

Thermische Batterie



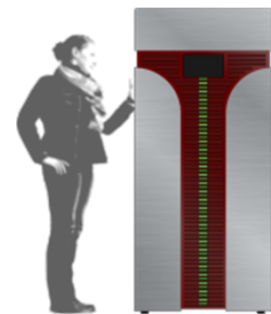
Wärmespeicher für Mikro-KWK und weitere Anwendungen

17. Oktober 2014

Projektleitung
Prof. Wolfgang Ruck

Projektkoordinator
Dr. Thomas Osterland

- ⬡ Das Projekt
- ⬡ Technischer Background
- ⬡ Zusammenfassung und Ausblick



Kurzübersicht Projekt Thermische Batterie

Herausforderung	Ziel	Lösungsansatz
<ul style="list-style-type: none"> Wärmebedarf sehr bedeutend für Energieverbrauch in Deutschland Speicherbedarf bei Mikro-BHKW und Solarwärmenutzung Aktuelle Wärmespeicher für Privathaushalte oft unhandlich und verlustbehaftet 	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung eines kompakten, verlust-armen Hauswärmespeichers Konzepts zur Technologieproduktion und Markteinführung Technologiemarketing über Spinoff-Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> Nutzung von Abwärme zur Deckung des Energiebedarfs Reversible chemische Reaktionen zur Wärmespeicherung Konzept zur verfahrenstechnischen Umsetzung

Kooperations- und Projektpartner

- Vattenfall Europe New Energy Services GmbH, Hamburg



Rahmendaten

Projektleitung: Prof. Dr. Wolfgang Ruck

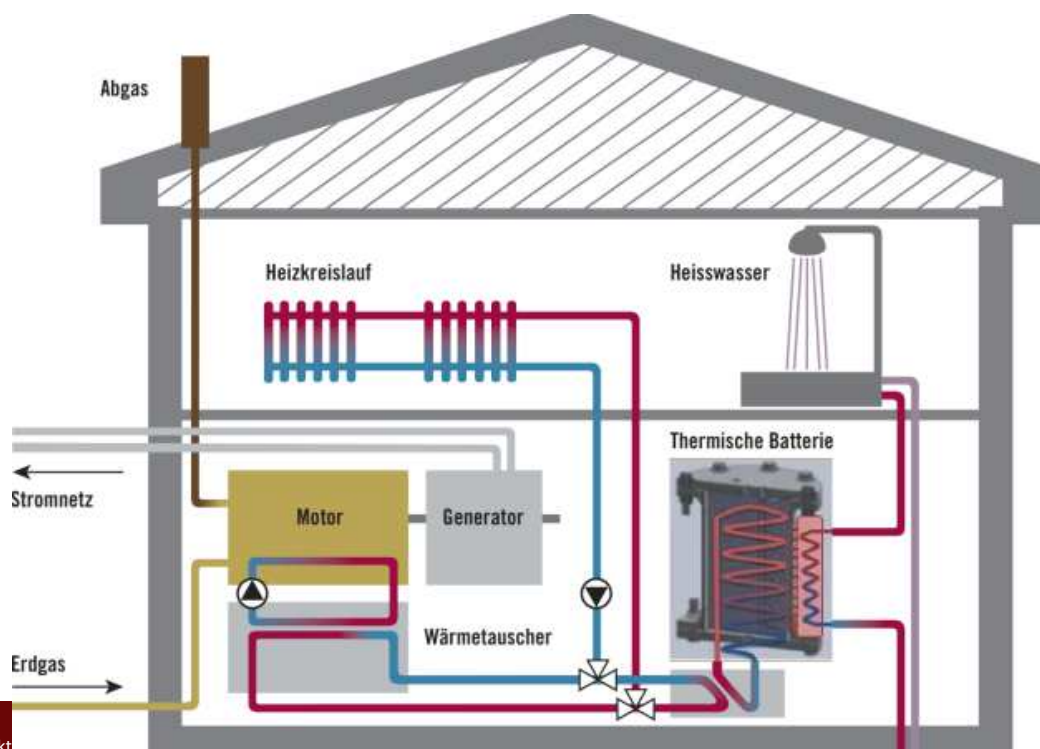
Fördersumme: 2,2 Mio. €
Arbeitsplatzerwartung: 45, langfristig 90 (bis 2018)
Laufzeit: 01.10.2011 – 31.12.2014



Projektleitung
Prof. Wolfgang Ruck

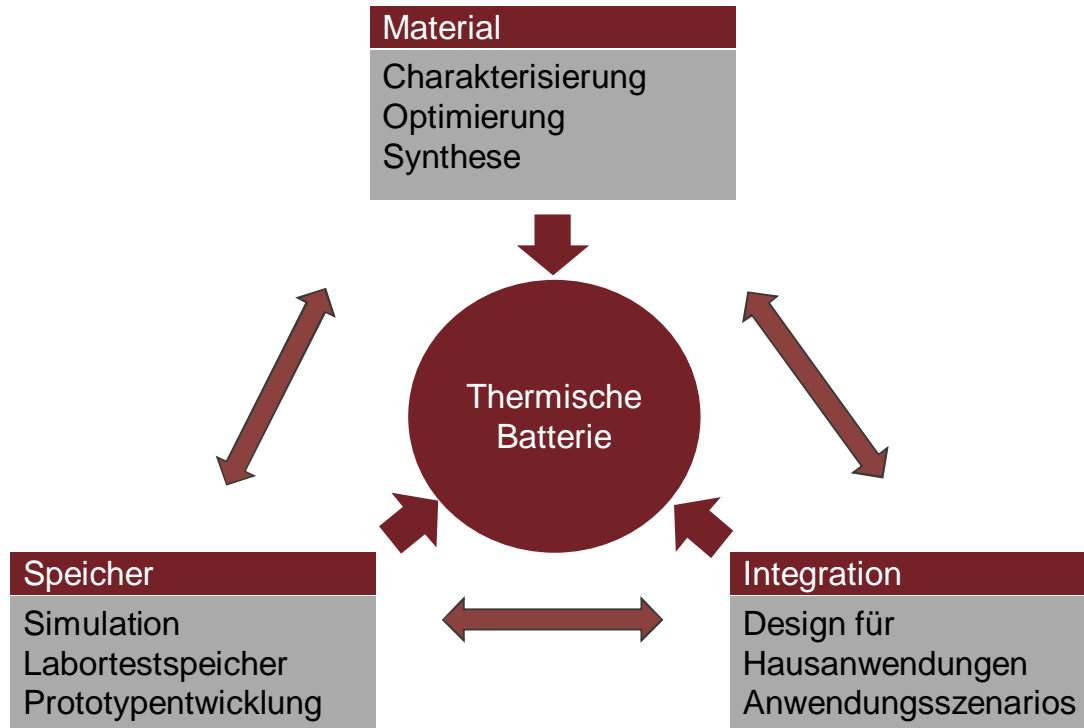
Projektkoordinator
Dr. Thomas Osterland

3



Projekt
Prof. Wolfgang Ruck Dr. Thomas Osterland

4



Projektleitung Prof. Wolfgang Ruck
Projektkoordinator Dr. Thomas Osterland

Team Kompetenztandem Thermische Batterie

Wissenschaftliche
Leitung



Prof. Dr. Wolfgang Ruck
Projektleiter



Prof. Dr. Lingai Luo
Internat. Partnerin



Prof. Dr. Frédéric Kuznik
Internat. Partner

Internationale
Tandempartner

Operative
Leitung



Dr. Thomas Osterland
Projektkoordinator, Gruppenleiter

F&E-Team



Dipl.-Ing.
Christian Rohde



Dr.
Theo Tietjen



Dipl.-Chem.
Holger Urs Rammelberg



M. Sc.
Beatriz Amanda Watts



Dipl.-Phys.
Armand Fopah Lele



Dipl.-Ing.
Kathrin Korhammer



Dipl.-Ing. Thomas
Rönnebeck



Dipl.-Umweltwiss.
Kristina Belz



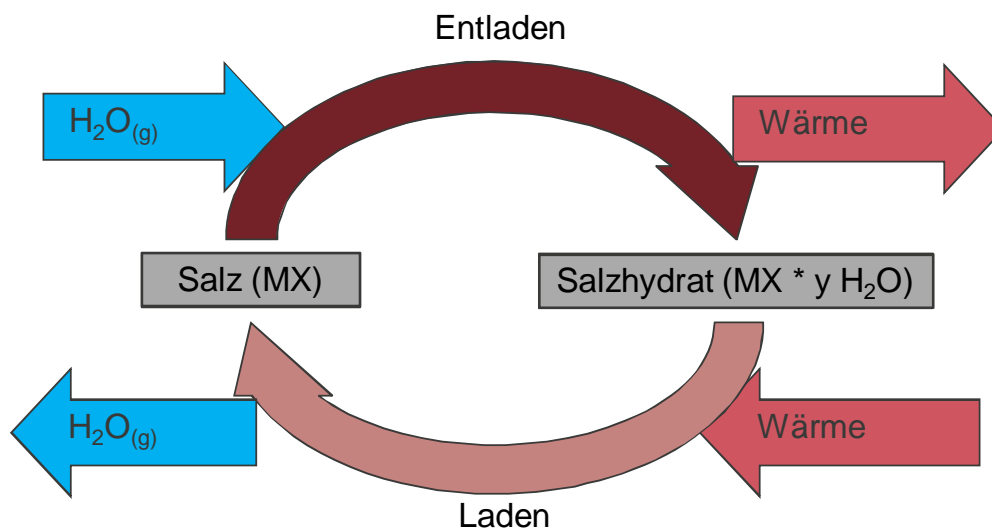
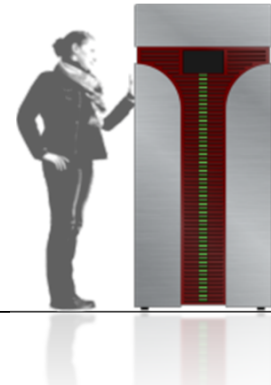
Dr.
Oliver Opel



Dipl.-Min. Mona-Maria
Druske

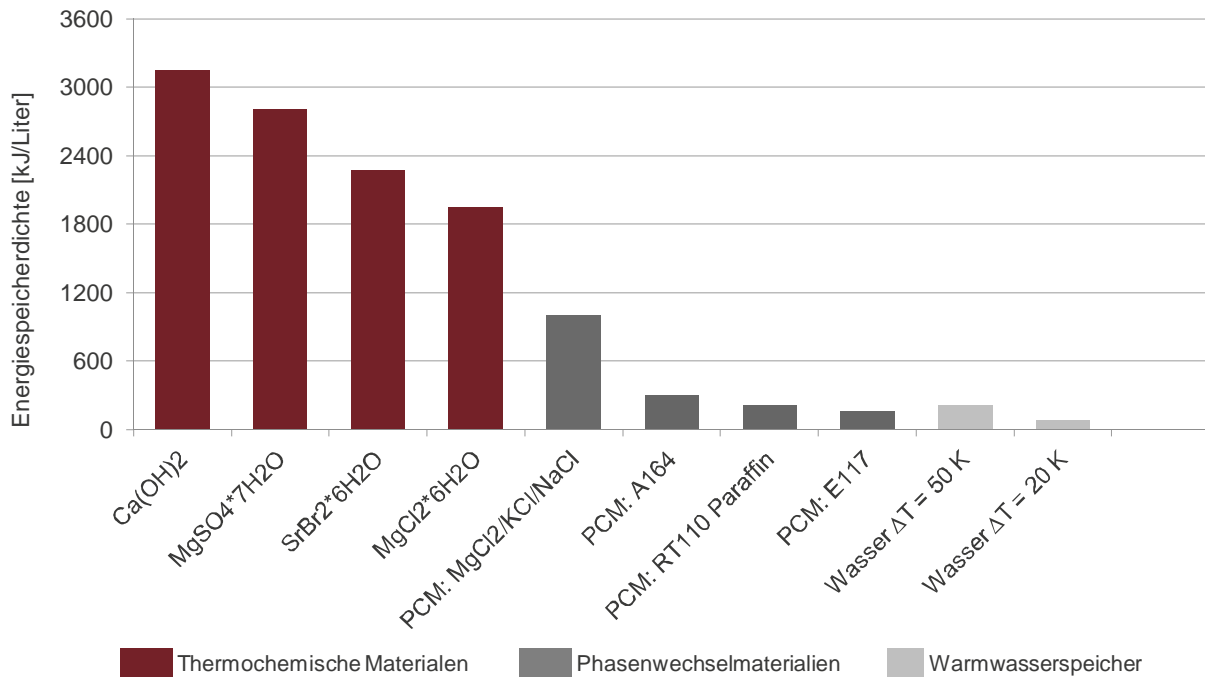
Projektleitung Prof. Wolfgang Ruck
Projektkoordinator Dr. Thomas Osterland

- ⬡ Das Projekt
- ⬡ Technischer Background
- ⬡ Zusammenfassung und Ausblick



- Sehr hohe Energiespeicherdichte im Vergleich zu physikalischen Speichern
- Nahezu keine Langzeit-Wärmeverluste
- Wärmefreisetzung über Wasserkonzentration steuerbar
- Temperaturlevel der Be- und Entladung über Materialwahl steuerbar

Volumetrische Energiespeicherdichte repräsentativer Wärmespeichermaterialien



Thermochemische Probencharakterisierung mittels TGA/DSC



Geräteigenschaften:

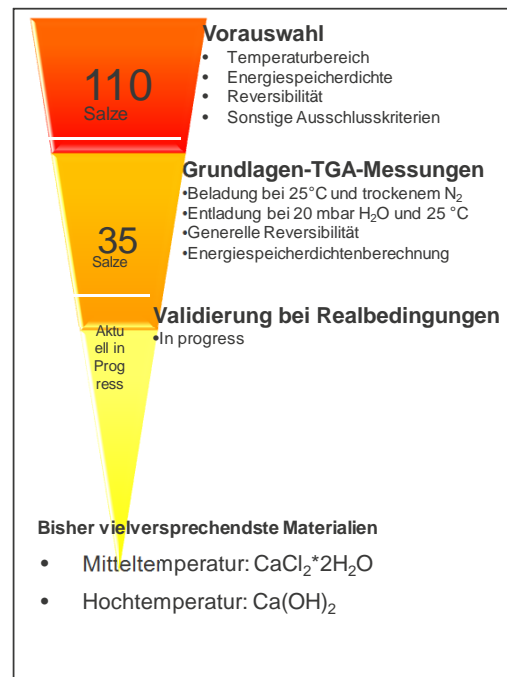
- Temperaturbereich: 20 - 1100°C
- Heizraten: 0,01 - 250 K/min
- Feuchtigkeitsgenerator für 0 - 100% rel. Luftfeuchtigkeit
- Präzision der Massenbestimmung: ± 1,0 µg (Typische Massenänderungen: 2-8 mg)
- Präzision des Kalorimetriesignals: ± 0,1 mW (Typische Wärmeleistung: 2-10 mW)

Material-Datensammlung und Auswahl für Wärmespeicheranwendungen

Niedertemperaturmaterial-Screening

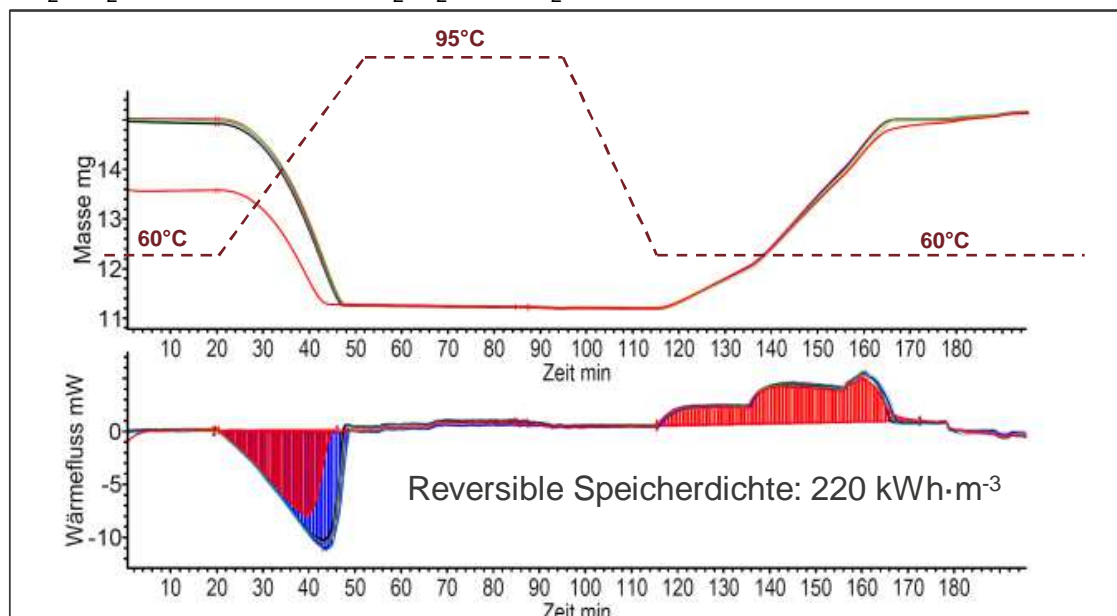
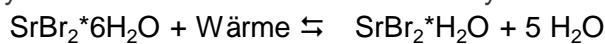


Mittel-/Hochtemperaturmaterial-Screening



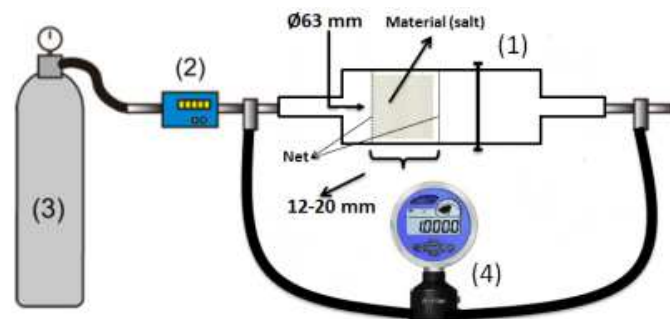
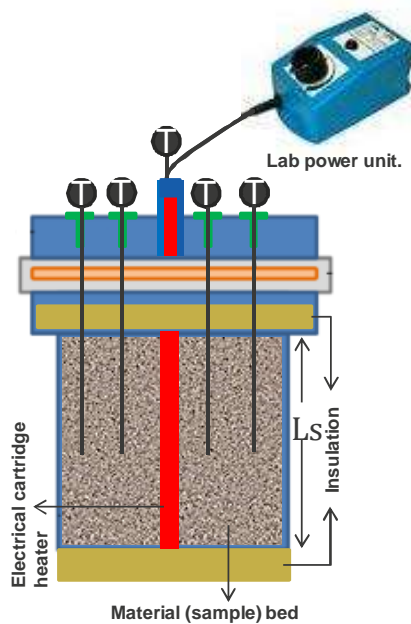
Beispielmessung eines Niedertemperatur-Wärmespeichermaterials:

Zyklentest mit Strontiumbromid-Hexahydrat



Niedertemperatur-Speichermaterial mit guter Reversibilität aber mäßiger Energiespeicherdichte

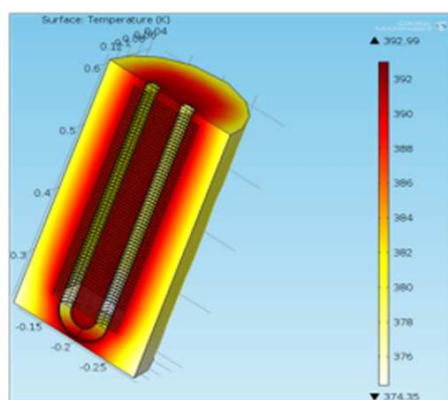
Weitere Analytik für Materialcharakterisierung:
Wärmeleitfähigkeitsmessung und Permeabilitätsmessung



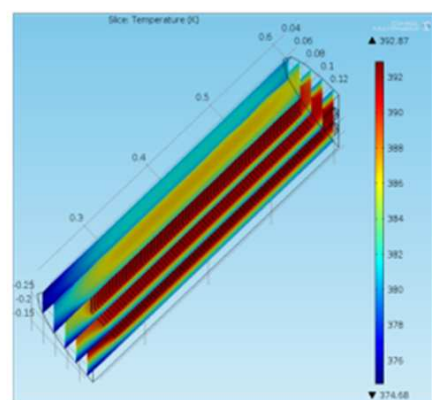
(1) Test Vessel; (2) Volumetric flow meter; (3) Helium gas-cylinder; (4) Differential Pressure Gauge (DPG).

Wesentliche Stoffdaten der bisher besten Materialien sind bereits tabelliert.

Comsol-Simulationssoftware zur Bestimmung von Stoff- und Wärmetransfer



Materialbett-Temperatur



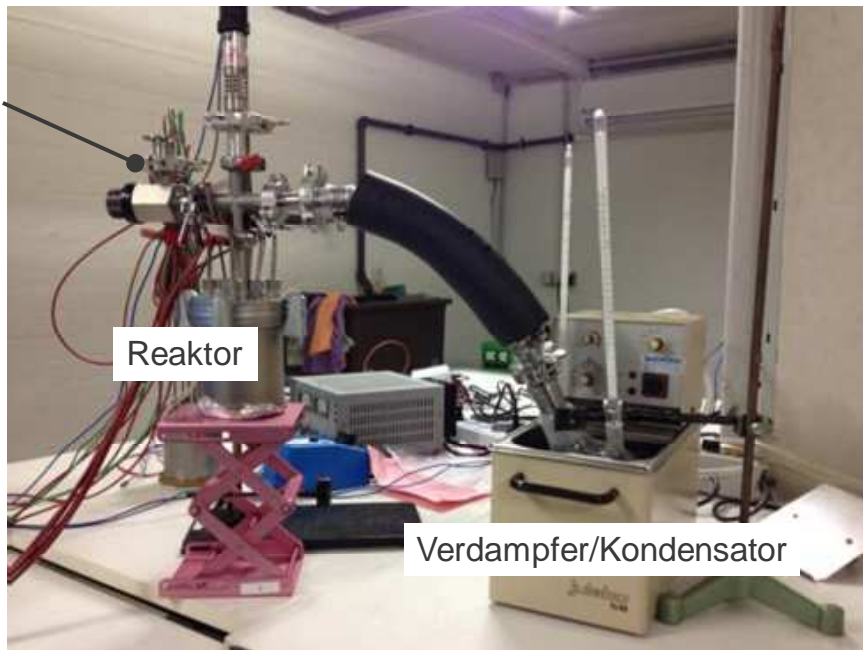
Materialbett-Temperatur

Die Simulationssoftware wird eingesetzt zur:

- Abschätzung der Wärmetransporteigenschaften von Wärmespeichermaterial, Wärmetauschern
- Analyse von Stofftransporteigenschaften (Wasserdampftransport im Speichermaterial)
- Optimierung der Prozessführung

Wertvolles Werkzeug zur Geometrie- und Parameteroptimierung, was aber nicht das experimentelle Speicherdesign ersetzt.

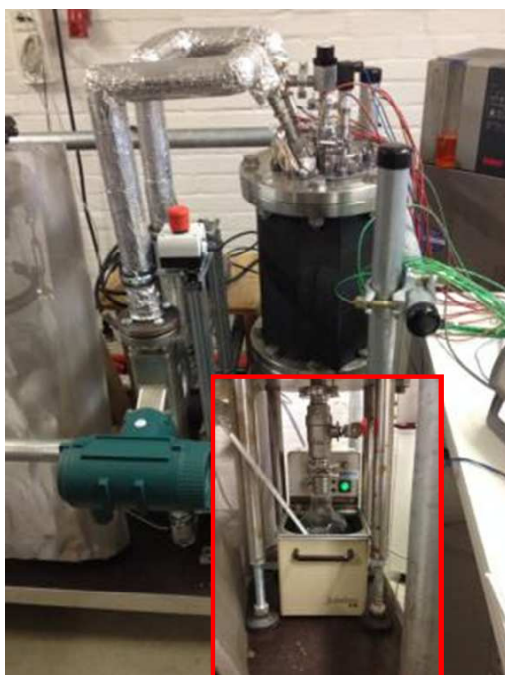
Vorhandene Reaktoren für den Unterdruckbereich
Kleiner Vakuumreaktor



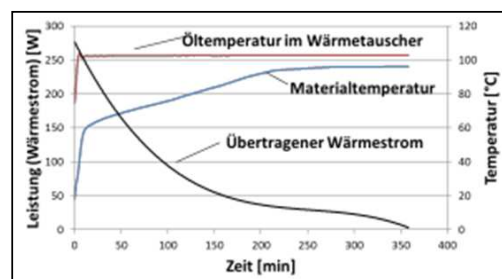
Reaktor

Verdampfer/Kondensator

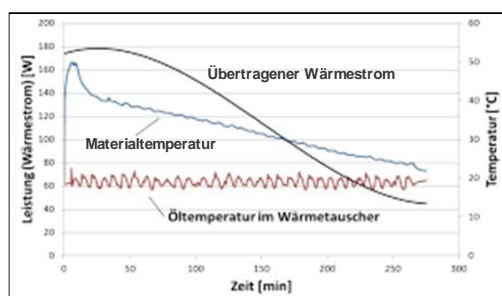
10-Liter-Testwärmespeicher für Niedertemperatur-Speichermaterialien



Beladen mit 105°C (Thermalöl)



Entladen mit Wasserdampf (30 mbar)



Vakuumtestspeicher mit Niedertemperatur-Material funktioniert im Kleinen

Weiterentwicklung durch Modulbauweise



Leistungsanpassung und Optimierung des Speichermaterial-Anteils der Gesamtsystemmasse

Projektleitung
Prof. Wolfgang Ruck

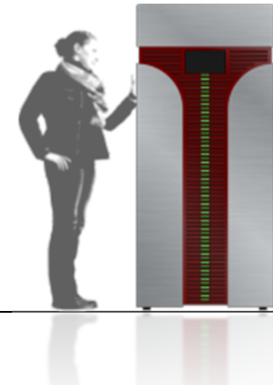
Projektkoordinator
Dr. Thomas Schmidt

17

Thermische Batterie in Modulbauweise

Prozess-Übersicht	Anwendungsbereich	Leistungsbereich
Low-T.-Vakuum-Testspeicher	Heizung Kühlung	ca. 10 kW ca. 10 kW
Offener Power-2-Heat Prozess	Heizung Kühlung	ca. 2 kW ... 5 MW ca. 2 kW ... 5 MW
Rührtestspeicher	Heizung Kühlung	ca. 20 kW ... 150 kW ca. 20 kW ... 150 kW

- ⬢ Das Projekt
- ⬢ Technischer Background
- ⬢ Zusammenfassung und Ausblick



Zusammenfassung der bisherigen Entwicklungen des Projekts Thermische Batterie

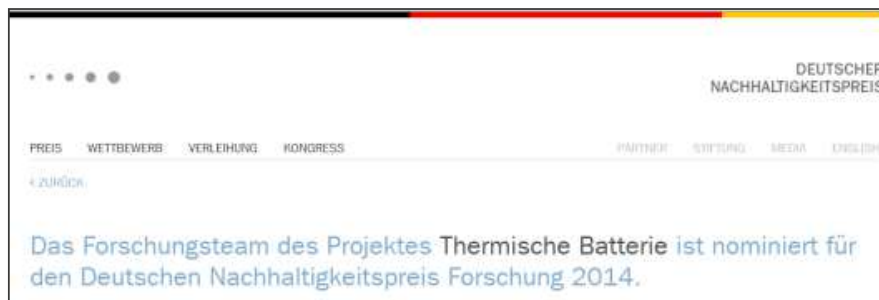
Wissenschaft

- Erstellung einer Speichermaterial-Datenbank
- Identifizierung geeigneter Materialien für verschiedene Temperaturbereiche
- Identifizierung geeigneter Prozessführungen für unterschiedliche Randbedingungen
- Optimierung der Konstruktion und Prozessführungen
 - Leistung
 - Effizienz
 - Zyklusstabilität
 - Kostenreduktion
- Machbarkeitsstudie für alternative Anwendungen der Speichertechnologie

Kooperationen & Wirtschaft

- Intensive Kooperation mit Vattenfall sowie verschiedenen F&E-Partnern
- Netzwerkaufbau über nationale und internationale Tagungen und Partner
- Identifizierung und Ansprache von Partnern für die nächsten Entwicklungsschritte
- Entwicklung erster ökonomischer Szenarien
- Vorab-Bewertung verschiedener Anwendungsfälle der thermischen Batterie
- Patentanmeldung der Basistechnologie und Einreichung weiterer Technologie- und Verfahrenspatente

Mehrere Auszeichnungen und die Nominierung zum renommierten Nachhaltigkeitspreis 2014 belegen die Relevanz der bisherigen Forschung.



Projektleitung Prof. Wolfgang Ruck
Projektkoordinator Dr. Thomas Osterland

21

Zentrale geplante Aktivitäten der nächsten 12 Monate
Ausblick bis zum Projektende und darüber hinaus

2014

- [Nov.] Energy Decentral Messe – Vorstellung des ersten Demonstrators
- [Nov.] „Thermische Batterie“ nominiert unter ersten drei für Deutsch. Nachhaltigkeitspreis
- [Dez.] Offizieller Abschluss des Projekts „Thermische Batterie“

2015

- Folgeprojekte, aufbauend auf Technologie der Thermischen Batterie
- Wirtschaftliche Verwertung der Thermischen Batterien
- Wissenschaftliche Publikationen und weitere Patentanmeldungen

Projektleitung Prof. Wolfgang Ruck
Projektkoordinator Dr. Thomas Osterland

22

Ausblick: Mögliche Wärmequellen, Wärmesenken und Einsatzfelder



- Wärmebereitstellung für Ein- und Mehrfamilienhäuser (Kopplung mit Mikro-BHKW)
- Speicherung industrieller Abwärme
- Negative Regelleistung
- Effizienzerhöhung bei Druckluftspeichern
- Regelbarkeit von unflexiblen Kraftwerken
- Bereitstellung von Kälte
- Trocknung
- Mobile Wärme

Die Basistechnologie der thermischen Batterie eignet sich für verschiedene Anwendungen !

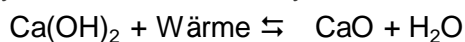




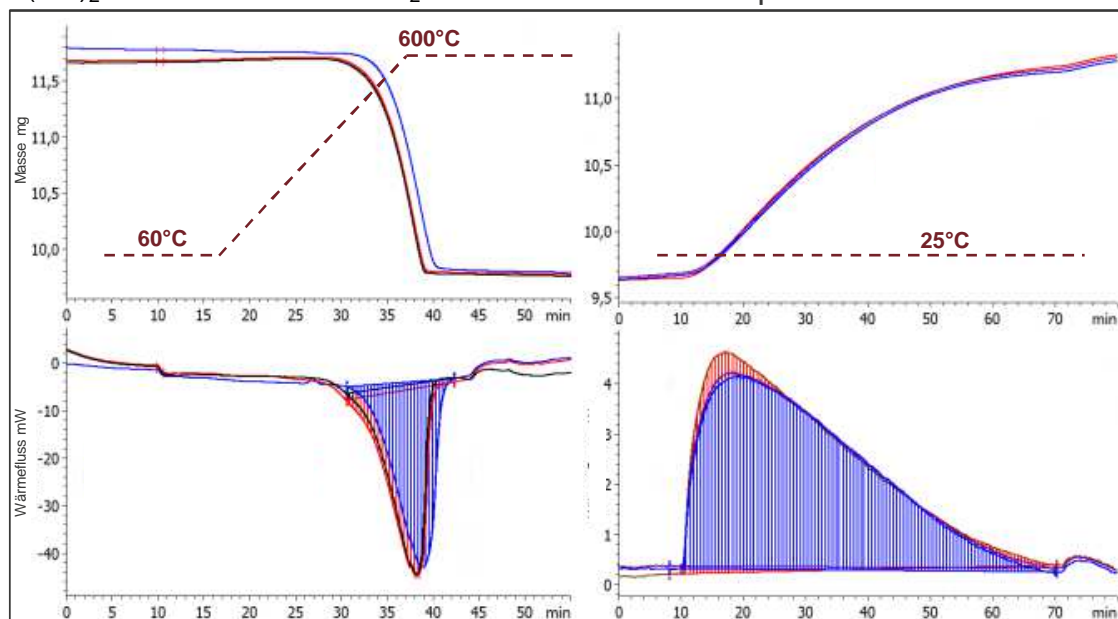
ENERGIEGEHALT

Art	Stoff	normiert auf Benzin	Processenthalpie KJ/kg	Energiegehalt kWh/kg
chemisch reversibel (?)	Wasserstoff (Heizwert)	2,727	120000,00	33,333
	vollständige Verbrennung			
chemisch nicht reversibel	von Methan	1,262	55540,66	15,428
chemisch nicht reversibel	Benzin (Heizwert)	1,000	44000,00	12,222
chemisch nicht reversibel	Erdgas (Heizwert)	1,000	44000,00	12,222
chemisch nicht reversibel	Heizöl (Heizwert)	0,955	42000,00	11,667
chemisch nicht reversibel	Diesel (Heizwert)	0,864	38000,00	10,556
chemisch nicht reversibel	Kohlenstoff (Heizwert)	0,750	33000,00	9,167
chemisch nicht reversibel	Steinkohle (Heizwert)	0,682	30000,00	8,333
chemisch nicht reversibel	trockenes Holz (Heizwert)	0,341	15000,00	4,167
chemisch reversibel	Ammoniak	0,089	3934,28	1,093
chemisch reversibel	Magnesiumsulfat-Heptahydrat	0,038	1667,57	0,463
chemisch reversibel	Magnesiumchlorid-Hexaammoniak	0,033	1443,89	0,401
chemisch reversibel	Calciumhydroxid	0,032	1406,35	0,391
chemisch reversibel	Magnesiumchlorid-Hexahydrat	0,029	1254,34	0,348
PCM anorganisch	PCM: 80.5% LiF-19.5% CaF2 eutetic (764°C)	0,018	790,00	0,219
chemisch reversibel	Calciumchlorid-bismethanol	0,017	727,18	0,202
PCM anorganisch	PCM: MgCl2/KCl/NaCl	0,009	400,00	0,111
PCm organisch	PCM: A164	0,007	306,00	0,085
PCm organisch	PCM: RT110 Paraffin	0,005	213,00	0,059
PCm organisch	PCM: E117	0,004	169,00	0,047
sensible	Wasser, Temperaturdifferenz = 50 K	0,005	209,00	0,058
sensible	Wasser, Temperaturdifferenz = 20 K	0,002	83,60	0,023

Beispielmessung eines Hochtemperatur-Wärmespeichermaterials:
Zyklentest mit Calciumhydroxid



Reversible Speicherdichte: 505 kWh·m⁻³



Hochtemperatur-Speichermaterial mit guter Reversibilität und hoher Energiespeicherdichte

Normaldruck-Testspeicher für Power-to-heat
Hochtemperaturmaterial

