

# Basismechanismen zur Steuerung der Temperaturverteilung mittels thermo-aktiver Werkstoffe

Teilprojekt C02

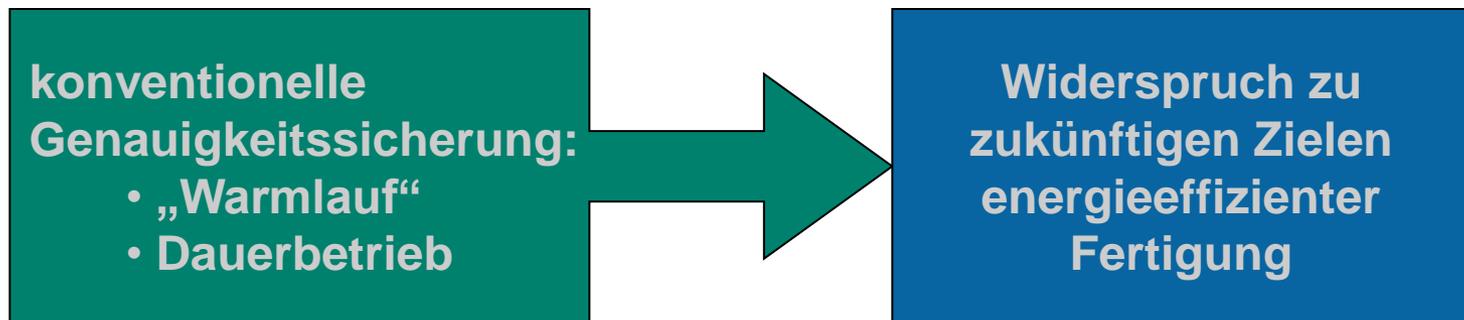
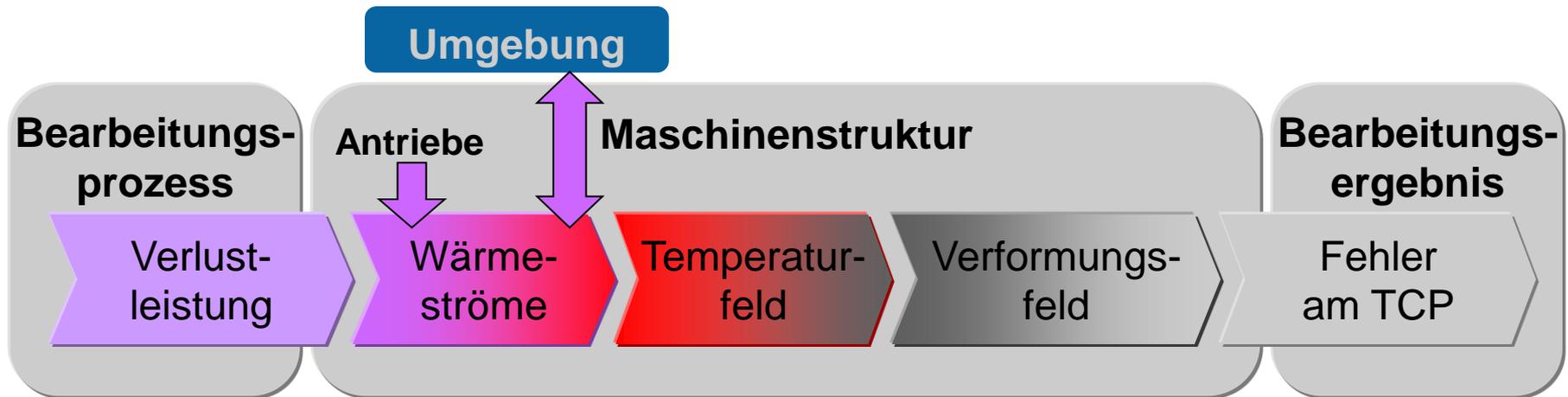
*R. Neugebauer, W.-G. Drossel,*

*C. Ohsenbrügge, C. Hannemann, A. Bucht*

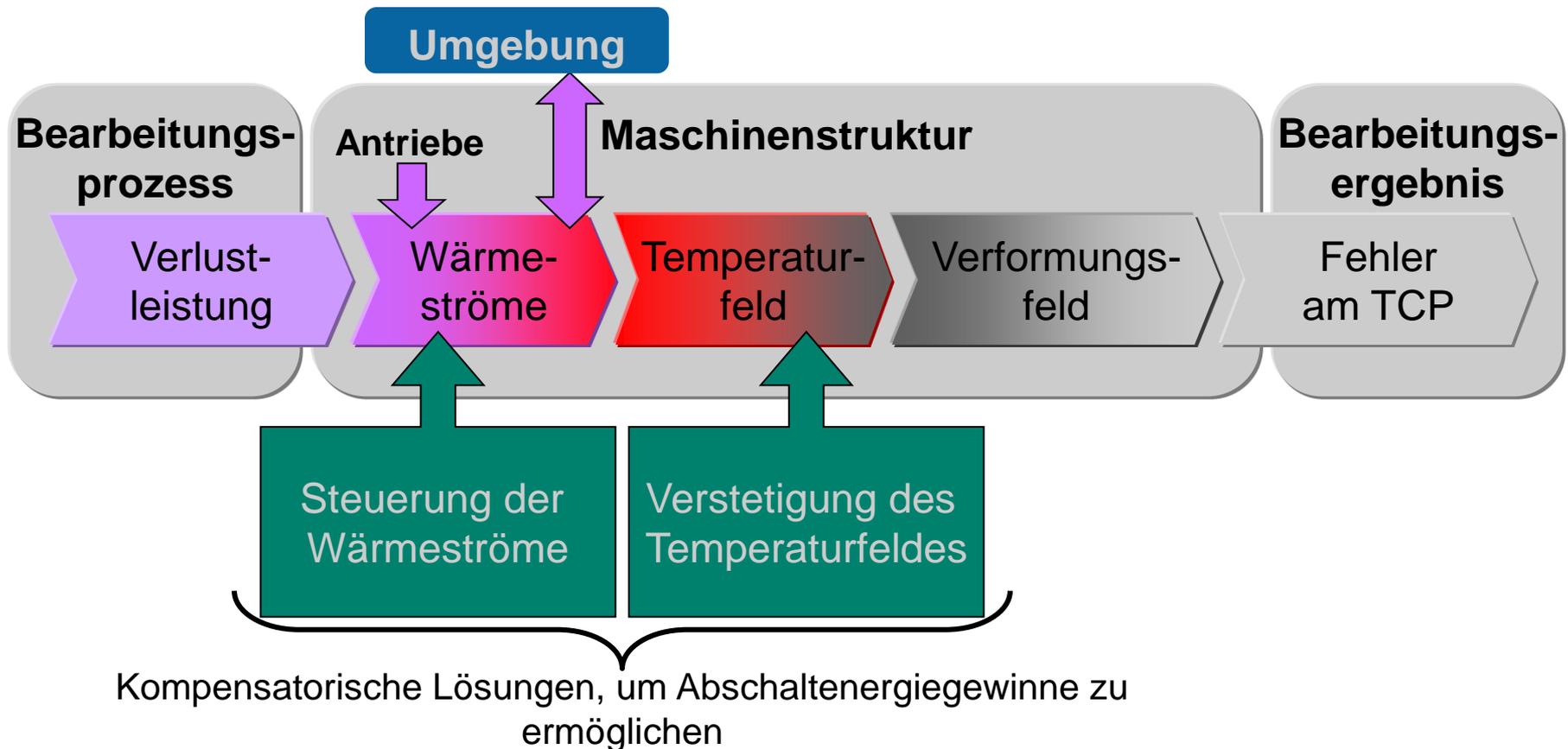
# Gliederung

- Grundlegende Problematik
- Lösungsansatz
- Thermischer Speicher
  - Phase-Change-Material (PCM)
- Schaltbarer Wärmeübergang:
  - Formgedächtnislegierungen (FGL)
  - Magnetorheologische Fluide (MRF)
- Angriffspunkte

# Grundlegende Problematik



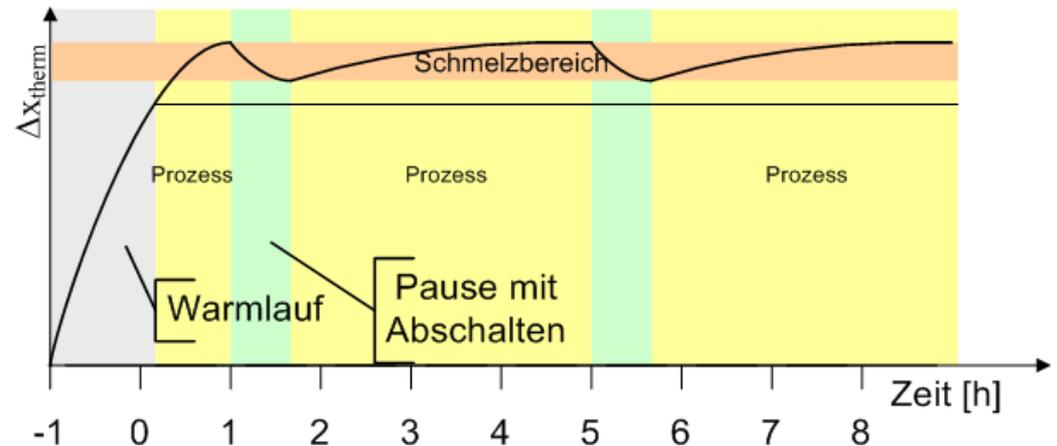
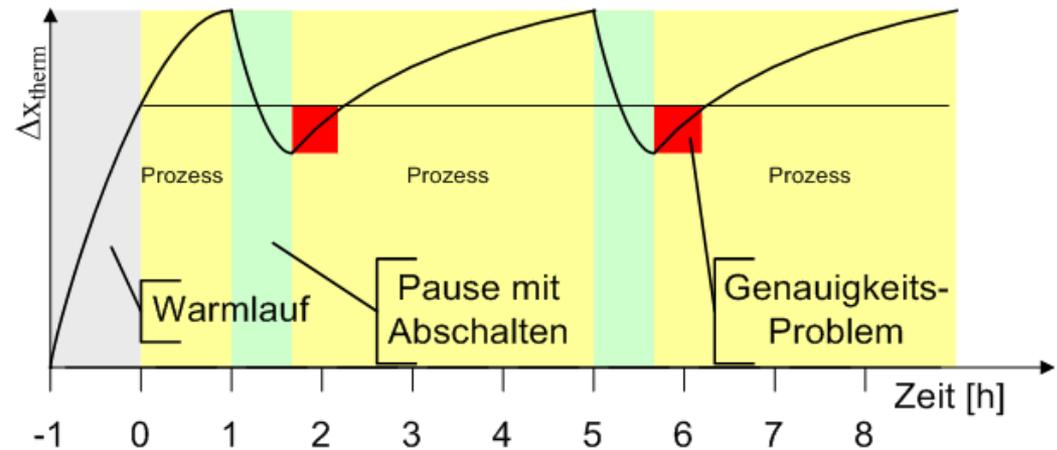
# Grundlegende Problematik



# Lösungsansatz

## Zusätzliche Wärmeträgheiten

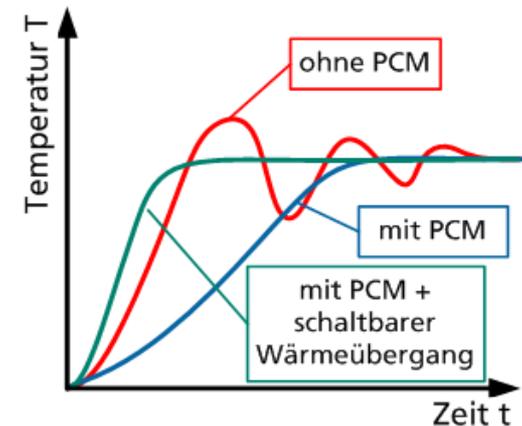
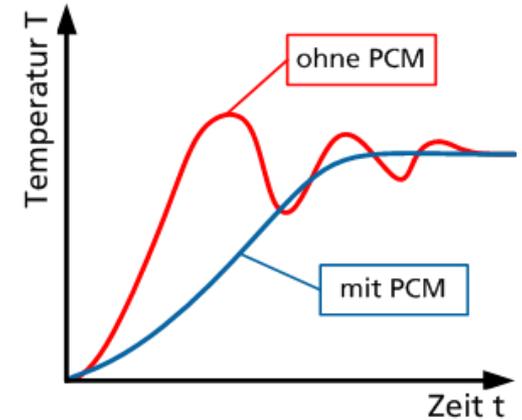
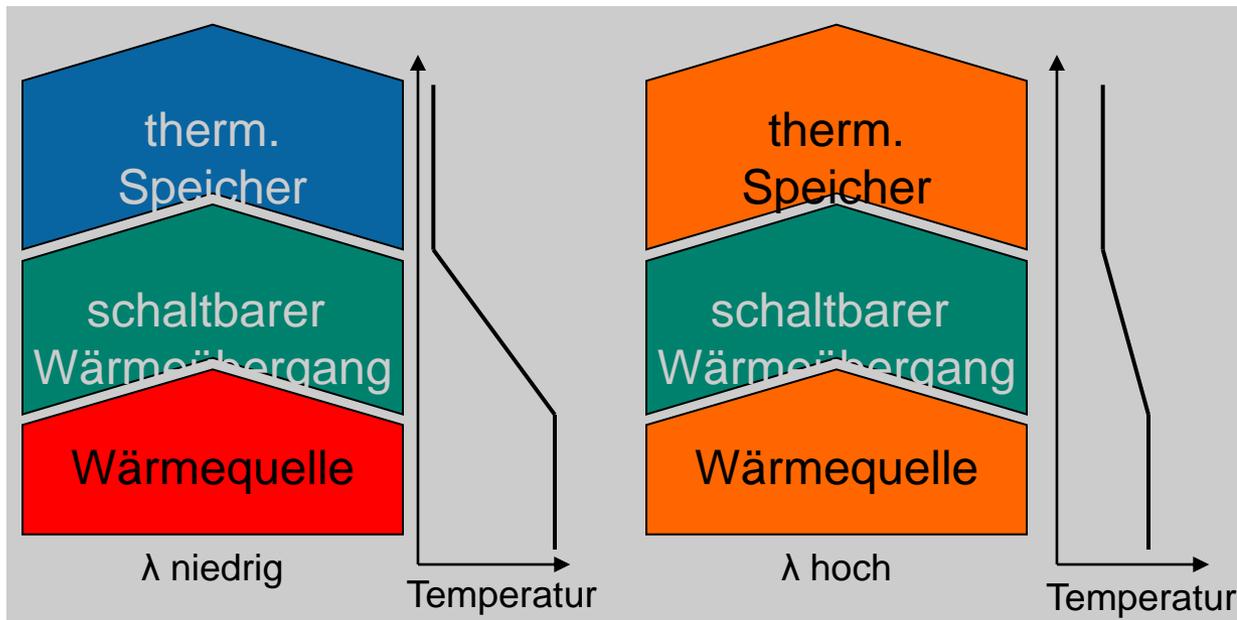
- zeitlich inhomogenes Temperaturfeld
- Pausen mit Abschalten führen zu Genauigkeitsproblem
- Latentwärmespeicher (PCM) als erhöhte thermische Trägheit
- hohe Schmelzenthalpie verringert Temperaturschwankungen
- Nachteil: längere Warmlaufphase bis zum Erreichen des thermischen Beharrungszustands



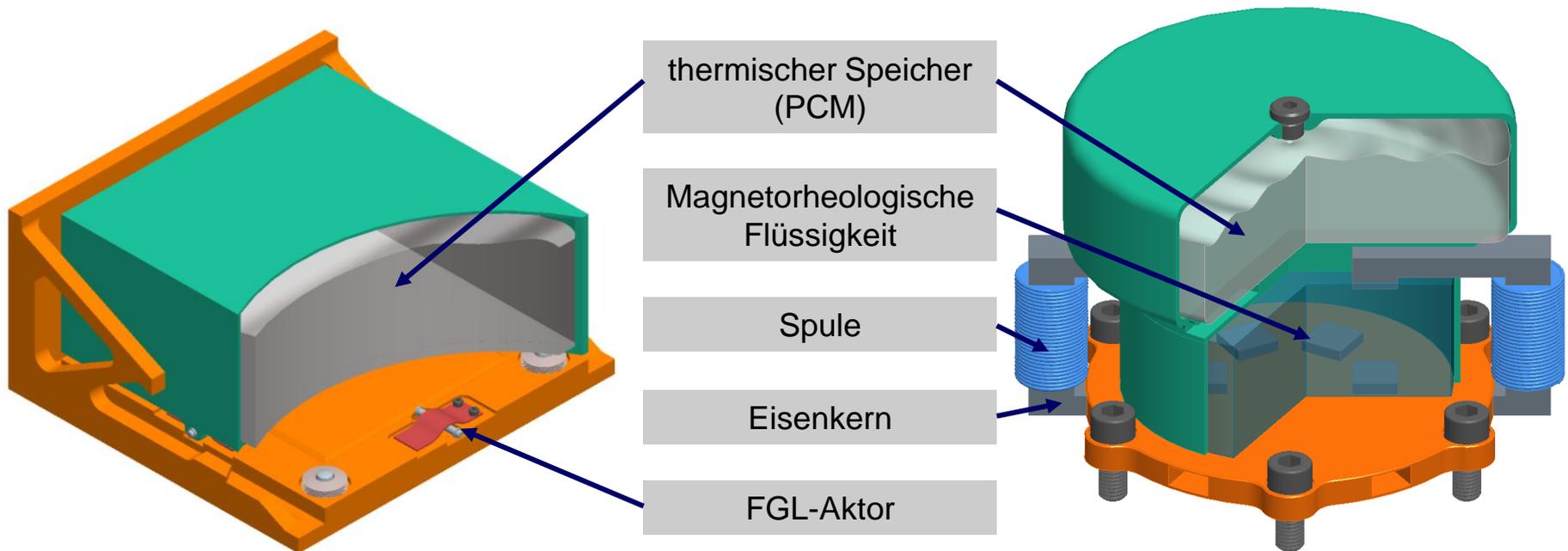
# Lösungsansatz

## Schaltbare Wärmeleitung

- gezielte An- und Abkopplung der zusätzlichen thermischen Trägheiten
- aktiv oder passiv gesteuerte Beeinflussung von Wärmeströmen im Gestell



# Lösungsansatz



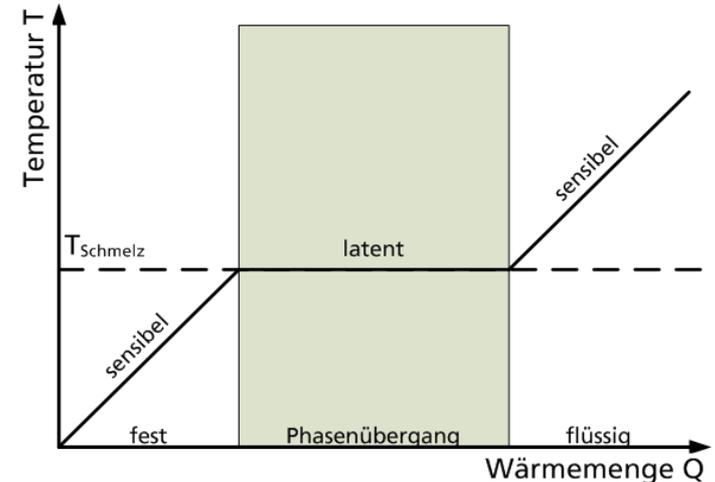
# Thermischer Speicher

## Phasenwechselmaterial

- Paraffin dient als Latentwärmespeicher
- mögliche Schmelztemperaturen von  $-10\text{ °C}$  bis  $+100\text{ °C}$
- Schmelzenthalpie  $120\text{ kJ/kg}$  bis  $215\text{ kJ/kg}$
- Wärmekapazität Stahl:  $0,47\text{ kJ/kgK}$   
→  $\Delta T=460\text{ K}$  für gleiche speicherbare Wärme



- geringe thermische Leitfähigkeit wird durch Metallschaummatrix ausgeglichen

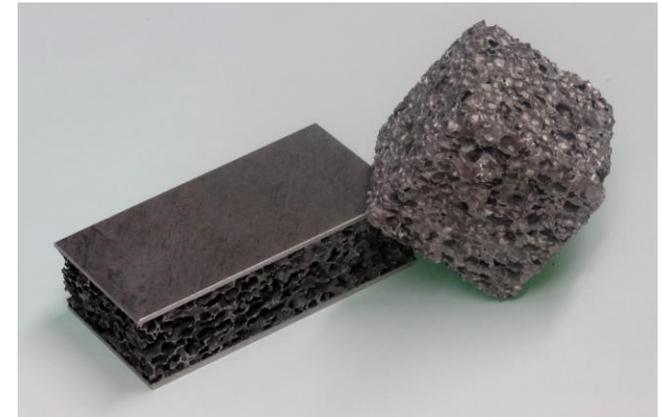


Material	Rubitherm Paraffin (RT)	Aluminium-Schaum ( $0,7\text{ g/cm}^3$ )	Aluminium
$\lambda\text{ [W/mK]}$	0,2	~20	235

# Thermische Trägheiten

## Metallschaum als Trägermatrix

- pulvermetallurgisches Verfahren
- geschlossene Poren mit Mikrorissen
- gute Wärmeleitfähigkeit
- mechanische Stabilität
- Infiltrierbarkeit



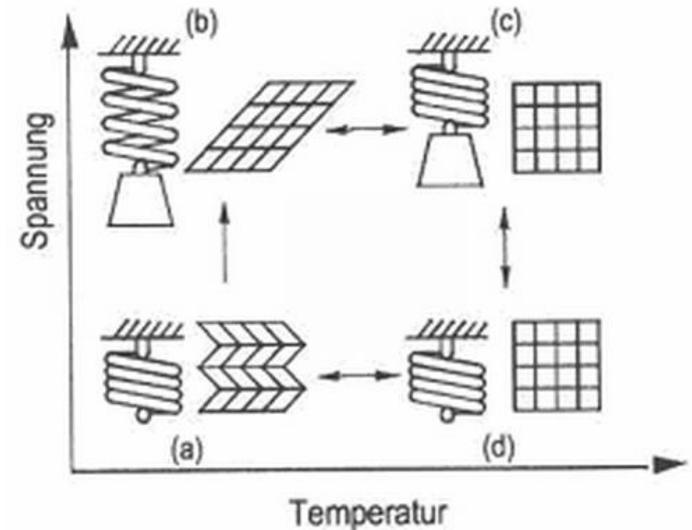
reines PCM (fest)		Werkstoffverbund
0,2 W/mK	$\lambda$	20 W/mK
213.500 J/kg	$h_{lat}$	94.300 J/kg
880 kg/m <sup>3</sup>	$\rho$	1254 kg/m <sup>3</sup>
2.100 J/kgK	$c_p$	1.430 J/kgK
245.000 J/kg	$Q$	115.700 J/kg

0,7 g/cm<sup>3</sup>,  
85% Infiltration  
 $\Delta T = 15 K$   
Massenanteile:  
44 % PCM  
56 % Aluminium

# Schaltbarer Wärmeübergang: FGL

## thermische Formgedächtnislegierungen

- Nickel-Titan-Legierung
- Spannungs-Dehnungs-Verhalten ist abhängig von Temperatur und mechanische Spannung
- durch Formgedächtniseffekt aktorische Wirkung möglich
- 4% Dehnung möglich (abhängig von der zu erreichenden Zyklenzahl)
- Blockierkräfte bis 200 N/mm<sup>2</sup>

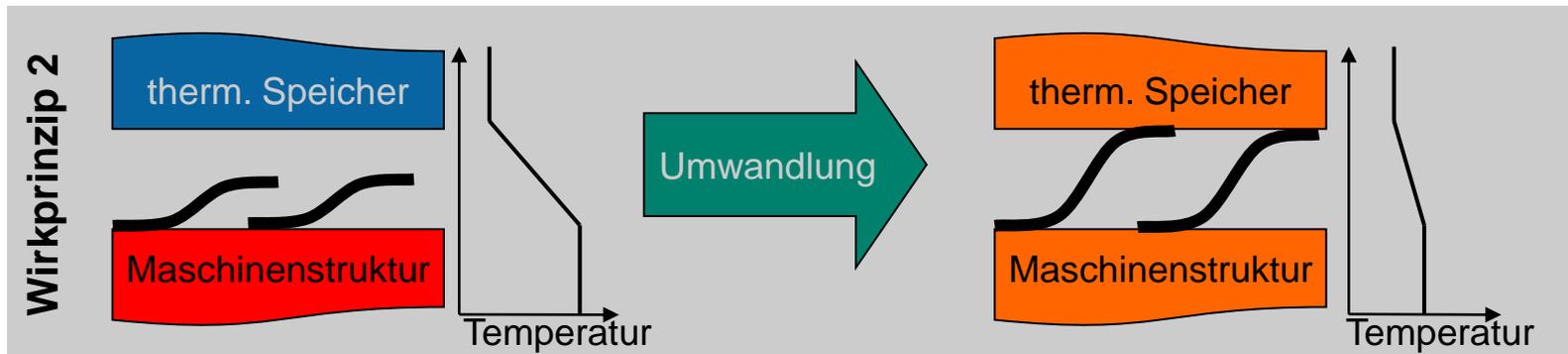


	Martensit	Austenit
<b>Dichte</b>	6.450 kg/m <sup>3</sup>	
<b>E-Modul</b>	~28-41 GPa	~83 GPa
$\lambda$	8,6 W/mK	18 W/mK

# Schaltbarer Wärmeübergang: FGL



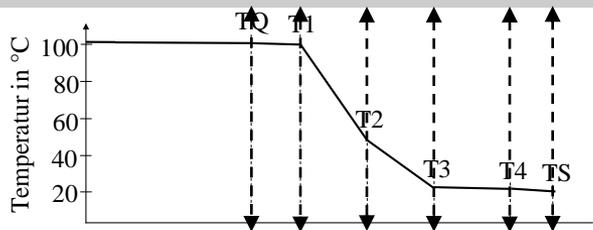
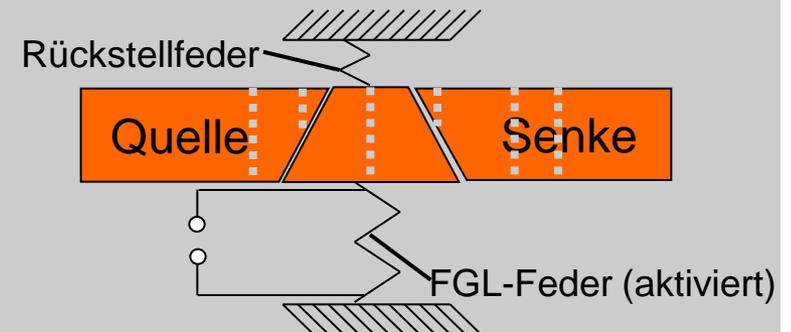
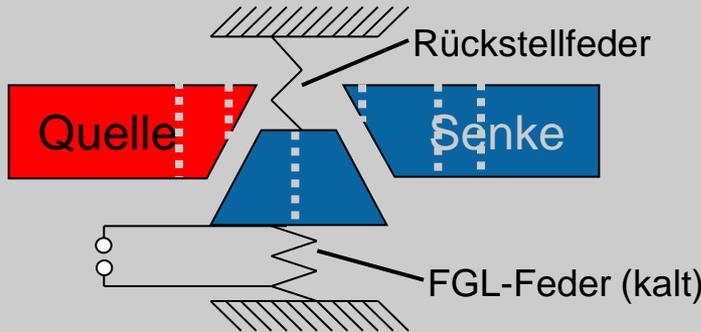
durch Phasenumwandlung wird Anpresskraft erhöht (thermischer Kontaktwiderstand sinkt) und Wärmeleitfähigkeit des FGL erhöht



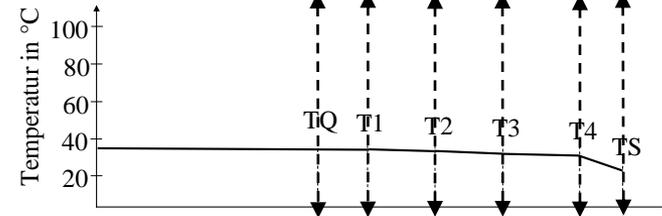
geometrische Änderung der Kontaktbedingung

# Schaltbarer Wärmeübergang: FGL

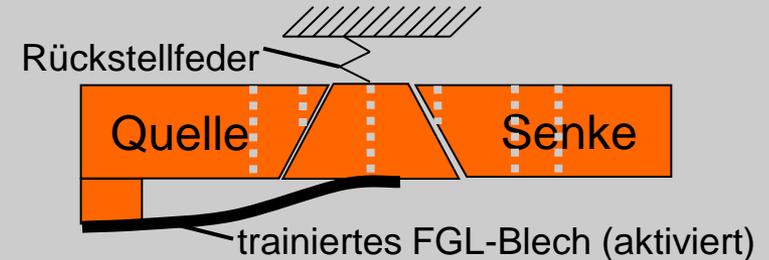
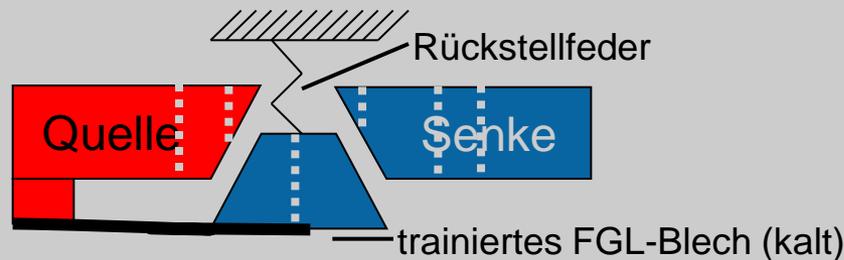
## Aktiv schaltbare Wärmebrücke



Steigerung  $\lambda$  um Faktor 47



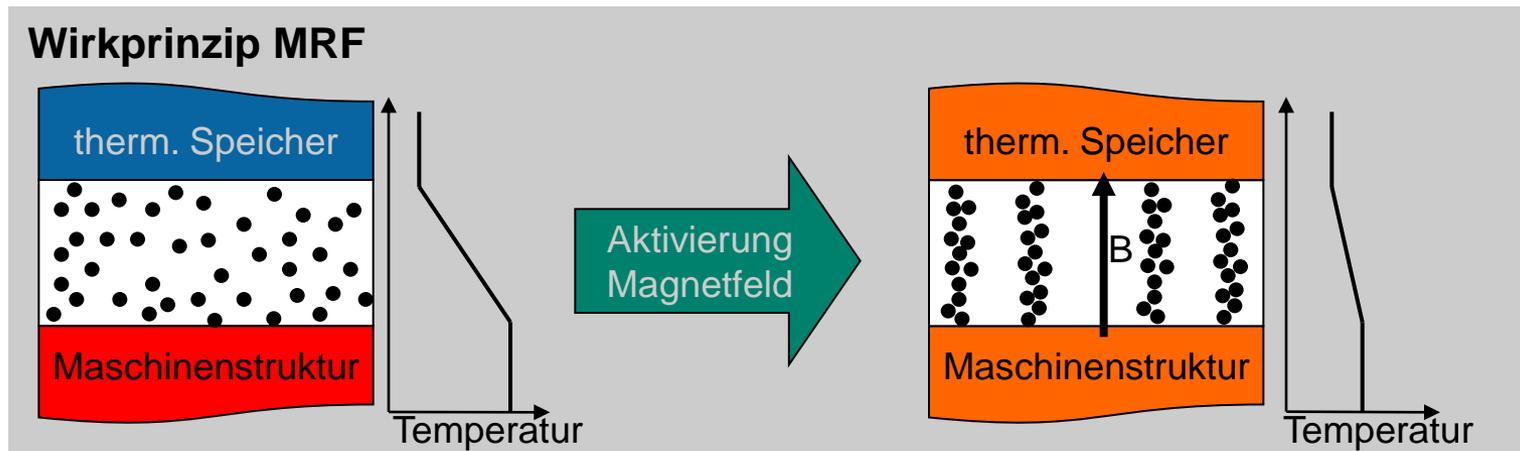
## energieautarke variable Wärmebrücke



# Schaltbarer Wärmeübergang: MRF

## Magnetorheologische Fluide

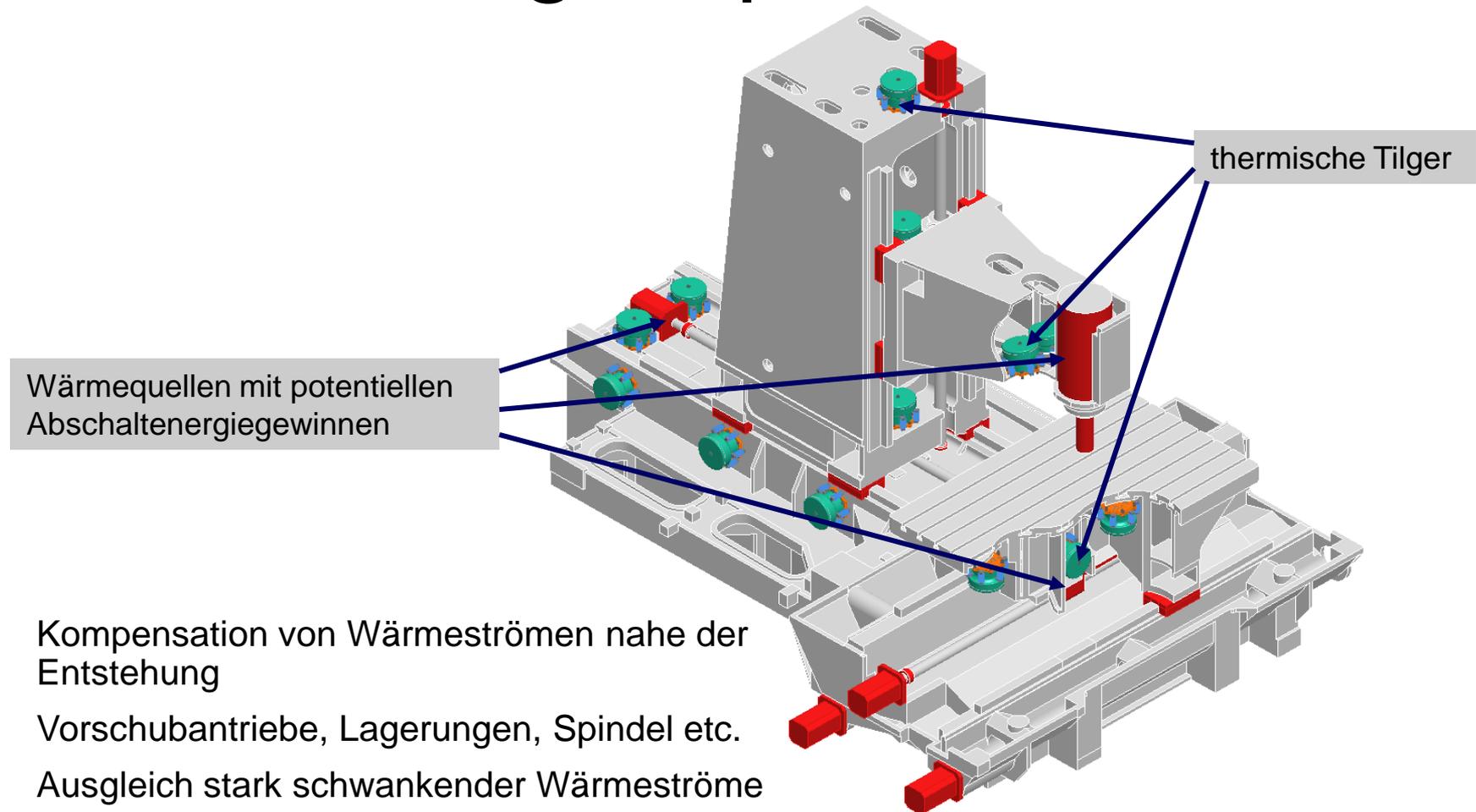
- Suspension ferromagnetischer Partikel
- Ausbildung von Partikelketten unter Magnetfeldeinfluss
- bisherige technische Anwendung: magnetfeldabhängige Viskosität



## Kommerziell verfügbares MRF (auf mech. Eigenschaften optimiert):

Steigerung der Wärmeleitfähigkeit durch Magnetfeld um 90% (bei 30% Volumengehalt)

# Angriffspunkte



# Zusammenfassung

## Thermischer Speicher

- Phase-Change-Material als zusätzliche thermische Kapazität
- Metallschaum als Trägermaterial

## schaltbarer Wärmeübergang

- Formgedächtnislegierung
  - Anpressdruck
  - Änderung der Materialeigenschaften
  - geometrische Änderung der Kontaktbedingungen
- Magnetorheologische Fluide
  - Beeinflussung der Wärmeleitfähigkeit durch magnetisches Feld



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Christoph Ohsenbrügge

 Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

Nöthnitzer Str. 44, 01187 Dresden

 +49 (0)351 / 4772 – 2342

 christoph.ohsenbruegge@iwu.fraunhofer.de