

Thermische Energiespeicher für bedarfsgerechte Energiebereitstellung in Gebäuden und in der Industrie

Antje Seitz – DLR

Stefan Gschwander – Fraunhofer ISE

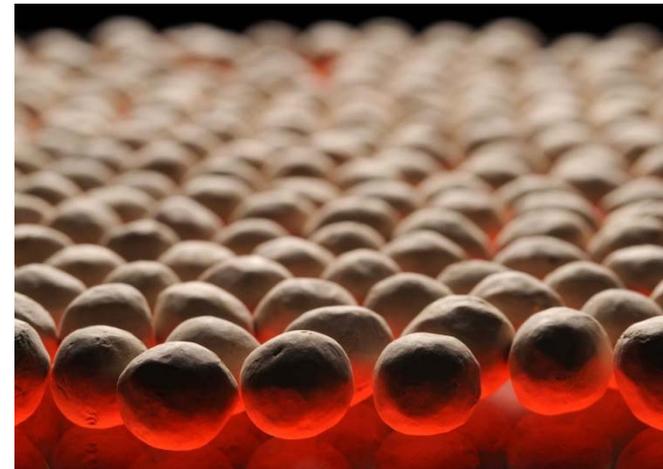
Carsten Lampe – ISFH

Christoph Schmidt – IZES

Robert Stieglitz – KIT

Thomas Vienken – UFZ

Stefan Hiebler – ZAE Bayern

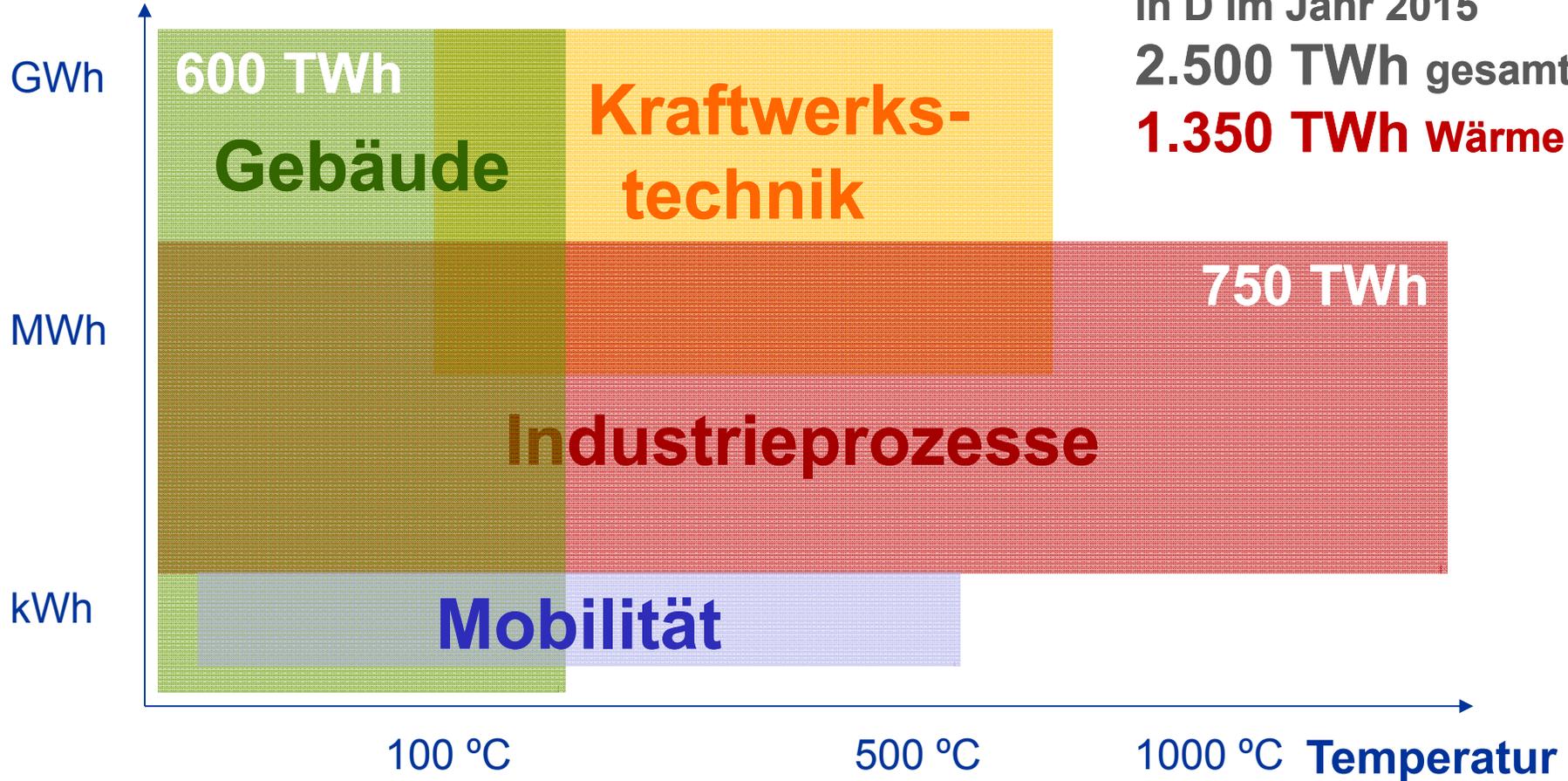


Thermische Energiespeicher für bedarfsgerechte Energiebereitstellung in Gebäuden und in der Industrie

- Darstellung des Technologiefeldes
- Beispiele aktueller Forschung in Deutschland
- Detaillierte Bewertung anhand von 3 Anwendungsbeispielen
- F&E-Empfehlungen

Anwendungsfelder thermischer Energiespeicher

Kapazität



Nutzen thermischer Energiespeicher für das Energiesystem

Endenergiebedarf 2050 in einer 95% Reduktionswelt: **1.000 TWh Wärme**

Gebäude

- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien zur Bereitstellung von Raumwärme/kälte und Warmwasser

Kraftwerkstechnik

- Grundlastfähigkeit solarthermischer Kraftwerke
- Flexibilisierung von Kraftwerken

Industrieprozesse

- Effizienzsteigerung durch Nutzung von Abwärme
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien zur Bereitstellung von industrieller Prozesswärme
- Flexibilisierung von Produktionsabläufen

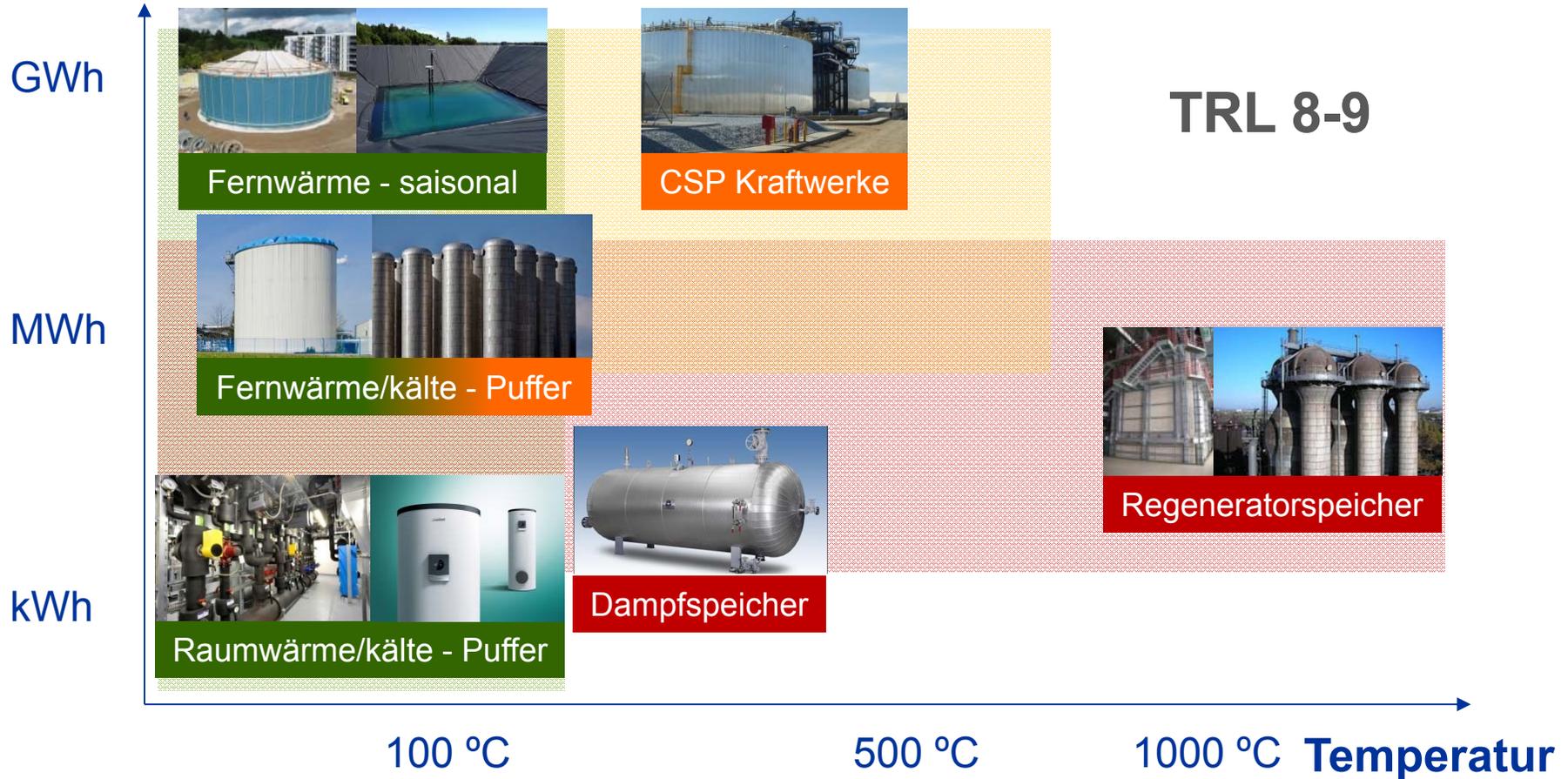
Sektor-

- Bedarfsgerechte Bereitstellung von Wärme
- Power-to-Heat (Nachtspeicher, Fernwärme, Prozessdampf, etc.)
- Strom-Wärme-Strom (SWS) Speicher

grenzen

Kommerziell verfügbare (sensible) Speicher

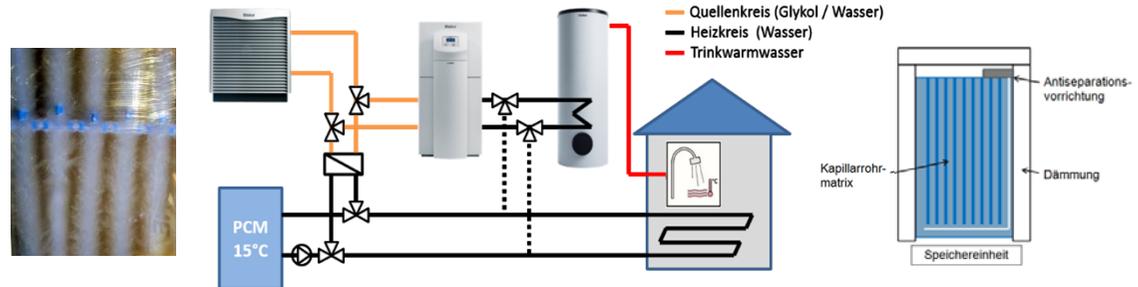
Kapazität



F&E zu Speichern für den Gebäudesektor

Speicheranschluss-Geometrien

- Bei typischen EFH-Speichern 200-400 kWh/a Verlust durch Einrohrzirkulation (potenziert 0,15% der Endenergie in D)
- Durch Siphonierung leicht vermeidbar
Vermeidung von Wärmeverlusten



15 °C-Speicher für Gebäudekühlung

- Quellspeicher für Wärmepumpe
- Kunststoff-Kapillarrohr-Wärmetauscher
- 250 l PCM: 13 kWh (5 - 25 °C)

Steigerung der Energieeffizienz



F&E zu Speichern für den Gebäudesektor



Oberflächennahe Geothermie

- Wärme-/Kältespeicher oberflächennaher Untergrund
- Entwicklung und Implementierung von Erschließungskonzepten auf Quartiersebene

Bereitstellung von Raumwärme/-kälte und Warmwasser



Fernwärme - saisonal



Fernwärme/kälte - Puffer



Raumwärme/kälte - Puffer

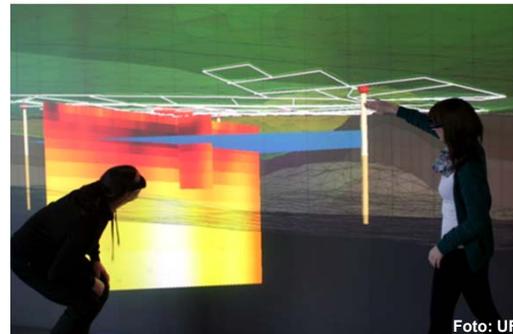


Foto: UFZ



Aktivierung der Bestandsstruktur

- Flächentemperierung zwischen Bestandswand und WDVS
- Minimalinvasiver Ansatz „von außen“

Thermische Aktivierung des Gebäudebestandes zur Speicherung von Wärme/Kälte und als LowEx-Wärmesenke



FVEE ForschungsVerbund
Erneuerbare Energien
Renewable Energy Research Association

F&E zu Flüssigsalzspeichern



Thermocline für Flüssigsalz

- Betriebstemperatur bis 550° C
- Labordemonstrator in Betrieb seit 2016

Kostensenkung, reduzierter Platzbedarf, einfacheres Gasmanagement, optimierte Systemintegration, Untersuchung alternativer Salzmischungen einfach umsetzbar

Flüssigsalz-Testanlage TESIS

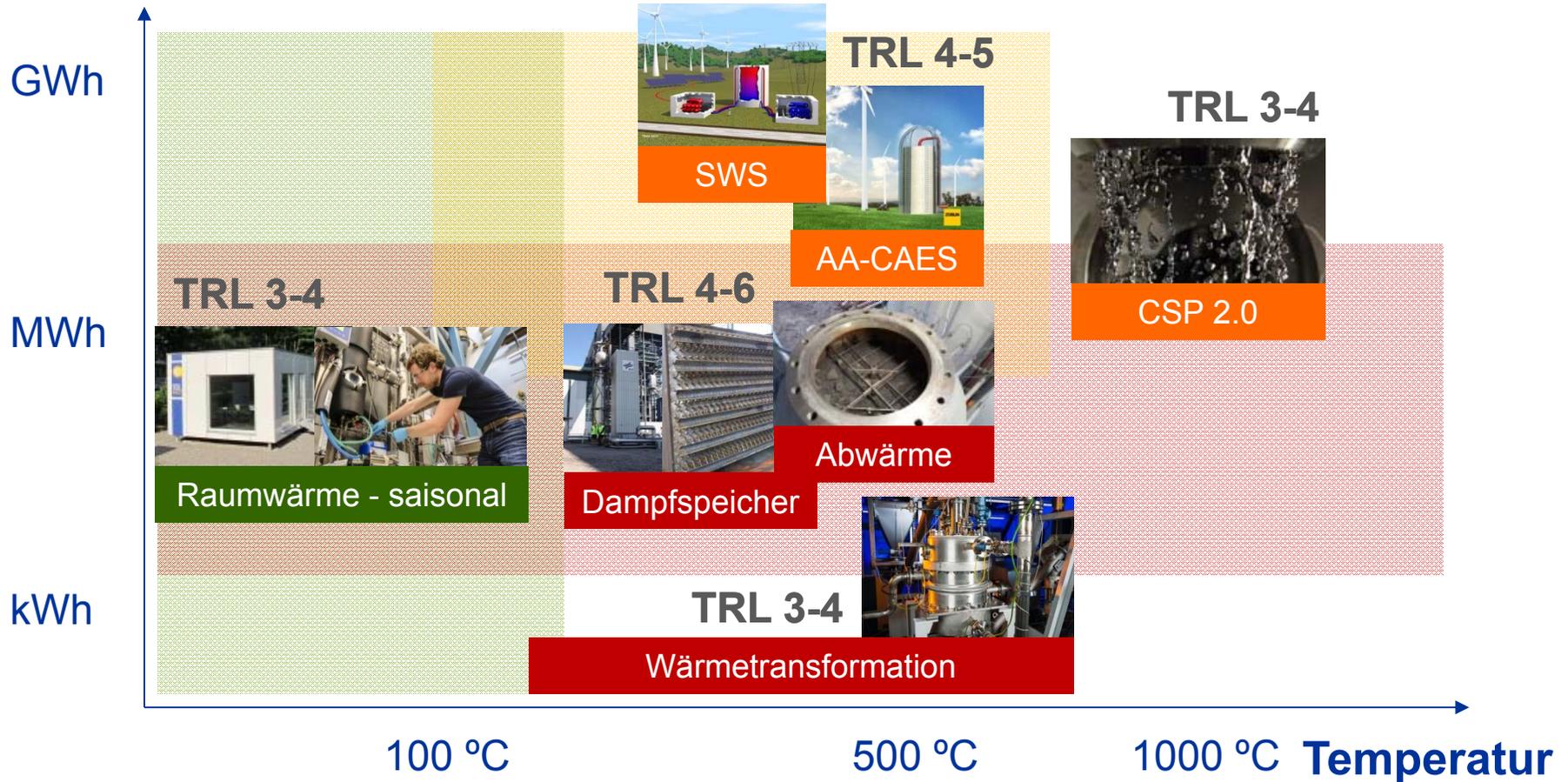
- Thermocline mit Füllmaterialien
- Komponententest unter Realbedingung

Kostensenkung für CSP-Kraftwerke und Übertragung in industrielle Prozesse für Beiträge an der Sektorengrenze und Abwärmenutzung



In der Entwicklung befindliche Systeme

Kapazität



F&E zu Speichern für Industrielle Prozesse

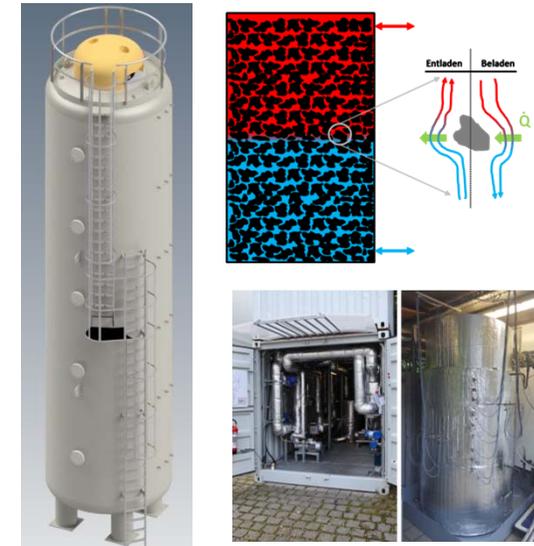
6 MW Hochleistungs-Speicher

- Beripptes Rohrkonzept
 - 32 Tonnen NaNO_3 mit $T_m = 306 \text{ °C}$
 - Integration, Test im laufenden Betrieb
- Dampfbesicherung für Heizkraftwerk*



Zweistoff-Speicher

- Kostengünstige Feststoffschüttung, Direktkontakt mit Wärmeträgeröl, druckloser Betrieb bei 220 °C
 - Ökonomische, energetische Bewertung
- Abwärmenutzung in einer Gießerei*



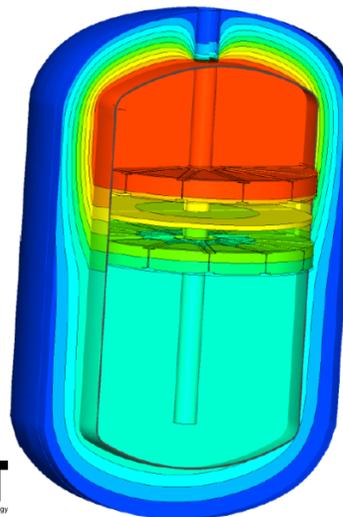
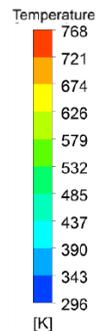
Gas-Feststoff-Reaktionen mit Dampf für den Temperaturbereich $150 - 600 \text{ °C}$

- Temperaturhub von 50 K im Laborversuch realisiert, Potenzial für 150 K
- Re-Integration industrieller Abwärme*

F&E zu Speichern im Kraftwerksbereich

Direkte elektrische Beheizung von Regeneratorspeichern

- Induktiver und konduktiver Wärmeeintrag
 - Optimierung der Betriebsweise
- Hybridisierung von AA-CAES*



Flüssigmetall „Frozen Thermocline“

- Geringe innere Enthalpieverluste
 - Schnelle Ein-/Auspeicherung
 - Kosten: Standard- /Modularisierung
- Prozesswärme, Dynamisierung Kraftwerke*

Anwendungsfall (1)

Warmwasserspeicher zur Pufferung und zum Ausgleich saisonaler Schwankungen

- Hoher Beitrag zur Erreichung der Klimaziele durch die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien, die speichergestützt systemkompatibel genutzt werden können
- Übertragung der Erfahrungen aus anderen Ländern (z.B. Dänemark)
- Mittlere Akzeptanz im Markt, bisher Refinanzierung über Brennstoff-Einsparungen kaum möglich
- Nutzungsdauer im privaten Sektor von 15-20 Jahren
- Spezifische Investitionskosten von 0,1-10 €/kWh
- Nah- und Fernwärmenetze als Voraussetzung für zentrale Speicherung
- Einsatz energieeffizienter Gebäudetechnik und Regeltechnik notwendig



Anwendungsfall (2)

Hochtemperaturspeicher für Effizienzsteigerungen und Flexibilisierung in Industrie und Kraftwerksprozessen

- Hoher Beitrag zu Klimazielen durch Steigerung der Energie- und Ressourcen-Effizienz
- Export-Technologie für solarthermische Kraftwerke (40 % des EPC wird von deutschen Unternehmen geliefert)
- Etablierte Einzelbeispiele (CSP, KWK, Stahl- und Glasindustrie), bisher fehlende Marktakzeptanz aufgrund geringer Anreize für Maßnahmen zur Effizienzsteigerung
- Nutzungsdauer bis zu 40 Jahren
- Spezifische Investitionskosten von 25-120 €/kWh (Technologie abhängig)
- Geeignete Wärmeübertrager sowie Umwandlungstechnologien oder Anbindung an Fernwärme notwendig



Anwendungsfall (3) Speichergestützte Power-to-Heat-Anwendungen zur Bereitstellung von Prozesswärme und Prozessdampf

- Kopplung der Sektoren erhöht den Speicherbedarf
- Hoher Beitrag zu Klimazielen durch Erhöhung des EE-Anteils
- Einzelbeispiele vorhanden (Elektrodenheizkessel), weitere Marktakzeptanz noch nicht abschätzbar
- Nah- und Fernwärmenetze für Bereitstellung von Niedertemperatur-Prozesswärme
- Evtl. Anpassung des Gas- und Stromnetzes für industrielle Standorte
- Ertüchtigung von Industrieunternehmen als aktive Teilnehmer am Strommarkt durch das Angebote unterschiedlicher Flexibilitätsprodukt



F&E-Empfehlungen

(1) Weiterentwicklung entlang der Technologielinien

- Effizienzsteigerung und Kostensenkung von **großen Warmwasserspeichern** durch Minimierung der thermischen Verluste und standardisierte Auslegung
- Entwicklung kosteneffizienter **sensibler Hochtemperatur-Speicher**konzepte mit optimierter Entladedynamik für den gewünschten Temperaturbereich, Langzeitanalysen unter Einsatzbedingungen
- Entwicklung kostengünstiger, langzeitstabiler Materialien für **latente Niedertemperatur-Speicher** und Feldtests von Low-Ex-Systemen im Gebäudebereich
- Verbesserung des Wärmeübergangs in **latenten Hochtemperatur-Speichern** und Entwicklung von aktiven Konzepten mit kontrollierter Leistungsabgabe sowie hybriden Konzepten zur Nutzung des sensiblen Anteils
- Charakterisierung **thermochemischer Speicher**materialien unter Anwendungsbedingungen und Entwicklung spezifischer Reaktorkonzepte sowie Integrationskonzepte für den gasförmigen Reaktionspartner, LCA und Kostenanalyse für die Langzeitspeicherung

F&E-Empfehlungen

(2) Optimierte Konzepte zur Speicherintegration

- Adaptierte Systemkonfigurationen (Speicher, Wärmepumpen, industrielle Abwärme) mit Optionen zur Integration in **Kraft-/Wärmenetze**
- Flexibilisierung von **Kraftwerksprozessen** mittels angepasster Hochtemperatur-Wärmespeicher
- Analyse von (insbesondere energieintensiven) **industriellen Prozessen** und Erarbeitung Branchen übergreifender Speicher-Lösungen
- Erarbeitung speichergestützter Lösungen für die **Sektorengrenze** zwischen Strom und Wärme sowie für die Flexibilisierung zwischen Wärmeebenen

(3) Realisierung und Demonstration

- Förderung von „**First-of-its-Kind**“-Anlagen mit einem hohen technischen und wirtschaftlichen Risiko
- Wichtige Betriebserfahrungen aus **Leuchtturm-Projekten**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Antje Seitz – DLR
antje.seitz@dlr.de

Stefan Gschwander – Fraunhofer ISE

Carsten Lampe – ISFH

Christoph Schmidt – IZES

Robert Stieglitz – KIT

Thomas Vienken – UFZ

Stefan Hiebler – ZAE Bayern

