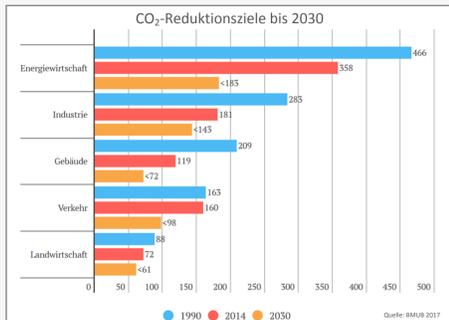




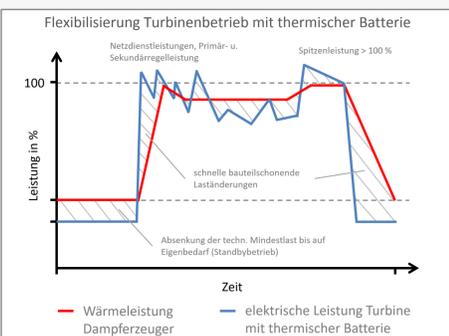
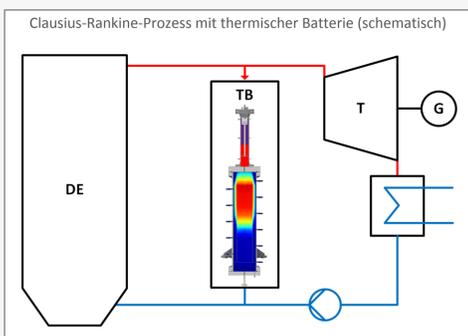
# Projektergebnisse HOTHES – Hochtransientes thermisches Energiespeichersystem „Thermische Batterie“

## Motivation

- Dekarbonisierung der Wirtschaftskreisläufe
- Erreichung der CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele in der Energiewirtschaft
- Substitution fossiler Energieträger
- Flexibilisierung von thermischen Energieanlagen beliebiger Art (Clausius-Rankine-Prozesse)
- Erfüllung des **Zieldreiecks** aus Versorgungssicherheit, Bezahlbarkeit und Umweltverträglichkeit



## Konzept der thermischen Batterie für industrielle Anwendungen



## Zielstellung

### Zielstellung HOTHES

Dynamisches Simulationsmodell der thermischen Batterie der Versuchsanlage THERESA



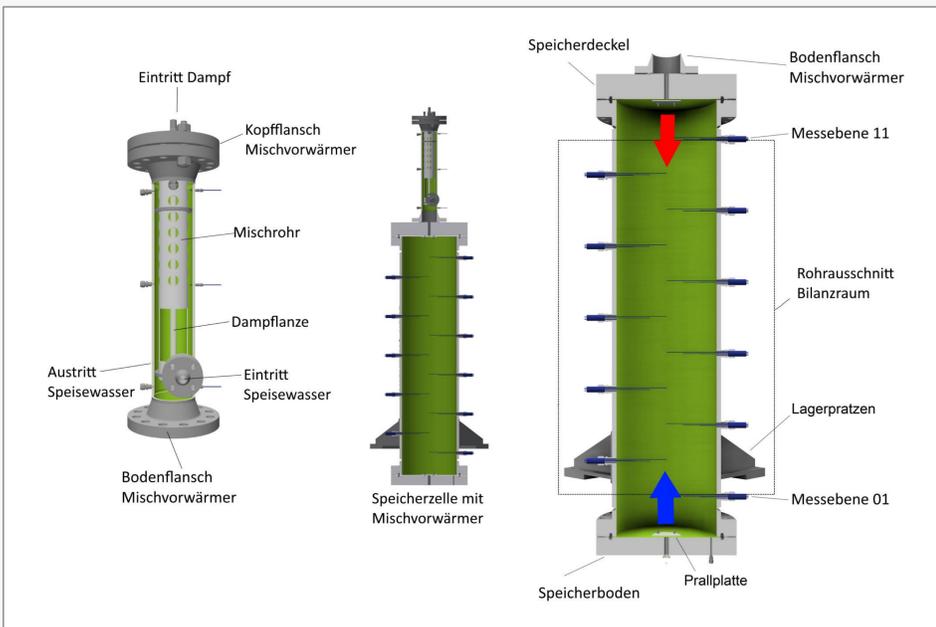
- Anwendungen:
- Nachbildung dynamischer Anforderungen
  - Datenbasis und Kenngrößen
  - Modellvalidierung
  - Schutz- und Regelungskonzept

Skalierbares Simulationsmodell der „Thermischen Batterie“

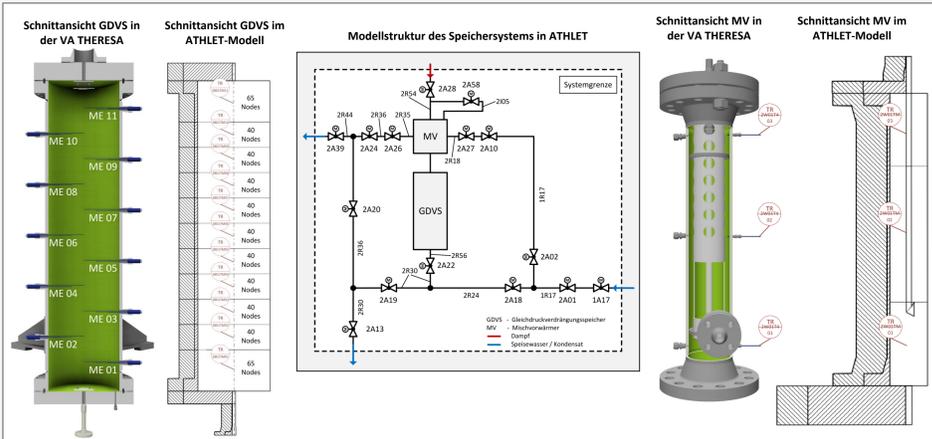


- Anwendungen:
- Skalierung auf reale Industrieanwendungen
  - Auslegungsberechnungen
  - Integration von thermischen Batterien in Industrieprozesse

## Aufbau der modularen thermischen Batterie



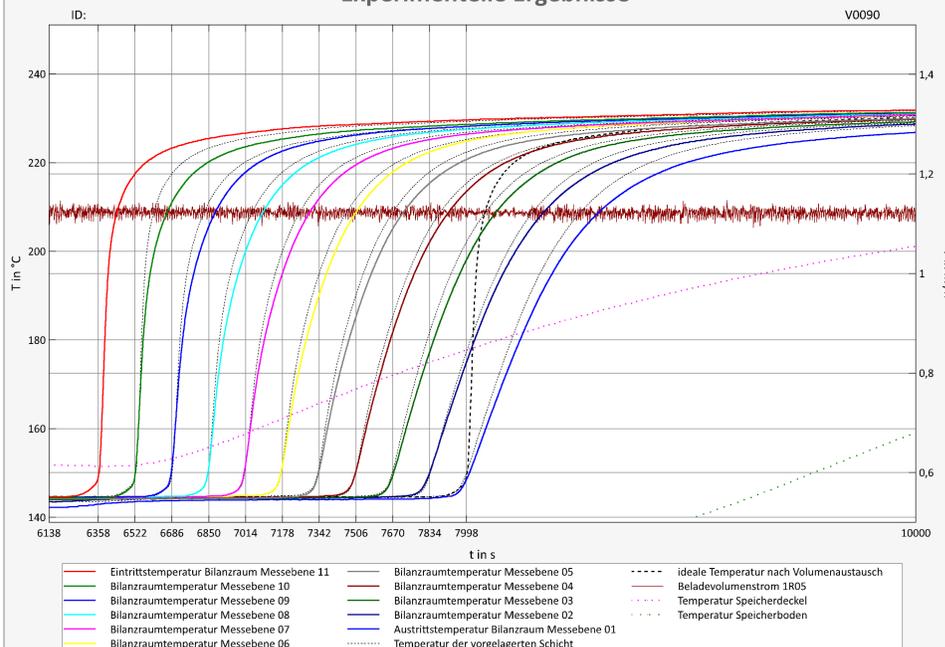
## Ergebnisse Modellierung



Experimentell validiertes, skalierungsfähiges, 2D-Modell der thermischen Batterie mit:

- parametrierbaren Geometrien und Materialien
- transientem Verhalten der Bauteile
- temperatur- und druckabhängigen Bauteileigenschaften (Geometrie, Material usw.)
- realen Strömungswegen, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik

## Experimentelle Ergebnisse



| Kenngrößen                      | Einheit        | Wert  | Bemerkung                               | Kenngrößen                | Einheit            | Wert        | Bemerkung                                                                 |
|---------------------------------|----------------|-------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Material                        |                |       | Edelstahl (1.4751)                      | Speicherichte             | kWh/m <sup>3</sup> | 88          | bei ΔT = 123 K                                                            |
| Wandstärke Behälter             | m              | 0,025 | Rohrwandstärke                          | Speicherkapazität         | kWh                | 53          | bei ΔT = 123 K                                                            |
| Wandstärke Mischvorwärmer       | m              | 0,008 | Rohrwandstärke                          | Leistungsdichte           | kW/m <sup>2</sup>  | 12,565      | maximaler Betriebswert                                                    |
| Volumen Behälter                | m <sup>3</sup> | 0,600 | Volumen Speichermedium                  | Be- Entladeleistung       | kW                 | ± 240       | maximaler Betriebswert                                                    |
| Volumen Mischvorwärmer          | m <sup>3</sup> | 0,019 |                                         | Temperaturniveau Wasser   | °C                 | 140 bis 265 |                                                                           |
| Innendurchmesser Behälter       | m              | 0,56  |                                         | Temperaturdifferenz       | K                  | 123         | maximaler Betriebswert                                                    |
| Innendurchmesser Mischvorwärmer | m              | 0,152 |                                         | Leistungsgradient         | kW/s               | ± 4,0       | maximaler Betriebswert                                                    |
| Leergewicht Behälter            | kg             | 3000  |                                         | Beladevolumenstrom        | m <sup>3</sup> /h  | 1,72        | maximaler Betriebswert                                                    |
| Leergewicht Mischvorwärmer      | kg             | 220   |                                         | Entladevolumenstrom       | m <sup>3</sup> /h  | 1,72        | maximaler Betriebswert                                                    |
| Höhe Behälter                   | m              | 2,453 |                                         | Betriebsdruck             | barü               | 51          | maximaler Betriebswert                                                    |
| Höhe Mischvorwärmer             | m              | 1,093 |                                         | Wärmeverlustleistung      | kW                 | 2,6         | maximaler Betriebswert, Wärmedämmung durch Messtechnik stark reduziert    |
| zul. Temperatur TS              | °C             | 350   |                                         | Temperaturverlust         | K/h                | 8           |                                                                           |
| zul. Betriebsdruck PS           | barü           | 65    |                                         | Grädigkeit Mischvorwärmer | K                  | 7           | kleiner Sattwassertemperatur gültig für Haltezeiten von maximal 2 Stunden |
| Dämmdicke                       | m              | 0,12  | Techno-Matratzen, Aluminium-PTFE-Gewebe | Nutzungsgrad              | %                  | 85          |                                                                           |

## Konferenz- und Journalbeiträge

- Schneider, C., Braun, S., Klette, T., Härtelt, S., Kratzsch, A.: Development of Integration Methods for Thermal Energy Storages into Power Plant Processes, Proceedings of the ASME POWER & ENERGY Conference 2016, Carolina, North Carolina, USA, 26.-30.06.2016
- Vogel, C.; Braun, S.; Klette, T.; Gubsch, T.; Kratzsch, D.; Härtelt, S.; Kratzsch, A.: Instandhaltung der Großversuchsanlage THERESA im Zittauer Kraftwerkslabor, Oberlausitzer Energie-Symposium 2017, Zittau, 25./26. Oktober 2017
- Klette, T.; Kratzsch, A.: Dynamische Simulation und experimentelle Validierung eines thermischen Energiespeichers für die Flexibilisierung thermischer Kraftwerke, SMART ENERGY 2017, Dortmund, November 2017, pp. 25-35, ISBN 978-3-86488-125-1
- Klette, T.; Braun, S.; Kratzsch, A.; Schneider, C.: Model development and dynamic simulation of a thermal high-performance storage system with the simulation code ATHLET to increase the flexibility of thermal power plants, 6th International Conference on Power Science and Engineering, St. Petersburg, Russia, 04.12.2017
- Schneider, C.; Klette, T.; Braun, S.; Kratzsch, A.: Methods to increase the flexibility of Power Plant Processes by the Implementation of Thermal Energy Storages, 6th International Conference on Power Science and Engineering, St. Petersburg, Russia, 04.12.2017
- Klette, T.; Braun, S.; Kratzsch, A.; Schneider, C.: Model development and dynamic simulation of a thermal high-performance storage system with the simulation code ATHLET to increase the flexibility of thermal power plants, International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications Vol. 7, No. 2, April 2018, pp. 43-50, ISSN 2319-2518
- Klette, T.; Gubsch, T.; Vogel, C.; Kratzsch, D.; Braun, S.; Härtelt, S.; Kratzsch, A.: ATHLET simulation code: Model validation of a thermal high-performance storage system, 3rd International Conference on Sustainable and Renewable Energy Engineering, May 2018, University of Salamanca, Zamora, Spain
- Müller-Seelig, V.; Kratzsch, A.; Schneider, C.; Klette, T.: Zukunftssichere Stromerzeugung durch die Integration eines thermischen Energiespeichers in Wärmekraftwerke, Smart Energy 2018, 7. - 9. November 2018, Dortmund, pp. 47-57, ISBN 978-3-86488-144-2
- Braun S.; Kratzsch, A.: Thermische Energiespeicher für die Sektorenkopplung, Smart Energy 2018, 7. - 9. November 2018, Dortmund, pp. 36-46, ISBN 978-3-86488-144-2
- Klette, T.; Gubsch, T.; Vogel, C.; Kratzsch, D.; Braun, S.; Härtelt, S.; Kratzsch, A.: ATHLET simulation code: Model validation of a thermal high-performance storage system, International Journal of Smart Grid and Clean Energy Vol. 8, No. 1, January 2019, pp. 1-10, ISSN: 2315-4462

