Urheberrechtshinweis

Bitte beachten

Die Inhalte dieser Präsentation (Texte, Grafiken, Fotos, Logos etc.) und die Präsentation selbst sind urheberrechtlich geschützt. Sie wurden durch das Fraunhofer UMSICHT selbständig erstellt.
Eine Weitergabe von Präsentation und/oder Inhalten ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer UMSICHT (Kontakt s. Infokasten) zulässig.

Ohne schriftliche Genehmigung des Fraunhofer UMSICHT dürfen dieses Dokument und/oder Teile daraus nicht weitergegeben, modifiziert, veröffentlicht, übersetzt oder reproduziert werden, weder durch Fotokopien, Mikroverfilmung, noch durch andere – insbesondere elektronische – Verfahren. Der Vorbehalt erstreckt sich auch auf die Aufnahme in oder die Auswertung durch Datenbanken. Zuwiderhandlungen werden gerichtlich verfolgt.

© Fraunhofer UMSICHT, 2023

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an

Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
An der Maxhütte 1
92237 Sulzbach-Rosenberg

Felix Kugler, M.Eng.
Tel.: +49 (0) 1511 1679497
E-Mail: felix.kugler@umsicht.fraunhofer.de

Fraunhofer
UMSICHT

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

- Felix Kugler, M.Eng, Fraunhofer UMSICHT

Industrielle Prozessdampfversorgung - Demonstration eines ultradynamischen thermischen Energiespeichers

Inhaltsverzeichnis

Übersicht

- Übersicht Speichertechnologien bei Fraunhofer UMSICHT
- Ausgangslage
- Potentialanalyse
- Demonstrationsprojekt ISSDEMO

 © Fraunhofer UMSICHT

Latentwärmespeicher-Technologien am Fraunhofer UMSICHT

Übersicht

TheMatIK

Metallische PCM

- Temperaturbereich: 250 – 550+ °C
- Speicherdichte: 150 – 700 kWh/m³

- Extrem schnelle Dynamik, sehr hohe Leistungen
- Einfache Systemtechnik
- Hohe volumenbezogene Leistungsdichte

- Kosten: 20 – 70 €/kWh; 150 EUR/kWh
- TRL: 5 – 6

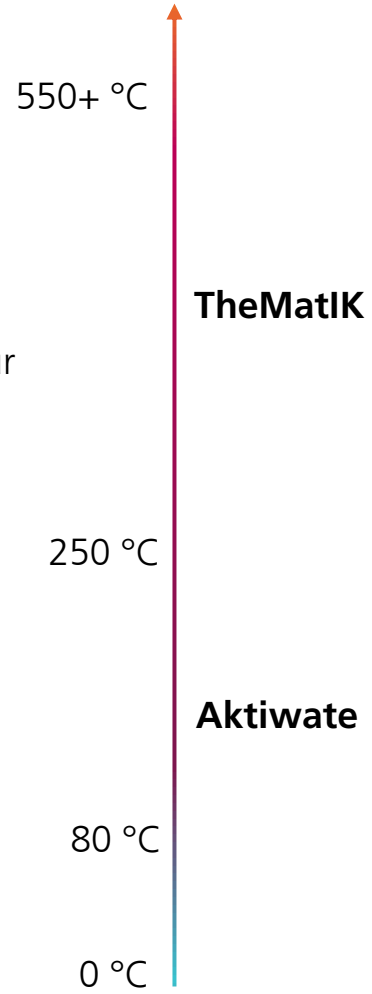
Aktiwate

Zuckeralkohole

- Temperaturbereich: 80 – 250 °C
- Speicherdichte: 130 – 200 kWh/m³

- Unterkühlbarkeit: Speicherung bei Umgebungstemperatur
- Keine Selbstentladung, keine Speicherverluste
- Gezielte Wärmeabgabe auf Knopfdruck

- Kosten: ca. 20 – 50 EUR/kWh
- TRL: 4



 © Fraunhofer UMSICHT Vertraulich

Fraunhofer UMSICHT

Einsatzgebiete

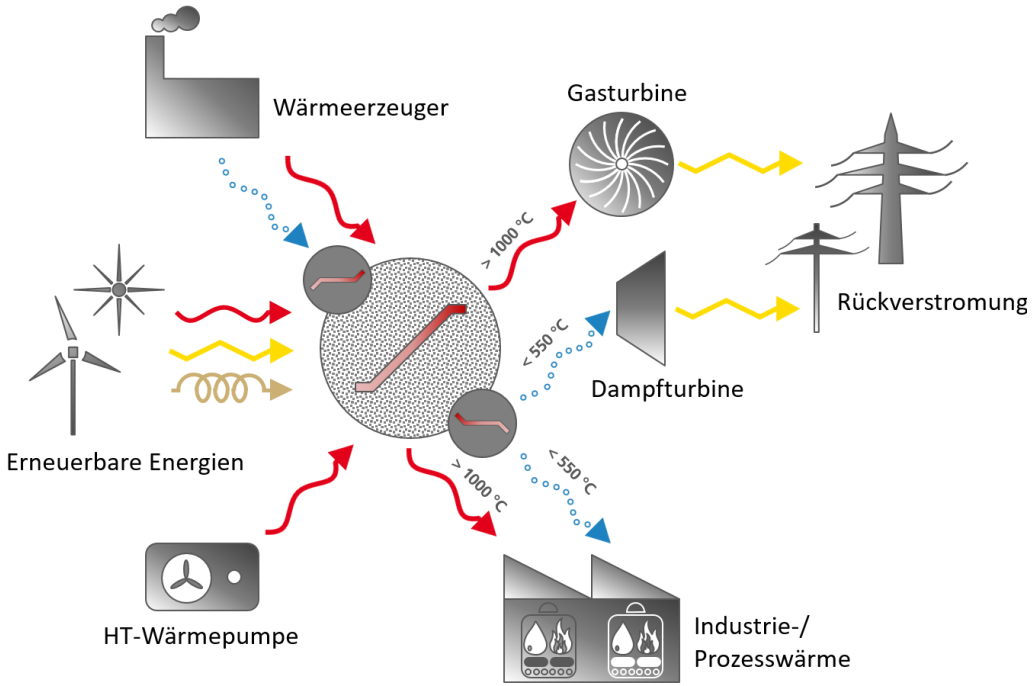
TheMatIK

Allgemein

- **Prozess- und Frischdampfbereitstellung** (überhitzter Dampf)
  - Prozessdampfbesicherung, Frischdampfversorgung bei Kraftwerksanfahrt, Warmhalten von Komponenten
- **Heißluftbereitstellung**
- **Carnot-Batterie:** Energiehub im Industriepark der Zukunft

Kraftwerksbereich

- **Mühlenvorwärmung:**
  Trocknung feuchter Kohle während Anfahrt
- **Hilfskesselersatz:** Warmhalten der Kraftwerkskomponenten, Dampfbereitstellung während Anfahrt
- **Prozessdampfbesicherung:**
  Prozessdampfbereitstellung während Kraftwerksstillstand



 © Fraunhofer UMSICHT

Ausgangslage

Entwicklung aus der Kraftwerkstechnik

- Erhöhter EE-Anteil führt zu häufigen Kraftwerksan- und abfahrten
- Konventionelle Kraftwerke sind nicht auf flexiblen Betrieb ausgelegt
- Mehrere Flexibilitäts- und Einsparpotentiale ergeben sich

➢ **Hohes Leistungsniveau, schnelle Dynamik gefordert**

Warum Metalllegierungen?

	Metallspeicher (TheMatIK)	Salzspeicher (konventionell)
+	▪ Sehr gute Dynamik (hohe Leistung) ▪ Einfache Systemtechnik ▪ Hohe volumenbezogene Speicherdichte ▪ Temperaturbereich nahezu unbeschränkt	▪ Hohe massenbezogene Speicherdichte ▪ Niedriges Gewicht
–	▪ Teilweise korrosives Speichermaterial (Korrosionsbeschichtung erforderlich) ▪ Hohes Gewicht	▪ Schlechte Dynamik (niedrige Leistung) ▪ Komplexe Systemtechnik ▪ Temperaturbereich < 560 °C ▪ Korrosives Speichermaterial

 © Fraunhofer UMSICHT Vertraulich

Technikumsanlage

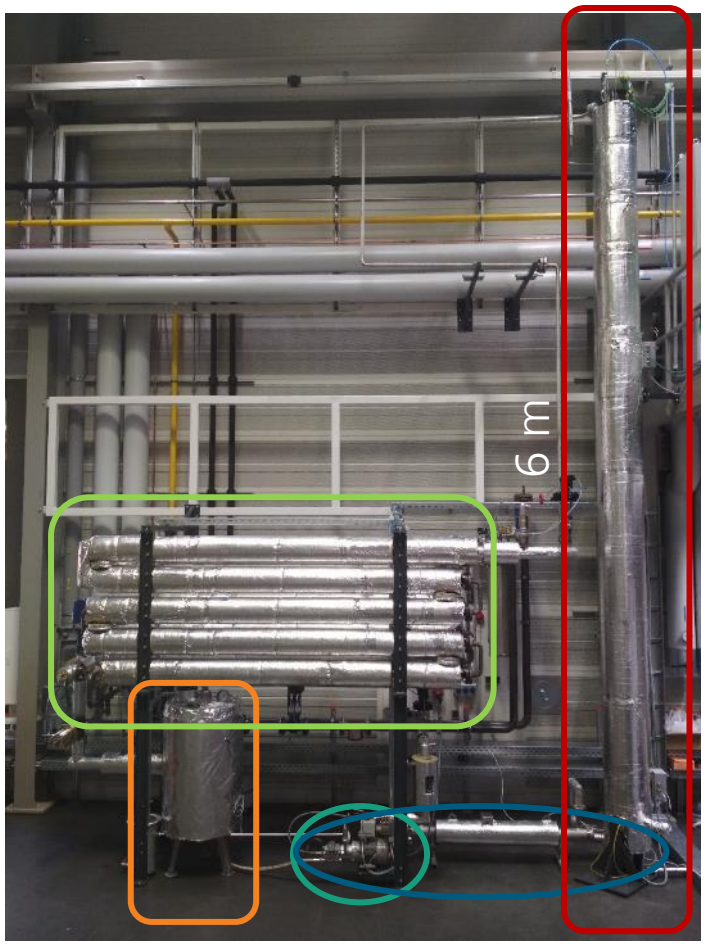
Aufbau

Ziel

Nachstellung Prozessdampfbesicherung

Charakterisierung

Größe	Wert	Einheit
PCM	ZnAl6	-
m	1.000	kg
ϑ_{ph}	381	°C
ϑ_{min}	296	°C
ϑ_{max}	410	°C
C_{total}	54	kWh
C_{latent}	31	kWh
P_{median}	117	kW
P_{max}	144	kW
ω_g	120	kJ/kg
ω_v	756	MJ/m³



Speisewasserbehälter
- Vorwärmung
- Kontrolle Wasserqualität
- max. 90 °C
- max. 1,5 bar
- Bypass zur Wasseraufbereitung

Speisepumpe
- 0,144 – 0,432 m³/h
- max. 60 bar

Strömungserhitzer
- var. Austrittstemperatur
- max. 220 °C
- max. 60 bar

Wärmespeicher
- Erwärmung, Verdampfung, Überhitzung
- max. 550 °C
- max. 60 bar
- bis zu ca. 60 kWh

Rückkühler
- Enthitzung, Kondensation, Unterkühlung
- max. 400 °C
- max. 15 bar
- Rückkühlung über Kühlwasser

 © Fraunhofer UMSICHT

Technikumsanlage

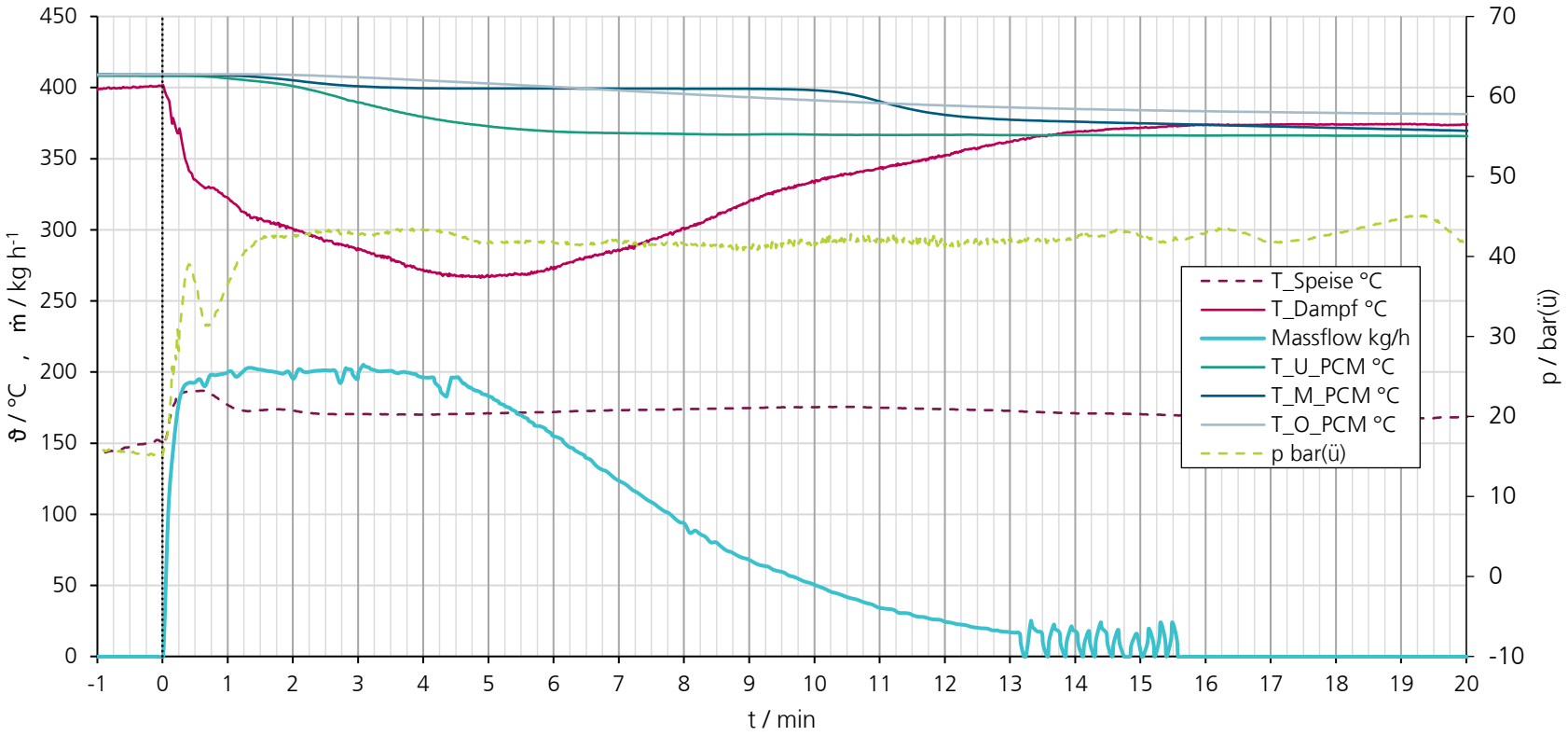
Versuchsergebnisse

Variabler Massenstrom
–
Nachbildung Besicherungsfall für 20 Minuten

$\dot{m}_{100\%}$ = 200 kg/h

$t(\dot{m}_{50\%})$ = 4,8 s

$t(\dot{m}_{90\%})$ = 14,4 s



- Überhitzter Dampf steht innerhalb weniger Sekunden bei vollem Massenstrom bereit
- Dynamik reine Frage der Regeltechnik bzw. Ansprechverhalten von Speisepumpe/Ventil
- Durch Vorausschau ist ein unterbrechungsfreier Übergang theoretisch möglich

 © Fraunhofer UMSICHT Vertraulich

PCM- & Verkapselungsentwicklung

Übersicht

Ziel

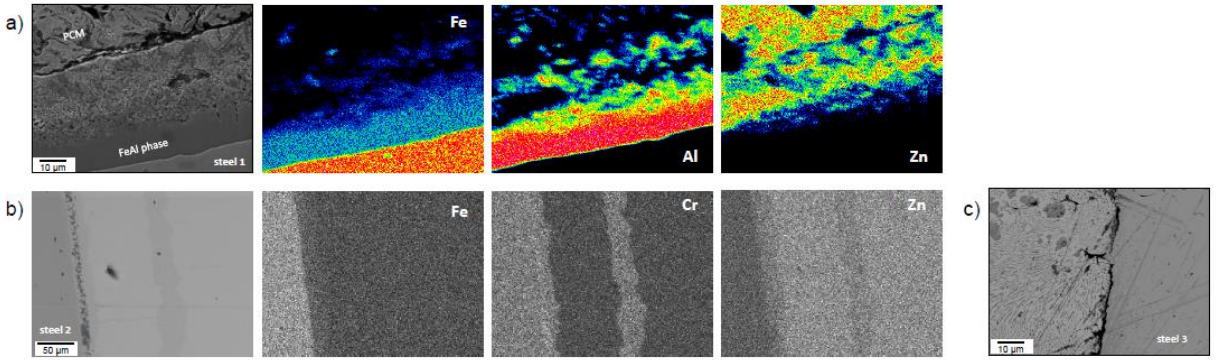
- Ermittlung der **Korrosionsbeständigkeit und Zyklenfestigkeit** verschiedener Stahlsorten gegenüber den PCM

Methodik

- Auswahl mehrerer Stahlsorten für Verträglichkeitstests ggü. Legierungsschmelzen
- **Kontinuierliche und zyklische Verträglichkeitstests** mit ausgewählten Legierungen im Kontakt mit Kapselwerkstoffen **weit oberhalb der Betriebstemperatur**

➢ Zyklenstabilität nachgewiesen für **mindestens 1.000 Zyklen** und **Dauerbelastung über 2574 h** für mehrere PCM im Bereich 250 – 550 °C

Ergebnisse



↓ PCM / → Kapsel	Stahl a	Stahl b	Stahl c
ZnAl6	Hohe Reaktivität	Niedrige Reaktivität	Sehr niedrige Reaktivität
AlMg35.8	Hohe Reaktivität	Mittlere Reaktivität	Mittlere Reaktivität
ZnMg46.3	Sehr niedrige Reaktivität	Sehr niedrige Reaktivität	Sehr niedrige Reaktivität
Al68.5Cu26.5Si5	Mittlere Reaktivität	Mittlere Reaktivität	Mittlere Reaktivität

 © Fraunhofer UMSICHT

Potentialanalyse

Kostenvergleich

Vergleich gegenüber Konkurrenztechnologie Salzspeicher – WÜ- & PCM-Kosten

Ausgangslage

- $NaNO_3$:
  - Studie Demonstrationsspeicher[1]
  - MWh_{th} für Turbinendampf[2]
- ZnAl6 (PCM 3):
  - Technikumsanlage
  - kWh_{th} für Prozessdampf
- Für Salzspeicher zzgl.:
  - Ummantelung
  - Befüllung
  - Entwicklungskosten

Kostenverteilung

	Salz	Metalle[4]					
PCM-Nr.	**$NaNO_3$**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T_{PC}	*270 °C*	*252 °C*	*340 °C*	*381 °C*	*450 °C*	*520 °C*	*548 °C*
PCM	[3] 26 – 20 %	95 %	85 %	87 %	62 %	71 %	77 %
WÜ	[3] 23 – 18 %	2 %	5 %	5 %	14 %	11 %	8 %
Fertigung	[3] 51 – 62 %	3 %	10 %	8 %	24 %	18 %	15 %
Gesamt	**[3] 77 – 100 €/kWh**	**148 €/kWh**	**59 €/kWh**	**66 €/kWh**	**22 €/kWh**	**30 €/kWh**	**37 €/kWh**

1 Johnson, M. et al.: Design of high temperature thermal energy storage for high power levels. In Sustainable Cities and Society. 2017.
2 Hübner, S. et al.: Techno-economic heat transfer optimization of large scale latent heat energy storage systems in solar thermal power plants. In Applied Thermal Energy Storage. 2015.
3 Abhängig vom zu realisierendem Leistungslevel
4 Außer PCM 3 unter Vorbehalt

 © Fraunhofer UMSICHT

ISSDEMO

Industrial process Steam Supply – DEMOnstration of an ultra-dynamic thermal energy storage

Projektpartner:

Projektkoordinator

ISSDEMO

Fraunhofer UMSICHT

Silesian University of Technology

proen gliwice

Universitat de Lleida

BUILD TO ZERO

cet Partnership

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

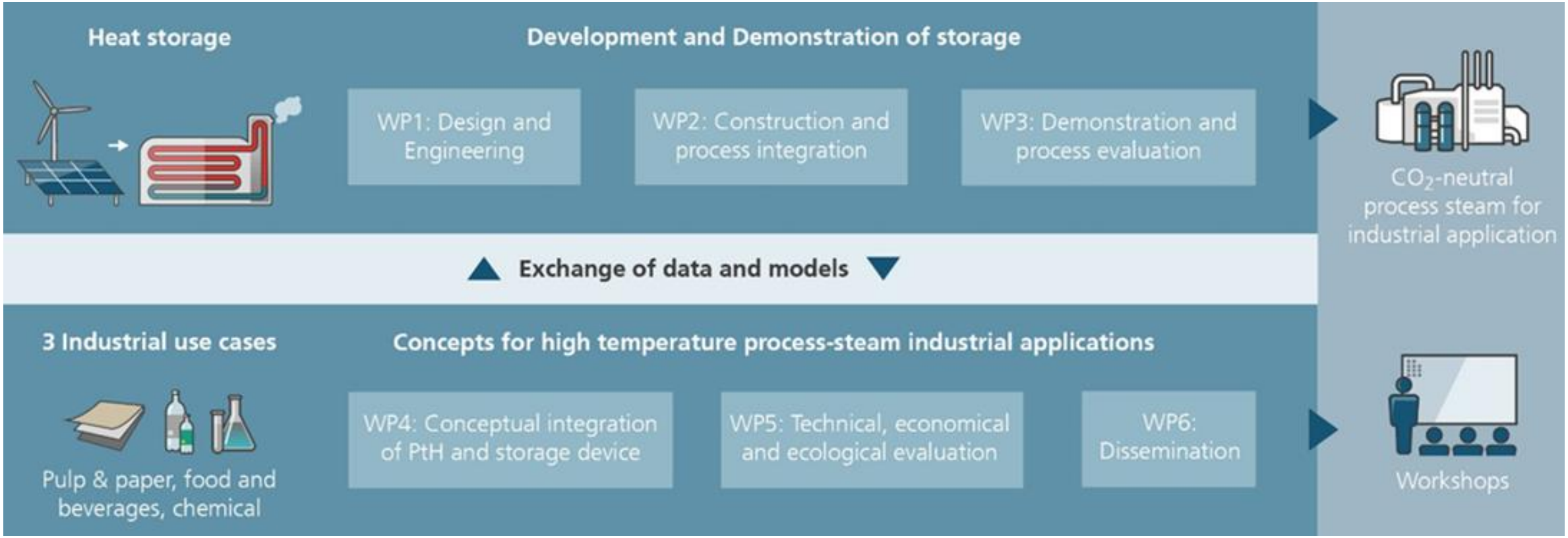
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

5 Bild von Freepik

 © Fraunhofer UMSICHT

Fraunhofer UMSICHT

ISSDEMO



 © Fraunhofer UMSICHT

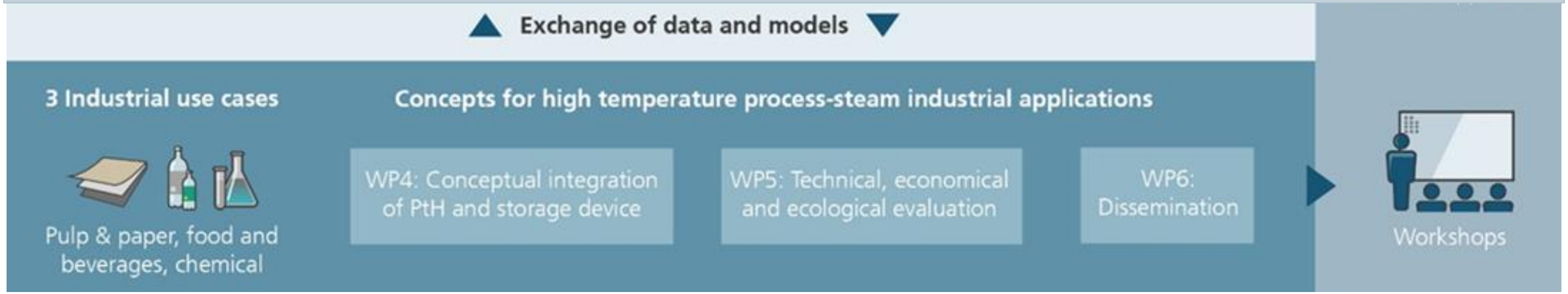
ISSDEMO

- Demonstration der Effizienz und Funktionalität eines Hochtemperatur-Wärmespeichers im Temperaturbereich 250°C- 500°C
- Demonstration der Prozessdampfbereitstellung für verschiedene industrielle Anwendungsgebiete
- Ausgangspunt ist ein technologischer Reifegrad von TRL = 5
- Ziel des Projektes ist es einen **TRL von 6 – 7** zu erreichen
- Die Technologie wird im realen industriellen Umfeld eingebunden und getestet
- Die Demonstrator Anlage wird auf die **40-fache Kapazität** der Technikums Anlage von dann **1MWh** hochskaliert
- Die Anlage soll mindestens für **300 Zyklen und 1.000 Stunden** im Demonstrationsmodus betrieben werden

 © Fraunhofer UMSICHT

ISSDEMO

- Neben der technologischen Entwicklung werden Konzepte für die Integration dieser Technologie in anderen industriellen Anwendungsgebieten erarbeitet
- Nutzung der breitgefächerten und interdisziplinären Kompetenzen unseres internationalen und diversen Projektkonsortiums bei der konzeptionellen Übertragung in
- Variierten **Anwendungsfällen** – Prozessdampfbesicherung, power-to-heat-Anwendungen, zunehmende flexibilität
- Verschiedene **Branchen** – Nahrungsmittelindustrie, Papierhersteller und -verarbeiter, Chemieparks, Stromerzeuger
- Unterschiedliche **Länder** – Spanien, Polen, Deutschland



 © Fraunhofer UMSICHT

Felix Kugler
Group Manager Thermal Storage and Process Heat
Institutsteil Sulzbach-Rosenberg
Tel.: +49 (0) 1511 1679497
E-Mail: felix.kugler@umsicht.fraunhofer.de

Fraunhofer
UMSICHT

Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik
UMSICHT