
Wärmespeichertechnologien

Fachtagung Nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz

27. Oktober 2011, Mittweida

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Institutsteil Dresden

Geschäftsfeld Energie und Thermisches Management

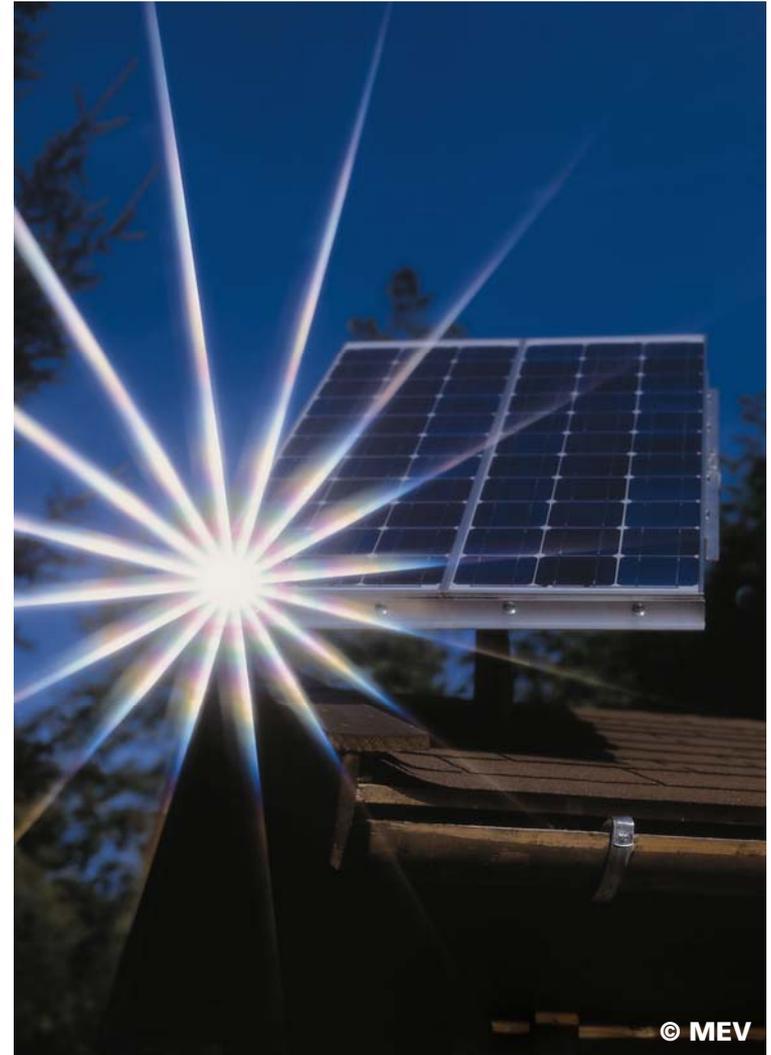
Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback

Dr.-Ing. Jens Meinert

Dr.-Ing. Sven Synowzik

Gliederung

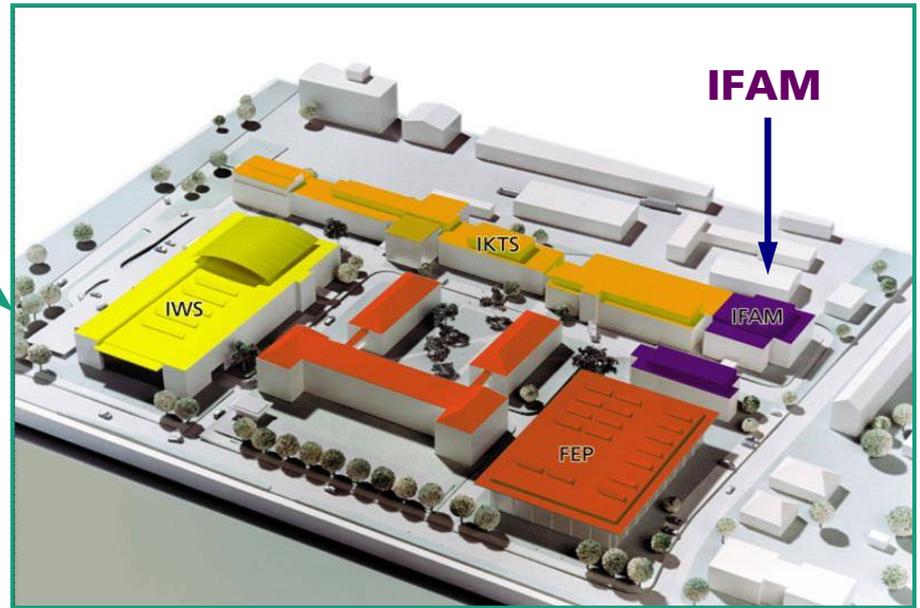
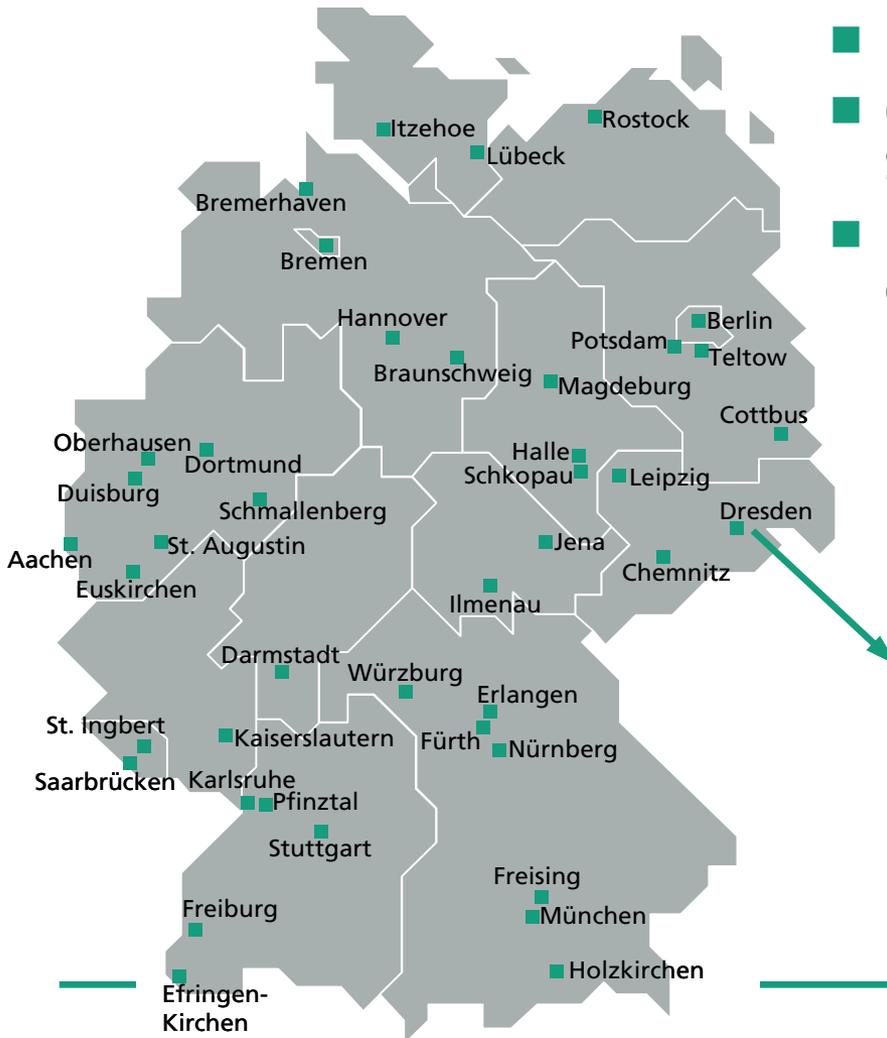
1. Das Fraunhofer IFAM Dresden
2. Fokus Energieeffizienz
3. Wärmespeichertechnologien
4. Arbeiten am Fraunhofer IFAM



Das Fraunhofer IFAM Dresden

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

- Fraunhofer-Zentrale in München
- 60 Fraunhofer-Institute an zahlreichen Standorten in Deutschland
- 11 Institute bzw. Institutsteile in Dresden → davon 4 im Institutszentrum Dresden (IZD)



Das Fraunhofer IFAM Dresden

Fraunhofer IFAM in Dresden

- Institutsteil des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung – Sitz Bremen
- Direktor: Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback, etwa 50 Mitarbeiter & 25 Studenten
- Forschung schwerpunktmäßig im Bereich **Pulvermetallurgie**
 - Sinter- und Verbundwerkstoffe
 - Wasserstoffspeicherung
 - Zellulare metallische Werkstoffe
 - Energie und thermisches Management
 - Werkstoffe für die **Energietechnik**
 - Thermische Energiespeicherung



Institutsgebäude des Fraunhofer-IFAM Dresden

IFAM Dresden – Organigramm



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Institut für Werkstoffwissenschaft
Professur für Pulvermetallurgie,
Sinter- und Verbundwerkstoffe

Verwaltung

Dipl.-Ing. Anne-Kathrin
Schaarschmidt

Leiter des Institutsteils
Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback

Sekretariat

Claudia Lieber

▶ Zellulare metallische Werkstoffe

Dr.-Ing. Günther Stephani

• Metallische Hohlkugeln und offenzellige Metallschäume

Dr.-Ing. Peter Quadbeck

• Fasermetallurgie, Siebdruckstrukturen

Dr.-Ing. Olaf Andersen

▶ Energie und Thermisches Management

Dr.-Ing. Jens Meinert

▶ Sinter- und Verbundwerkstoffe

Dr.-Ing. Thomas Weißgärber

• Leichtmetalle und Verbundwerkstoffe

Dr.-Ing. Thomas Schubert

• PM-Technologien und Tribologie

Dipl.-Ing. Gunnar Walther

• Sintertechnologien und Funktions- werkstoffe

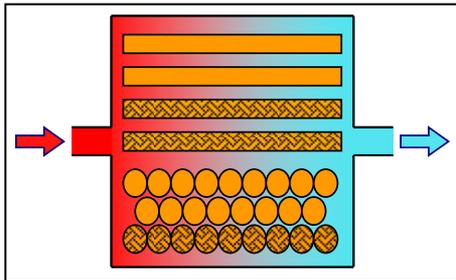
Dr. rer. nat. Jürgen Schmidt

• Wasserstofftechnologie

Dr. rer. nat. Lars Röntzsch

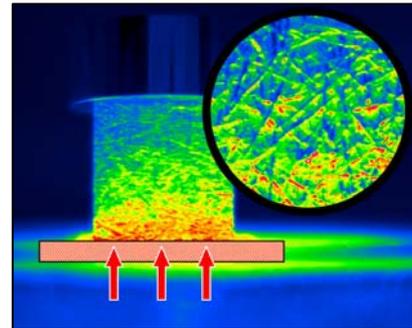
IFAM Dresden – Energie und Thermisches Management

Energiespeicherung



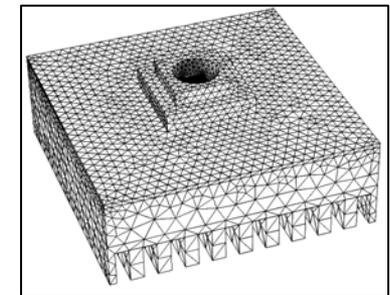
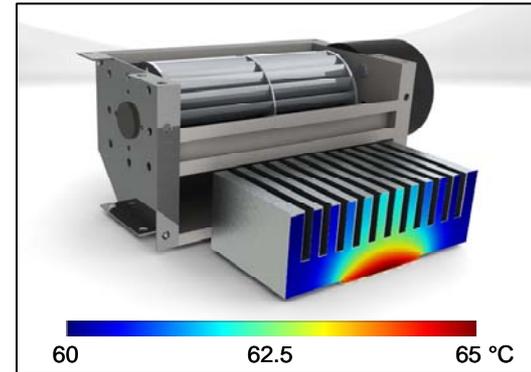
Beispiel: Entwicklung kompakter Hochleistungs-Latentwärmespeicher mit maßgeschneiderter Kinetik

Energietransport



Beispiel: Strömung und Wärmeübergang in offenzelligen Metallen (Metallschaum- und Metallfaserproben)

Wärmemanagement



Beispiel: Temperaturfeldberechnung in einem Kühlkörper mit einem Kupfer-Paraffin-Wärmepuffer

Fokus Energieeffizienz

Ziel:

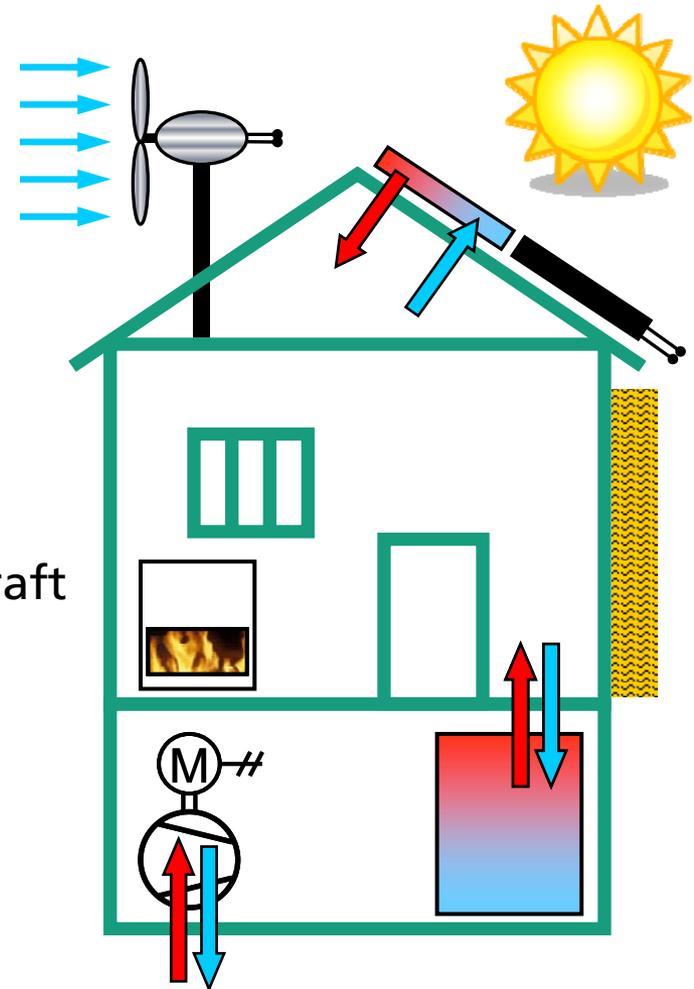
- Reduzierung des Einsatzes kohlenstoff-basierter Primärenergieträger
 - Ressourcenschonung
 - Minderung des Treibhauseffektes

Wege:

- Regenerative Energiequellen nutzen
 - Solar-/Geothermie, Biomasse, Windkraft
- Energieumwandlungsketten optimieren
- **Energieverluste** nutzen
 - thermische Energie

Wärme $t > t_U$

Kälte $t < t_U$



Fokus Energieeffizienz

Quelle: AG Energiebilanzen, BDEW

Endenergieverbrauch

- nach Anwendungsbereichen
- Deutschland (2007)
- 8 600 PJ \approx 2 400 Mrd. kWh

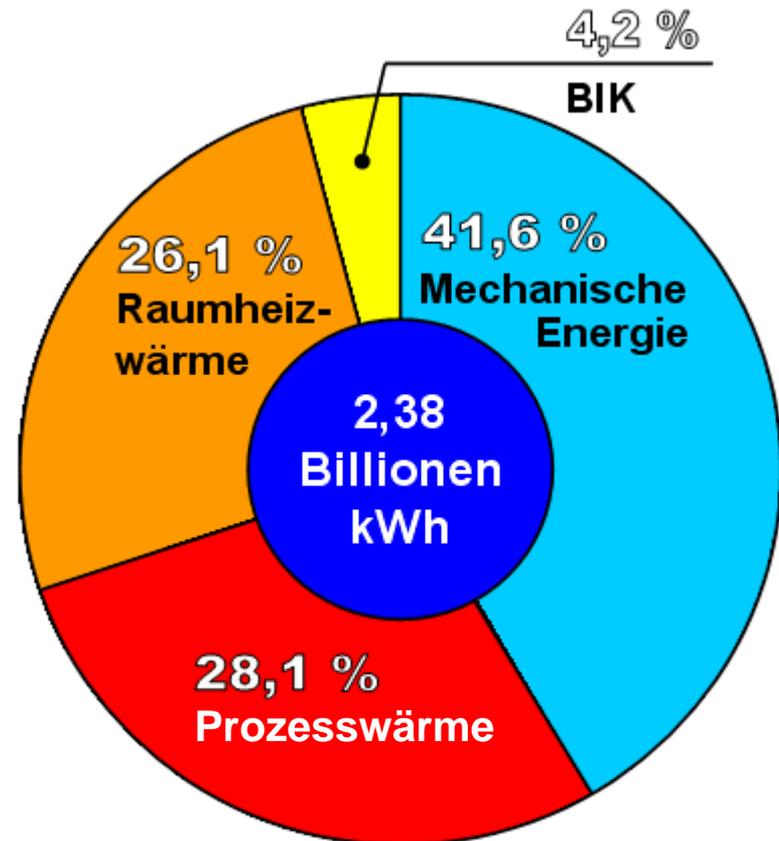


- Anteil **Wärme 54 %**
- Primärenergieverbrauch noch höher



Technologieentwicklung im Bereich **thermischer Speicher** birgt enormes Einsparpotenzial!

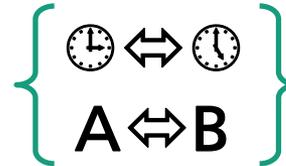
BIK ... Beleuchtung, Information, Kommunikation



Fokus Energieeffizienz

Problem:

Wärmebereitstellung



Wärmebedarf

Ansätze:

- Umwandlung der Wärme in andere Energieformen → enge Grenzen

$$\eta_C = 1 - \frac{T_U}{T_Q}$$

- Überbrückung der Diskrepanzen durch **thermische Speicher**
→ Technologieentwicklung

60%

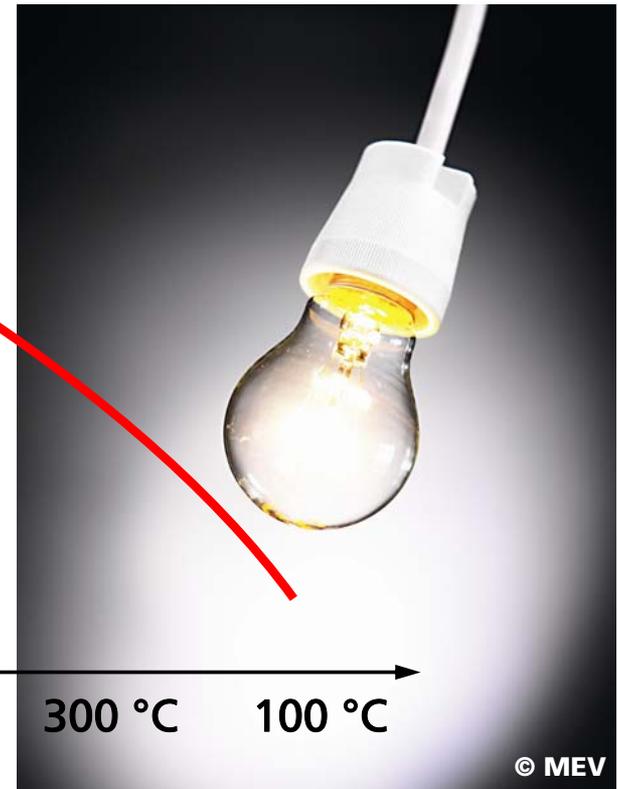
40%

20%

500 °C

300 °C

100 °C



Wärmespeichertechnologien

Speicheranforderungen / Bewertungskriterien

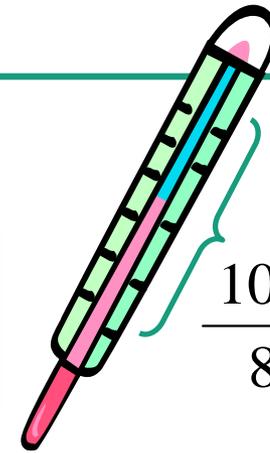
- Hohe Speicherdichte

Wärmemenge

kWh

Volumen

m³



$\frac{10 \text{ dm}^3}{85 \text{ K}}$

- Hohe Speicherleistung

Wärmemenge

kW

Zeit

- Hohe Speichereffizienz

Ausgespeicherte Wärme

%

Eingespeicherte Wärme

- Geringe Speicherkosten

Kosten

€

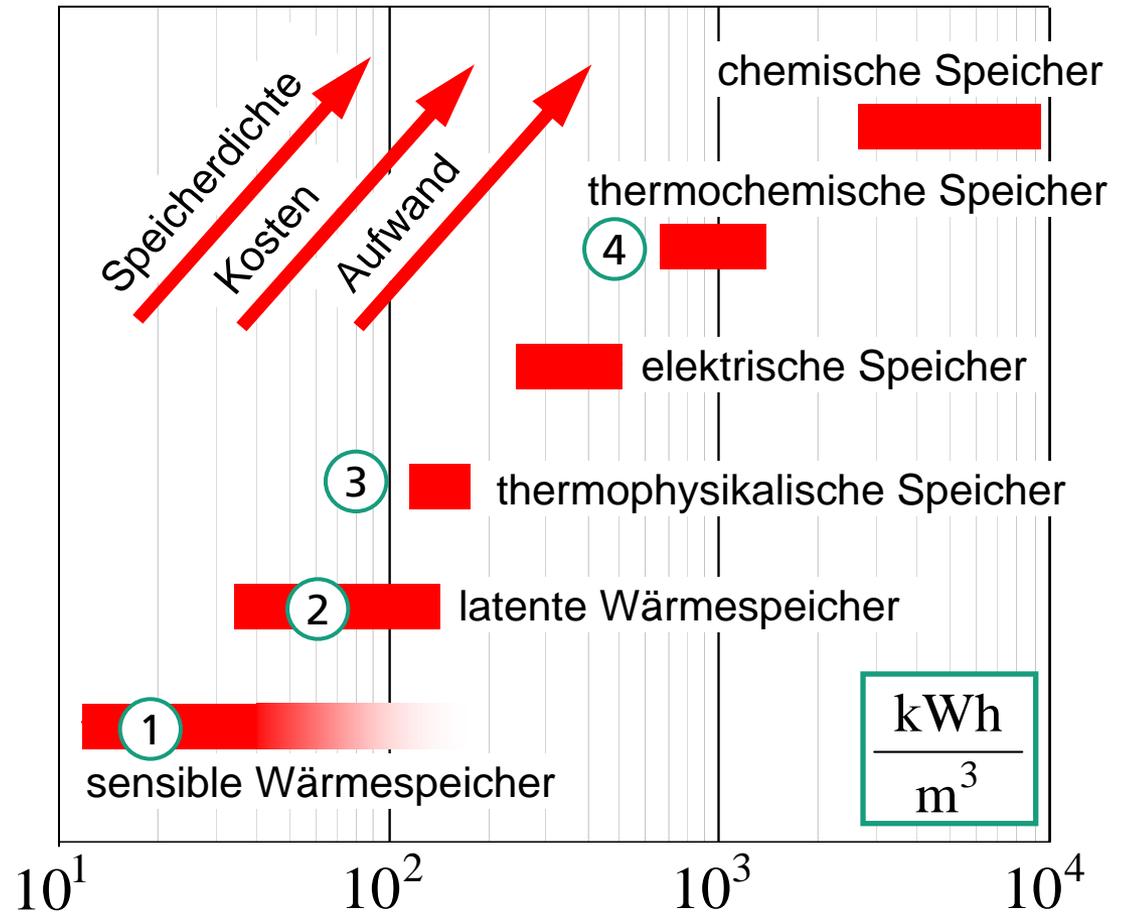
Wärmemenge

kWh

Wärmespeichertechnologien

Wärmespeicher:

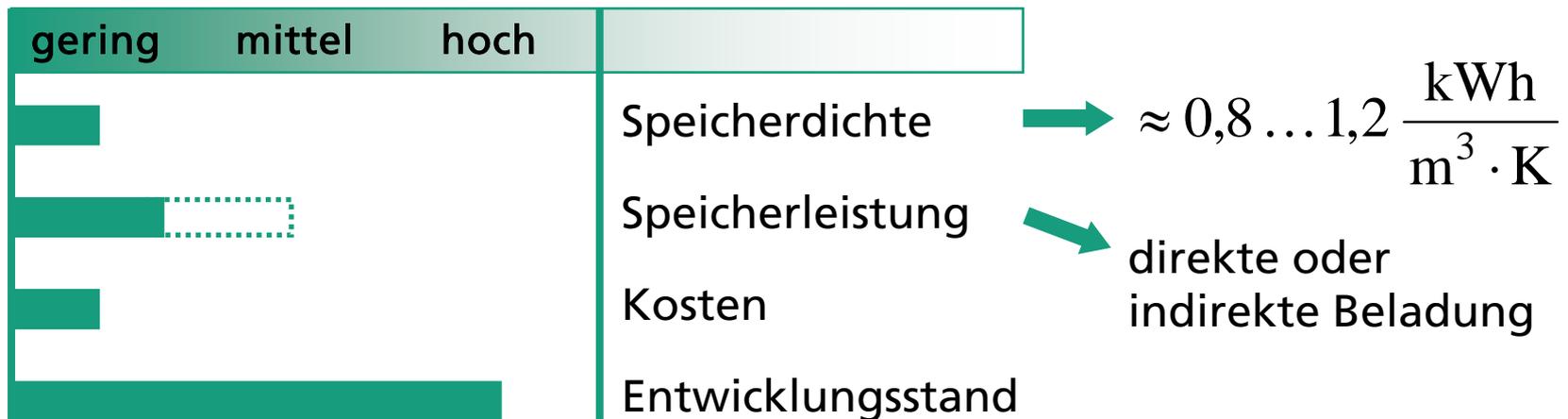
- ① „fühlbare“ Wärme
→ sensible Wärme
- ② „verborgene“ Wärme
→ latente Wärme
- ③ Bindungswärme
→ thermophysikalisch
- ④ Reaktionswärme
→ thermochemisch



Wärmespeichertechnologien

Sensible Wärmespeicher:

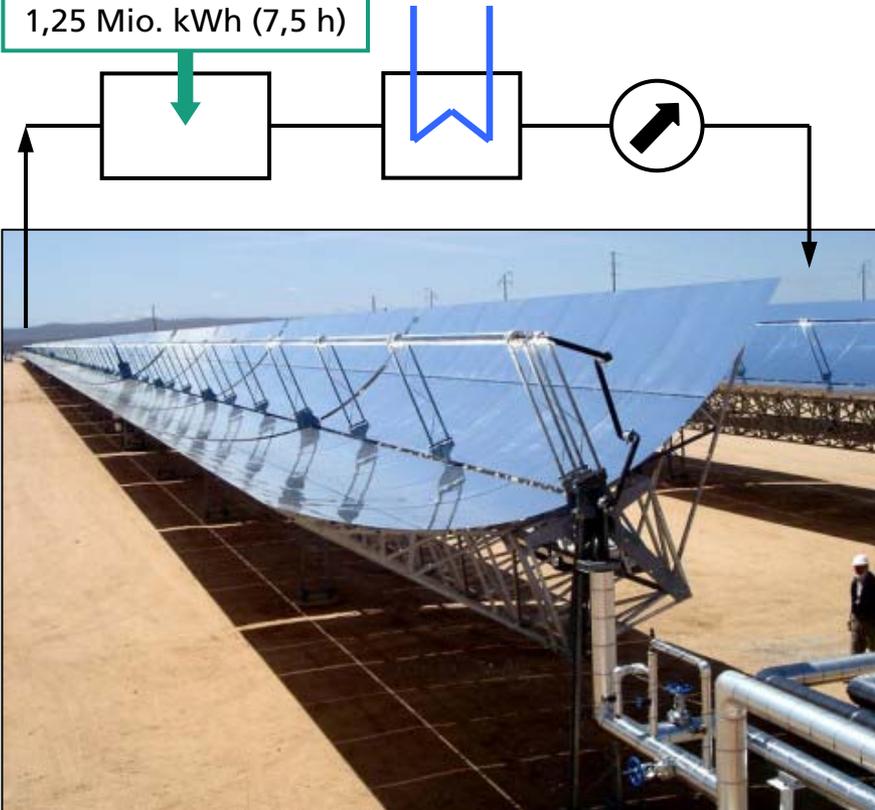
- Nutzung der spezifischen Wärmekapazität eines Stoffes (fest, flüssig)
 - Temperaturänderung beim Be- und Entladen („fühlbare Wärme“)
 - Wasser für $0\text{ °C} < T < 100\text{ °C}$
 - Beton, Keramik, Öle, Flüssigsalze, Sand, Erdreich
- Haustechnik – Solarthermie, Hochtemperatur-Solarkraftwerke



Wärmespeichertechnologien

Andasol1 (Spanien)
→ 28.500 t Salz bei
250 - 350 °C = 100 K
1,25 Mio. kWh (7,5 h)

104 m³ Wasser bei $\Delta T = 10$ K
Speicherkapazität 1.250 kWh



Kollektor eines Parabolrinnenkraftwerkes in Andalusien
(Foto: Solar_Millennium_AG)

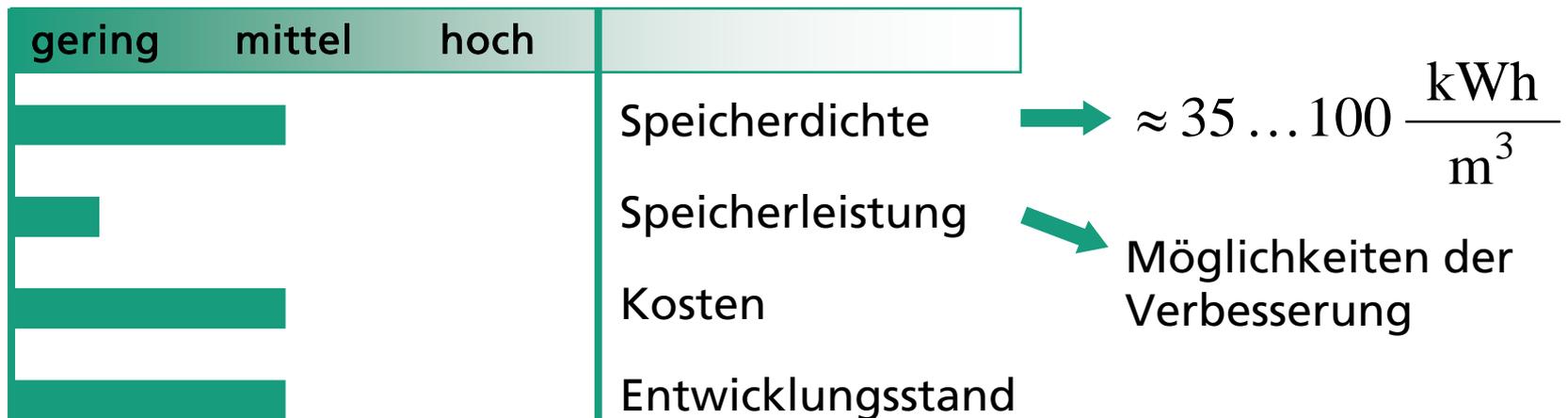


Saisonal 104 m³ Wasserspeicher als zentrales Element eines Hauses,
Wettbewerbstrag 10, R. Schwicker, Hauffstraße 20, 72660 Beuren

Wärmespeichertechnologien

Latente Wärmespeicher:

- Nutzung der Schmelzwärme eines Stoffes (Phase Change Material - PCM)
 - keine Temperaturänderung beim Beladen („verborgene Wärme“)
 - Wasser bei 0 °C (Eisspeicher)
 - Paraffine und Salzhydrate bis 100 °C, Salze und Metalle
- Haustechnik – Solarthermie, Innenraumklimatisierung



Wärmespeichertechnologien

Latentwärme-Paraffine
(Quelle: Rubitherm GmbH, Berlin)

Herstellerangabe: zwischen 40 °C und 100 °C
Speicherkapazität 2.500 kWh (sensibel & latent)



Mobiles Latentwärme-Transportsystem auf Natriumacetat-Basis
(Quelle: Datenblatt LaTherm GmbH, Dortmund, www.latherm.de)

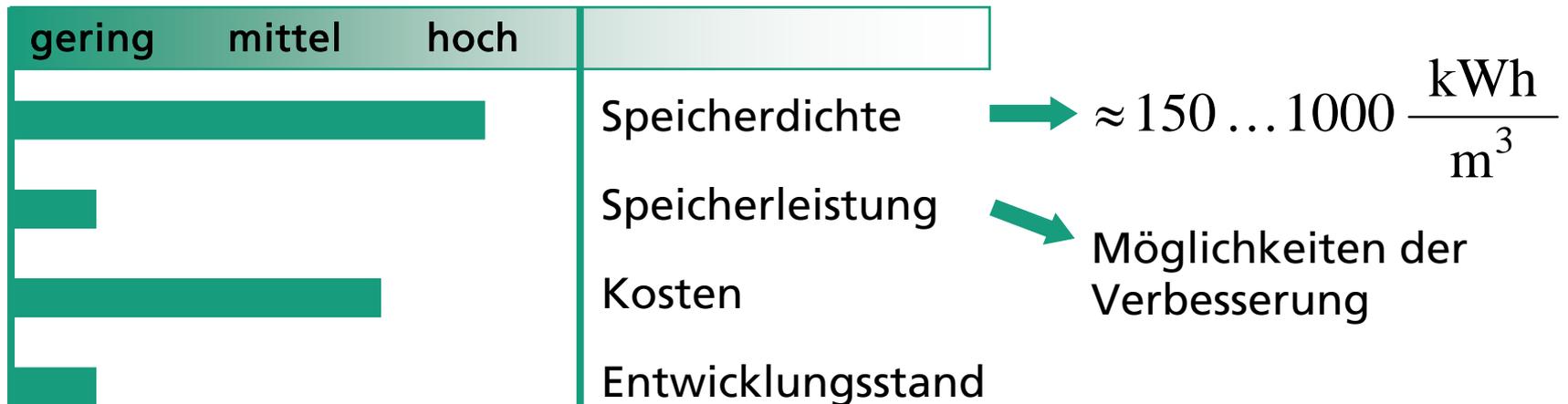


Latentwärmезellensystem der Powertank GmbH
(Quelle: Datenblatt Powertank GmbH, Sonneberg)

Wärmespeichertechnologien

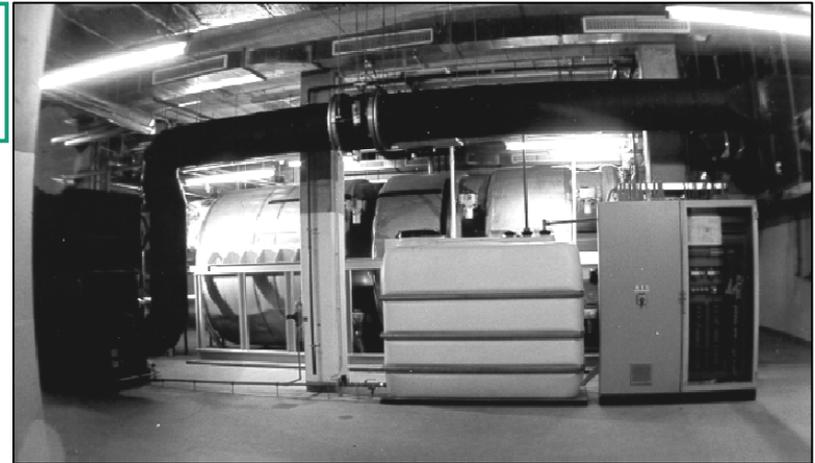
Sorptionsspeicher / thermochemische Speicher:

- Nutzung der Wärme einer Oberflächenbindung (Adsorption)
 - z. B. System Zeolith + Wasser(-dampf)
- Nutzung der Wärme einer chemischen Reaktion
 - exotherm (Wärmeabgabe) $\text{Me} + \text{H}_2 \rightarrow \text{MeH}_2$
 - endotherm (Wärmezufuhr) $\text{MeH}_2 \rightarrow \text{Me} + \text{H}_2$



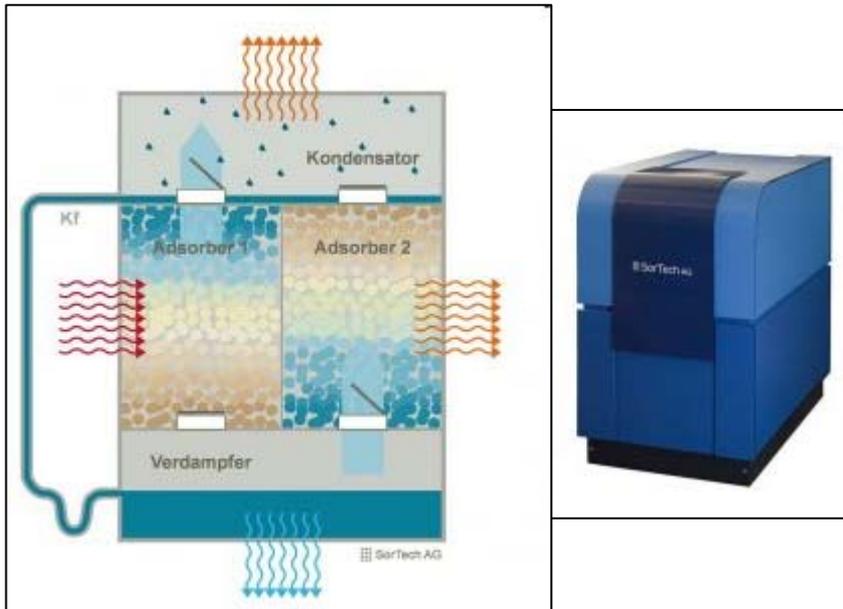
Wärmespeichertechnologien

Demonstrationsanlage des ZAE
Beheizung einer Schule
95 kW Wärme für 14 Stunden; 7000 kg Zeolith



(Bildquelle: www.zae-bayern.de)

Solare und thermische Klimatisierung mit
Adsorptionskältemaschinen der SorTech AG



(Bildquelle: www.sortech.de)

Selbstkühlendes Bierfass der Tucher Brauerei /
Gemeinsame Entwicklung mit Zeo-Tech GmbH



(Bildquelle: www.zeo-tech.de)

Arbeiten am Fraunhofer IFAM

$$\text{Leistung} = \frac{\text{W\u00e4rme}}{\text{Zeit}}$$

Schwerpunkt **W\u00e4rmespeicherung**

- Weiterentwicklung innovativer Speichertechnologien

→ \u00dcberwindung des Hauptnachteils „schlechte Leistung“

→ **Ursache:**

	W\u00e4rmetransport	Stofftransport
Latentw\u00e4rmespeicher	👎	-
Sorptionsspeicher	👎	👎
Thermochemische Speicher	👎	👎



Einbringen
metallischer
W\u00e4rmeleitstrukturen

Verbesserung
Durchstr\u00f6mbarkeit
und Kontaktfl\u00e4che

→ **Pulvermetallurgie**

Arbeiten am Fraunhofer IFAM

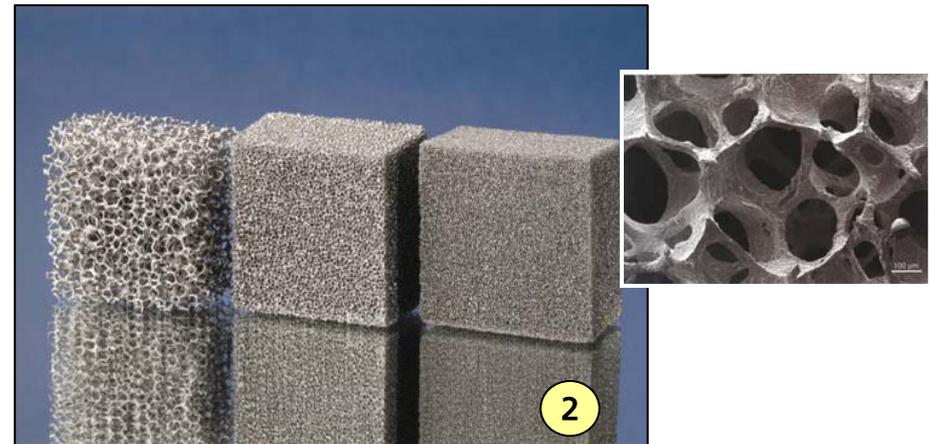
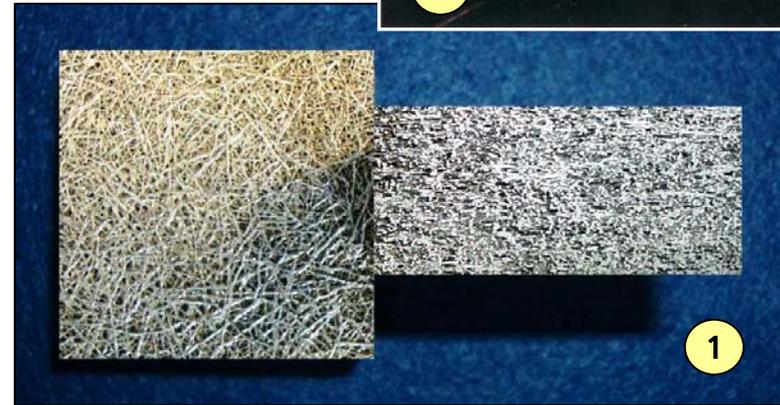
Zellulare metallische Werkstoffe

- Metallische Werkstoffe mit einem hohen Volumenanteil Luft (= Porosität)

- Metallfaserstrukturen ①
- Metallschäume ②
- Drahtstrukturen
- Hohlkugelstrukturen

■ Eigenschaften:

1. gut Wärme leitend
2. hochporös
3. große innere Oberfläche



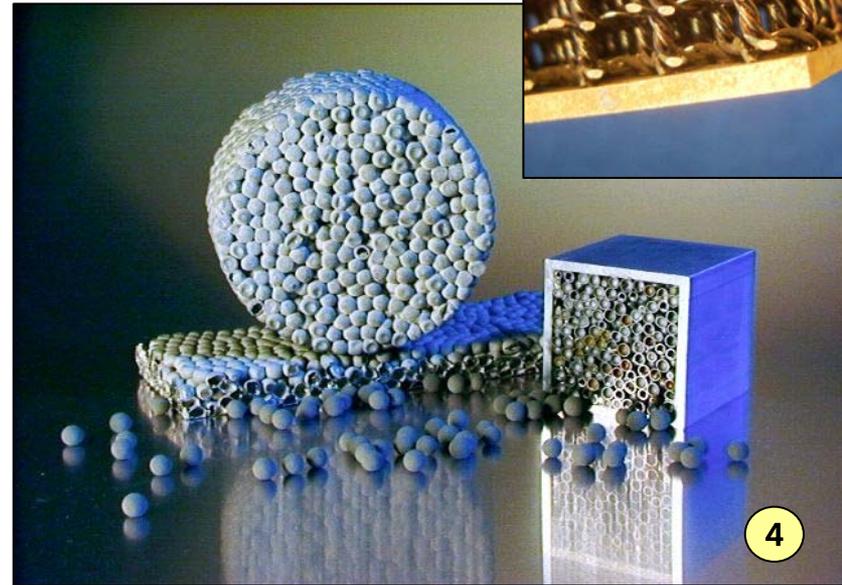
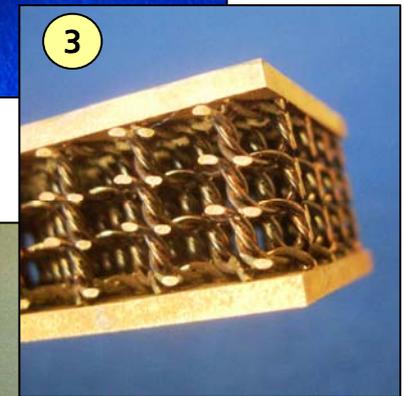
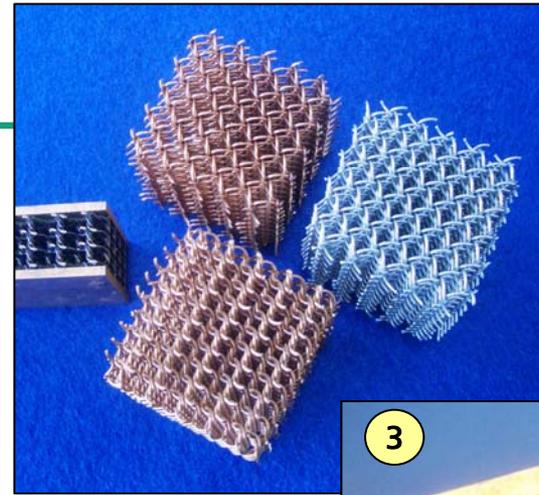
Arbeiten am Fraunhofer IFAM

Zellulare metallische Werkstoffe

- Metallische Werkstoffe mit einem hohen Volumenanteil Luft (= Porosität)
 - Metallfaserstrukturen
 - Metallschäume
 - Drahtstrukturen ③
 - Hohlkugelstrukturen ④

■ Eigenschaften:

1. gut Wärme leitend
2. hochporös
3. große innere Oberfläche



Arbeiten am Fraunhofer IFAM

Fokus **Latentwärmespeicher**

- Auffüllen der Hohlräume (bis 95 %) mit Wärmespeichermaterial (PCM)
 - Metallfaserstrukturen
 - Metallschäume
- **Effekt:** Metall als Wärmeleitstruktur



- PCM = Paraffin
- Aluminium-Faserstruktur
Porosität 85 %

$$\frac{\lambda_{\text{Faserstruktur}}}{\lambda_{\text{Paraffin}}} = \frac{5 \dots 20}{0,2} = 25 \dots 100$$

- Speicherkinetik

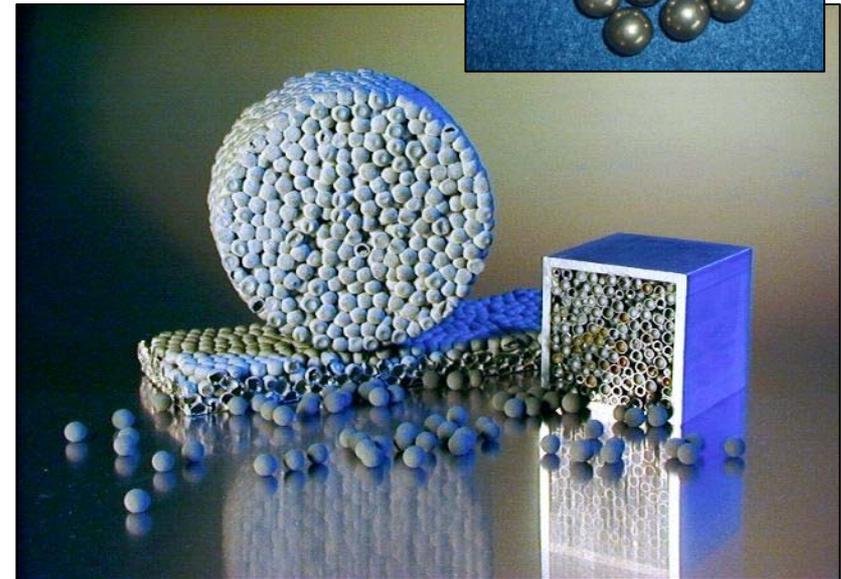
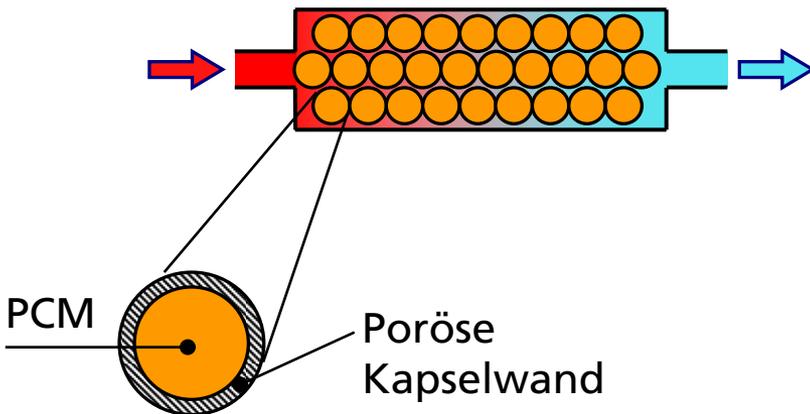


Arbeiten am Fraunhofer IFAM

Fokus **Latentwärmespeicher**

- Infiltration des flüssigen PCM in evakuierte Hohlkugeln

→ Hohlkugelstrukturen



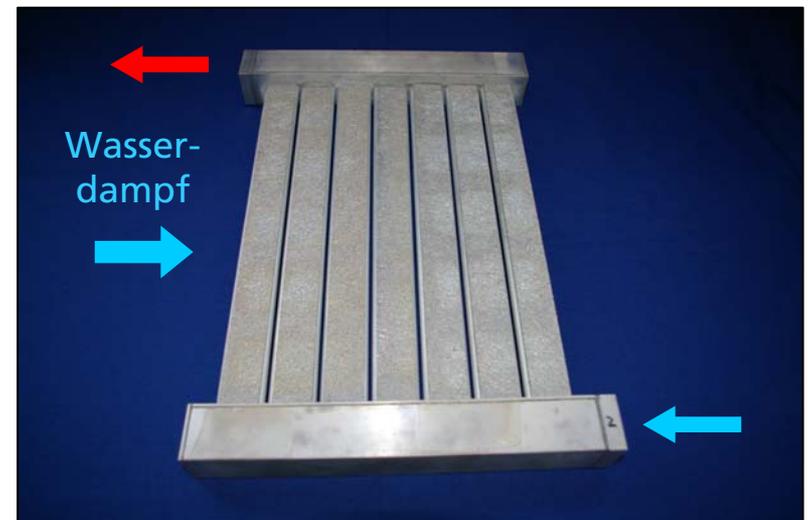
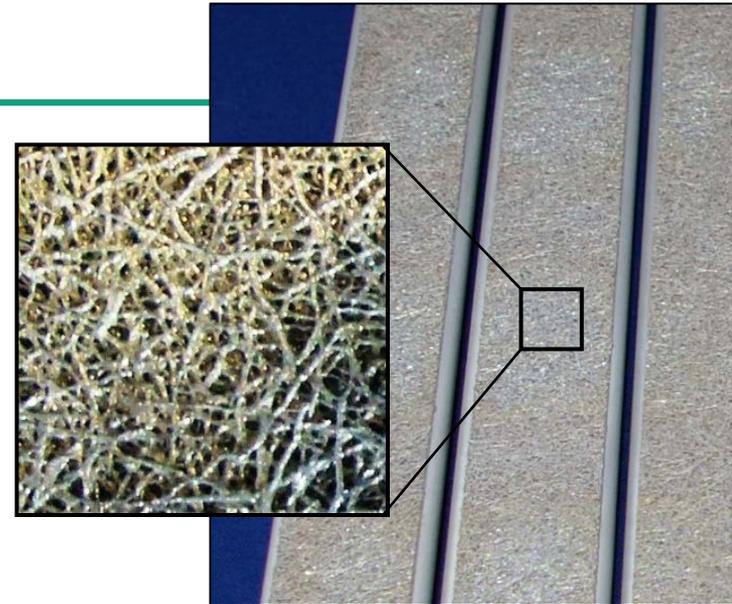
■ **Effekte:**

1. Erhöhung der Kontaktfläche
2. Kurze Transportwege

Arbeiten am Fraunhofer IFAM

Fokus Sorptionsspeicher

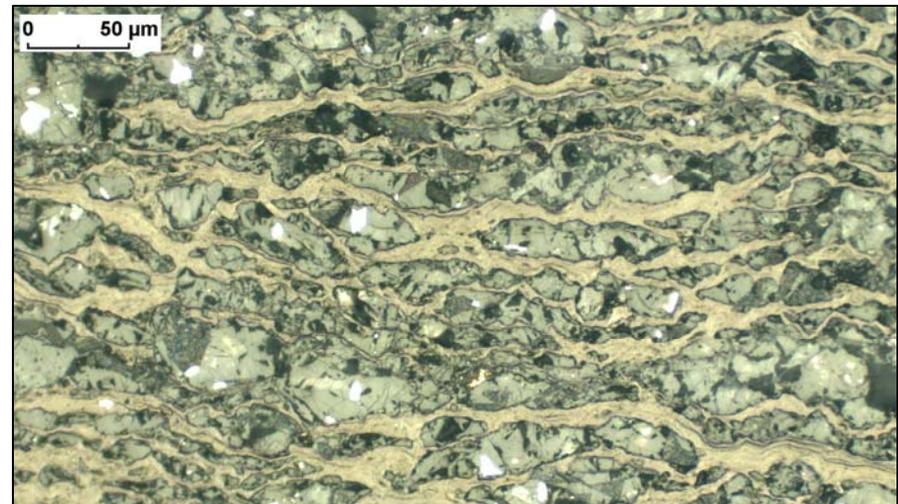
- Beschichten einer Metallstruktur mit dem festen Speichermaterial (Zeolith)
 - Metallfaserstrukturen
 - Faseroberfläche beschichtet
- **Effekte:**
 1. Metall als Wärmeleitstruktur
 - siehe PCM
 2. Poren für Strömung
 - 80 % und mehr
 3. riesige Kontaktfläche
 - mehrere 10.000 m²/m³
(Fußballfeld 7.100 m²)



Arbeiten am Fraunhofer IFAM

Fokus **Thermochemische Speicher**

- Aufbereiten des Speichermaterials als Pulver (z. B. $\text{Mg} + \text{H}_2 \rightarrow \text{MgH}_2$)
- Zusätzliches Einfügen von metallischen oder Graphitstrukturen
- **Effekte:**
 1. Nanostrukturierung liefert riesige Kontaktflächen
 2. Porosität für Strömung
 3. Wärmeleitfähigkeit steigt



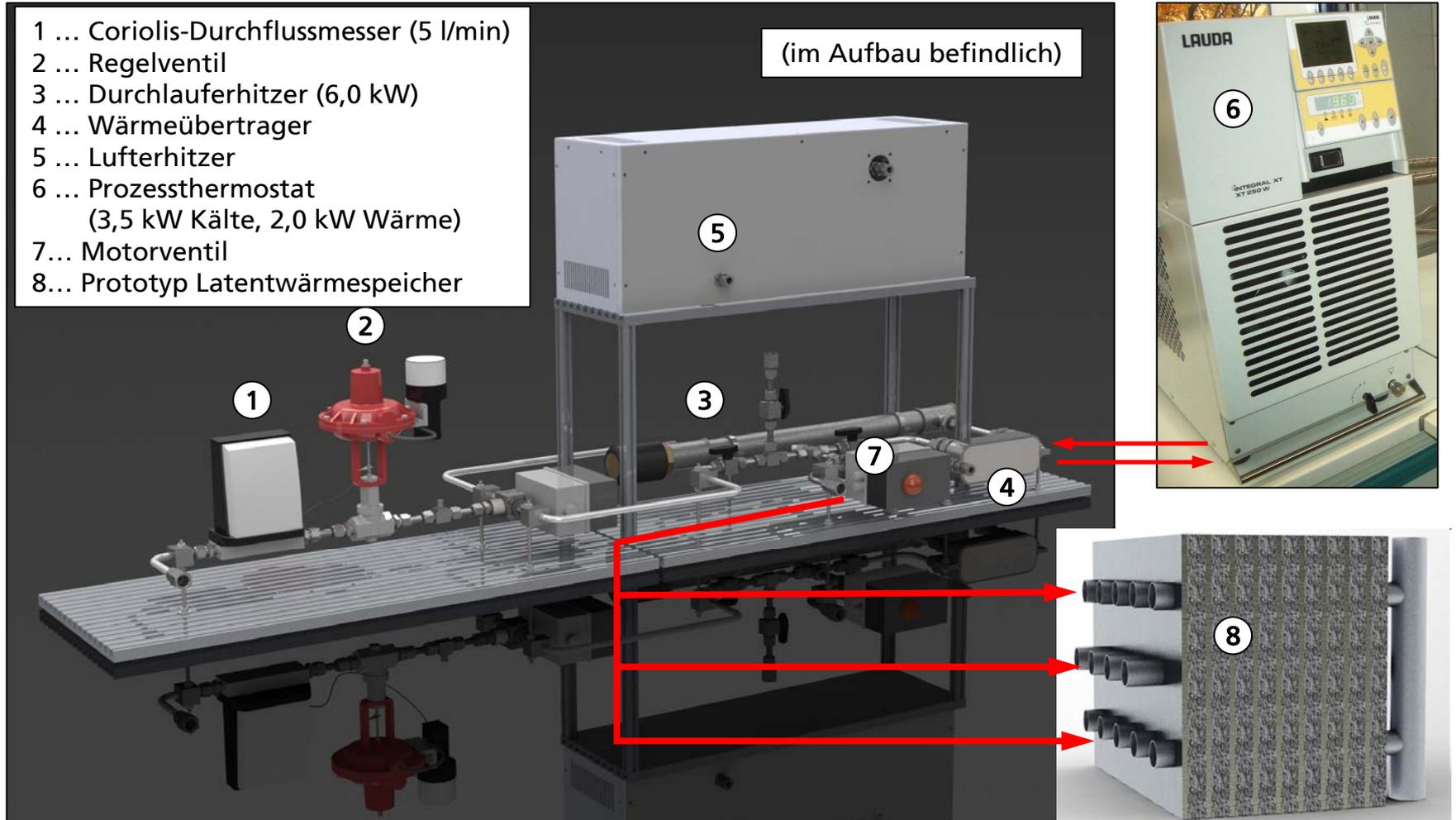
➔ AG Wasserstofftechnologie
Fraunhofer IFAM Dresden

Wärmetechnisches Labor

Messaufbau für (Latentwärme)-Speicherversuche

- 1 ... Coriolis-Durchflussmesser (5 l/min)
- 2 ... Regelventil
- 3 ... Durchlauferhitzer (6,0 kW)
- 4 ... Wärmeübertrager
- 5 ... Lufterhitzer
- 6 ... Prozessthermostat
(3,5 kW Kälte, 2,0 kW Wärme)
- 7... Motorventil
- 8... Prototyp Latentwärmespeicher

(im Aufbau befindlich)



Kontakt

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Institutsteil Dresden

Geschäftsfeld Energie und Thermisches Management
Dr.-Ing. Jens Meinert Dr.-Ing. Sven Synowzik

Winterbergstraße 28
01277 Dresden

Tel.: +49 (0) 351 2537 -357

+49 (0) 351 2537 - 512

Fax: +49 (0) 351 2554 494

Mobil: +49 (0) 152 5660 8698

Mail: jens.meinert@ifam-dd.fraunhofer.de
sven.synowzik@ifam-dd.fraunhofer.de

Web: www.ifam-dd.fraunhofer.de