] Kasper, L., 2019. Modeling of the Phase Change Material of a Hybrid Storage Using the Finite Element Method (Diplomarbeit, TU Wien, Wien, Austria)
- [2] Kasper, L., Pernsteiner, D., Koller, M., Schirrer, A., Jakubek, S., Hofmann, R., 2019. Numerical studies on the melting and solidification process in an rectangular aluminium finned latent-heat thermal energy storage (in submission)
- [3] Pernsteiner, D., Kasper, L., Schirrer, A., Hofmann, R., Jakubek, S., 2019. Co-simulation methodology of a hybrid latent-heat thermal energy storage unit (in submission)
- [4] HyStEPs Report
- [5] René Hofmann, Sabrina Dusek, Stephan Gruber and Gerwin Drexler-Schmid. Design Optimization of a Hybrid Steam-PCM Thermal Energy Storage for Industrial Applications. *Energies* 2019, 12, 898; doi:10.3390/en12050898



FRAGEN ZU HYSTEPS?



René Hofmann

AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Center for Energy
TU Wien, Institut für Energietechnik und Thermodynamik

Andreas Kiedl

Voestalpine Stahl Donawitz GmbH

Gerwin Drexler-Schmid*

AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Center for Energy

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der FTI-Initiative „Vorzeigeregion Energie“ durchgeführt.

