

# Experimentelle Untersuchung und numerische Modellierung eines sensiblen Hochtemperaturspeichers

(2) Strom, Wärmeerzeugung sowie Speicher

Alexej Paul, M.Sc.

Felix Holy, M.Sc.

Michel Textor, B.Eng.

Prof. Dr.-Ing. Stefan Lechner

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**EnEff: Stadt**

Forschung für  
die energieeffiziente Stadt

## Agenda

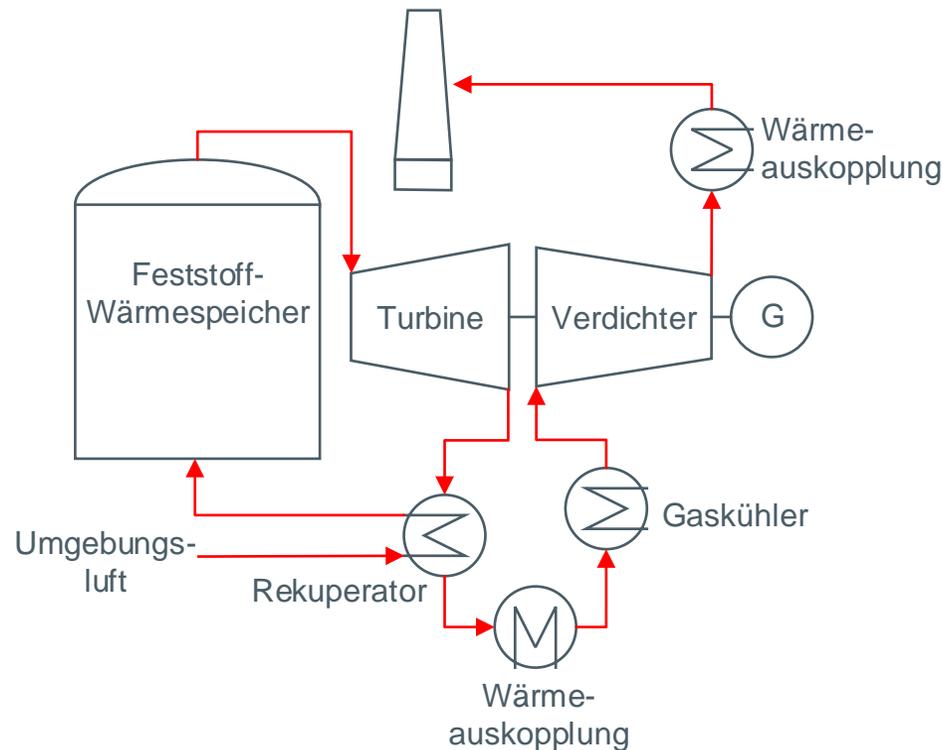
1. Sensibler Hochtemperaturwärmespeicher
  - Projektvorstellung
  - Thermische Prozesse im Speichersystem
2. Simulative Untersuchungen
  - Methodik des Vorgehens
  - Simulationsmodelle
3. Ergebnisse
4. Fazit und Ausblick



# 1. Sensibler Hochtemperaturwärmespeicher als Teil eines Speichersystems

## High-T-Stor

Förderkennzeichen: 13FH163IN6



## FlexQuartier Gießen

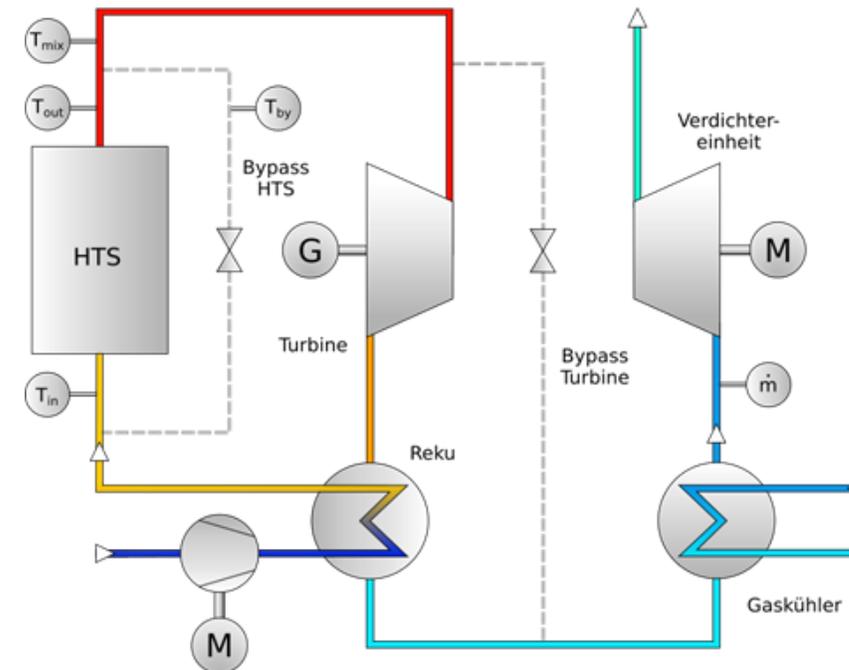
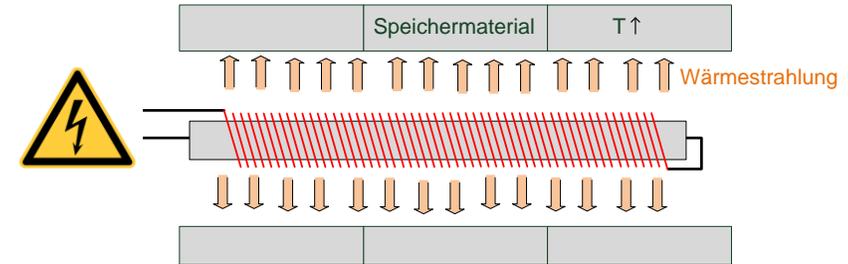
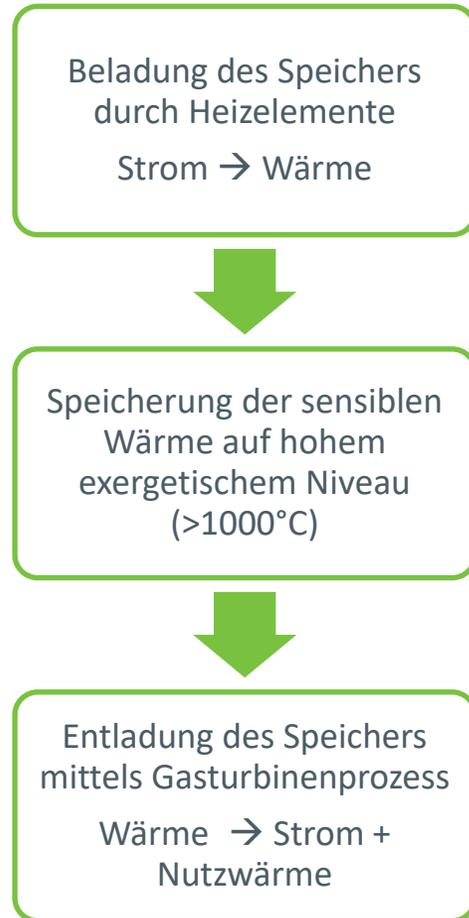
Förderkennzeichen: 03ET1607A



# 1. Sensibler Hochtemperaturwärmespeicher als Teil eines Speichersystems

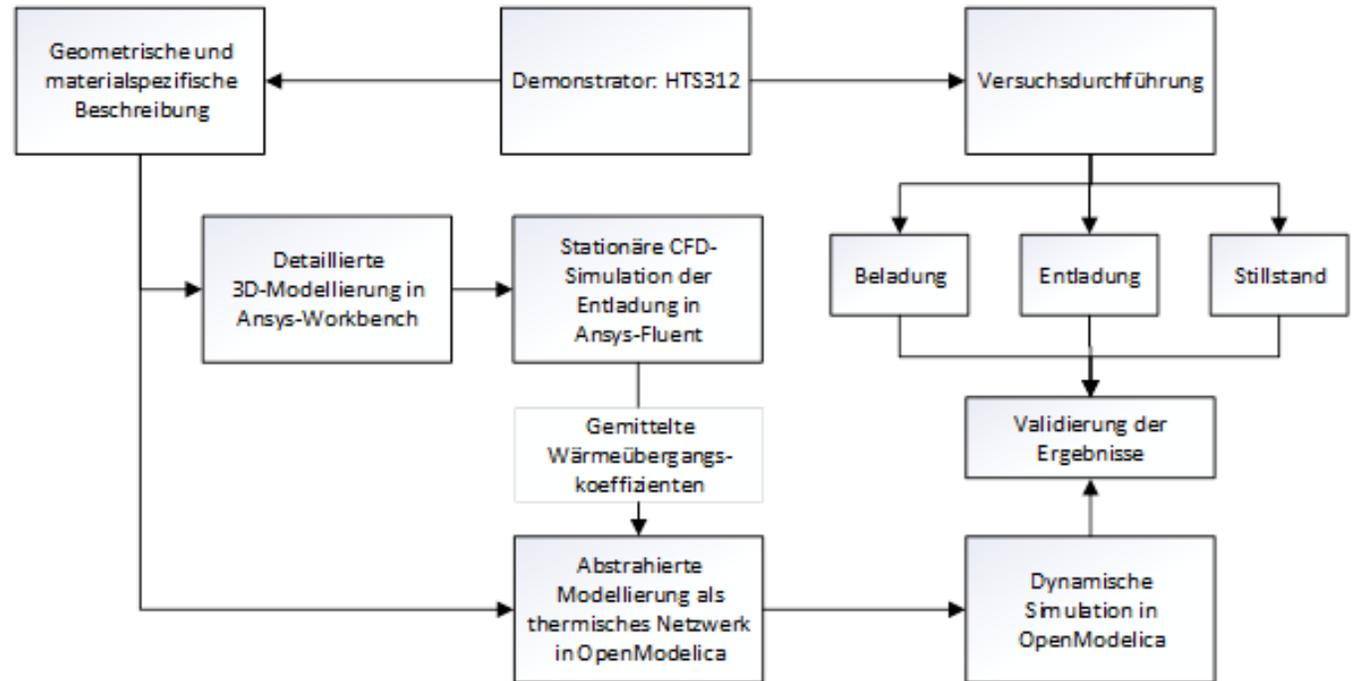


# 1. Sensibler Hochtemperaturwärmespeicher als Teil eines Speichersystems



## 2. Simulative Untersuchungen

- Abstrahierte Modellierung in OpenModelica
- Detaillierte Modellierung in Ansys® Workbench (CFD-Simulation)
- Parametrisierung des thermischen Netzwerkes
- Bewerten der Ergebnisse

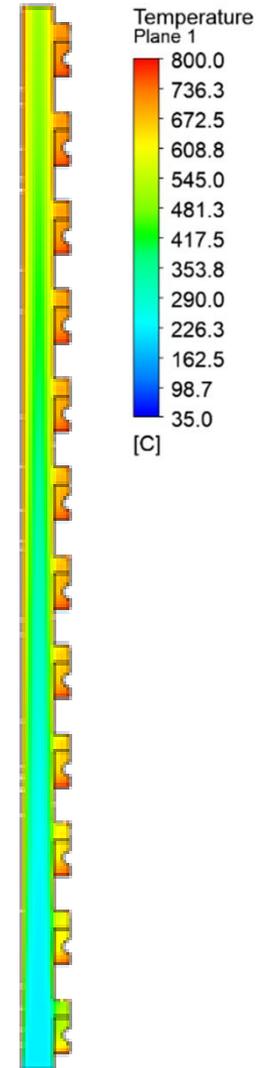
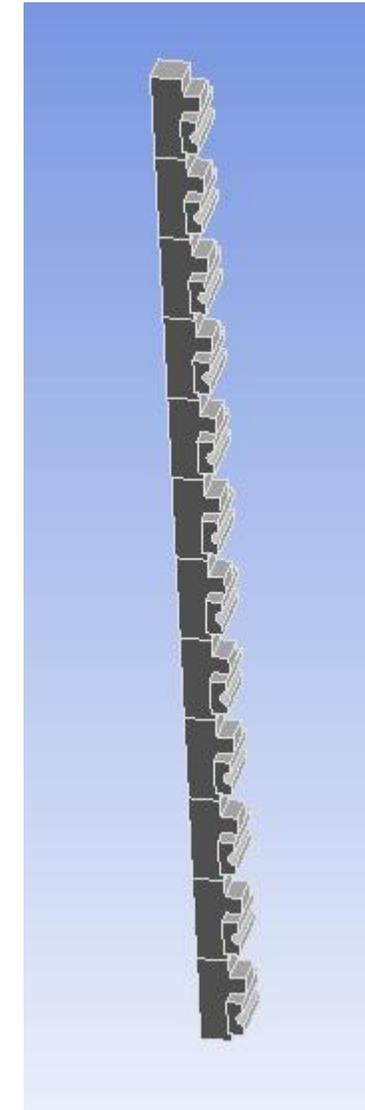
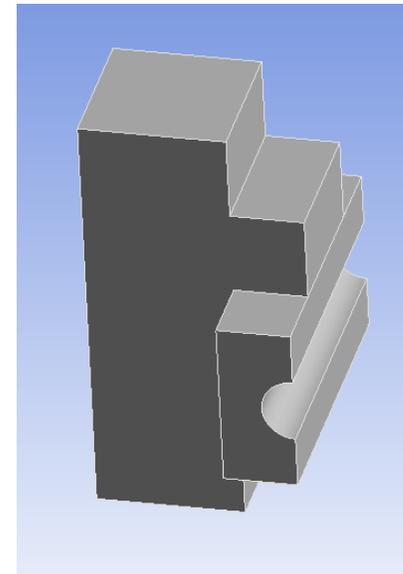


## 2. Simulative Untersuchungen

### Stationäre CFD-Simulation

- Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Gleichungen
- Massenerhaltung, Impulserhaltung, Energieerhaltung
- Turbulenzmodell k- $\omega$ -sst

Entladung bei konst. Massenstrom und konst.  
Wandtemperatur



## 2. Simulative Untersuchungen

### Thermisches Netzwerk

- Rohrleitungen

$$\dot{Q}_{1,2} = \dot{C}_{Luft} * (T_{Luft,Aus} - T_{Luft,Ein});$$

$$\Phi = \frac{T_{Luft,Aus} - T_{Luft,Ein}}{T_{HeatPort} - T_{Luft,Ein}} = \frac{\alpha * A}{\dot{C}_{Luft} + \alpha * A}$$

- Wärmeleitwiderstände

$$\dot{Q}_{1,2} = \lambda(T) * \frac{A}{s} * (T_1 - T_2)$$

- Kapazitäten

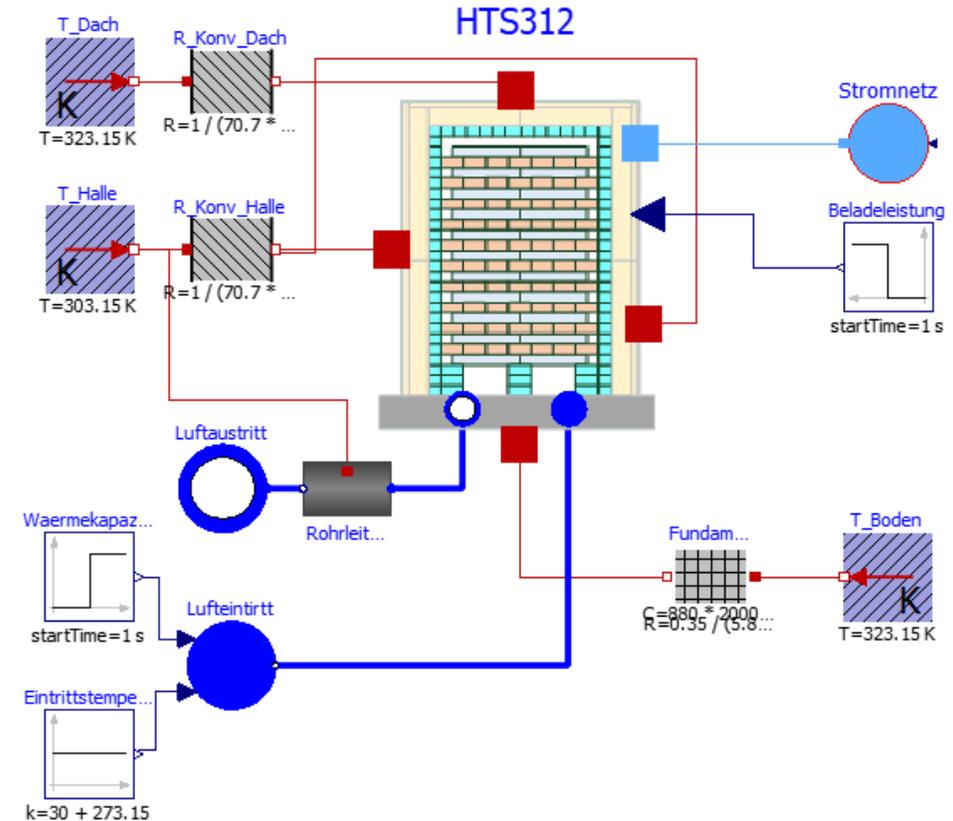
$$C = m * c_p; \dot{Q} = C * \dot{T}$$

- Wärmestrahlung

$$\dot{Q}_{1,2} = \sigma * \epsilon_1 * \epsilon_2 * A * (T_1^4 - T_2^4)$$

- Randbedingungen

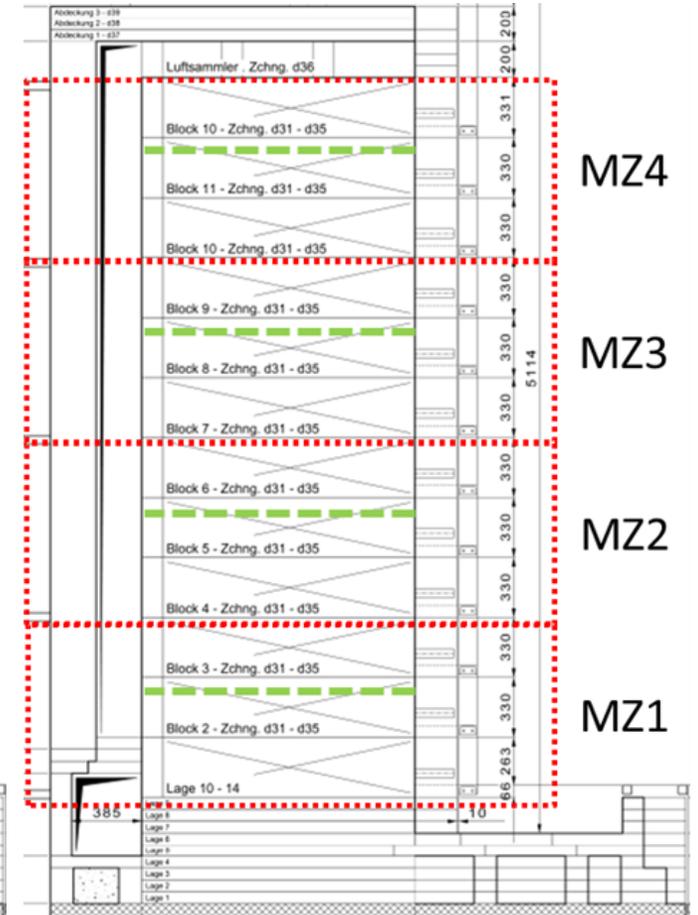
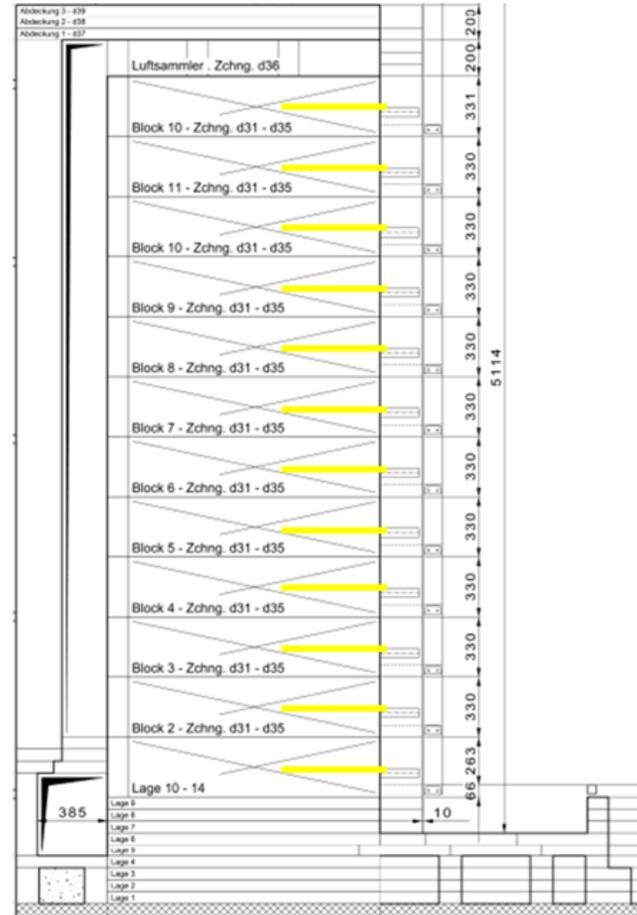
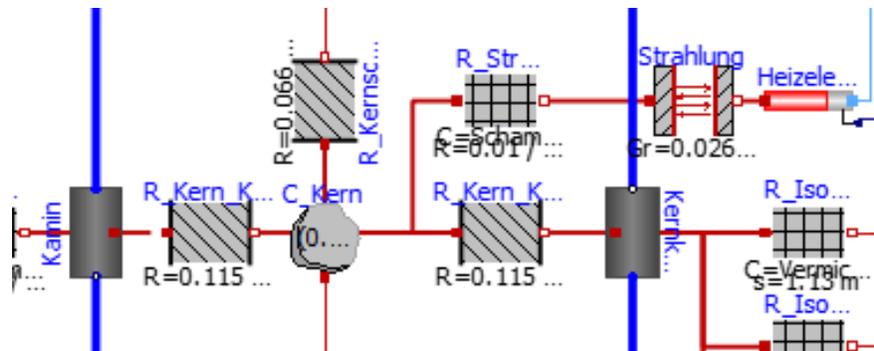
$$T_{Start}; T_{Umg}; \dot{C}_{Luft}; \dot{Q}_{HE} = -P_{el}$$





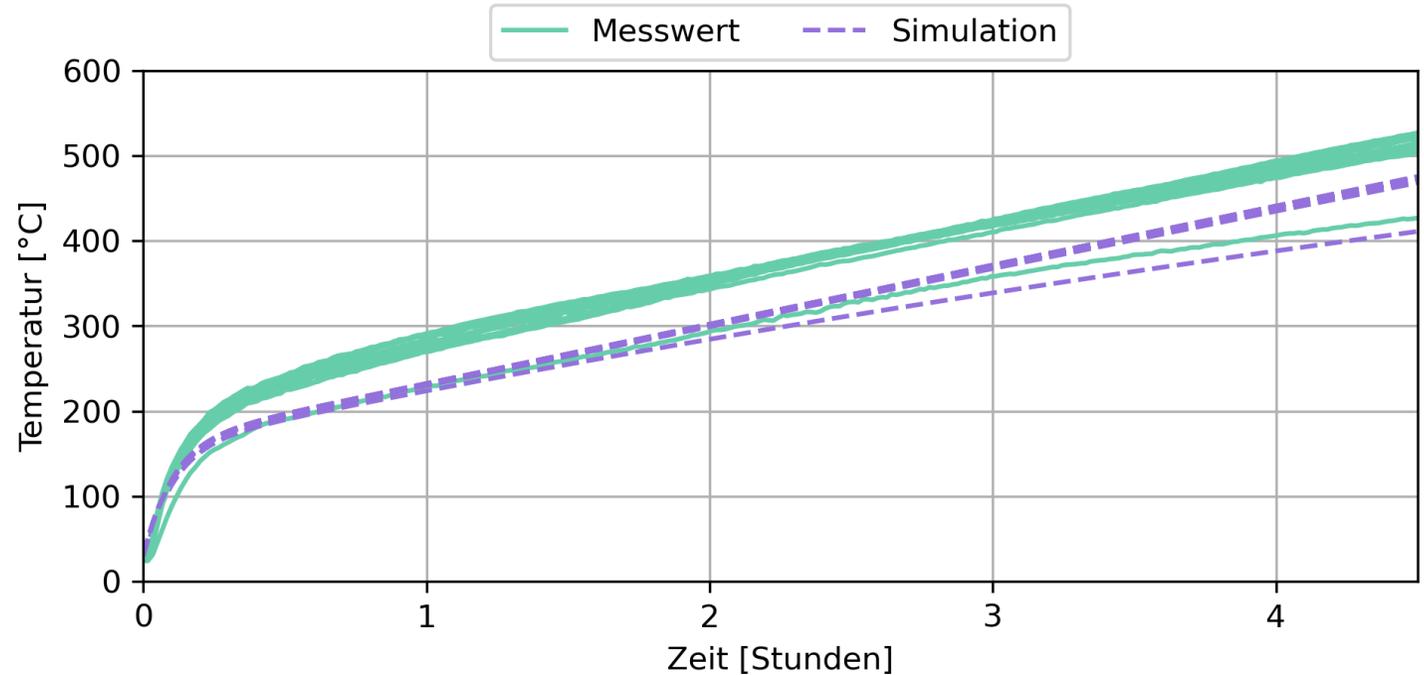
### 3. Ergebnisse

1. Beladung
  - Steinschicht HE
  - Speicherkern
2. Stillstand
3. Entladung



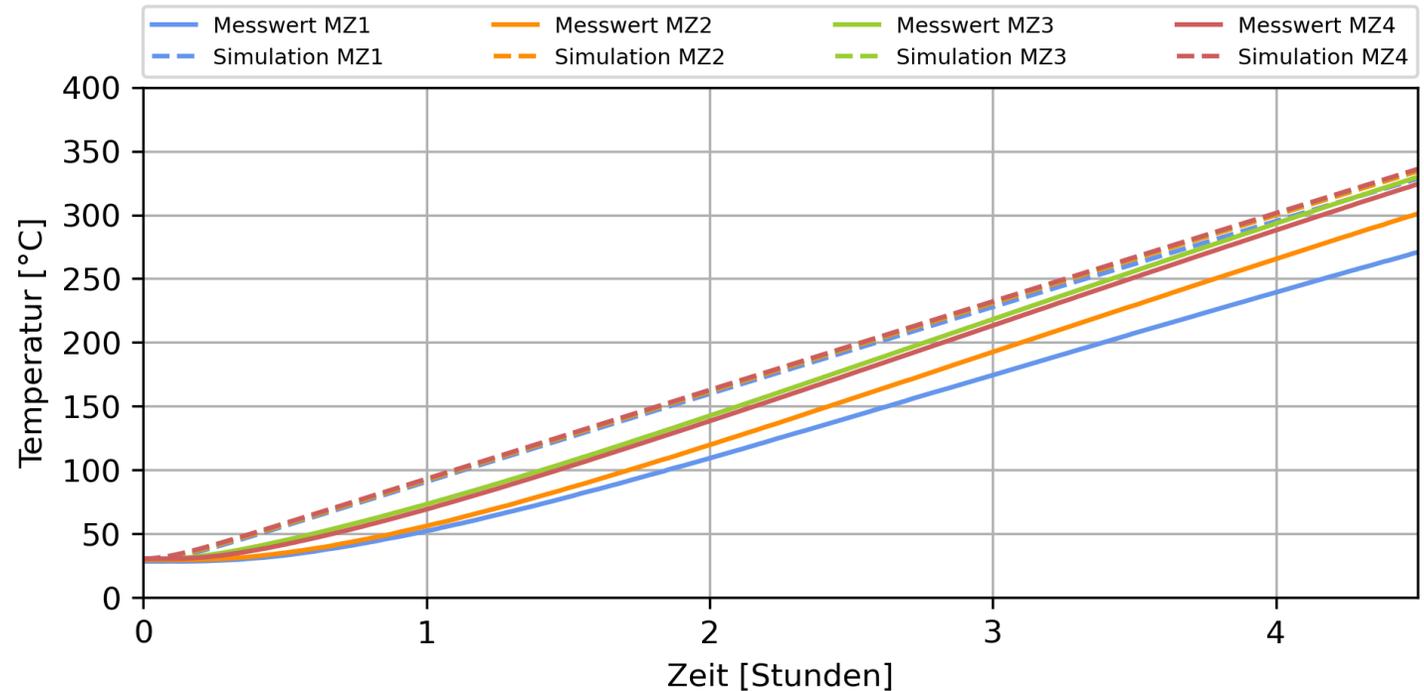
### 3. Ergebnisse – Beladung Heizelementschicht

- Start bei ca. 30°C
- 4,5 h Beladung
- Volllast (312 kW)
  
- Auswertung für erste Steinreihe an den HE



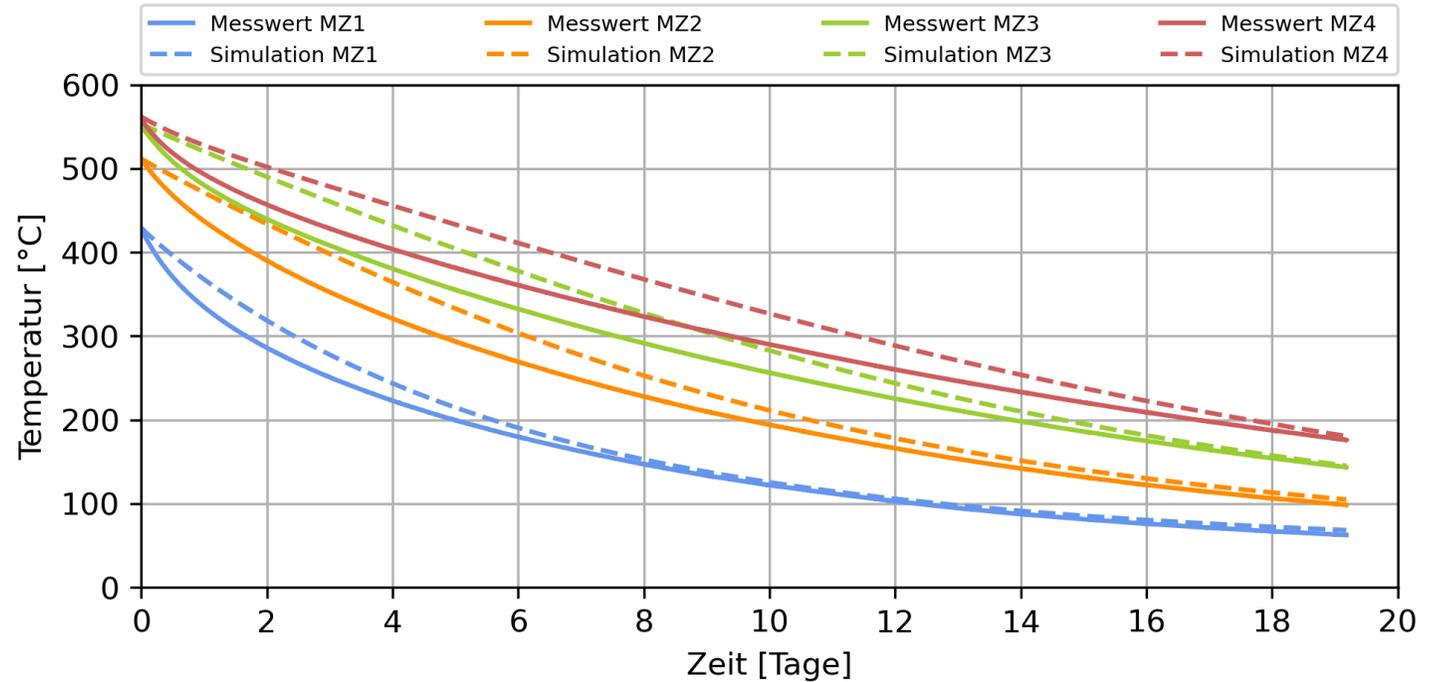
### 3. Ergebnisse – Beladung Messzonen

- Start bei ca. 30°C
- 4,5 h Beladung
- Volllast (312 kW)
  
- Auswertung für gemittelte Messzonen



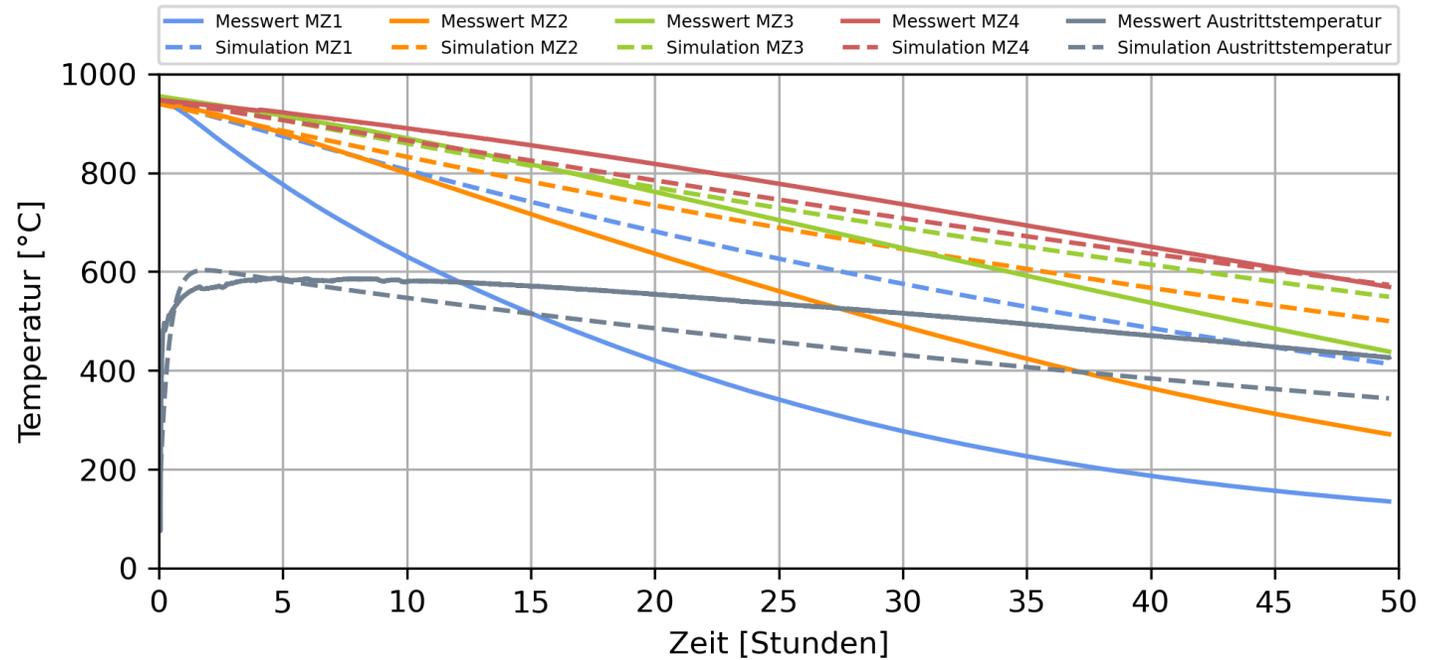
### 3. Ergebnisse – Stillstand

- Start nach Beladung
- Stillstand für 19 h



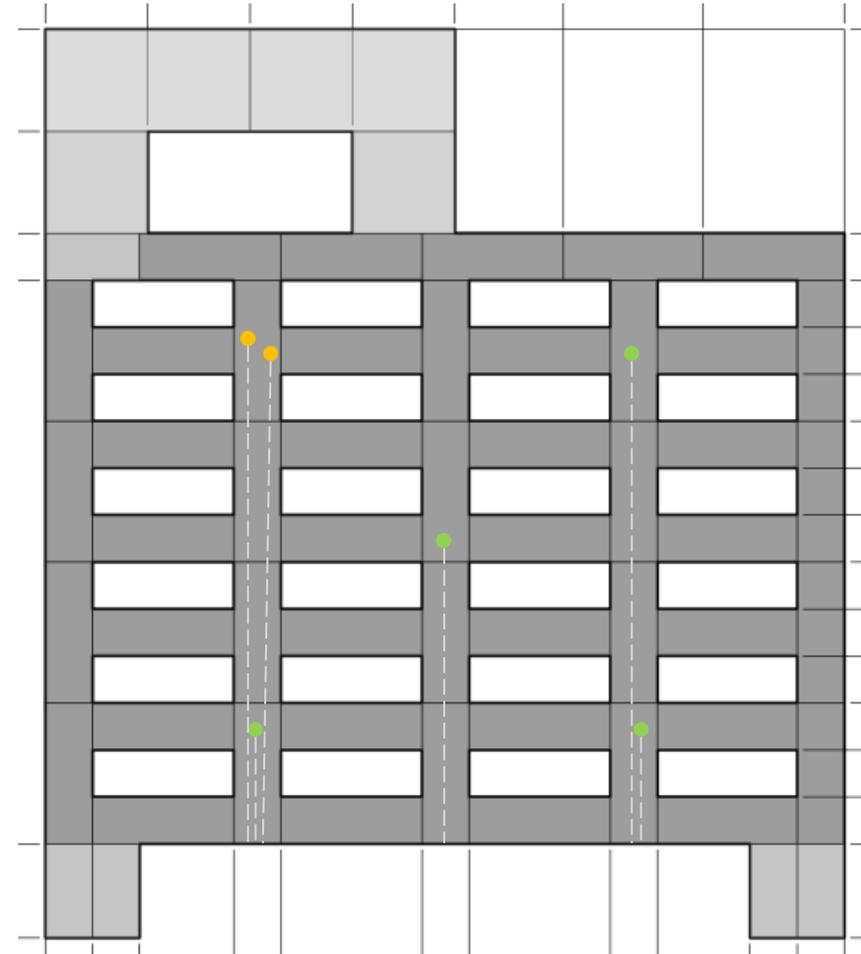
### 3. Ergebnisse – Entladung

- Start nach Beladung, ca. 950 °C
- Entladung mit 0,133 kg/s
- Für fast 50 h



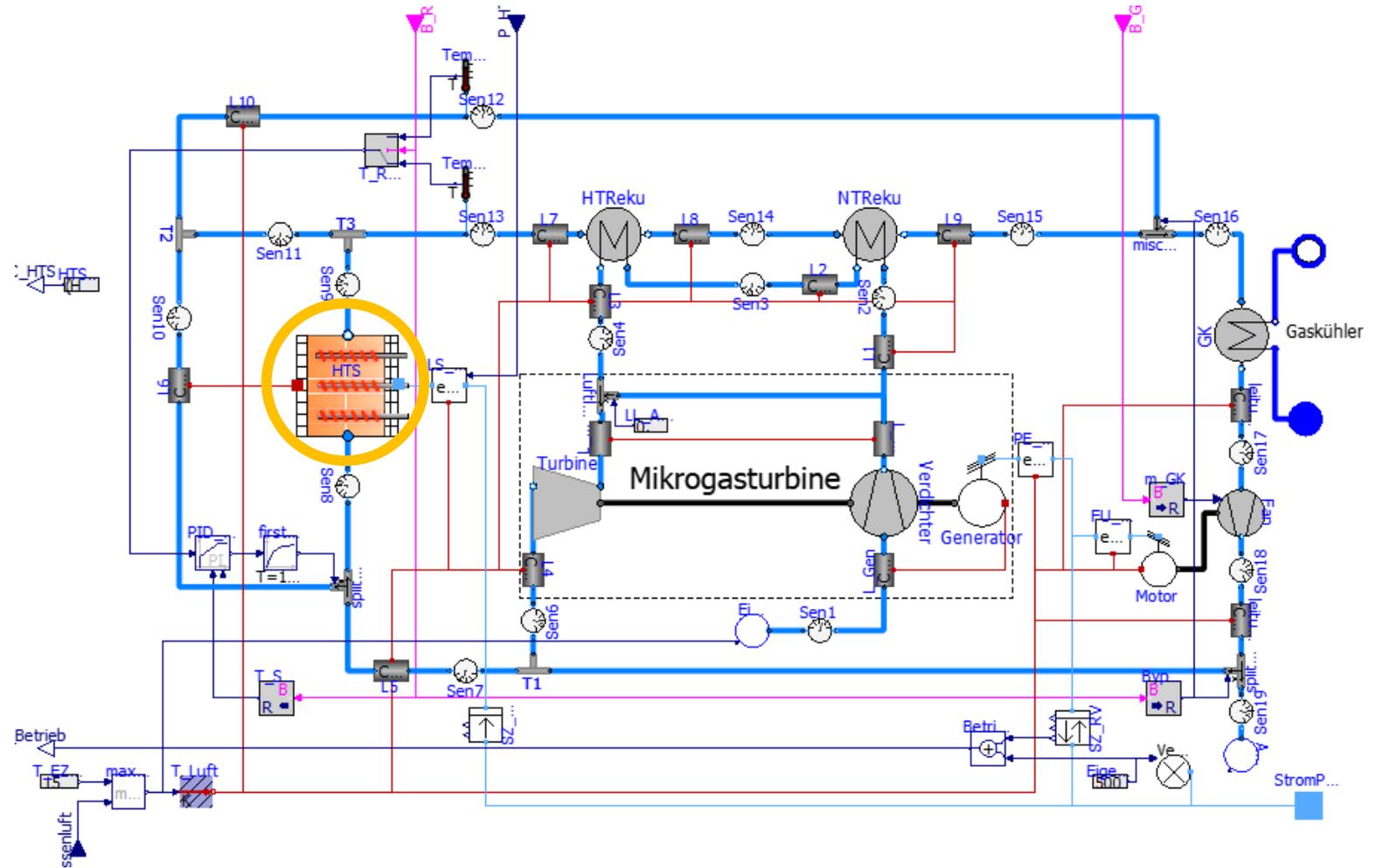
## 4 Fazit

- Modell zeigt qualitatives Verhalten des Speichers
- Eine optimale Parametrisierung schwierig
- Zu viele Ungewissheiten im Demonstrator

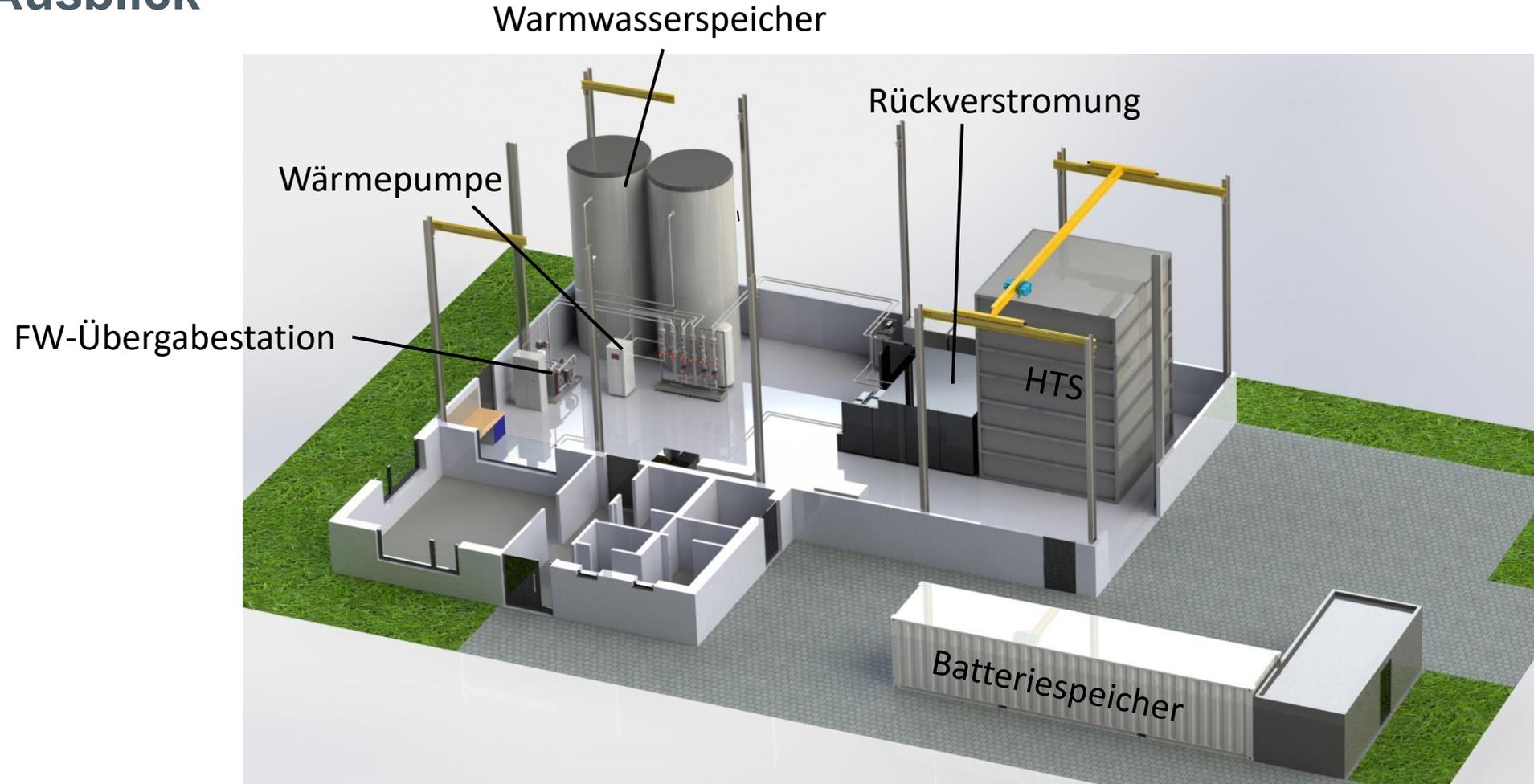


## 4 Ausblick

- Demontage Demonstrator liefert Klarheit über:
  - Lebensdauer der Teilkomponenten
  - Vor-/Nachteile der gewählten Konstruktion / Geometrie
  - Verortung der TE
- Optimierungspotential für HTS600
- Einbindung in das Modell der Energiezentrale FlexQuartier
- Anpassung an neues Speicherkernkonzept



## 4 Ausblick



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



Projekt: „FlexQuartier“  
Förderkennzeichen: 03ET1607A

Alexej Paul, M.Sc.  
alexej.paul@me.thm.de  
+49 641/309 2135

Technische Hochschule Mittelhessen  
Fachbereich Maschinenbau und Energietechnik  
Institut für Thermodynamik, Energieverfahrenstechnik und Systemanalyse (THESA)



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages