

---

# 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

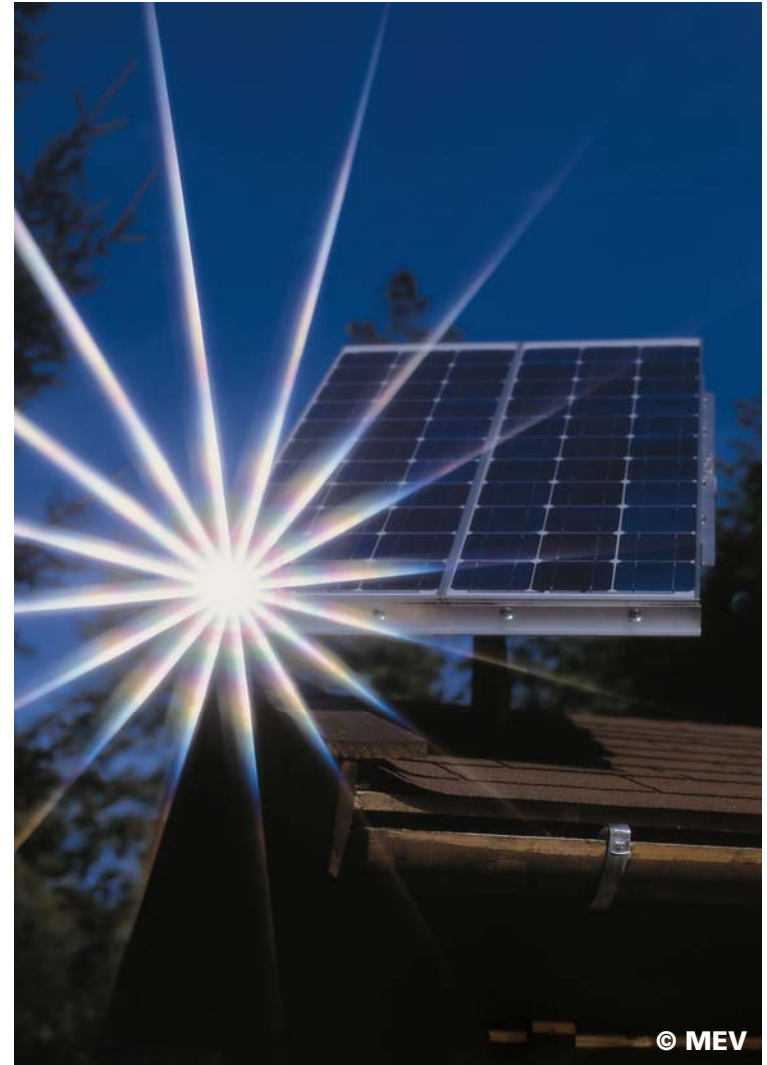
Dr.-Ing. Jens Meinert

Dr.-Ing. Sven Synowzik

# Gliederung

---

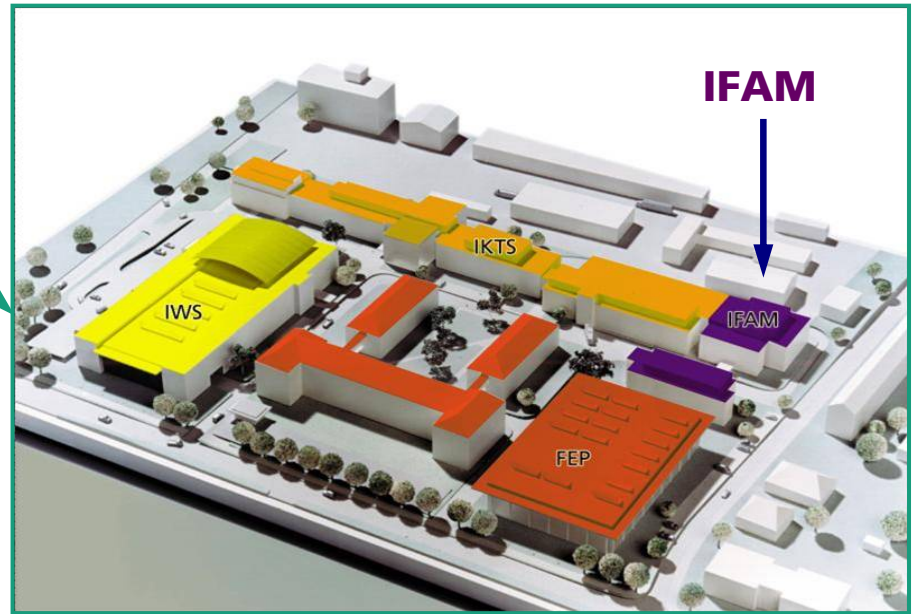
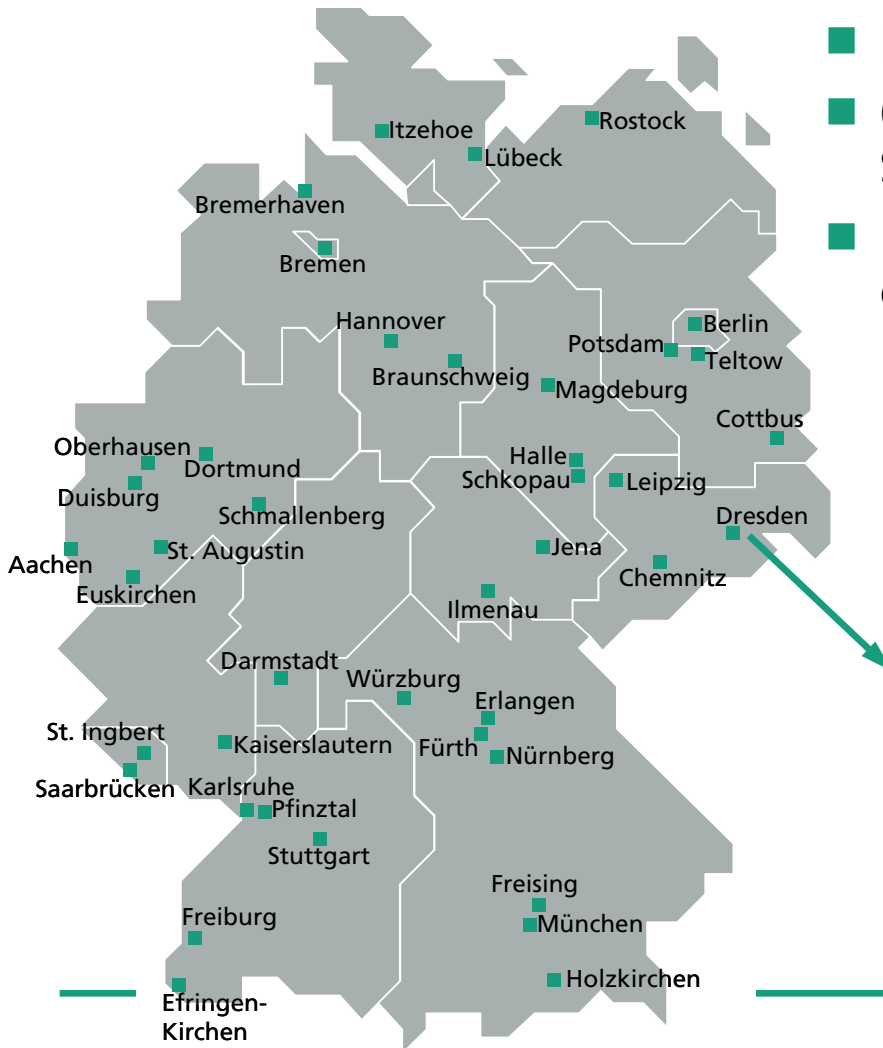
1. Das Fraunhofer IFAM Dresden
2. Fokus Energieeffizienz
3. Wärmespeichertechnologien
4. Arbeiten am Fraunhofer IFAM



# 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

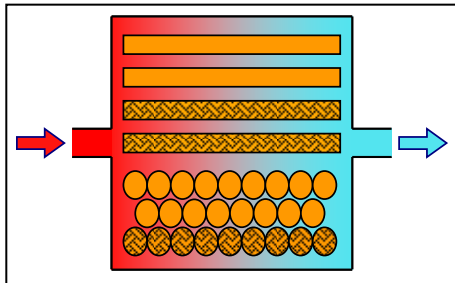
Dr. rer. nat. Jürgen Schmidt

#### • Wasserstofftechnologie

Dr. rer. nat. Lars Röntzsch

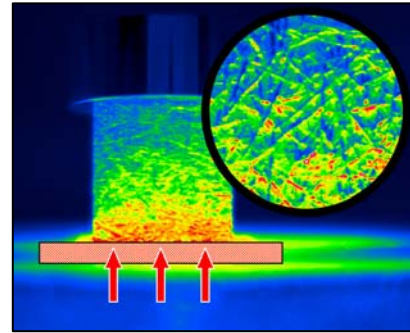
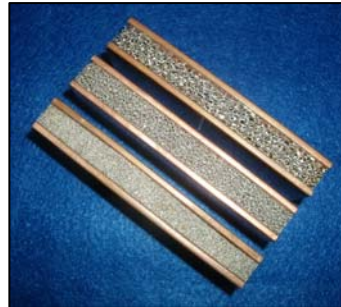
# IFAM Dresden – Energie und Thermisches Management

## Energiespeicherung



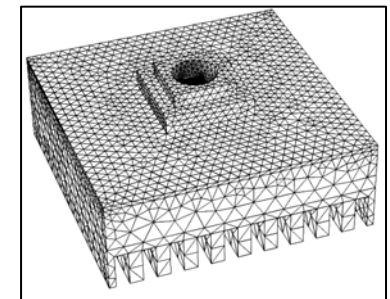
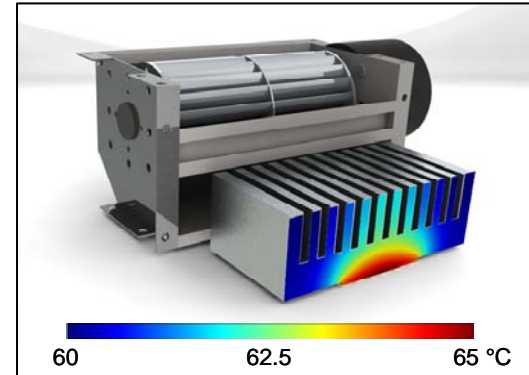
Beispiel: Entwicklung kompakter Hochleistungs-Latentwärmespeicher mit maßgeschneiderter Kinetik

## 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:

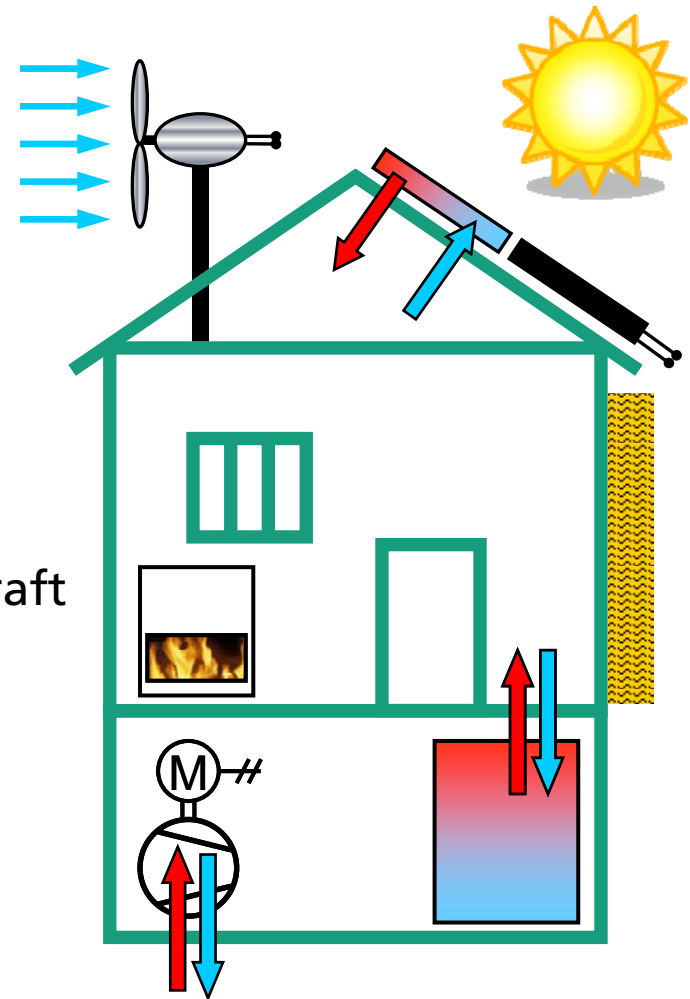
- Reduzierung des Einsatzes kohlenstoff-basierter Primärenergieträger
  - Ressourcenschonung
  - Minderung des Treibhauseffektes

## 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

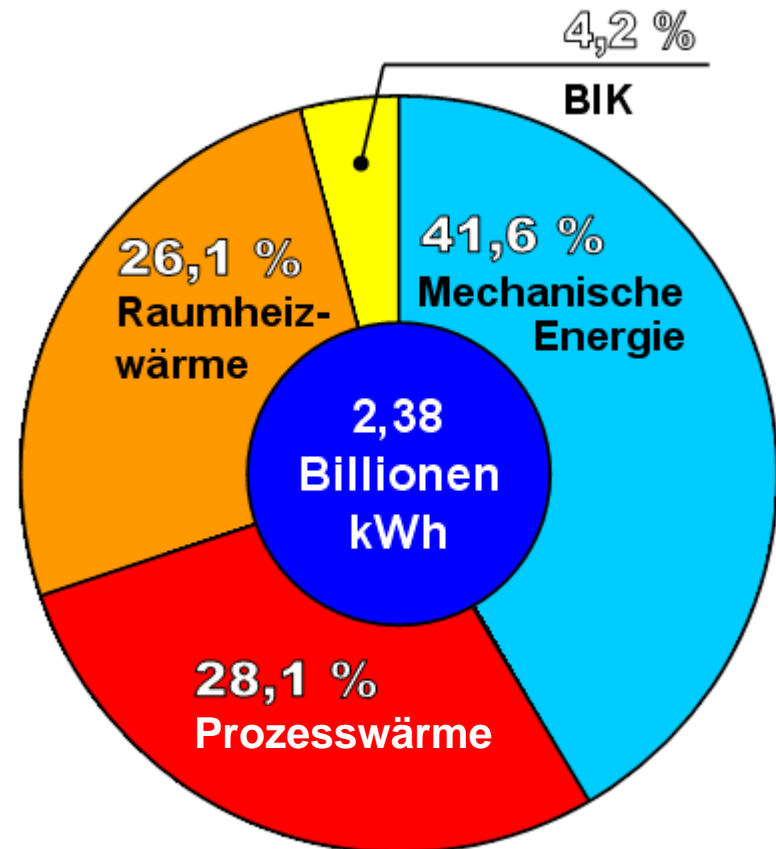


- Anteil **Wärme 54 %**
- Primärenergieverbrauch noch höher



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

BIK ... Beleuchtung, Information, Kommunikation

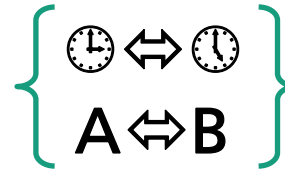




# Fokus Energieeffizienz

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%

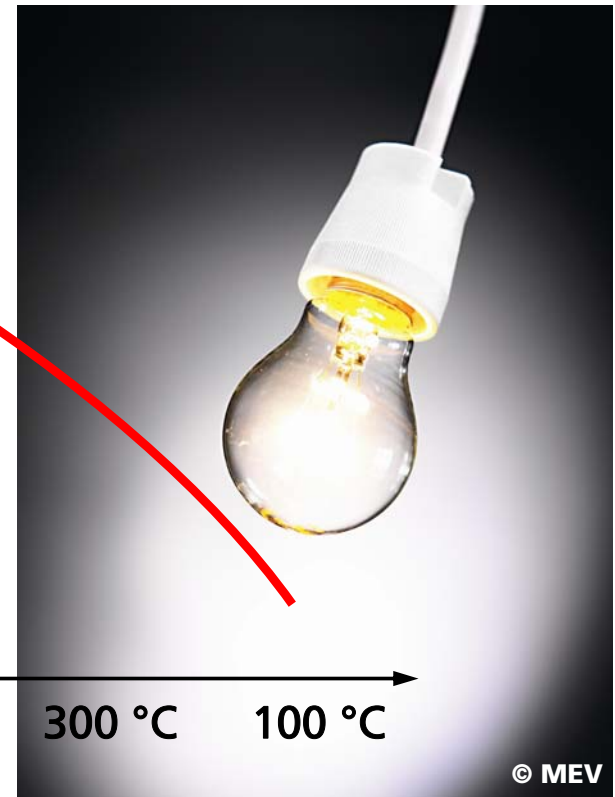
40%

20%

500 °C

300 °C

100 °C



# Wärmespeichertechnologien

## Speicheranforderungen / Bewertungskriterien

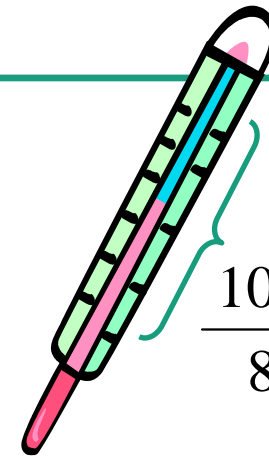
- Hohe Speicherdichte

Wärmemenge

kWh

Volumen

m<sup>3</sup>



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

- Hohe Speicherleistung

Wärmemenge

kW

Zeit

- Hohe Speichereffizienz

Ausgespeicherte Wärme

%

Eingespeicherte Wärme

- Geringe Speicherkosten

Kosten

€

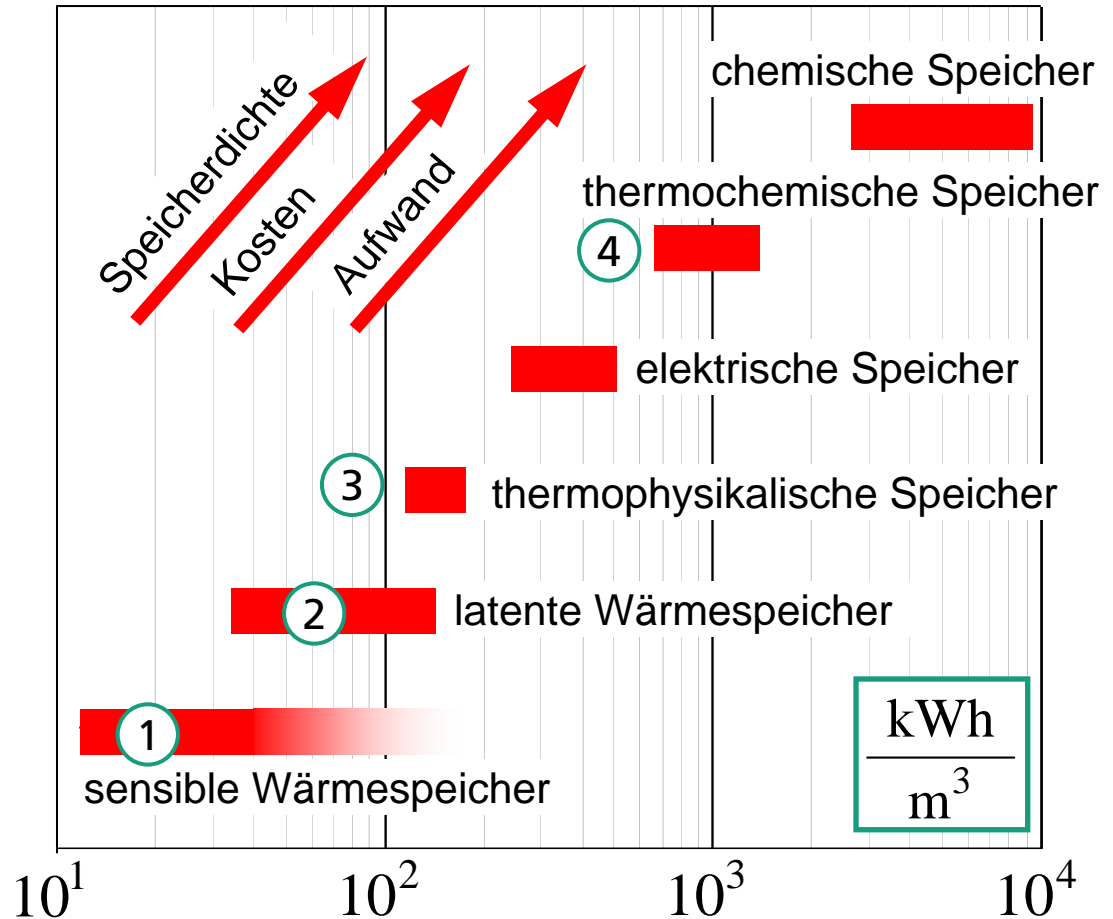
Wärmemenge

kWh

# Wärmespeichertechnologien

## Wärmespeicher:

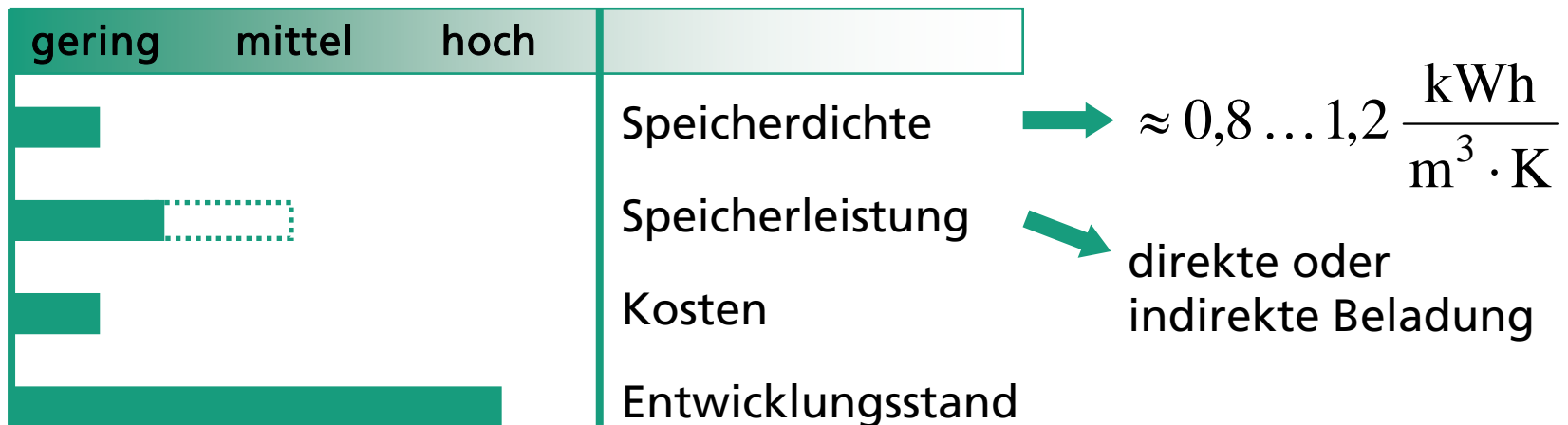
- ① „fühlbare“ Wärme  
→ sensible Wärme
- ② „verborgene“ Wärme  
→ latente Wärme
- ③ Bindungswärme  
→ thermophysikalisch
- ④ Reaktionswärme  
→ thermochemisch



# Wärmespeichertechnologien

## Sensible Wärmespeicher:

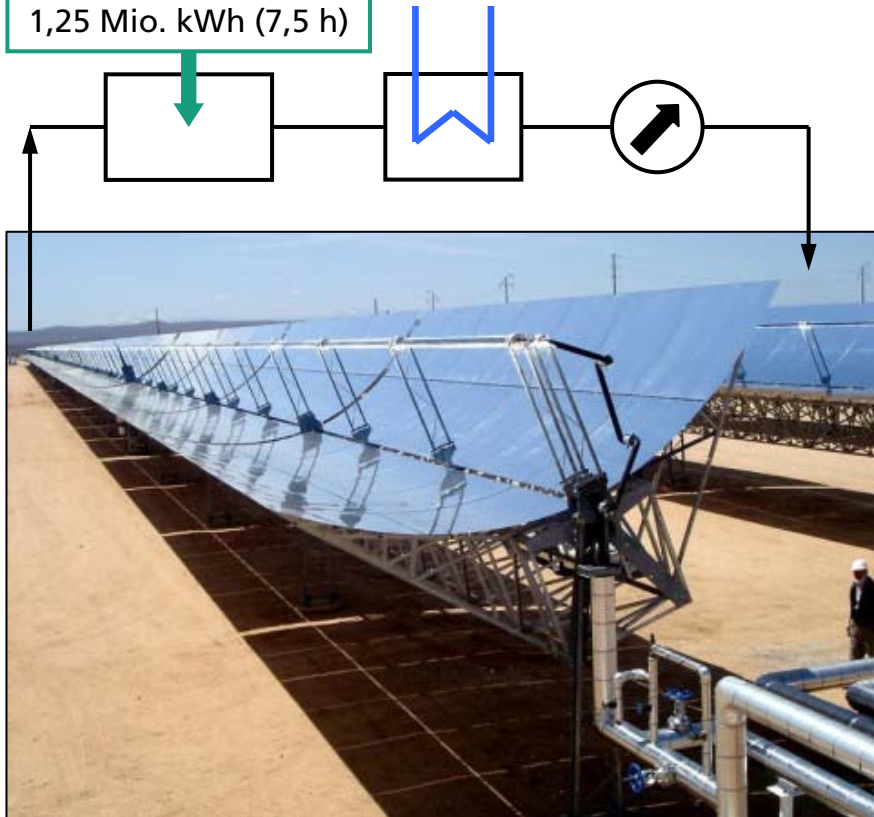
- Nutzung der spezifischen Wärmekapazität eines Stoffes (fest, flüssig)
  - Temperaturänderung beim Be- und Entladen („fühlbare Wärme“)
  - Wasser für  $0\text{ °C} < T < 100\text{ °C}$
  - Beton, Keramik, Öle, Flüssigsalze, Sand, Erdreich
- Haustechnik – Solarthermie, Hochtemperatur-Solarkraftwerke



# Wärmespeichertechnologien

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

104 m<sup>3</sup> Wasser bei  $\Delta T = 10$  K  
Speicherkapazität 1.250 kWh



Kollektor eines Parabolrinnenkraftwerkes in Andalusien  
(Foto: Solar\_Millennium\_AG)

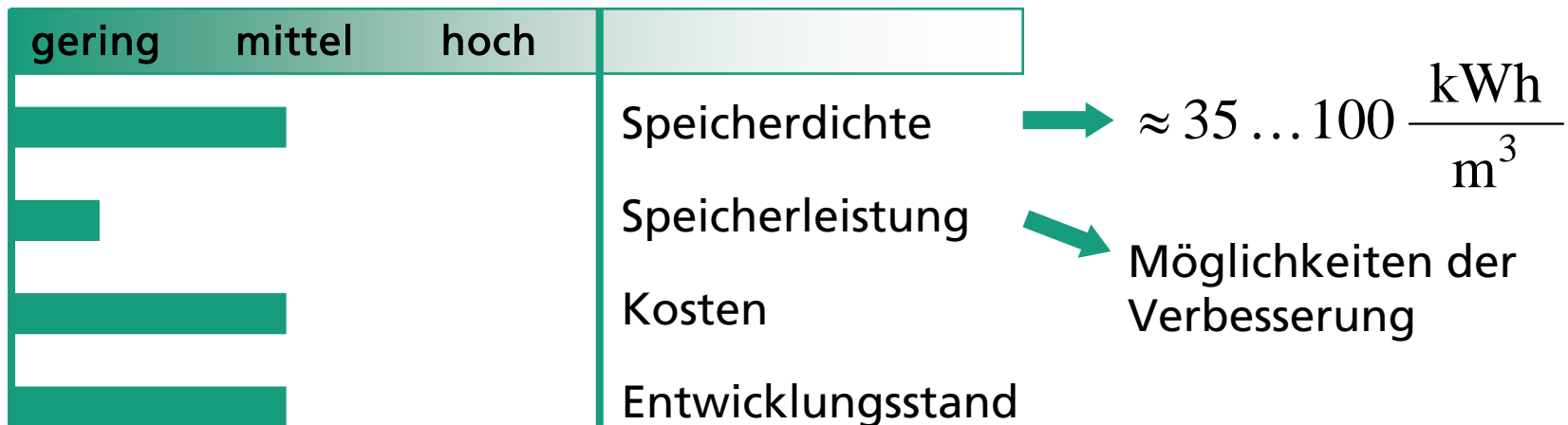


Saisonal 104 m<sup>3</sup> Wasserspeicher als zentrales Element eines Hauses,  
Wettbewerbstrag 10, R. Schwicker, Hauffstraße 20, 72660 Beuren

# 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](http://www.latherm.de) )



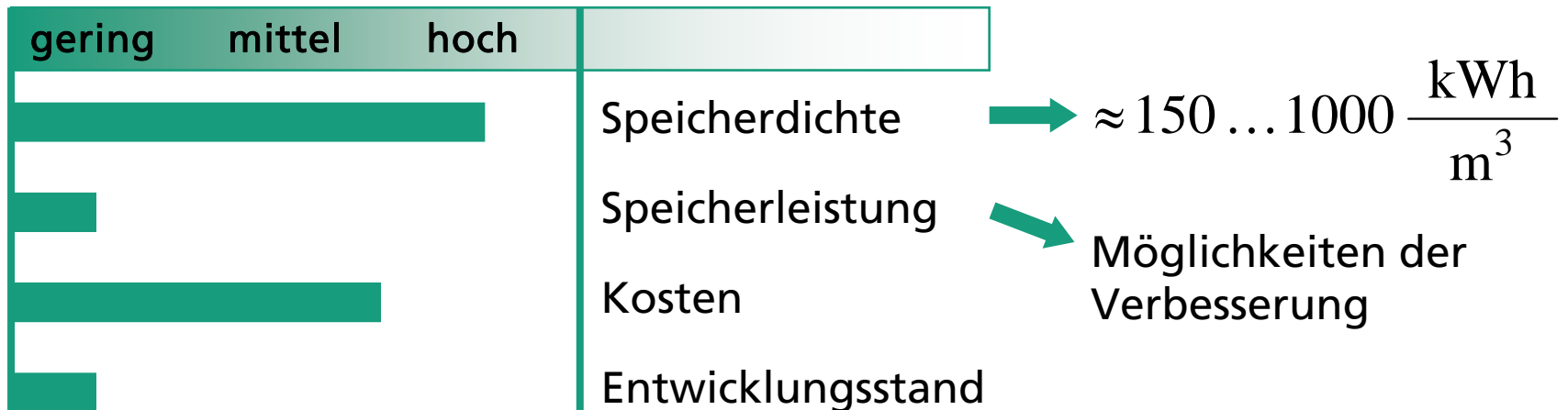
**Latentwärmезellensystem der Powertank GmbH**  
(Quelle: Datenblatt Powertank GmbH, Sonneberg)



# Wärmespeichertechnologien

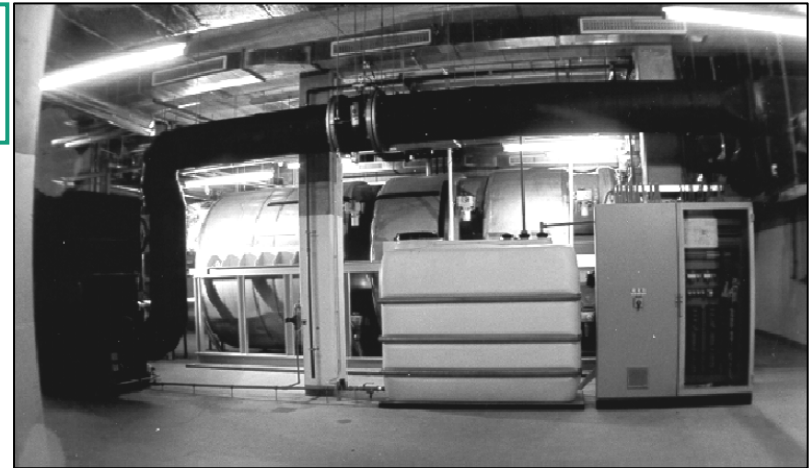
## Sorptionsspeicher / thermochemische Speicher:

- 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)  $\text{MeH}_2 \rightarrow \text{Me} + \text{H}_2$



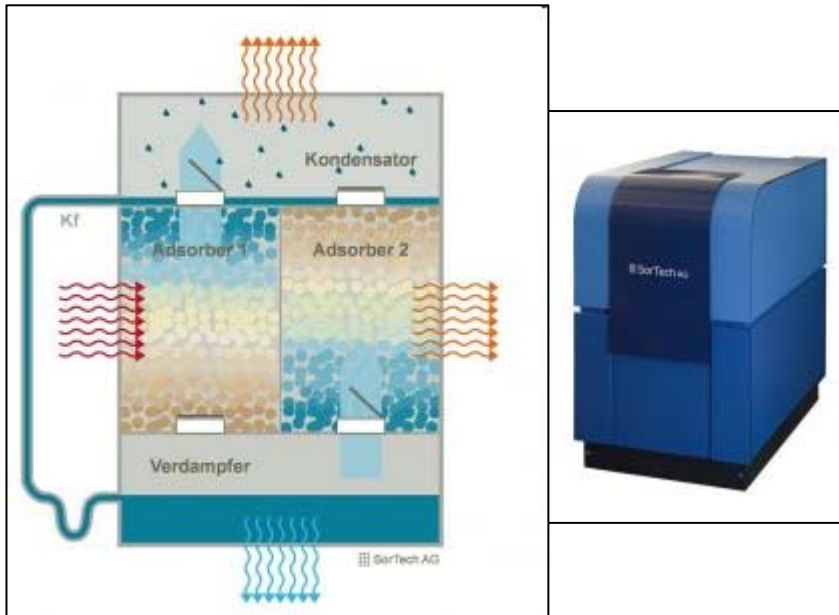
# Wärmespeichertechnologien

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



(Bildquelle: [www.zae-bayern.de](http://www.zae-bayern.de))

Solare und thermische Klimatisierung mit  
Adsorptionskältemaschinen der SorTech AG



(Bildquelle: [www.sortech.de](http://www.sortech.de))

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



(Bildquelle: [www.zeo-tech.de](http://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

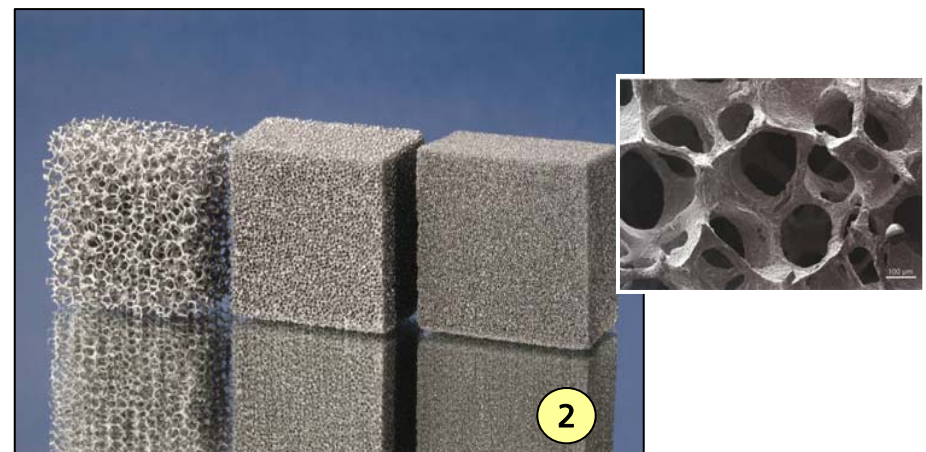
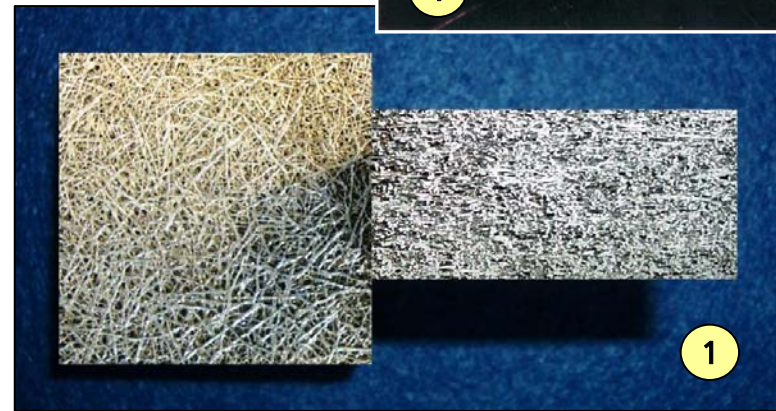
## Zellulare metallische Werkstoffe

- 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





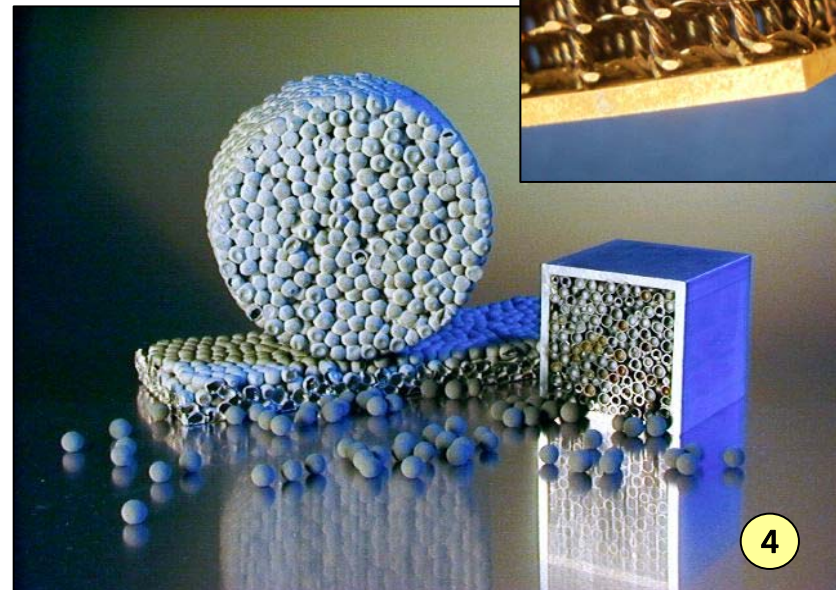
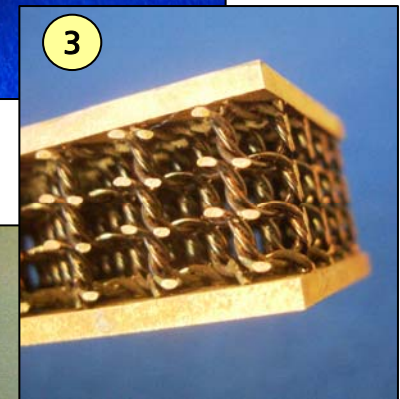
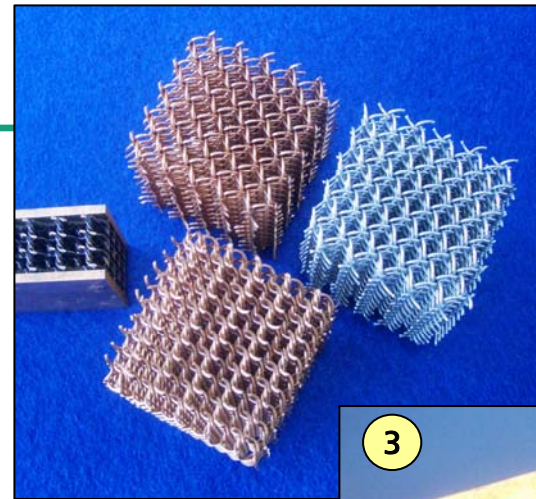
# Arbeiten am Fraunhofer IFAM

## 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**

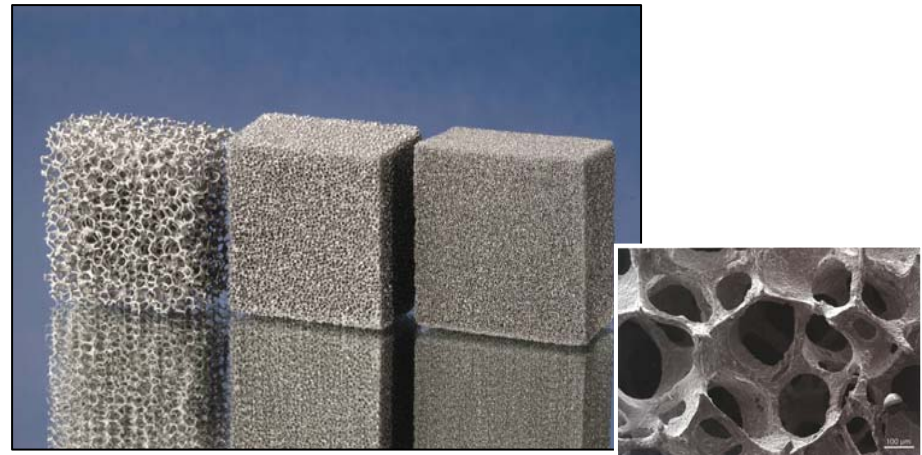
- Auffüllen der Hohlräume (bis 95 %) mit Wärmespeichermaterial (PCM)
  - Metallfaserstrukturen
  - Metallschäume
- **Effekt:** Metall als Wärmeleitstruktur



- PCM = Paraffin
- Aluminium-Faserstruktur  
Porosität 85 %

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

- Speicherkinetik

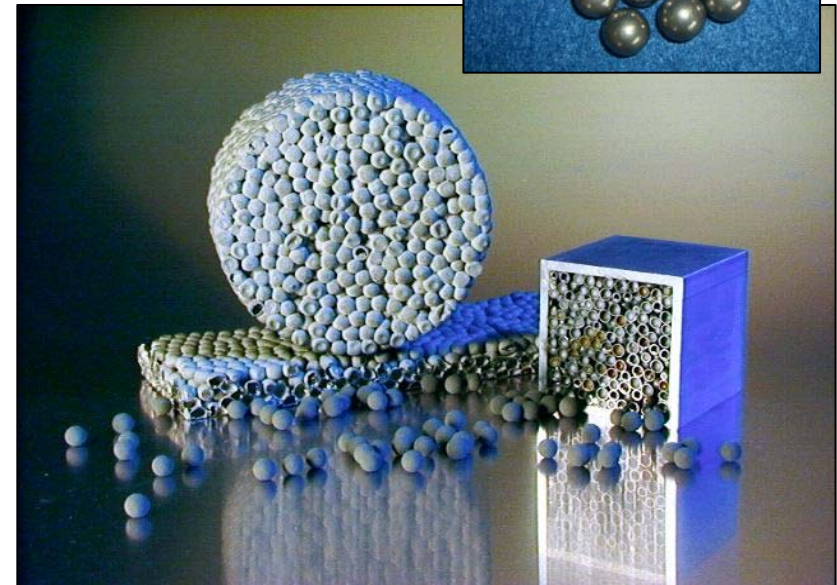
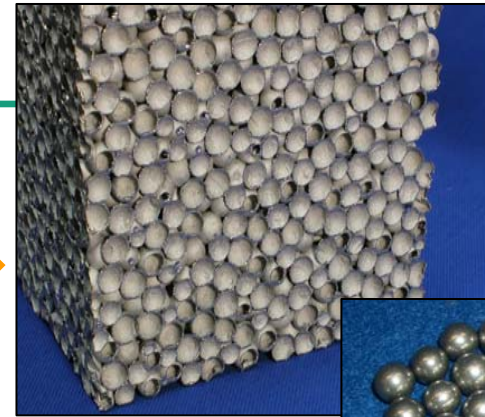
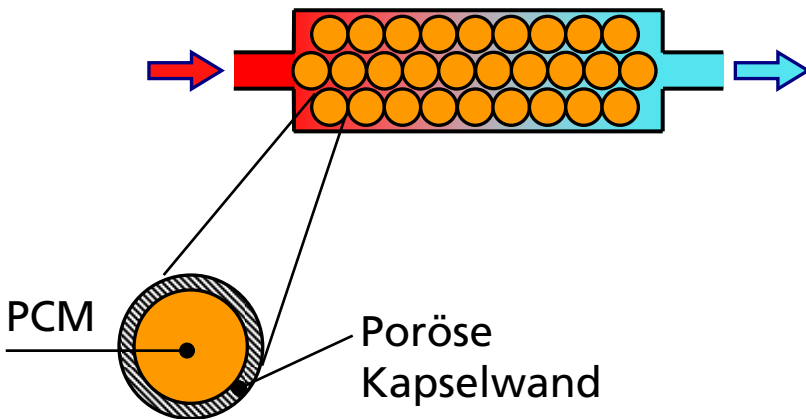


# Arbeiten am Fraunhofer IFAM

## Fokus **Latentwärmespeicher**

- Infiltration des flüssigen PCM in evakuierte Hohlkugeln

→ Hohlkugelstrukturen



### ■ Effekte:

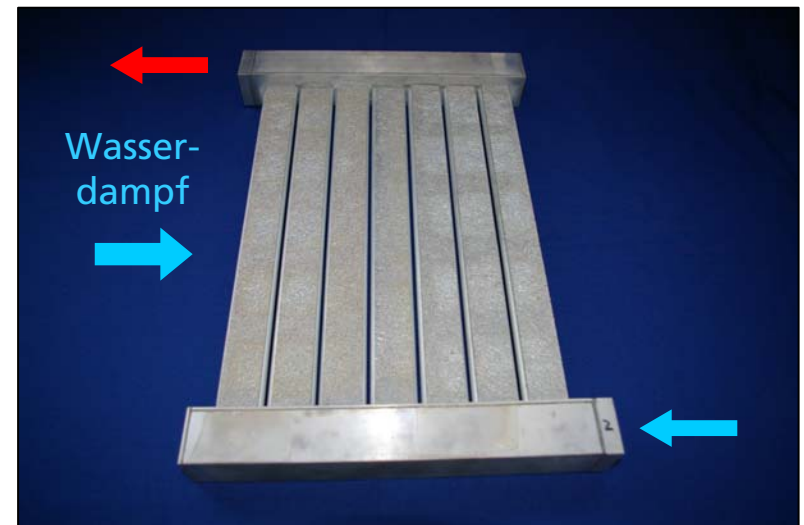
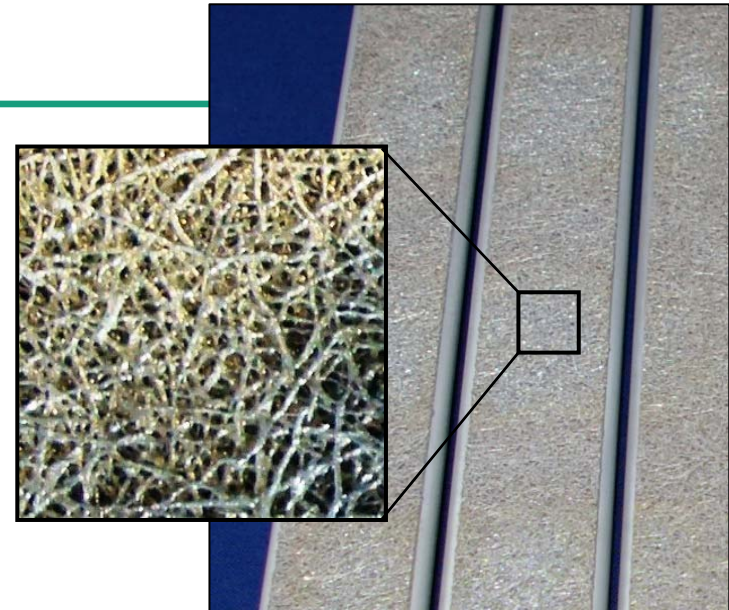
1. Erhöhung der Kontaktfläche
2. Kurze Transportwege



# Arbeiten am Fraunhofer IFAM

## Fokus Sorptionsspeicher

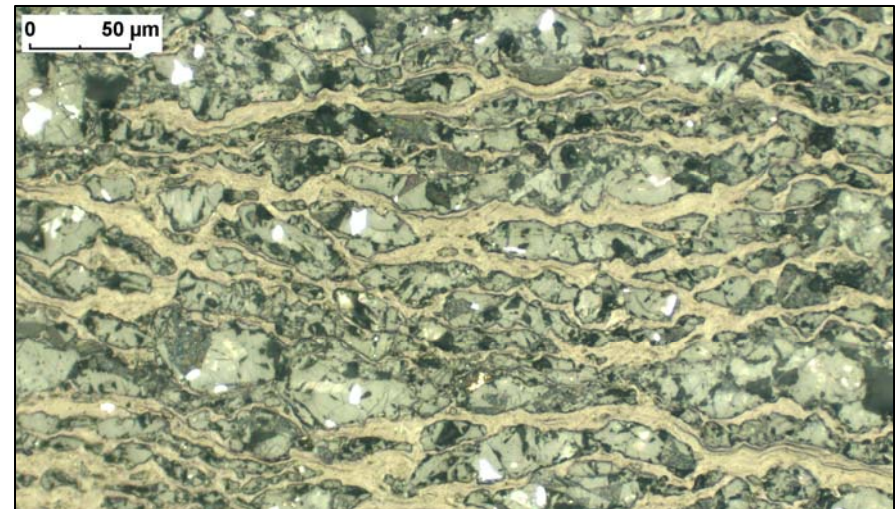
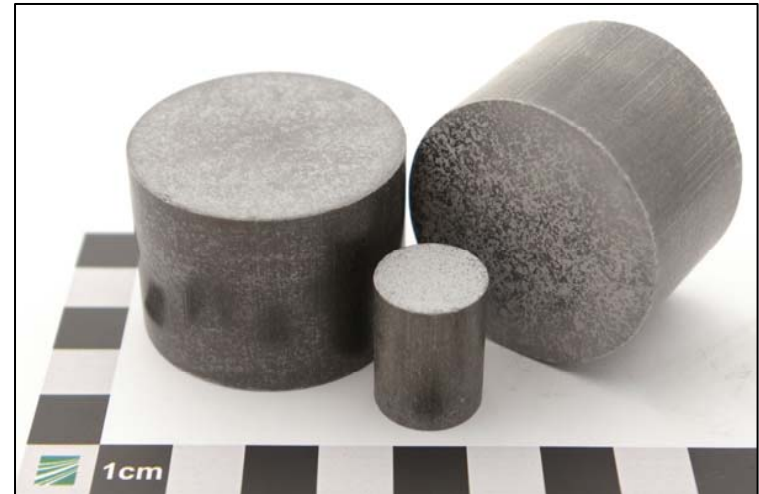
- Beschichten einer Metallstruktur mit dem festen Speichermaterial (Zeolith)
  - Metallfaserstrukturen
  - Faseroberfläche beschichtet
- **Effekte:**
  1. Metall als Wärmeleitstruktur
    - siehe PCM
  2. Poren für Strömung
    - 80 % und mehr
  3. riesige Kontaktfläche
    - mehrere 10.000 m<sup>2</sup>/m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



# 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



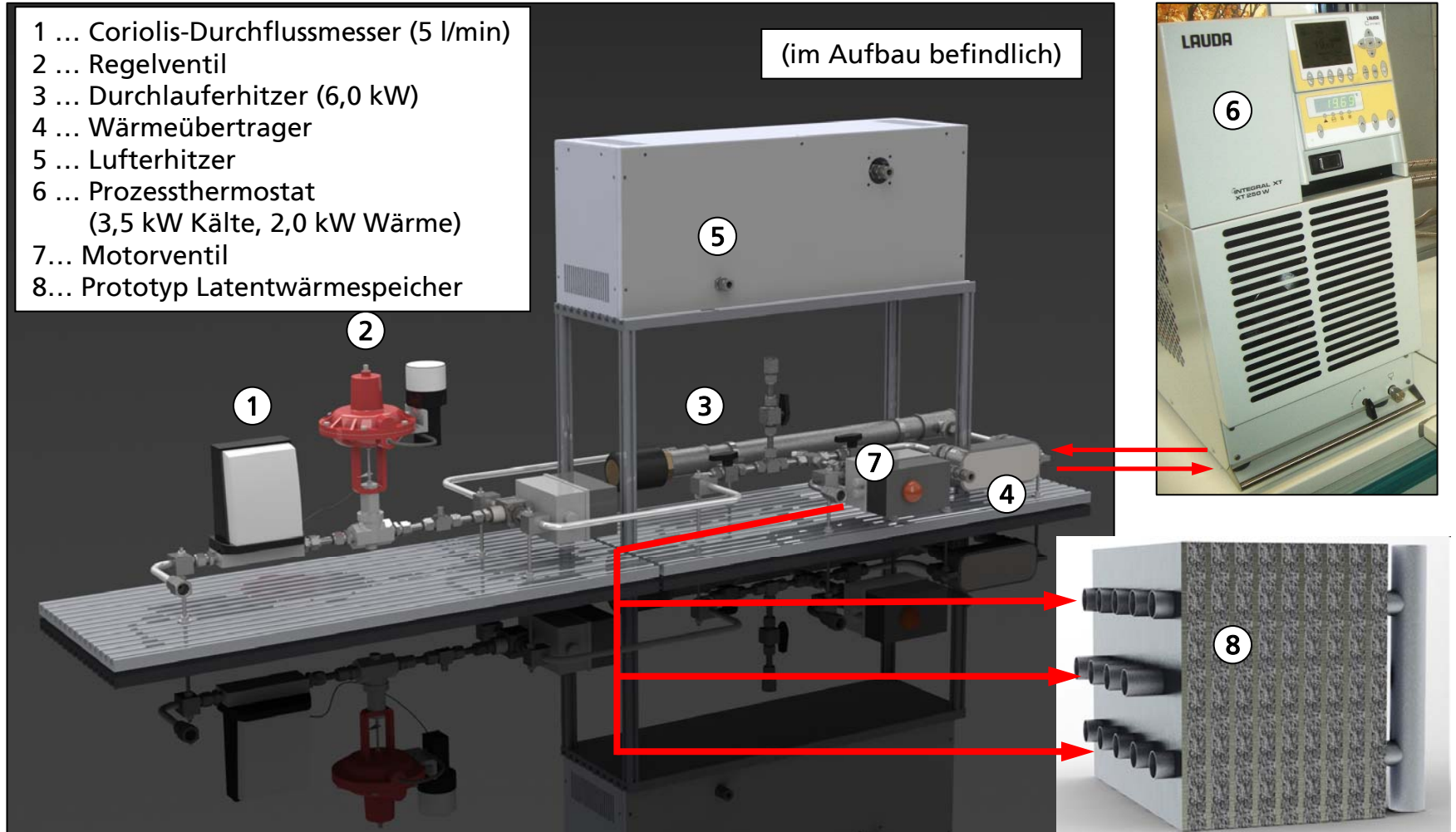
➔ AG Wasserstofftechnologie  
Fraunhofer IFAM Dresden

# 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](mailto:jens.meinert@ifam-dd.fraunhofer.de)  
[sven.synowzik@ifam-dd.fraunhofer.de](mailto:sven.synowzik@ifam-dd.fraunhofer.de)

Web: [www.ifam-dd.fraunhofer.de](http://www.ifam-dd.fraunhofer.de)