

Projekt-Zwischenstatus
Gmunden
High Temperature Heat Link

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

Gmunden High Temperature Heat Link R&D

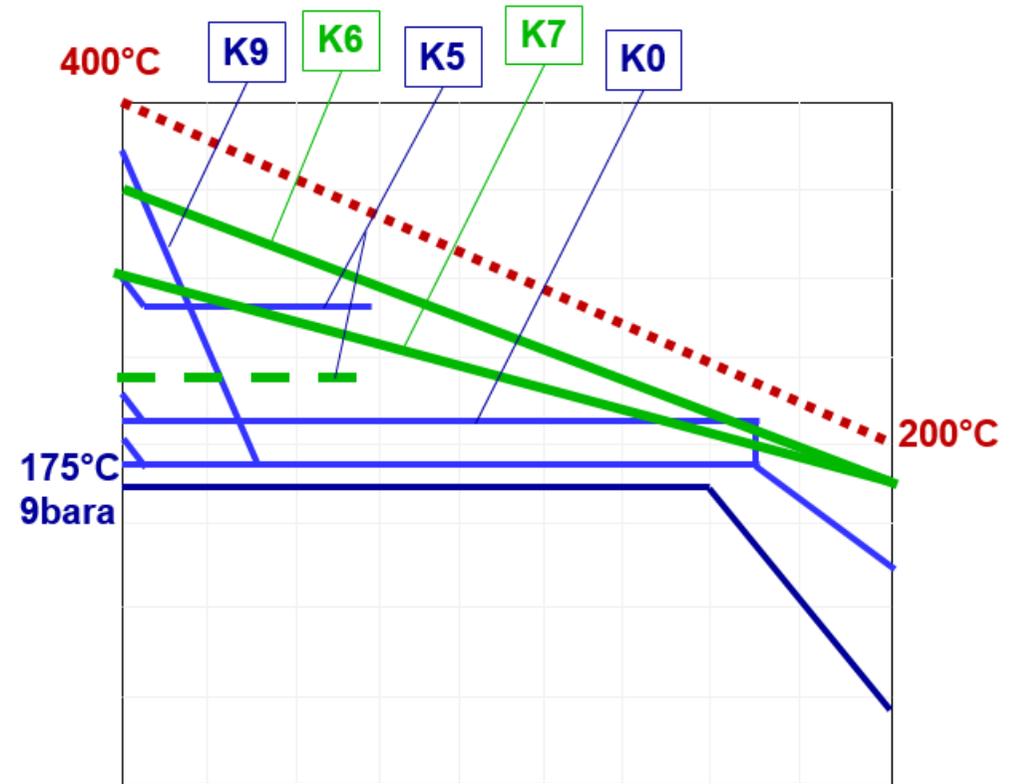
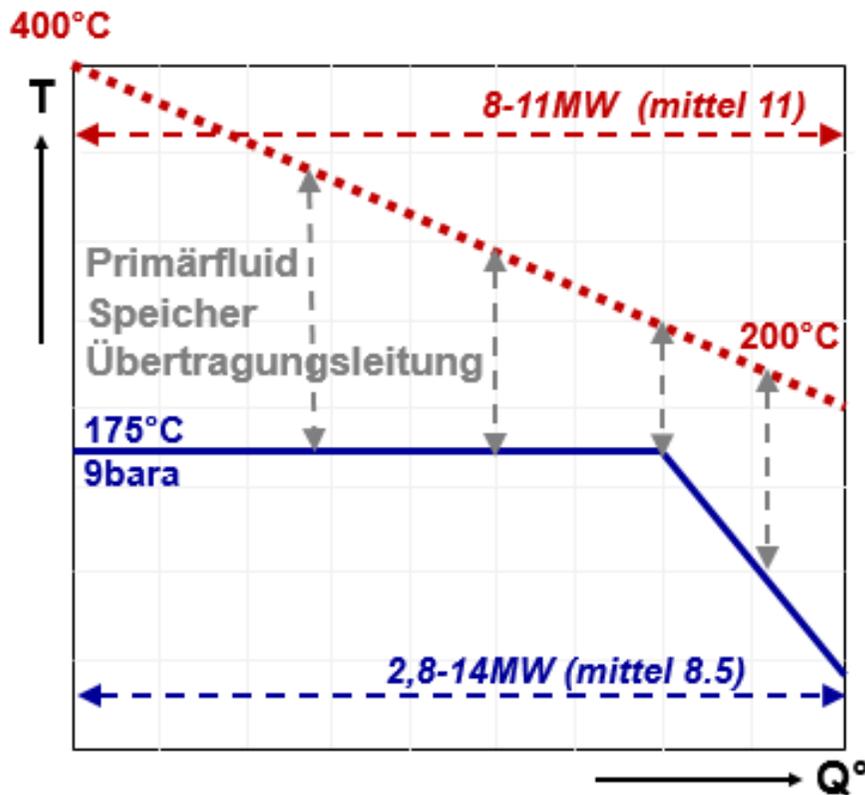
Projekt-Einordnung:

- Förderprojekt aus Energievorzeigeregion NEFI
- Primärenergie-Effizienz durch industrielle Abwärmenutzung
- Gas Einsparung bis ca. 50 GWh/Jahr
- Bereitstellung von Hochtemperatur-Prozesswärme über 1500m Distanz
- B2B Energie Kooperation
- Innovative Ansätze für Wärme-Auskopplung, Wärme-Speicherung, Wärme-Transport und für Betriebs-Führung



Die Herausforderung im T/Q - Diagramm

Konzepte K0, K5, K6, K7, K9



Evaluierung von 26 Konzepten

(4 Primärfluide, 5 Speichertypen, 3 Übertragungsfluide)

ZW..Vorstudie; S..Salz; K..Kies; W..Wasser; D..Dampf; P..Partikel(Sand)

KONZEPT	Kürzel	Zement-RG FLUID	Wärme-speicher-FLUID	Wärme-speicher-MATERIAL	Fernwärme FLUID	Bemerkung 1	Bemerkung 2
K1 Wasser	1 K1_ZW	H2O 45b	NA	NA	H2O 45b	Vorstudie für 1300TaTo / (40kg/s RG)	kein Speicher, keine 19,6tph
	2 K2a_ZW	YaraMost	NA	NA	H2O 45b	Vorstudie	kein Speicher, keine 19,6tph
K2 Kies Wasser	3 K2a_SKW	YaraMost	Gas / Luft	Kies	H2O 45b	Spitzenreiter bei Projektstart	niedrige Kosten Speicher-material (5 - 40 €/kg)
	4 K2b_SKCO2	sCO2	Gas / Luft	Kies	H2O 45b	Alternative zu K2a,	keine Einfrier-thematik aber etwas größere RR-WT
	5 K2c_SKW	YaraMost	Gas / Luft	Kies	H2O 45b	Option 1 für Packed Bed Groß-Speicher und Wasser	im Vgl. zu 2a um ein RR-WT weniger
K3/K4 sCO2/Kies	6 K3_ZW_CO2	sCO2	NA	NA	sCO2	Vorstudie für 1300TaTo / (40kg/s RG)	kein Speicher, keine 19,6tph,
	7 K4_ZW_KCO2	sCO2	Gas / Luft	Kies	sCO2	Vorstudie für 1300TaTo / (40kg/s RG)	teure FW-Leitung,
K0 Dampf	8 K0a_DD	Dampf 20bara 250C	NA	NA	Direkt-Dampf 19-> 9bara/210°C	Direktdampf DD, ohne Speicher mit GWRK-Standby	
	9 K0b_DD	Dampf 20bara 250C	NA	NA	Direkt-Dampf 19-> 9bara/210°C	Direktdampf DD, mit kleinem Speicher und einem Gaskessel auf Minimallast	
K5 2 Druck AHK LaTES / Ruths	10 K5a_DSD	Dampf 40b/20b	40b/20b H2O	Solar Salt (NaNO3/KNO3)	Dampf 16b/240°C	INDIREKTE Latentwärme-speicher- Nutzung für Indirekten Dampf	
	11 K5bDD_DSD	40b/12b H2O	40b/12b H2O	Solar Salt (NaNO3/KNO3)	Direkt-Dampf 12-> 9bara/210°C	Latentwärme-speicher für Direkt-Dampf	
	12 K5cDD_DDD	40b/12b H2O	40b/12b H2O	Ruths bei Zementwerk	Direkt-Dampf 12-> 9bara/210°C	Ruths-Speicher bei Zement-Werk, Direktdampf	
	13 K5bDD_KliKü_DSD	40b/12b H2O	40b/12b H2O	Solar Salt (NaNO3/KNO3)	Direkt-Dampf 12-> 9bara/210°C	Latentwärme-speicher für Direkt-Dampf KliKü als Lade-Verstärkung	KliKü
K6 Salz-AHK/ Kies	14 K6a_SKD_LuftSpDE	YaraMost	Gas / Luft	Kies	Dampf 16b/240°C	Vergleichbar zu K2a, INDIREKTE Speicher- Nutzung für Indirekten Dampf, Luft Speicher-DE	
	15 K6b_SKD_SalzSpDE	YaraMost	Gas / Luft	Kies	Dampf 12-> 9bara/210°C	Option 2 für Großwärmespeicher Vergleichbar zu K2c, Salz AHK,	
	16 K6cDD_SKD LuftSpDE	YaraMost	Gas / Luft	Kies	Dampf 12-> 9bara/210°C	Option 2 für Packed Bed Großwärmespeicher, Luft-Speicher-DE	Direkt-Dampf
	17 K6cDD_KliKü_SKD SalzAHK	YaraMost	Gas / Luft	Kies	Dampf 12-> 9bara/210°C	Option 2 für Großwärmespeicher Vergleichbar zu K2c, Salz AHK,	KliKü
K7 Salz-AHK/ Direktsalz	18 K7a_SD	YaraMost	YaraMost	YaraMost	Dampf 20b/240°C	INDIREKTE Direktsalz-Nutzung	höhere Kosten Speicher-material (800€/kg)
	19 K7bDD_SD	YaraMost	YaraMost	YaraMost	Dampf 12-> 9bara/210°C	Direktsalz, + Direktdampf	Einfach, Direkt-Dampf
	20 K7bDD_KliKü_SD	YaraMost	YaraMost	YaraMost	Dampf 12-> 9bara/210°C	Direktsalz, Einfach,	KliKü
	21 K7c_SW	YaraMost	YaraMost	YaraMost	H2O 45b	Direktsalz, Einfach	
K8 Salz-AHK/ sandTES	22 K8a_SPD_SalzAHK	YaraMost	YaraMost	Sand (Partikel)	Dampf 20b/240°C	INDIREKTE sandTES-Nutzung	Sand (40€/kg)
	23 K8bDD_SPD_SalzAHK	YaraMost	YaraMost	Sand (Partikel)	Dampf 12-> 9bara/210°C	sandTES, keine Einfriergefahr im Speicher	
	24 K8bDD_KliKü_SPD_SalzAHK	YaraMost	YaraMost	Sand (Partikel)	Dampf 12-> 9bara/210°C	sandTES, keine Einfriergefahr im Speicher	
	25 K8c_SPW_SalzAHK	YaraMost	YaraMost	Sand (Partikel)	Wasser 45b	sandTES, keine Einfriergefahr im Speicher	
K9 Dampf-AHK/ Kies	26 K9_DD_DKD DampfAHK	Dampf 375°C	Gas / Luft	Kies	Direkt-Dampf 10b/210°C	Option 3 für Packed Bed Großwärmespeicher Dampf AHK,	4

Short list-Konzepte

Konzepte



Heat Link Optionen

Druckwasser, indirekt (45bar, ~240°C/180°C):

Vorlauf 219*8mm, Rücklauf 219*8mm, 2*1700m = 2*70 = **140 t Rohrleitungs-Stahl**

Überkritisches CO₂, indirekt (100bar, ~350°C/160°C)

Vorlauf 404*25 mm, Rücklauf 404*22 mm, 1700m => 400+360 = **760 t Rohrleitungs-Stahl**

Direkt-Dampf: (~10-25bar, ~210-250°C/60°C)

Vorlauf 219*4.5 mm, Rücklauf 114*4 mm, 1700m => 40 + 20 = **60 t Rohrleitungs-Stahl**

Entscheidung zugunsten Direkt-Dampf

- Geringste Rohrleitungskosten
- Geringster Wärmeverlust
- **Kein zusätzlicher Dampferzeuger**
- **Höchste Betriebsflexibilität**

Betriebs-Bedingungen

Jahresbilanz:

- Im Mittel ca. 20% mehr Abwärme (~11MW) als Dampfbedarf (~8.5MW)
- Max. Abwärmeleistung um ca. 30% geringer als Spitzen-Dampfbedarf
- Zementwerk stoppt im Winter für mehrere Wochen

Betrieb Zementwerk: stationärer Betrieb, aber durchschnittliche zwei Stops pro Woche (zw. 2 Std und mehreren Tagen). Bei Drehrohr-Aus versiegt Abwärmestrom in 60 Sekunden.

Betrieb Molkerei: fluktuierend, biss zu 3 Zyklen +/-50% pro Stunde und 5%/Minute Gradient

Versorgungssicherheit : Gasbrenner-Backup bei Zement-Stopp und leerem Speicher

ANSATZ für Abwärme-Überschuss:

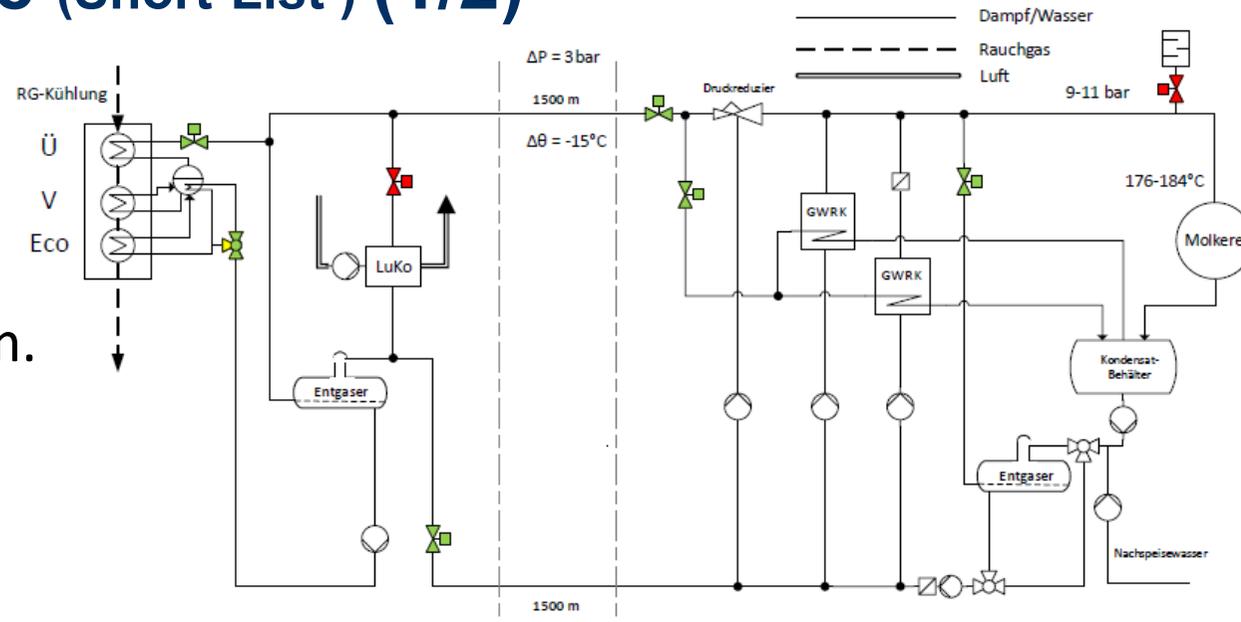
- Speicher-Befüllung,
- AHK-Bypass mit Verdampfungskühler
- Luft-Notkühler

ANSATZ für Abwärme-Mangel:

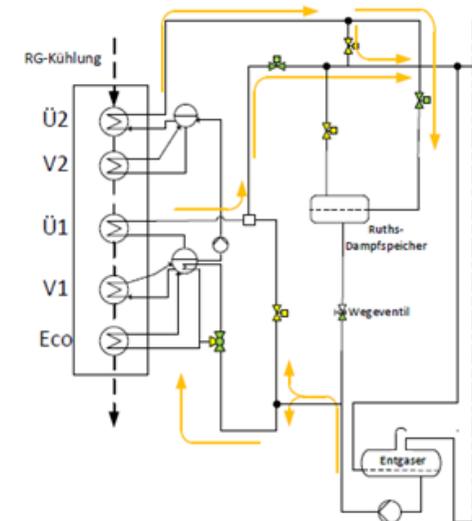
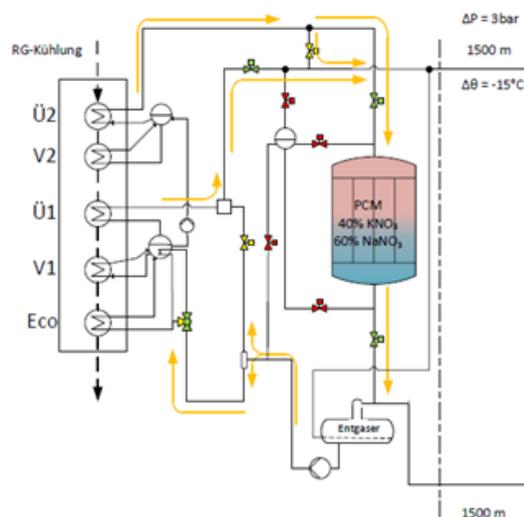
- Speicher-Entleerung,
- Schnellstart von warm gehaltenem Großwasserraum-Kessel

System Konzepte (Short-List) (1/2)

K0: kein expliziter Speicher; erhöhter Druck im Dampf-System.
min. Capex, Dynamik-Herausforderung, geringste Abwärmenutzung

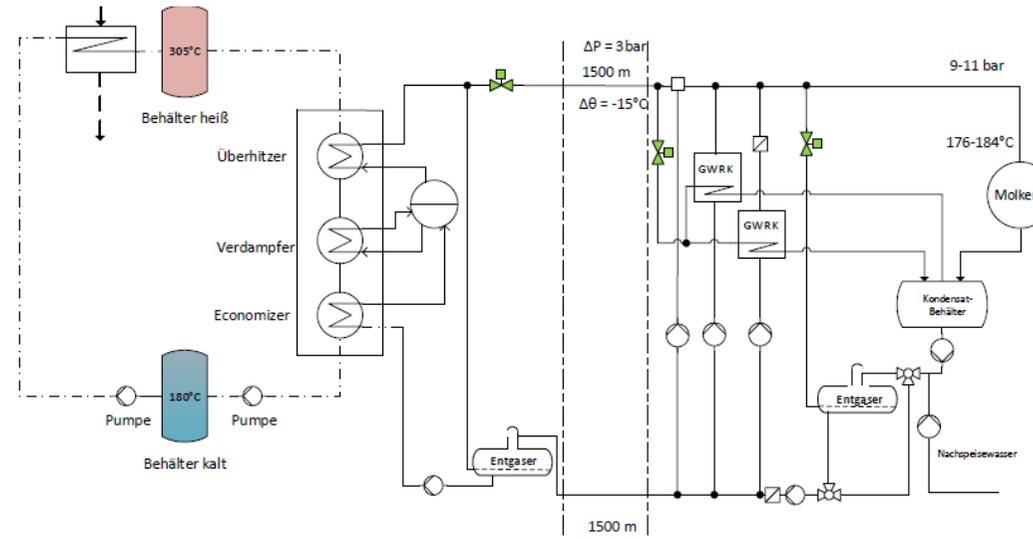


K5: Zweidruck-Abhitzedampferzeuger, Ruths-Speicher (6MWh) oder Latentwärmespeicher (6 oder 70MWh)

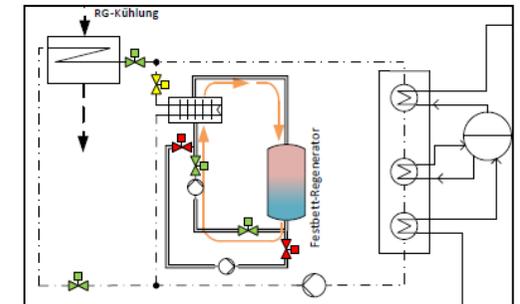
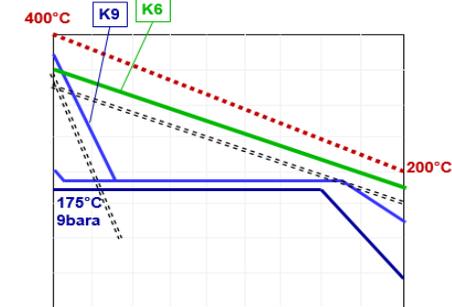
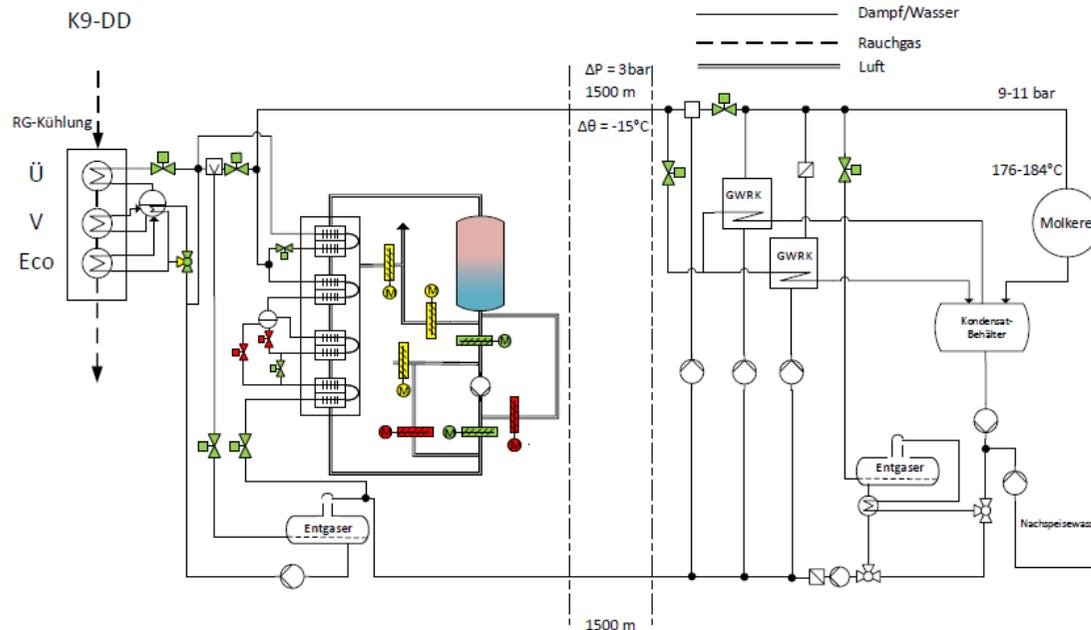


System Konzepte (Short-List) (2/2)

K7: Direkter Flüssigsalz-Betrieb inkl. Speicherung (6 or 70MWh)

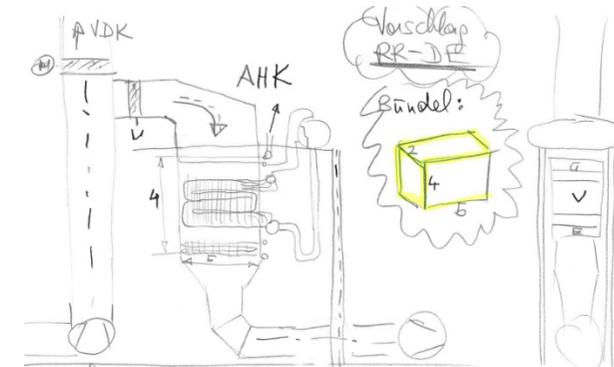
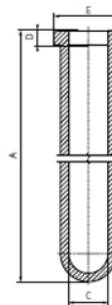
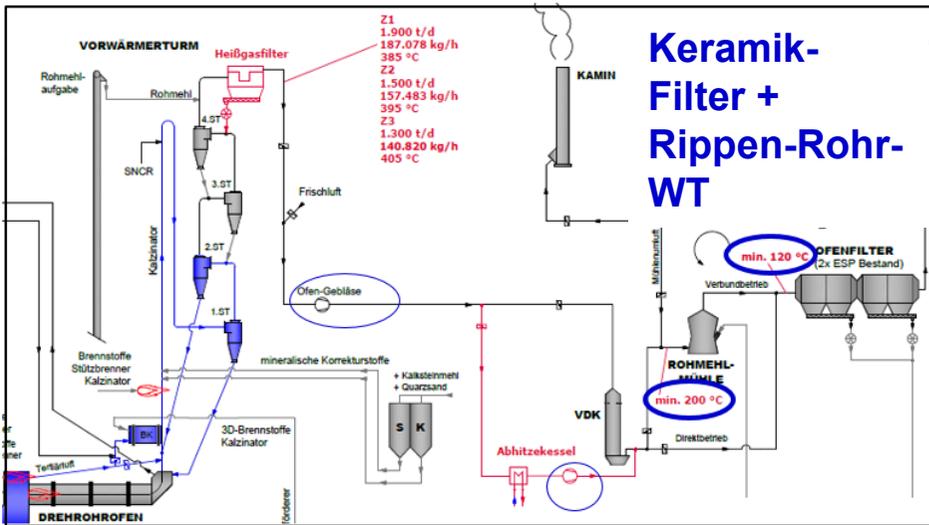


K9/(K6): Dampf oder Flüssig-Salz als Primärfluid, Festbett-Regenerator (70/330/5500MWh)

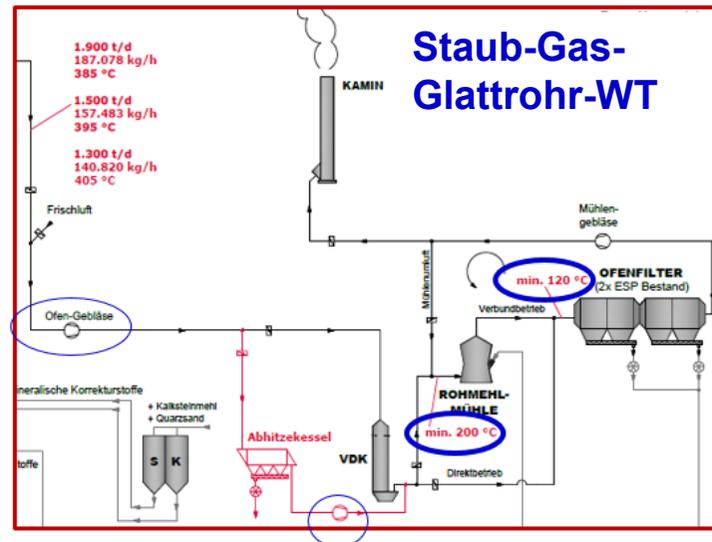


Zwei Alternativ-Konzepte für Wärmeauskopplung

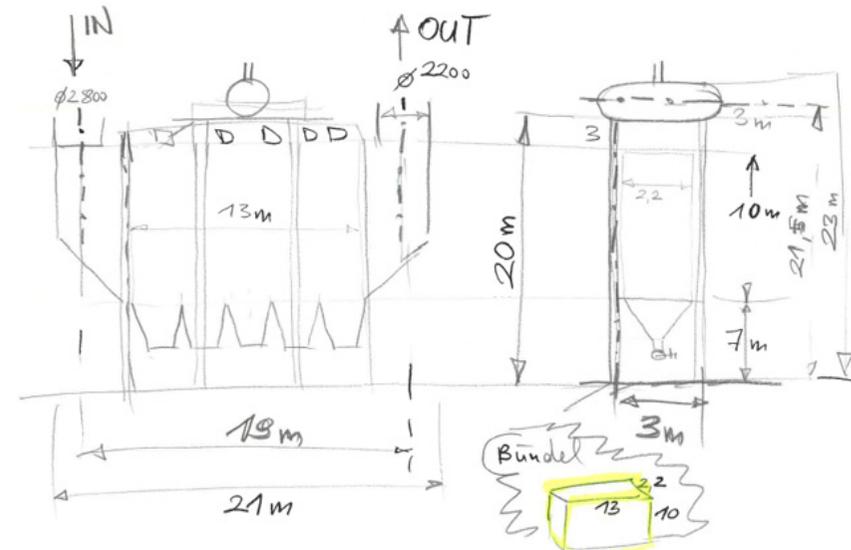
Keramik-Filter + Rippen-Rohr-WT



Staub-Gas-Glattrrohr-WT



100g/Nm³
Staub



Festbett-Regenerator (K9/K6)

Gas-Einsparung ist abhängig von Speichergröße, **Wirtschaftlichkeit** ist abhängig von Zyklenzahl

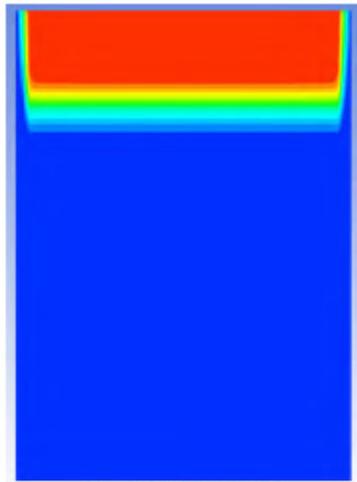
Zyklenzahl in Abhängigkeit der Speichergröße :

- 6 MWh => Molkerei-Betrieb triggert ca. 1000 Zyklen pro Jahr, mit ca. +/-50%
- 70 MWh => Zement Stillstände können ca. 90 Zyklen (20 to 100%) pro Jahr generieren
- 330 MWh => Zement Stillstände können ca. 5 bis 20 Zyklen (20 to 100%) pro Jahr generieren
- 5500 MWh => ein sicherer 100% Zyklus, potentiell zusätzlich ein 50% Zyklus

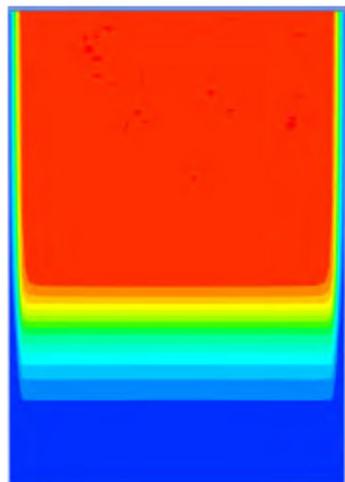
Festbett-Partikel-Speicher (Schotter, Schlacke, ...) haben im Temperaturbereich 200-400°C die niedrigsten marginalen Energiekosten. ... für Kapazitäten über 70 MWh

- ⇒ **Speicher-Auslegung** für 70/ 330/ 5500 MWh, alternativ vertikale Axial- oder horizontale-Mäander-Strömung
- ⇒ **CFD Analyse** des zyklischen Betriebs (Hysterese, Thermokline) und von Stillstands-Phasen mit Teilbeladung (freie Konvektion), für thermische Auslegung
- ⇒ **Thermomechanische Spannungsanalyse** (thermal ratcheting) für mechanische Auslegung
- ⇒ **Experimentelle Validierung** der Auslegungsmethoden und Materialien (Speicher+Isolierung)

Thermische Analyse (Thermokline, Stillstandsverhalten)



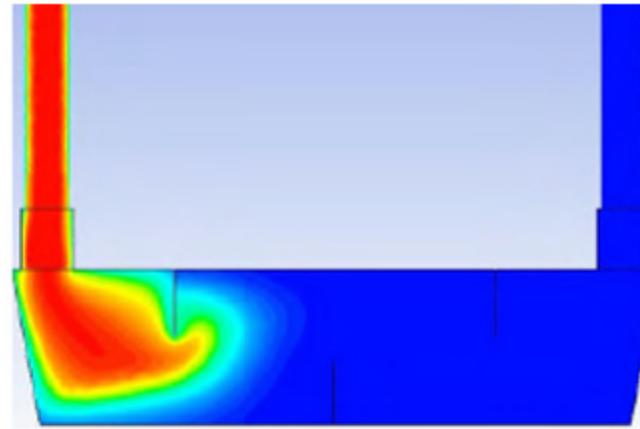
$t=120.000s$



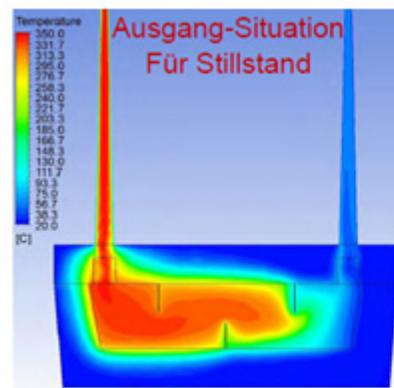
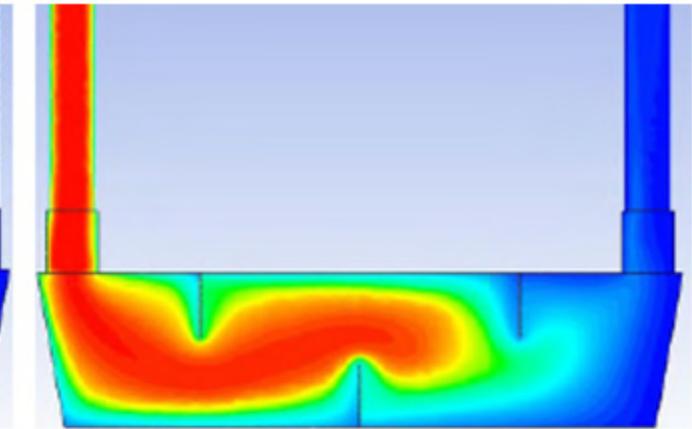
$t=410.000s$



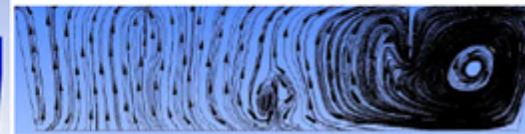
4,5 Std, $\theta_{\text{Austritt}} = 20^{\circ}\text{C}$



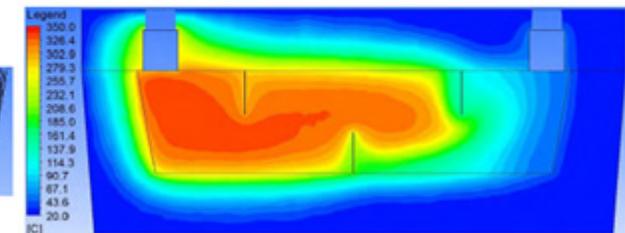
13 Std, $\theta_{\text{Austritt}} = 34^{\circ}\text{C}$



22 Std, $\theta_{\text{Austritt}} = 50^{\circ}\text{C}$



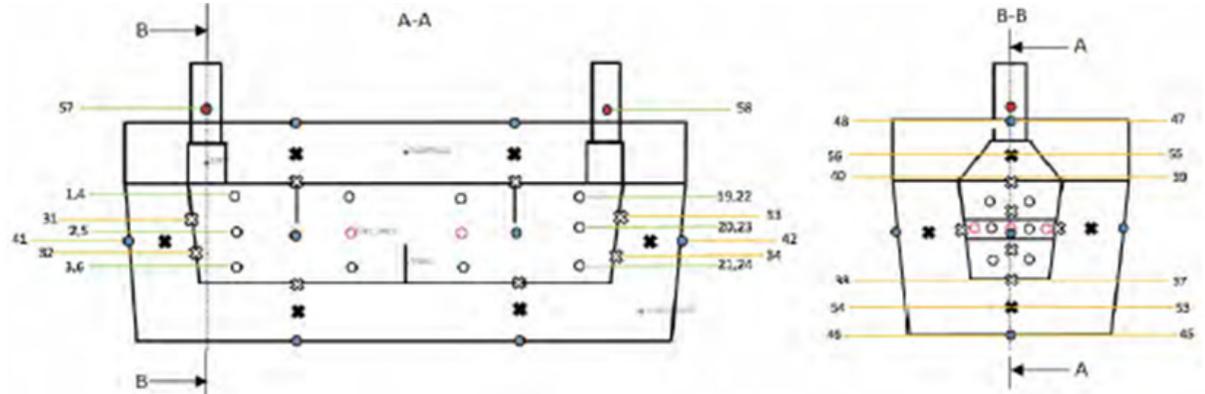
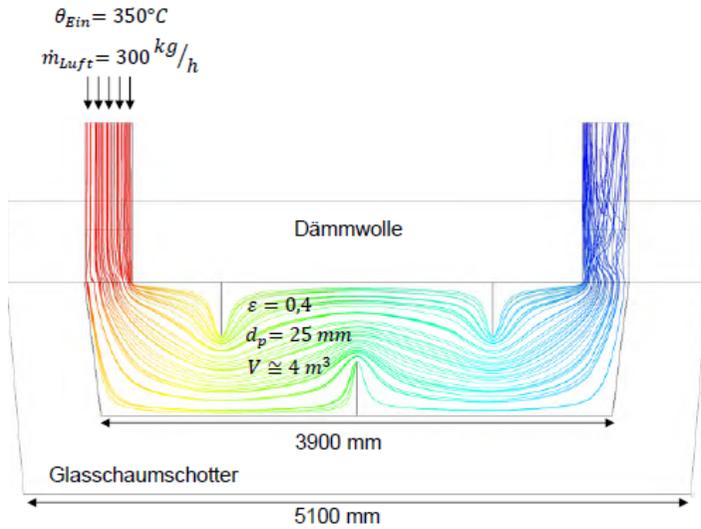
a)



b)

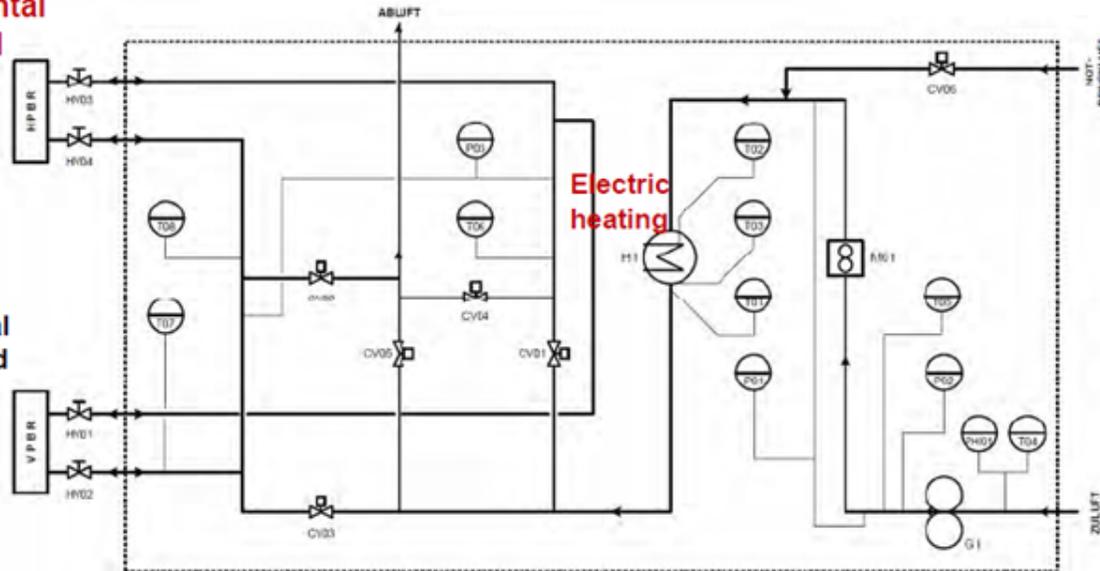
(a) Stromlinie und (b) Temperatur-Kontur nach 5Std Stillstand

Thermische Versuchsanlage (38kW/300kWh)



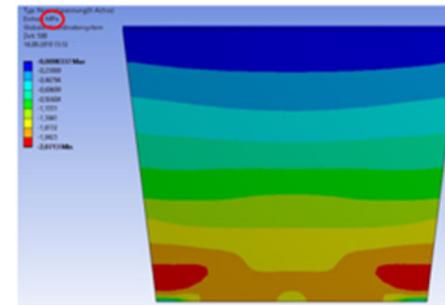
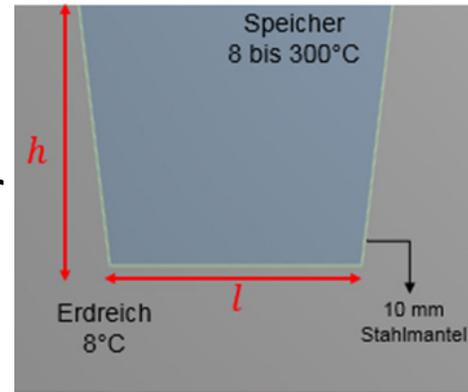
Horizontal Packed Bed

Vertical Packed Bed

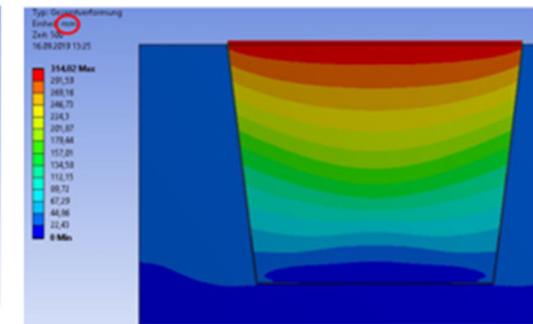


Thermomechanische Analyse

FEM
-ANSYS Drucker Prager

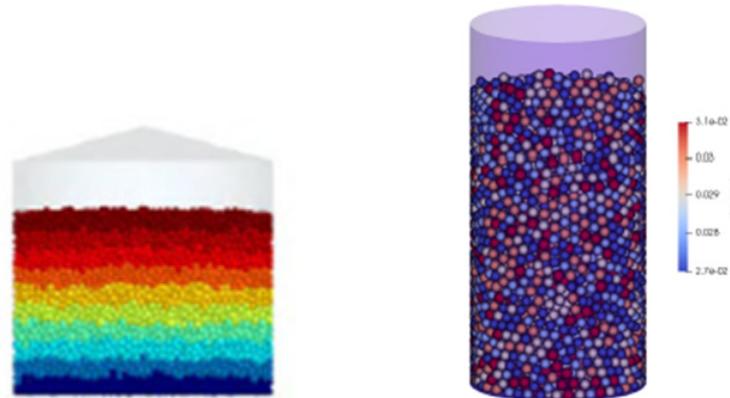


Max. Normalspannung im Speicher



Verschiebungs-Kontur in der ganzen Domain

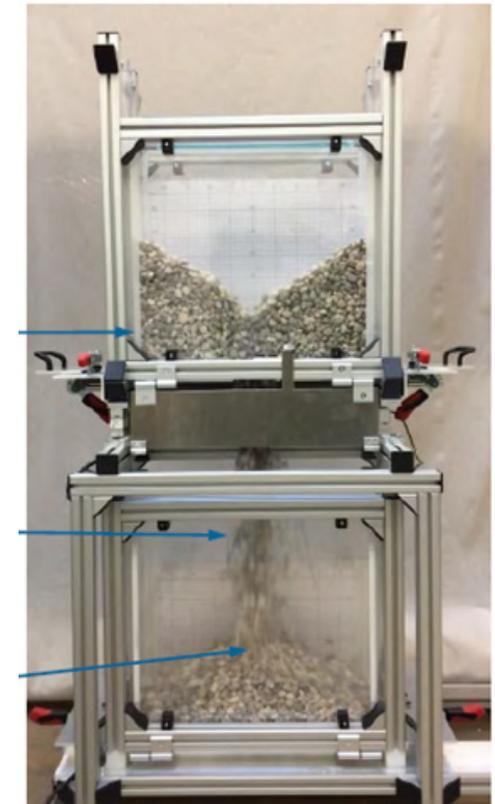
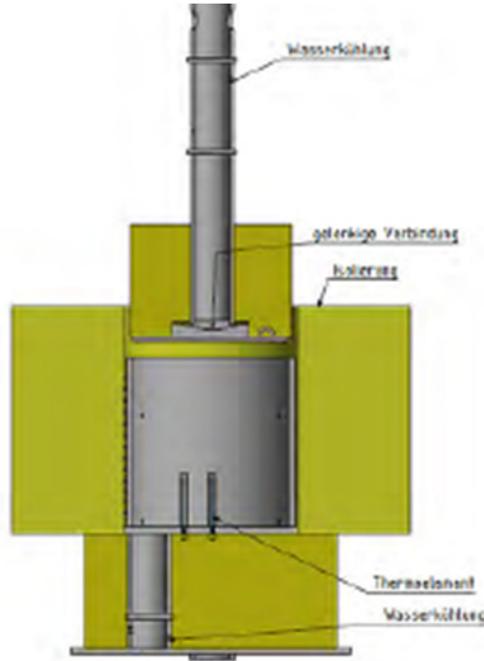
DEM
-EDEM
-LIGGGHTS



Berechnungsmethoden validiert,
Patentanmeldungen im Laufen

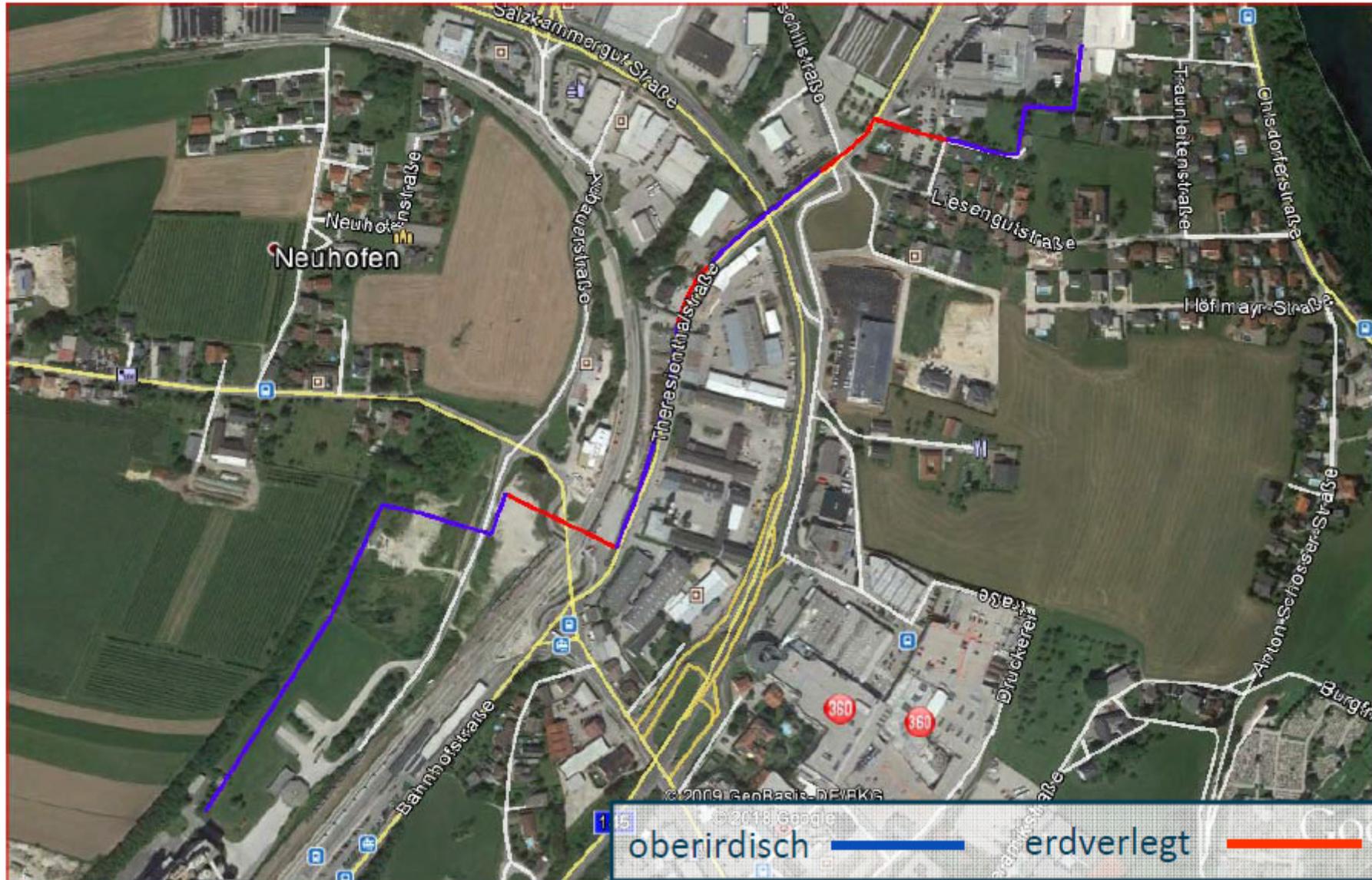
Material-Charakterisierung

Zyklus-haltbarkeit bei Temperatur



Kalibrierung
DEM
Simulationen

Heat Link Status



Zusammenfassung

Erstes Projektjahr abgeschlossen

Nächste Schritte:

- Datasheets
- Preisanfragen
- Kostenanalyse
- Experimentelle Arbeiten zum Speicher
- Detail Design Speicher
- Basic Design Pakete für das Gesamt-System



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