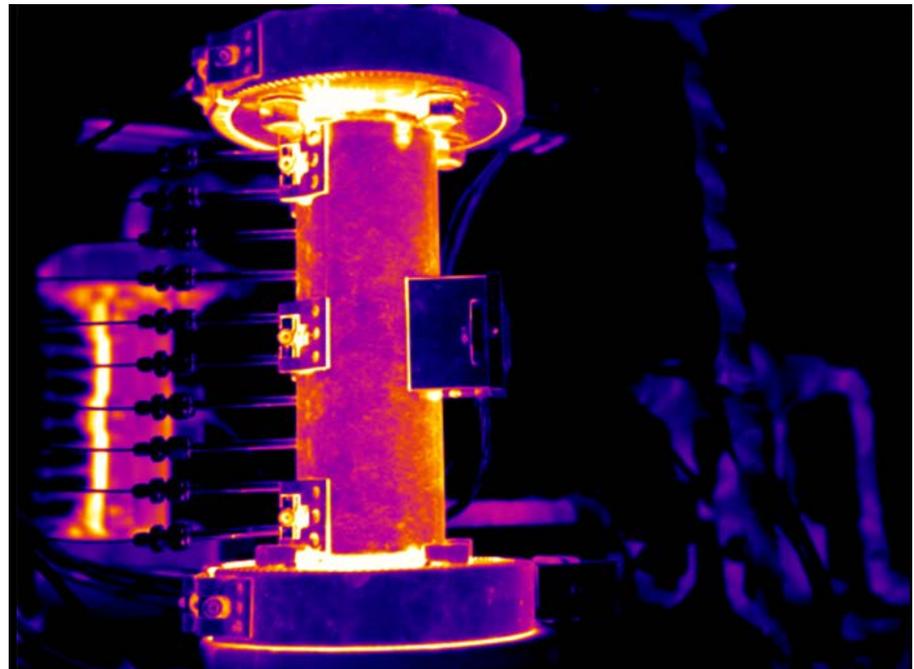

WÄRMESPEICHER ZUR OPTIMIERUNG VON ENERGIESYSTEMEN



Innovationen für die Wärmewende

Donnerstag, 27. April 2017
15:00 - 17:30 Uhr
Sulzbach-Rosenberg

Lars Komogowski



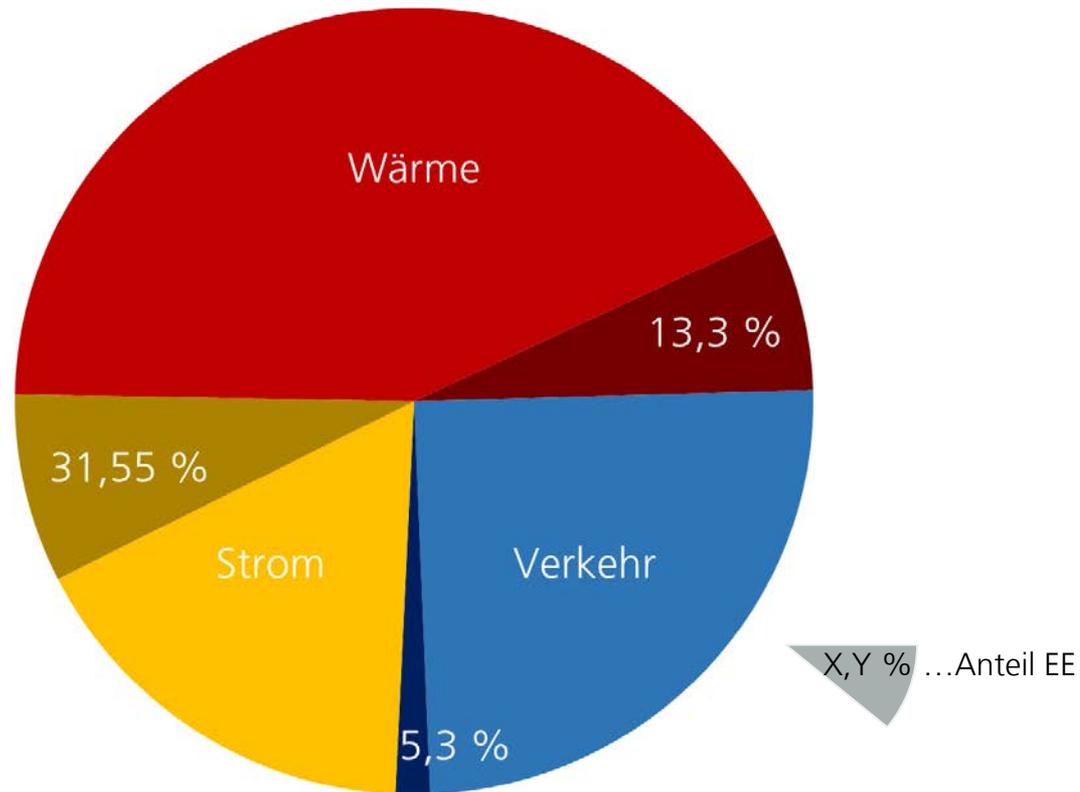
AGENDA

- Wieso Wärmespeicherung?
- Wärmespeichertechnologien
 - Unterscheidungsmerkmale
 - Speicherprozesse
- Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT
- Der Beitrag der Wärmespeicherung für die Zukunft

Wieso Wärmespeicherung?

Energiewende ist nicht nur Stromwende

Verteilung Endenergieerzeugung nach Sektoren und Anteil Erneuerbarer Energien

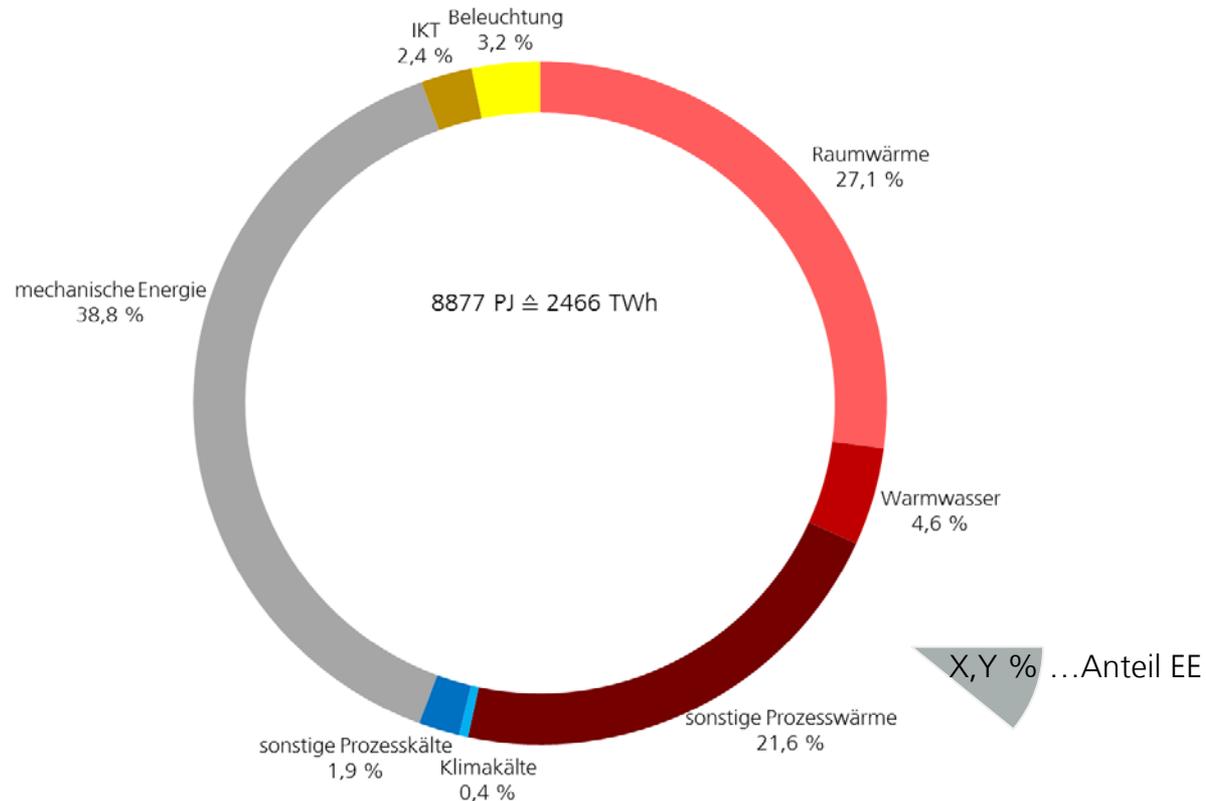


Quelle: Eigene Darstellung nach BMWi Energiedaten, Stand 2/2017

Wieso Wärmespeicherung?

Energiewende ist nicht nur Stromwende

Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen & Sektoren in D 2015

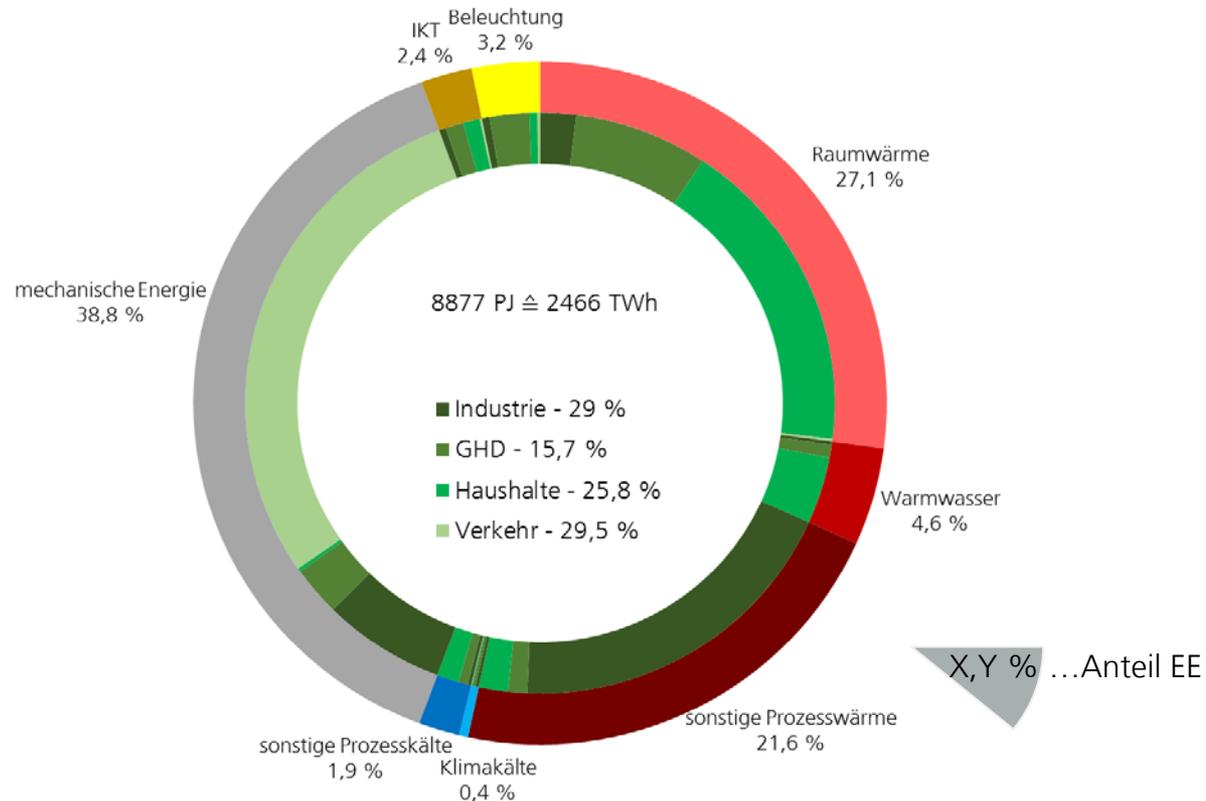


Quelle: Eigene Darstellung nach BMWi Energiedaten, Stand 2/2017 & fFe e.V. Energiezukunft 2050

Wieso Wärmespeicherung?

Energiewende ist nicht nur Stromwende

Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen & Sektoren in D 2015



Quelle: Eigene Darstellung nach BMWi Energiedaten, Stand 2/2017 & FfE e.V. Energiezukunft 2050

Wieso Wärmespeicherung?

Defizit zwischen Zeit und/oder Ort

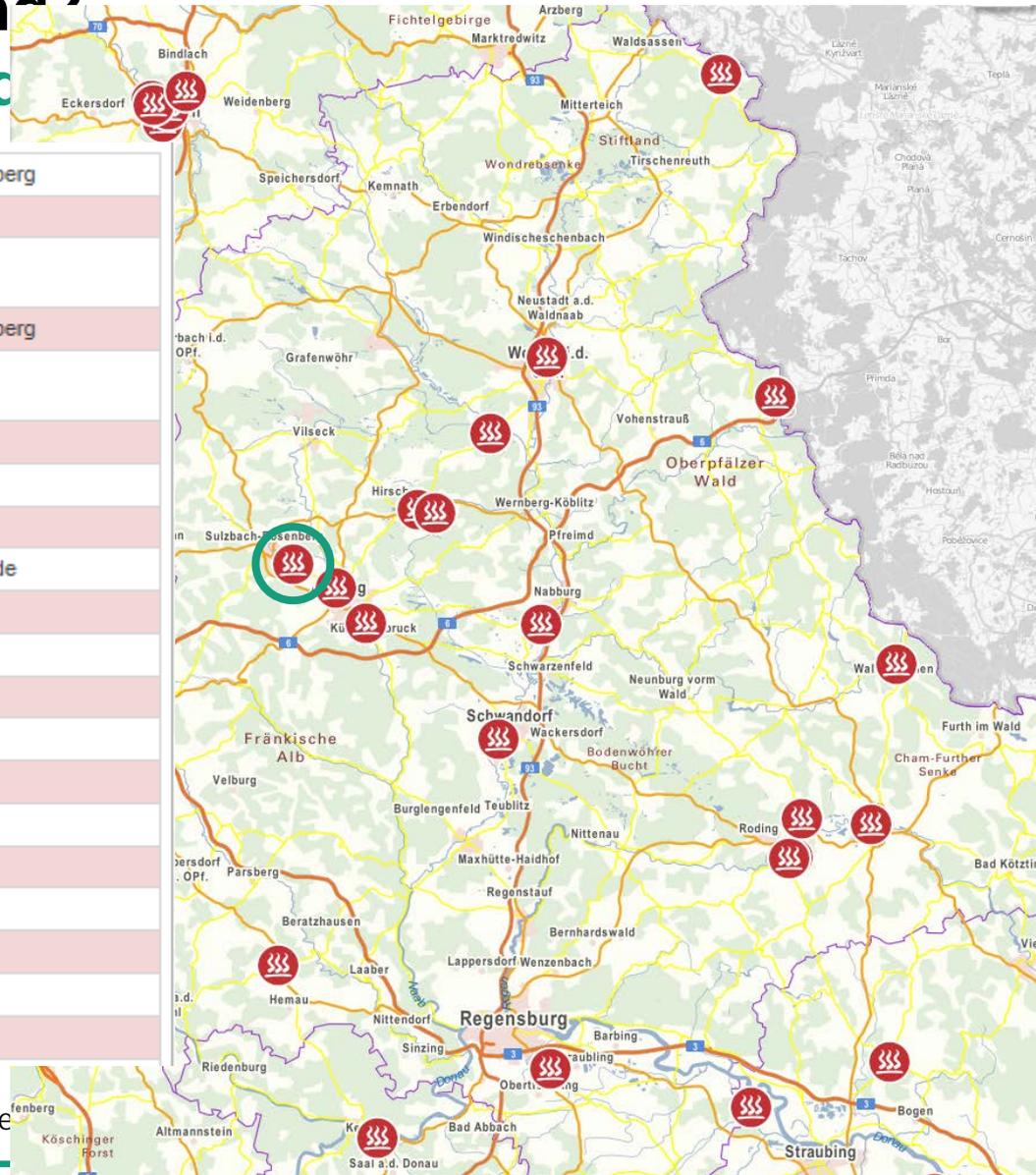
- ebenso wie für Strom gilt oftmals für Wärme
 - $\text{Zeit}_{\text{Angebot}} \neq \text{Zeit}_{\text{Nachfrage}}$ aber auch...
 - $\text{Ort}_{\text{Angebot}} \neq \text{Ort}_{\text{Nachfrage}}$
- jedoch sind Abwärmepotenziale oftmals nicht bekannt
 - Studie Abwärmeatlas (Laufzeit 2015 – 2018)
 - theoretisches Potential Abwärme: 225 TWh/a (ca. 42 % EEV)¹
 - theoretisches Potential Strom aus Abwärme: 37 TWh/a (ca. 20 % EEV)¹
 - www.energieatlas.bayern.de
 - Informationen für Bürger, Kommunen & Unternehmen über die
 - sowie Werkzeuge zur Umsetzung der...Energiewende

¹Quelle: Abwärme in energieintensiven Branchen: Erste Ergebnisse des Forschungsverbundprojektes „Abwärmeatlas“, izes gGmbH, 2016

Wieso Wärmespeicherung?

Defizit zwischen Zeit und

Firma	ESR Energie Sulzbach-Rosenberg
Anlagenschlüssel	06-09-300-8002-0037
Anschrift der Firma	Europastraße 26 92237 Sulzbach-Rosenberg
Betreiber	ESR Energie Sulzbach-Rosenberg
Anschrift des Betreibers	Europastraße 26 92237 Sulzbach-Rosenberg
Branche	Energieversorgung
Ansprechpartner	Thilo Munker
Telefon	(0 96 61) 10 46 - 14
E-Mail	tm(at)esr-sulzbach-rosenberg.de
Stand	09.02.2011
Anzahl der Anlagen	1
Wärmeträger	Abluft
Temperaturbereich (von - bis in °C)	160
Abwärmemenge (MWh / Jahr)	14.300
Abwärmeleistung (von - bis in kW)	1.800
Betriebsdauer (von - bis in Stunden)	8.000
Wärmeträger	Wasser
Temperaturbereich (von - bis in °C)	80 - 85
Abwärmemenge (MWh / Jahr)	65.700
Abwärmeleistung (von - bis in kW)	5.000 - 10.000



¹Quelle: Abwärme in energieintensiven Branchen: Erste Ergebnisse

Wieso Wärmespeicherung?

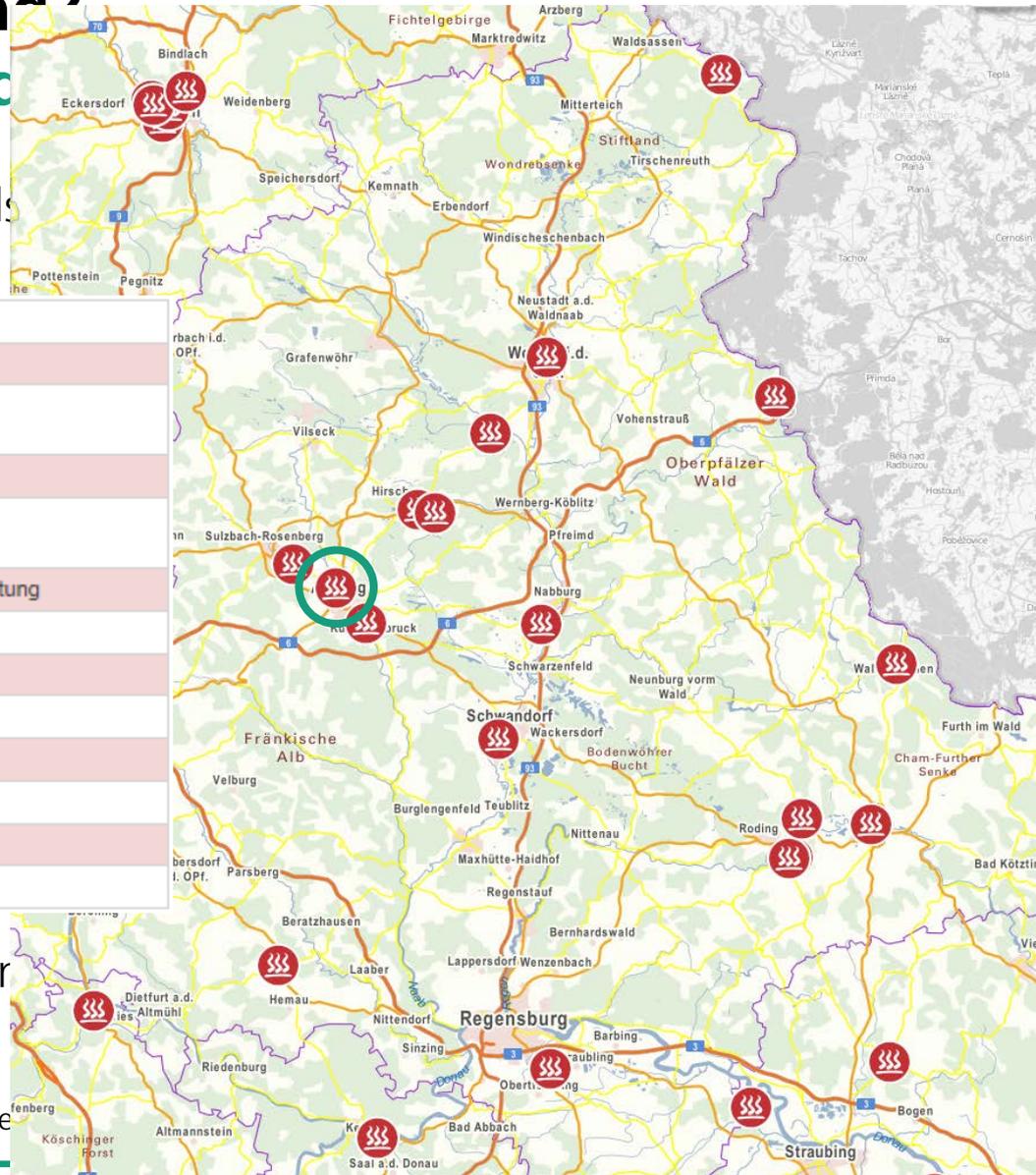
Defizit zwischen Zeit und

■ ebenso wie für Strom gilt oftmals

➤ Zeit \neq Zeit

Firma	Luitpoldhütte AG
Anlagenschlüssel	06-09-361-0003-0001
Anschrift der Firma	Sulzbacher Straße 121 92224 Amberg i.d.OPf.
Betreiber	Luitpoldhütte AG
Anschrift des Betreibers	Sulzbacher Straße 121 92224 Amberg
Branche	Metallerzeugung und -bearbeitung
Stand	02.2011
Anzahl der Anlagen	1
Wärmeträger	Abluft
Temperaturbereich (von - bis in °C)	425
Abwärmemenge (MWh / Jahr)	18.200
Abwärmeleistung (von - bis in kW)	5.200
Betriebsdauer (von - bis in Stunden)	3.520

➤ sowie Werkzeuge zur Ur



¹Quelle: Abwärme in energieintensiven Branchen: Erste Ergebnisse

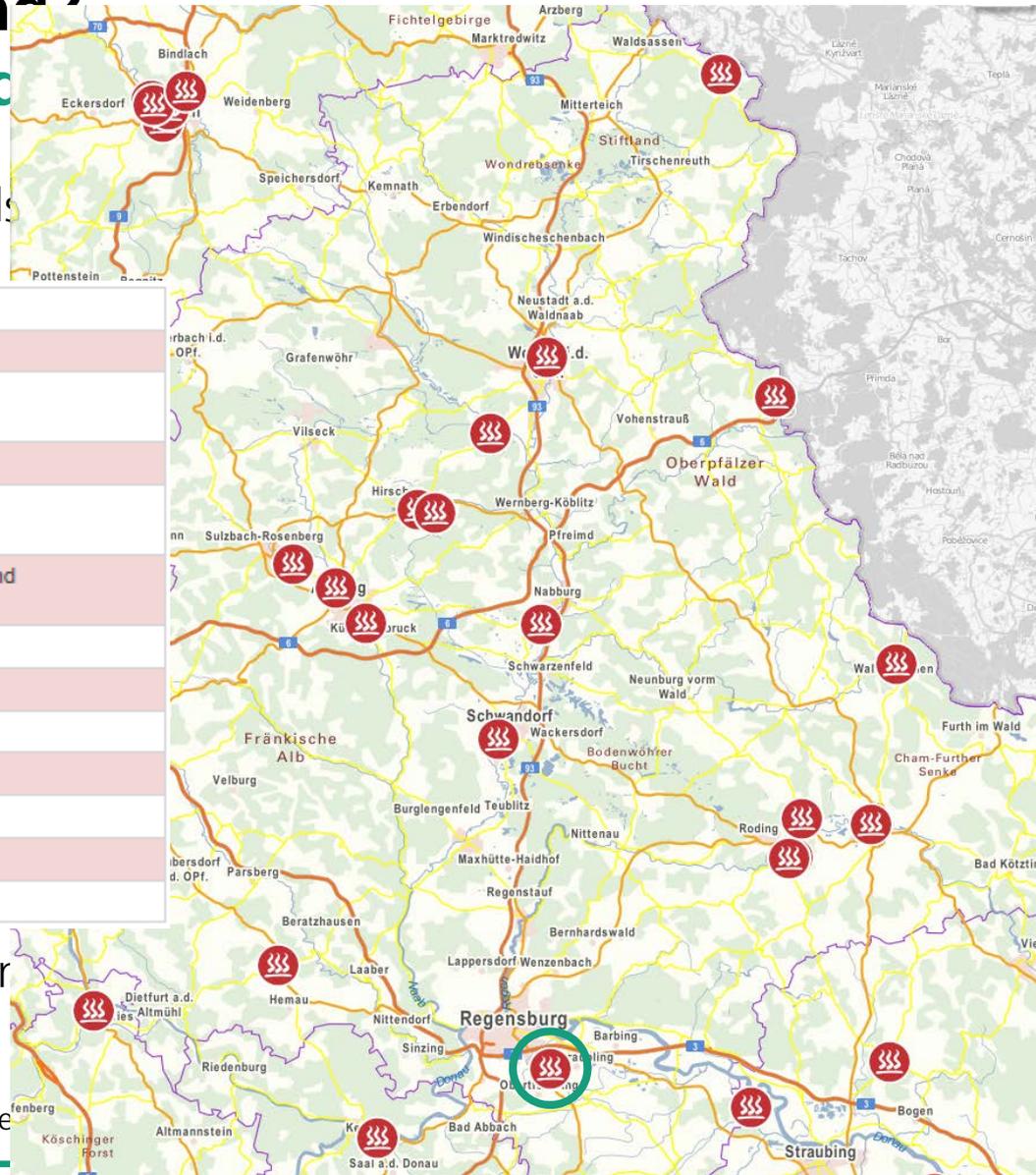
Wieso Wärmespeicherung?

Defizit zwischen Zeit und

- ebenso wie für Strom gilt oftmals

Zeit	Zeit
Firma	BMW Werk 6.1 Regensburg
Anlagenschlüssel	06-09-362-0100-0001
Anschrift der Firma	Herbert-Quandt-Allee 1 93055 Regensburg
Betreiber	Bayerische Motorenwerke AG
Anschrift des Betreibers	Petuelring 130 80788 München
Branche	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteile
Stand	02.2011
Anzahl der Anlagen	14
Wärmeträger	Abluft
Temperaturbereich (von - bis in °C)	110 - 170
Abwärmemenge (MWh / Jahr)	21.200
Abwärmeleistung (von - bis in kW)	8.600
Betriebsdauer (von - bis in Stunden)	1 - 8.201

➤ sowie Werkzeuge zur Ur



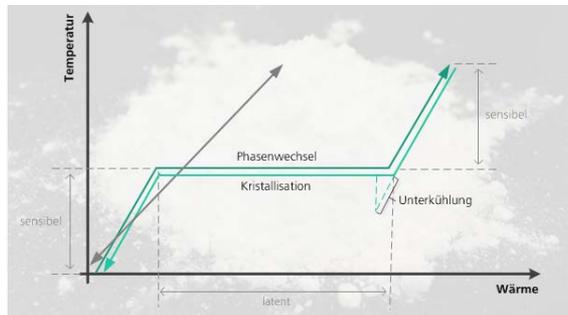
¹Quelle: Abwärme in energieintensiven Branchen: Erste Ergebnisse

Wärmespeichertechnologien

Unterscheidungsmerkmale

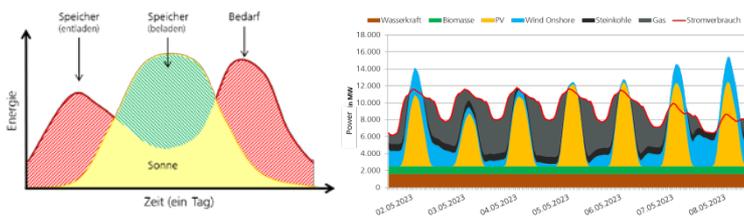
Prinzip des Speicherprozesses

- sensibel
- latent
- thermochemisch



Dauer des Speicherzyklus

- Kurz- (mehrere Stunden bis Tage) &
- Langzeitspeicher (mehrere Tage bis Monate)



Anwendungstemperatur

- Niedertemperatur:
 - Klimatisieren und Kühlen (5 °C – 18 °C)
 - Heizen (25 °C – 90 °C)
- Mitteltemperatur
 - Prozesswärme (100 °C – 250 °C)
- Hochtemperatur (300 °C – 600 °C)



Prinzip der Wärmeein- und -auskopplung

- direkt
- indirekt



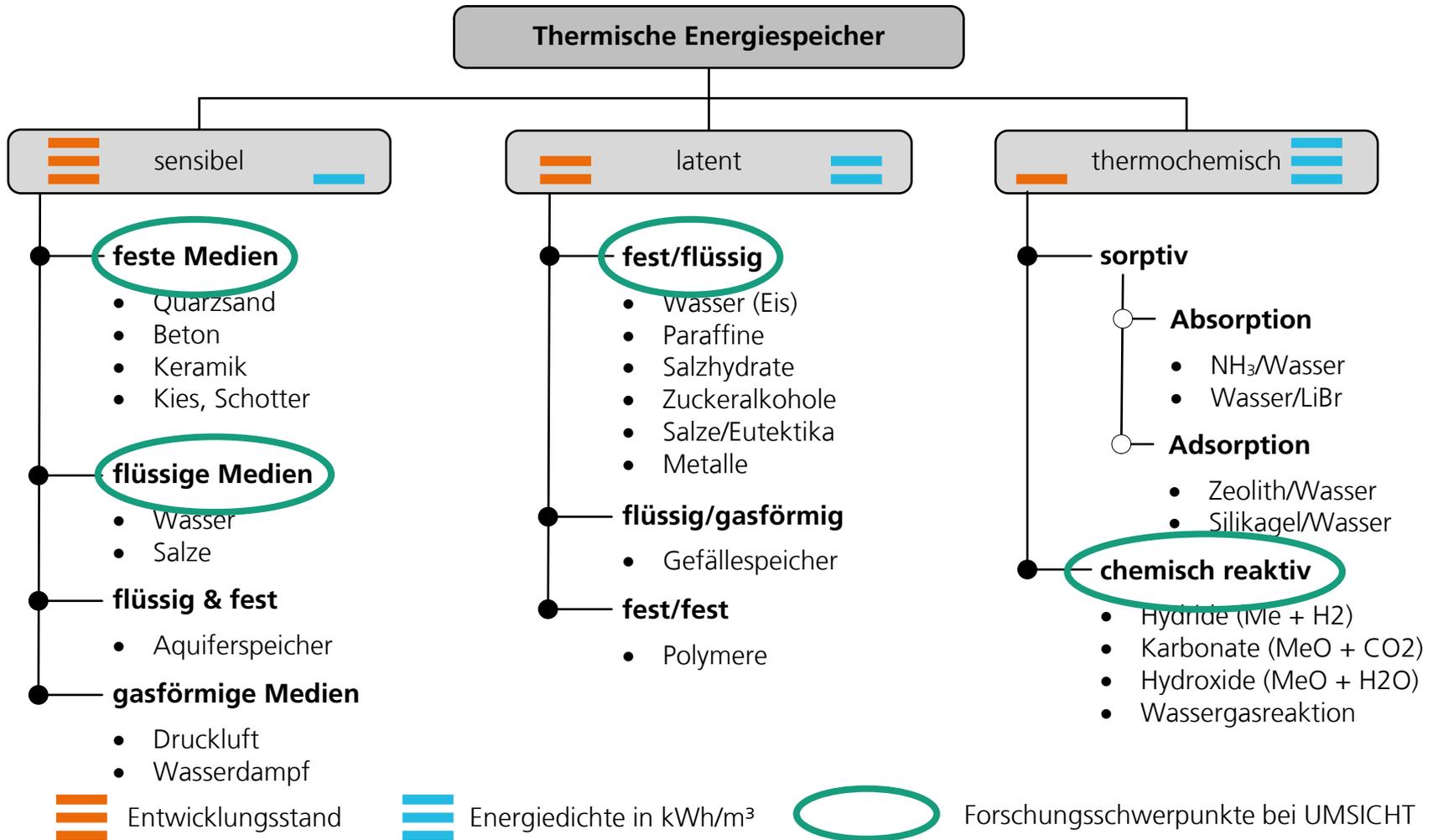
Einsatzort

- stationär
- mobil



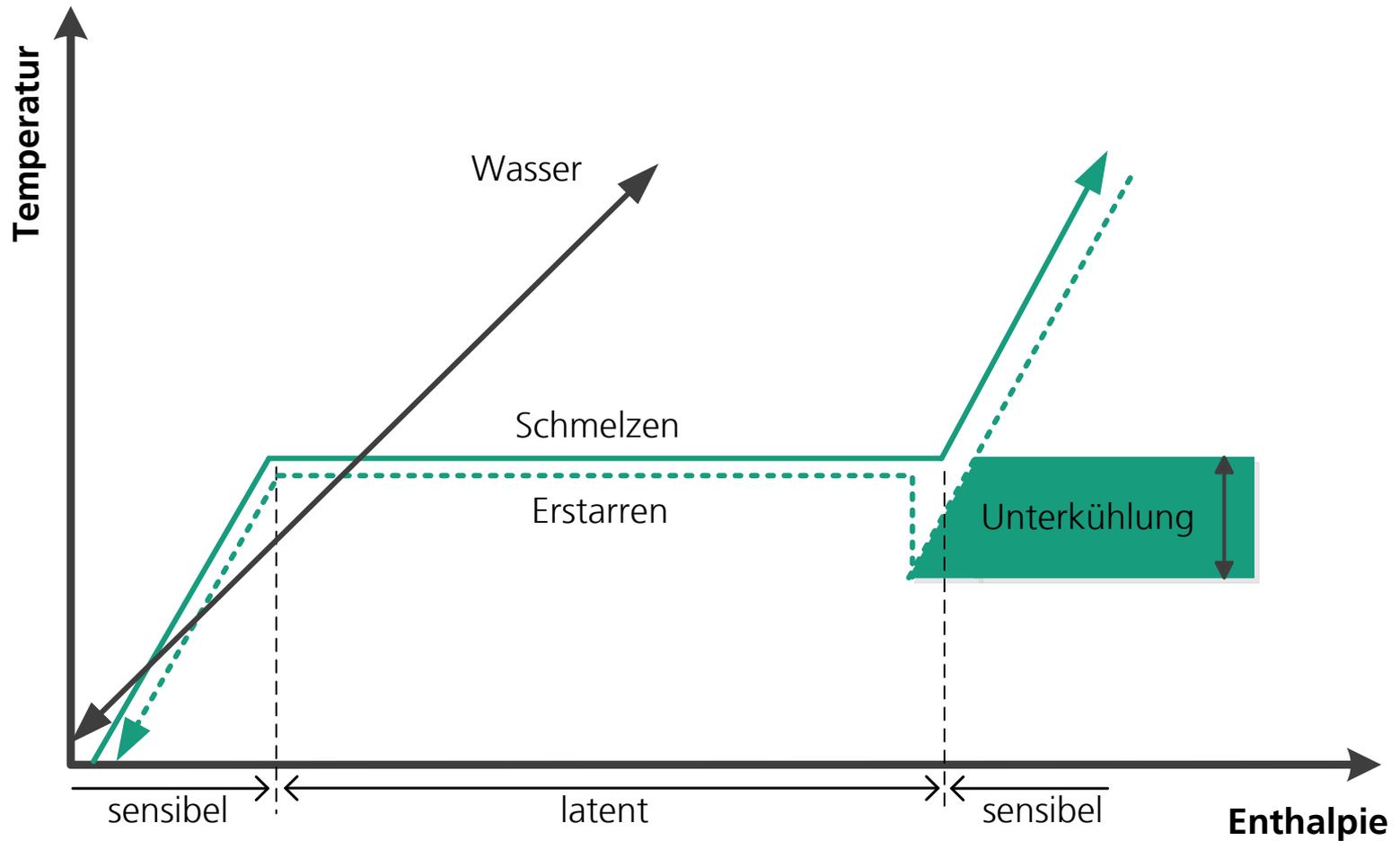
Wärmespeichertechnologien

Speicherprozesse – Einordnung



Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT

Prinzip der sensiblen und latenten Wärmespeicherung



Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT

Sensible Wärmespeicherung

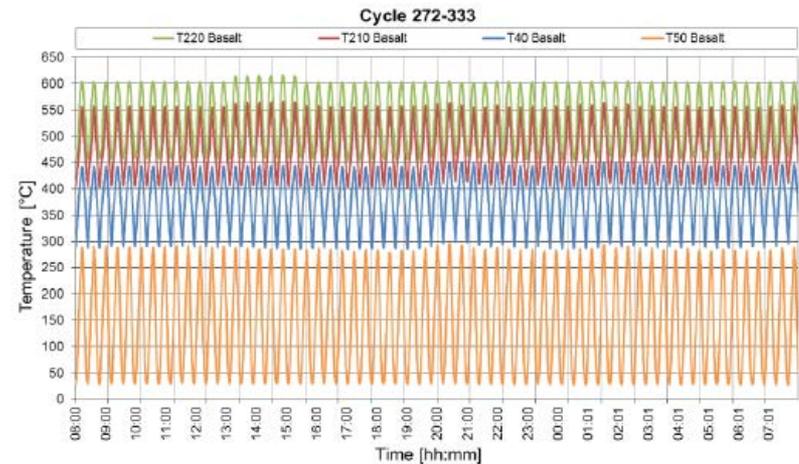
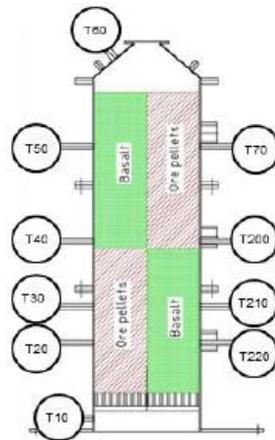
- Einsatz von Schüttgut-WÜ in adiabaten Druckluftspeicherkraftwerken

Motivation

- Einsatz von Druckluftspeichern zur Glättung volatiler Stromerzeugungen
- Verdichtung (Beladen) erzeugt thermische Energie, die an Umgebung abgeführt werden muss
- Entspannung (Entladen) benötigt thermische Energie, um Druckluft auf Turbinenzustand zu bringen
- Einbindung eines Schüttgut-WÜ zur Speicherung und Bereitstellung der thermischen Energie

Ziel

- Ermittlung geeigneter Schüttgüter für drucklose und druckbeaufschlagte Schüttgut-WÜ
 - thermomechanische Stabilität
 - geringer Druckverlust
- Ermittlung der Betriebsparameter
 - Baugröße
 - Luftvolumenstrom
 - Temperaturverlauf
 - Wärmeverluste
 - Kosten



Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT

Sensible Wärmespeicherung

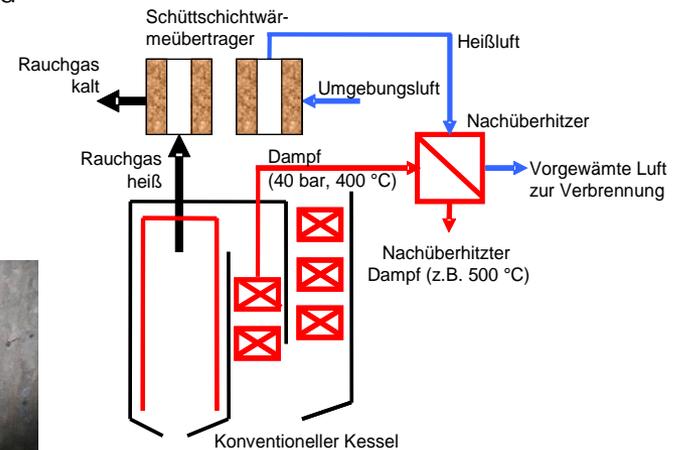
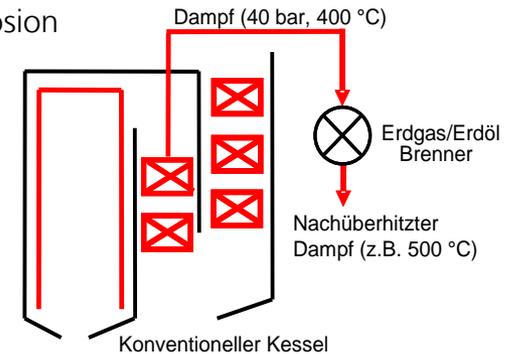
- Optimierung des Dampfkraftprozesses für schwierige Brennstoffe durch Einsatz eines Schüttgut-WÜ zur externen Überhitzung

Motivation

- beschränkter η beim Einsatz von schwierigen Brennstoffen in HKWs aufgrund Korrosion
- Hochtemperatur-Chlor-Korrosion beschränkt Dampfparameter (ca. 400 °C, 40 bar)
- hohe Kosten wegen Korrosionsvorbeugung und Beseitigung der Korrosionsschäden

Ziel

- Einsatz eines Schüttgut-WÜ zur
 - Entnahme von heißem Rauchgas aus Kessel (ca. 700 – 800 °C),
 - Staubabscheidung im Schüttbett (Reinigung des Rauchgases) und
 - regenerative Wärmeübertragung auf Umgebungsluft
- Überhitzung des Dampfes mit der erzeugten heißen Luft
→ Vermeidung der Korrosionsproblematik im Luft-Dampf-WÜ
- Erhöhung der Dampfparameter und damit Steigerung der Effizienz des Dampf-Kraft-Prozesses



Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT

Latente Wärmespeicherung

➤ Niedertemperatur – Mobiler Latentwärmespeicher 1.0 (FORETA*)

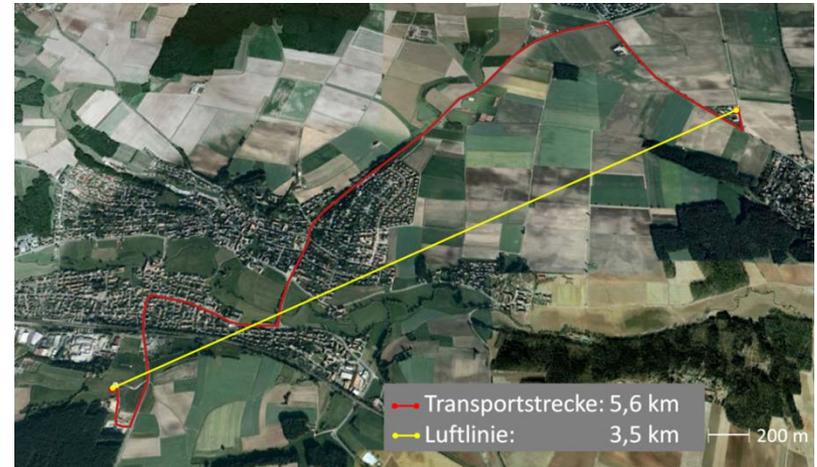
Motivation

- Nutzung leitungsungebundener (Niedertemperatur-)Abwärme
- Wärmequelle(n): Biogasanlage, Kraftwerk, Industrieprozess
- Wärmesenke(n): Bürogebäude, Werkshalle, Hackschnitzeltrocknungsanlage, Nah- und Fernwärmenetze



Ziel

- Erprobung eines technischen Prototypens in der Praxis & Ableitung von Optimierungspotenzialen
- Spezifikationen des Prototypens:
 - Natriumacetat-Trihydrat (58 °C Phasenwechsel)
 - 2 Teilspeicher (parallel geschaltet)
 - Gesamtmasse: 25 t
 - PCM-Masse : 16,6 t
 - mittl. Beladeleistung: 120 kW
 - mittl. Entladeleistung: 90 kW
 - Speicherkapazität: 1400 kWh
 - Länge WÜT-Rohr: 26 m



* FORETA: Forschungsverbund energieeffiziente Technologien und Anwendungen, gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst

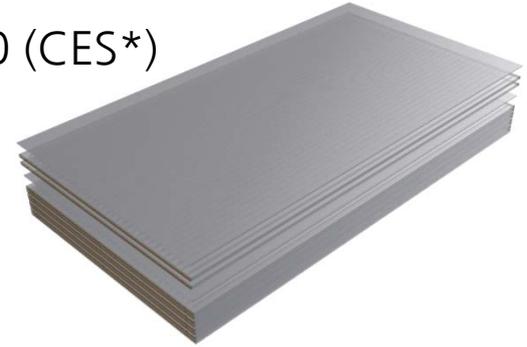
Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT

Latente Wärmespeicherung

➤ Niedertemperatur – Mobiler Latentwärmespeicher 2.0 (CES*)

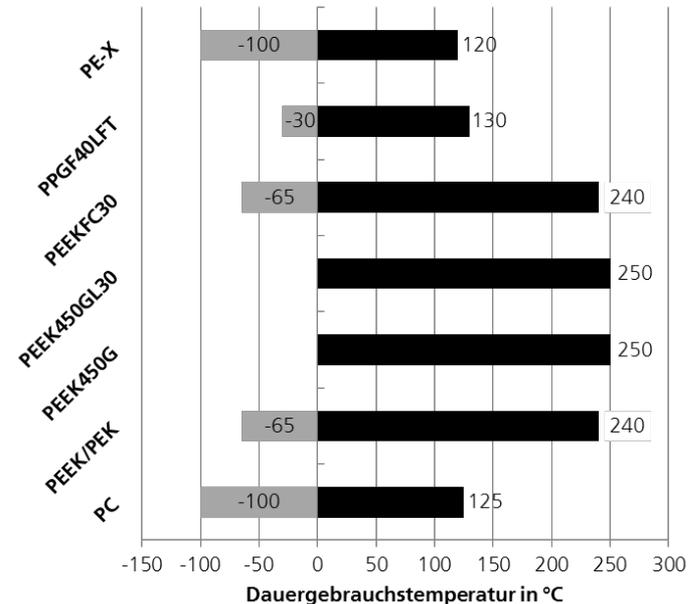
Motivation

- Verbesserung der Wärmeübertragung durch (Makro-)Verkapselung des PCM
- Verminderung der Phasentrennung durch deutlich kleinere PCM-Volumen
- Verminderung von Unterkühlungseffekten



Ziel

- Entwicklung einer polymerbasierten (Makro-)Verkapselung
 - Steigerung der Be- und vor allem Entladeleistung
 - höhere Zyklenzahl
 - verbesserte Wirtschaftlichkeit durch geringere WGK
- Trennung von Leistung und Kapazität durch modulare Anordnung
- Übertragbarkeit der Ergebnisse auf verschiedenste Logistikkonzepte
- Übertragbarkeit des Verkapselungskonzeptes auf andere PCM (erweiterter Temperaturbereich)



* CES: Centrum für Energiespeicherung, gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Quelle Daten: www.kern.de

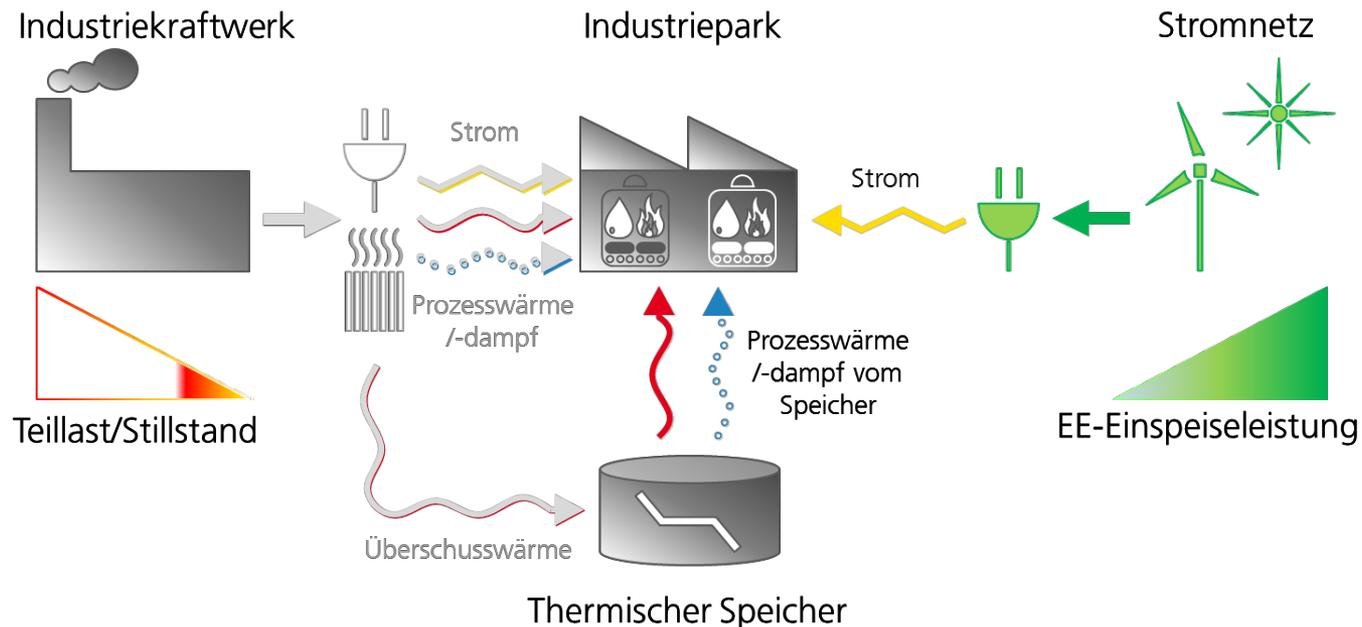
Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT

Latente Wärmespeicherung

➤ Hochtemperatur – Flexibilisierung von (Heiz-)Kraftwerken

Motivation

- Senkung der Stromproduktion aufgrund hohem EE-Anteil
- Entkoppelung der Wärme- und Strombereitstellung durch thermischen Speicher
 - Bereitstellung Prozesswärme/Prozessdampf
 - Verbesserung der Energieeffizienz durch Einsparung fossiler Energieträger
 - Minderung des CO₂-Ausstoßes



Forschungsschwerpunkte bei Fraunhofer UMSICHT

Latente Wärmespeicherung

- Hochtemperatur – Flexibilisierung von (Heiz-)Kraftwerken

Spezifikationen des Wärmespeichers

- 250 °C – 550 °C
- metallische PCM und/oder Verkapselungs-/Wärmeübertragerstruktur → $\lambda \uparrow$
- Wärmeträger: Heißgas, Rauchgas oder überhitzter Dampf

Ziel

- Systemintegration thermischer Speicher zur Flexibilisierung von (Heiz-)Kraftwerken
 - Entwicklung eines Grundmoduls aus Phasenwechselmaterial und Verkapselung
 - Versuche im Technikumsmaßstab
 - numerische & prozesstechnische Simulation
 - technoökonomische Bewertung
- Ausarbeitung von
 - Anforderungsprofilen für thermische Speicher und
 - Konzepten zur Systemflexibilisierung



Der Beitrag der Wärmespeicher für die Zukunft

Anwendungsgebiete im Kontext der Energiewende

Steigerung der Energieeffizienz

Industrielle Prozesse

- Abwärmenutzung
- Rekuperation mechanischer Energie
- Kraft-Wärme-Kopplung

Gebäude

- Heiz- und Kühlbedarf
 - Tag/Nacht-Ausgleich
 - Sommer/Winter-Ausgleich
- Mikro-KWK (Entkopplung KWK)
- Erhöhung Eigenverbrauchsanteil

Mobilität

- Antrieb
- Rekuperation mechanischer Energie
- Heizung/Klimatisierung
- Wärmemanagement Motor/Abgasstrang

Integration Erneuerbarer Energien

Integration Erneuerbarer Elektrizität

- Netzstabilität
 - Frequenzregelung
 - Spannungshaltung
 - Leistungsausgleich/SRL
- Netzausgleich (Energie)
 - positive/negative Regelernergie
 - Peak Shaving
 - Eigenverbrauch, Inselbetrieb,...
- Demand Side Integration
 - Verschiebbare Last
 - Power to Gas
 - Power to Heat
- Sicherheit, Back-up,...

Integration Solarer Wärme

- Solarthermische Kraftwerke
- Solare Prozesswärme
- Solarthermie für Heizung/Warmwasser...

Auflistung nach BVES – Bundesverband Energiespeicher

Der Beitrag der Wärmespeicher für die Zukunft

Anwendungsgebiete im Kontext der Energiewende

Steigerung der Energieeffizienz

Industrielle Prozesse

- Abwärmenutzung
- Rekuperation mechanischer Energie
- Kraft-Wärme-Kopplung

Gebäude

- Heiz- u...
- Mikro...
- Erhöht...

Mobilität

- Antrieb
- Rekuperation mechanischer Energie
- Heizung/Klimatisierung
- Wärmemanagement Motor/Abgasstrang

Integration Erneuerbarer Energien

Integration Erneuerbarer Elektrizität

- Netzstabilität
 - Frequenzregelung
 - Spannungshaltung
 - Leistungsausgleich/SRL

FAZIT:

Wärmespeicher sind **eine** Antwort auf **viele** Fragen der Energiewende.

- Power to Gas
- Power to Heat

- Sicherheit, Back-up,...

Integration Solarer Wärme

- Solarthermische Kraftwerke
- Solare Prozesswärme
- Solarthermie für Heizung/Warmwasser...

Auflistung nach BVES – Bundesverband Energiespeicher

WÄRMESPEICHER ZUR OPTIMIERUNG VON ENERGIESYSTEMEN

Vielen Dank!

Kontakt:

Fraunhofer UMSICHT
Institutsteil Sulzbach-Rosenberg
An der Maxhütte 1
92237 Sulzbach-Rosenberg
Internet: <http://www.umsicht-suro.fraunhofer.de>



Lars Komogowski
E-Mail: lars.komogowski@umsicht.fraunhofer.de
Telefon: 09661 908 490

