

FLEXIBILISIERUNG VON KRAFTWERKEN DURCH THERMISCHE ENERGIE- SPEICHER AUF BASIS METALLBASIERTER PHASENWECHSELMATERIALIEN

Lars Komogowski^{1,7}, Karsten Riedl², Stefan Beer³, Hartmut Maier⁴, Andreas Hornung^{1,5,6}

¹ Fraunhofer UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg, 92237 Sulzbach-Rosenberg, ² Uniper Technologies GmbH, 45896 Gelsenkirchen,

³ Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden, 92224 Amberg, ⁴ enolcon GmbH, 74321 Bietigheim-Bissingen,

⁵ Chair in Bioenergy, School of Chemical Engineering, College of Engineering and Physical Sciences, University of Birmingham, UK, ⁶ Univ.-Prof. für Hochtemperaturprozesstechnik, FAU Erlangen-Nürnberg
Telefon⁷ +49 9661 908 490, E-Mail⁷ lars.komogowski@umsicht.fraunhofer.de

MOTIVATION

Konventionelle Kraftwerke bleiben mittelfristig ein wichtiges Steuerelement für eine stabile Energieversorgung. Gerade in Zeiten hohen Anteils Erneuerbarer Energien (EE) ist eine wirtschaftliche Betriebsweise aufgrund zunehmender Stillstandszeiten oftmals nicht realisierbar. Thermische Energiespeicher können in diesen Phasen eine Effizienzsteigerung und somit zusätzliche Erlöse ermöglichen.

ZIELSTELLUNG

Ziel des Verbundprojektes TheMatIK ist die Entwicklung eines thermischen Energiespeichers im Technikumsmaßstab auf Basis metallischer Phasenwechselmaterialien zur Flexibilisierung industrieller Kraftwerke außerhalb des Wasser-Dampf-Kreislaufes. Analysiert und untersucht werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten, die möglichst geringe Eingriffe in bestehende Kraftwerke mit gekoppelter Wärme- oder Prozessdampfversorgung nach sich ziehen. Im Nennbetrieb (siehe Abb. 1 links) findet eine kontinuierliche und vollständige Beladung des thermischen Energiespeichers (Abb. 1 jeweils unten mittig) statt. Bedingt ein hoher Anteil an EE ein (teilweises) Abfahren des Kraftwerks (Abb. 1 rechts), deckt der Speicher den jeweilig anfallenden Prozesswärme- bzw. Prozessdampfbedarf und substituiert teure, meist fossil gefeuerte Hilfsaggregate.

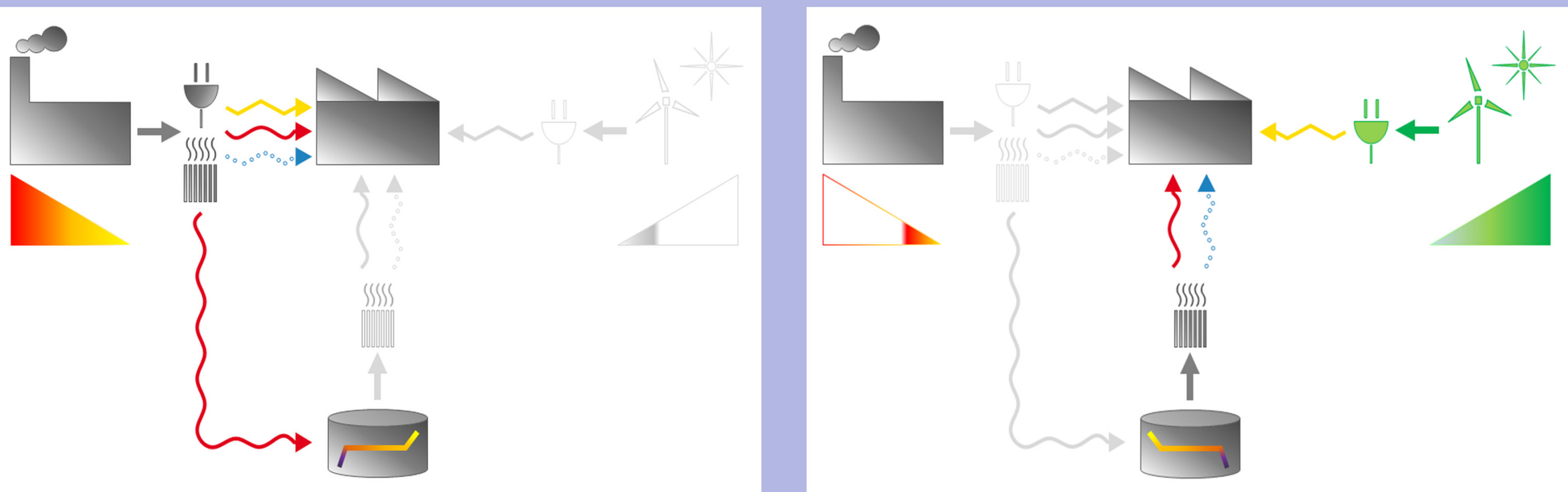


Abbildung 1 – links: Beladung des Energiespeichers bei Nennbetrieb;
rechts: Entladung des Energiespeichers bei (teilweisem) Stillstand

Lässt sich eine Beladung durch langanhaltende Nennbetriebszeiten vergleichsweise unkompliziert realisieren, ergeben sich beim Entladen vor allem bei der Bereitstellung von Dampf hohe Anforderungen an die Speicherdynamik. Bisher genutzte salzbasierte PCM in der Kraftwerkstechnik (Abb. 2 rechts) weisen durch ihre geringe Wärmeleitfähigkeit gerade in diesem Punkt starke Defizite auf und bedingen zusätzliche konstruktive Maßnahmen. Ein wesentlicher Aspekt des Projektes ist daher die Optimierung des Wärmeübertragungsverhaltens durch Entwicklung metallbasierter PCM und Verkapselungen (Abb. 3).

METHODIK

Anhand eines realen Kraftwerkes werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten ausgearbeitet und analysiert (Tab. 1). Ausführliche Anforderungsprofile komplettieren die Kriterien, die zur Auswahl der technisch und wirtschaftlich sinnvollsten Einbindung führen (Tab. 2). Für einzelne Grundmodule aus PCM und Verkapselung werden Strömungs- und Wärmetransportvorgänge mithilfe von hochauflösenden, dreidimensionalen Berechnungsmodellen untersucht. Aus ebendiesen werden Rückschlüsse für die Herleitung von Modellen gezogen, die eine näherungsweise Prognose der Be- und Entladevorgänge eines gesamten Speichersystems ermöglichen. Unter realen Kraftwerksbedingungen finden Zyklusstabilitätsversuche im Technikumsmaßstab zur finalen Validierung des Speichersystems statt. Prozesssimulationen des Gesamtsystems dienen abschließend zur Ausarbeitung von Verwertungskonzepten für die Speicherintegration.

ZWISCHENERGEBNISSE

	Prozessdampfbesicherung		Mühlenluftvorwärmung	
Einsatz als	Quelle	Senke	Quelle	Senke
Wärmeträgermedium	Dampf	Dampf	Rauchgas	Luft
Temperatur	°C	410	296	350
Druck	bar	47	43	1

Tabelle 1 – Auswahl von Einsatzmöglichkeiten thermischer Energiespeicher in einem industriellen Kraftwerk

	Prozessdampfbesicherung		Mühlenluftvorwärmung	
Kapazität	MWh	27	3	
Beladung	h	48	48	
Entladung	h	0,33	1,5	
Häufigkeit	1/a	50	50	
Dynamik	-	➤ wenige Minuten bis Volllast ➤ kurze Totzeiten ➤ schnelles Hochfahren		➤ 15 Minuten bis Volllast ➤ niedrige Anforderungen an Totzeiten

Tabelle 2 – Anforderungen an den thermischen Energiespeicher

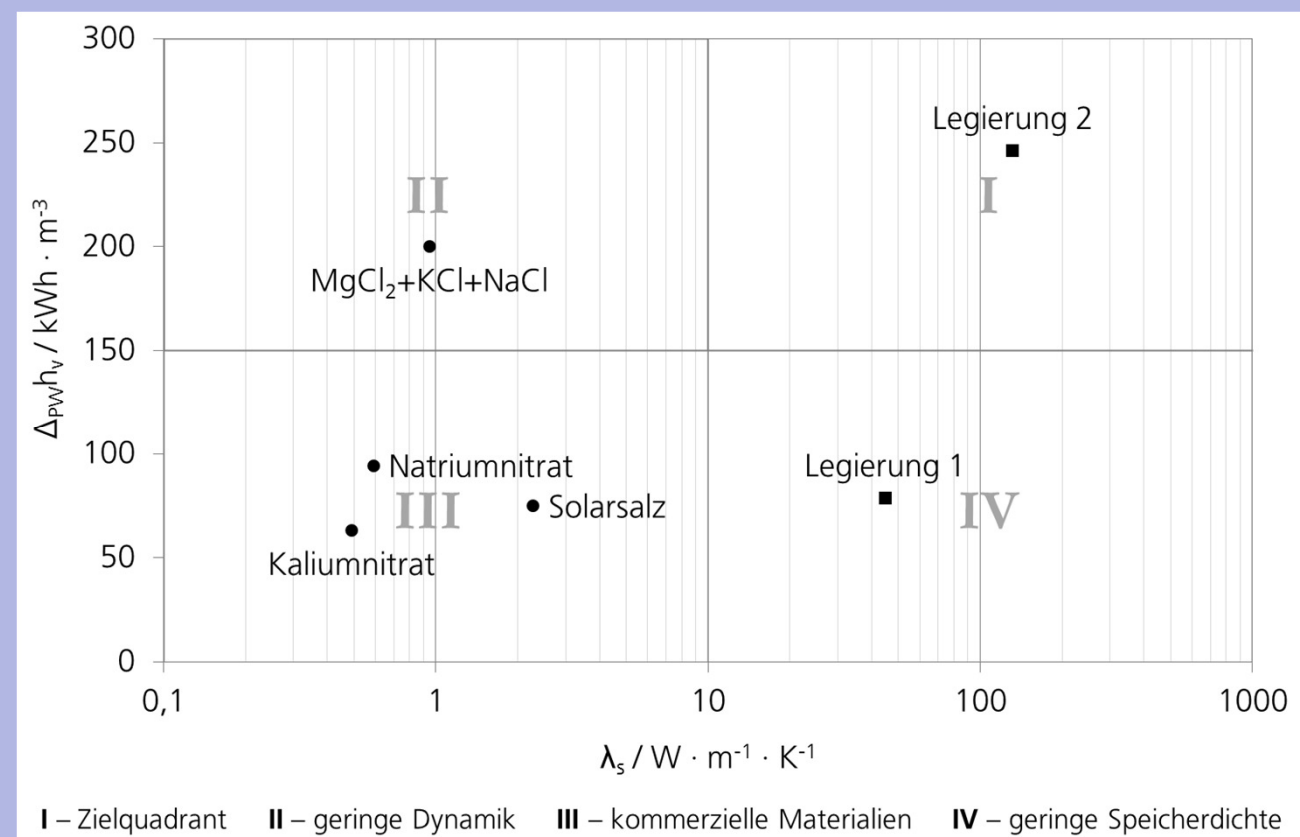
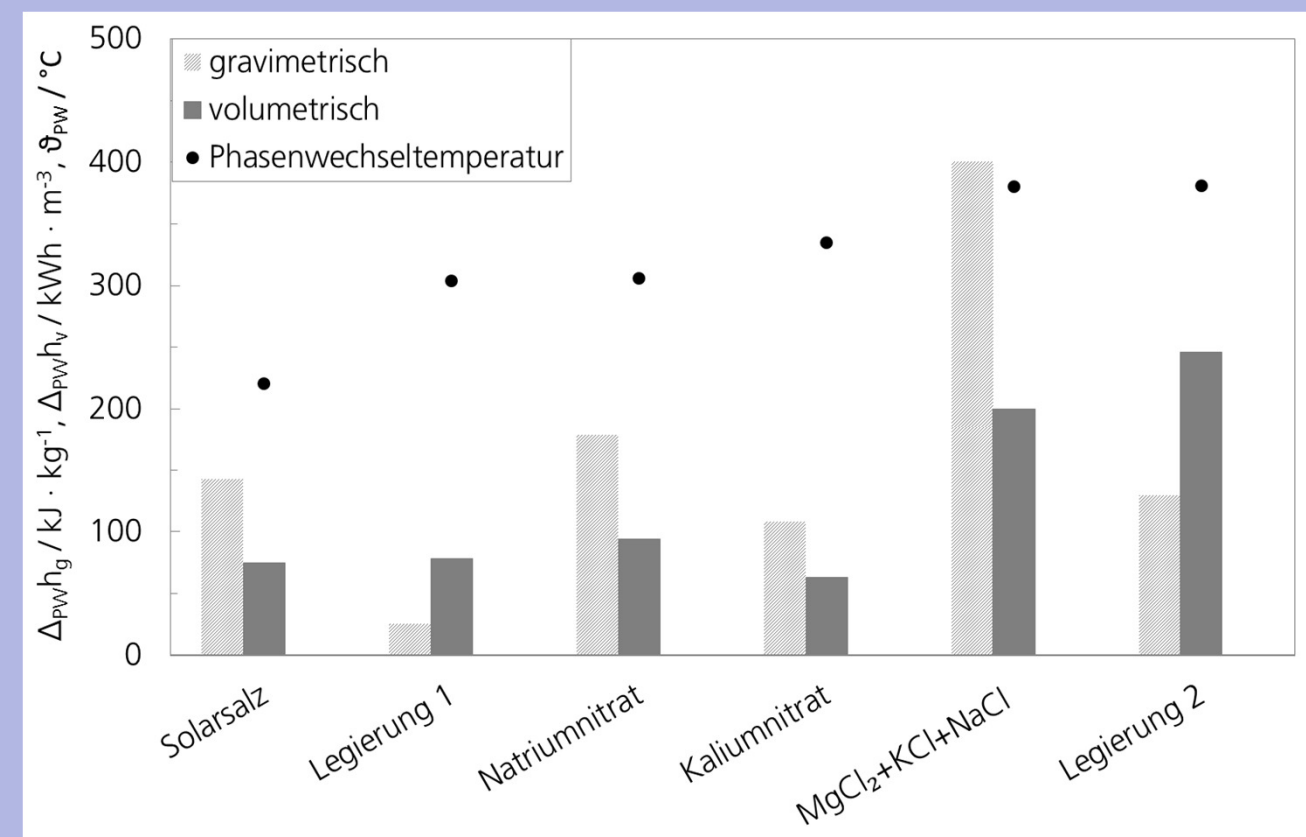


Abbildung 2 – links: vol. bzw. grav. Phasenwechselenthalpie versch. Salze & Legierungen
rechts: vol. Phasenwechselenthalpie ggü. Wärmeleitfähigkeit der festen Phase verschiedener Salze & Legierungen

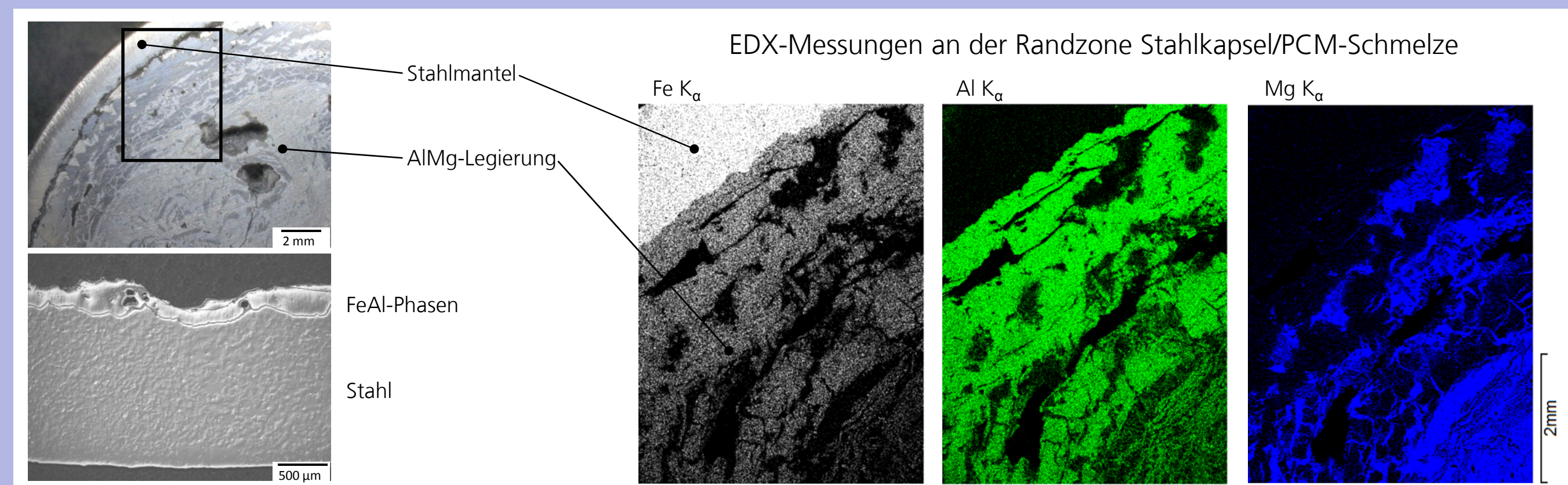


Abbildung 3 – links: Stahlkapsel mit AIMg-PCM-Legierung nach 300 h bei 500 °C
rechts: EDX-Mapping an der Randzone Kapsel/PCM: Bildung von Fe-Al-Phasen

ZUSAMMENFASSUNG

- Analyse verschiedener Einsatzmöglichkeiten auf Basis realer Kraftwerksdaten
- Definition von Anforderungsprofilen an einen thermischen Energiespeicher
- Entwicklung von metallischem PCM und dazugehöriger Verkapselung
- Numerische Simulation (FVM) eines Grundmoduls aus PCM und Verkapselung
- Zyklusstabilitätsuntersuchung im Technikumsmaßstab
- Prozesssimulation der Speicherintegration in den Kraftwerksprozess
- Entwicklung von Betriebsstrategien
- Detaillierte Verwertungskonzepte des entwickelten Speichersystems
- Handlungsempfehlung bzgl. der ökologischen & ökonomischen Anwendbarkeit