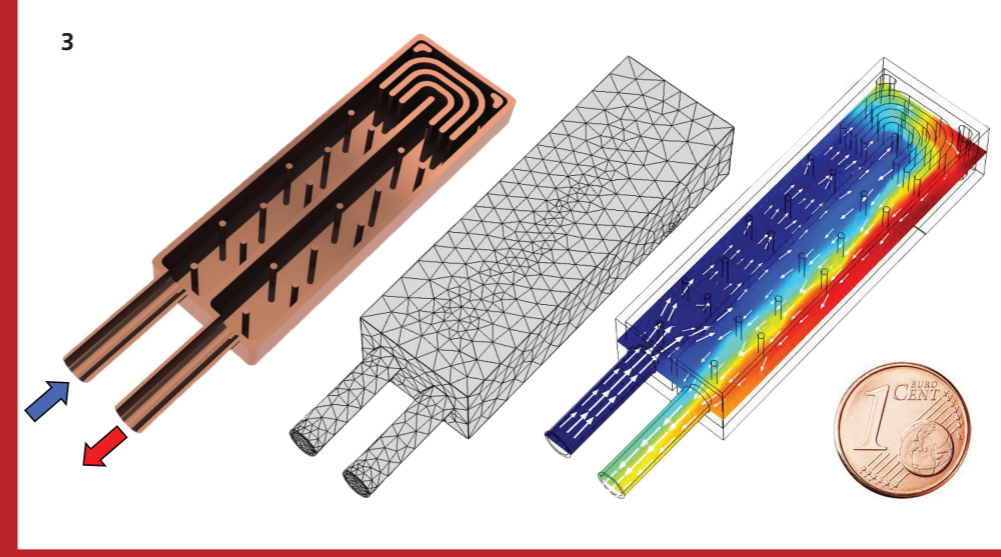
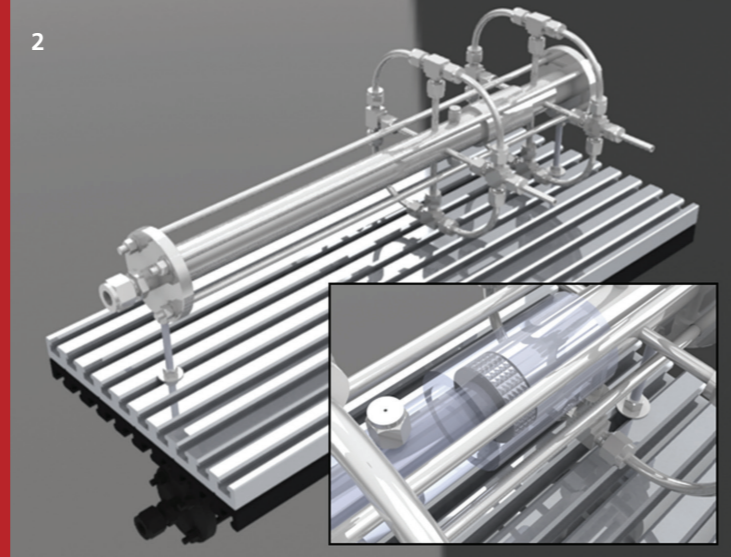
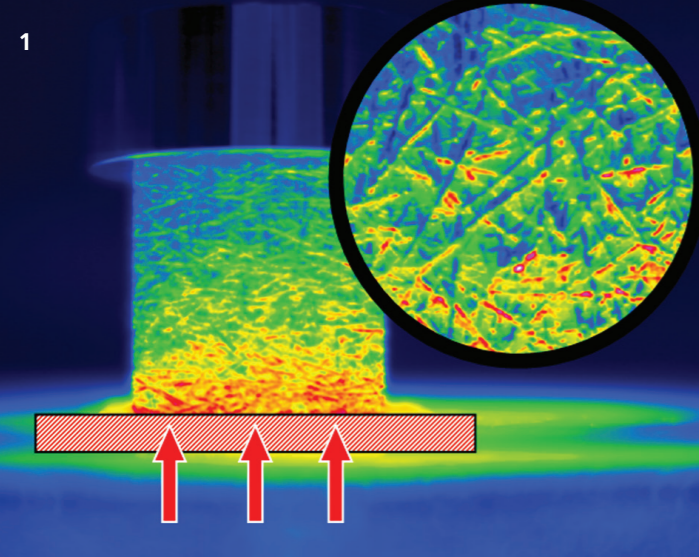


ENERGIE UND THERMISCHES MANAGEMENT





KOMPETENZEN

Das Hauptanliegen des Geschäftsfeldes Energie und Thermisches Management ist der Technologietransfer zwischen Werkstoffwissenschaftlern und Energietechnikern in den Bereichen

- effiziente Speicherung thermischer Energie (Wärme - Kälte),
- Optimierung von Wärmeübertragungsvorgängen (Heizen - Kühlen - Verdampfen - Kondensieren) sowie
- Lösung anspruchsvoller Aufgaben im Bereich des thermischen Managements.

Darüber hinaus werden beliebige thermodynamische und strömungstechnische Fragestellungen auch ohne Bezug zu den entwickelten Werkstoffen bearbeitet, wie beispielsweise

- die wärmetechnische Auslegung energie- bzw. verfahrenstechnischer Komponenten.

Die Mitarbeiter des Geschäftsfeldes verfügen über ein breit gefächertes und fundiertes Fachwissen aus langjähriger Berufserfahrung bei der experimentellen Untersuchung sowie mathematischen Modellierung komplexer Wärme-, Impuls- und Stofftransportvorgänge.

LEISTUNGEN

In erster Linie leistet das Geschäftsfeld kompetente Unterstützung bei der Entwicklung energie- und verfahrenstechnischer Systeme und Anlagen für variable Anwendungen und in multiplen Größenskalen.

Das Angebot richtet sich insbesondere an Partner im Bereich der gewerblichen Wirtschaft oder der Forschung, die an der Bereitstellung von werkstoffwissenschaftlichem und thermodynamischem Know-how „aus einer Hand“ interessiert sind.

Stellvertretend für die Vielfalt der im Geschäftsfeld bearbeiteten Komplexe sollen hier genannt sein:

- die wärme- und strömungstechnische Auslegung einzelner Komponenten bzw. kompletter technischer Anlagen wie z. B.
 - effiziente Wärmeübertrager,
 - thermische Hochleistungsspeicher,
 - Verdampfer/Kondensatoren,
 - leistungsstarke Temperiersysteme,
 - Mikrokühlsysteme u. v. m.,
- die Definition von Anforderungen an optimale Werkstoffsysteme und die Interaktion mit den entsprechenden Spezialisten,
- die Charakterisierung und mathematische Beschreibung thermischer und strömungsmechanischer Materialeigenschaften,
- die messtechnische Validierung einzelner Baugruppen bzw. prototypischer Systeme.

Zu den Kernkompetenzen in den Bereichen thermische Speicherung bzw. Wärmetransport und thermisches Management zählen

- die Berechnung (in-)stationärer Temperaturfelder in (an-)isotropen Systemen,
- die Modellierung von Stoff-, Impuls- und Wärmetransport unter variablen Randbedingungen (auch mit Phasenwechsel),
- die Messung und/oder Berechnung thermischer Zustands- und Transportgrößen von (Verbund-)Werkstoffen (Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, thermische Dehnung),
- die experimentelle Bestimmung thermischer und strömungstechnischer Kenngrößen wie Wärmeübergangskoeffizienten und Druckverlustbeiwerte.

METHODEN

Die Lösung einer wärme- und strömungstechnischen Aufgabenstellung lässt sich in der Regel auf unterschiedliche Art und Weise realisieren. Dies hängt insbesondere von den zur Verfügung stehenden zeitlichen und materiellen Ressourcen sowie der erforderlichen Genauigkeit und Extrapolierbarkeit der Ergebnisse ab.

Mathematische Methoden bieten den Vorteil der flexiblen Auslegung von Bauteilen und der komfortablen Simulation unterschiedlicher Betriebszustände. Zuverlässige Ergebnisse werden meist nur in Kombination mit experimentellen Untersuchungen – z. B. zur Bestimmung von Stoffdaten und Transportkoeffizienten oder Tests prototypischer Systeme – erreicht.

Wir offerieren Ihnen gern eine maßgeschneiderte Lösung!

Mathematische Modellierung

Empirische Beziehungen eignen sich zur Beschreibung gut bekannter Einzelphänomene (Wärmeübergang in Rohren) bzw. zur Auslegung kompletter Baugruppen (Rohrbündel-Wärmeübertrager).

Mit Hilfe eigener Algorithmen (z.B. MS Excel®, Visual Basic®, Delphi®) lassen sich die Bilanzgleichungen für den Impuls-, Wärme- und Stofftransport in vereinfachter Form lösen. Vorteilhaft sind dabei die Flexibilität der Programmierung und die leichte Adaptierbarkeit auf unterschiedlichste thermische Randbedingungen.

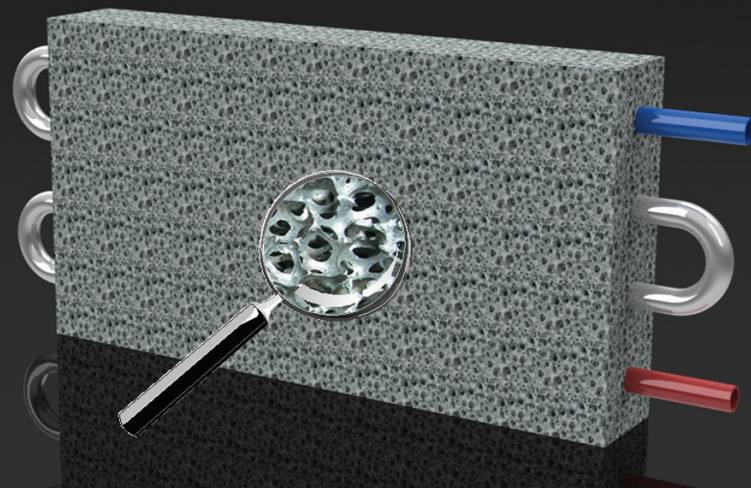
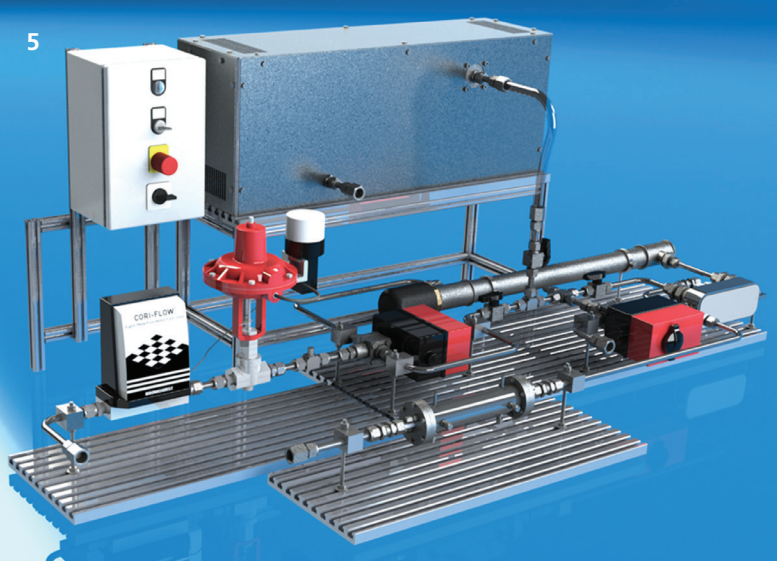
Für die numerische Simulation komplexerer Systeme wird das Programmsystem COMSOL Multiphysics® eingesetzt, das die Simulation multiphysikalischer Phänomene mit einem hohen Maß an nutzerspezifischen Optionen erlaubt.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
14	> Diskretisierung:			> axiale Diskretisierung				$\Delta x =$	40,8 mm		> Iteration:	ITER	2	ITER = 0	...	Reset						
15				> radiale Diskretisierung				$\Delta r =$	1,36 mm								ITER = 1	...	Iteration			
16				> Starttemperatur				$t_0 =$	28 °C		$\Delta t_{min} =$						ITER = 2	...	Überschreiben			
17				> Zeitschrittweite				$\Delta \tau =$	0,020 s													
18				> laufender Zeitschritt				$\tau =$	5,86 s		$k =$	90000					> Gesamtlänge	$L_{ges} =$	5100 mm			
20	ΣA_{ax}	0,00185669		Segment	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
21		A_{ax}		r / mm	x / mm	20,4	61,2	102	142,8	183,6	224,4	265,2	306	346,8	387,6	428,4						
22		m^2		25,7		27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92					
23		0,00020816		24,4		27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92					
24		0,00019654		23,0		27,91	27,91	27,91	27,91	27,91	27,91	27,91	27,91	27,91	27,91	27,91	27,91					
25		0,00018492		21,6		27,88	27,88	27,88	27,88	27,88	27,88	27,88	27,88	27,88	27,88	27,88	27,88					
26		0,00017330		20,3		27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84					
27		0,00016167		18,9		27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78					
28		0,00015005		17,6		27,70	27,70	27,70	27,70	27,70	27,70	27,70	27,70	27,70	27,70	27,70	27,70					
29		0,00013843		16,2		27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58					
30		0,00012681		14,8		27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43					
31		0,00011519		13,5		27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24	27,24					
32		0,00010357		12,1		26,98	26,98	26,98	26,98	26,98	26,98	26,98	26,98	26,98	26,98	26,98	26,98					
33		0,00009195		10,8		26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66					
34		0,00008032		9,4		26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25					
35		0,00006870		8,0		25,73	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73					
36		0,00005708		6,7		25,07	25,07	25,07	25,07	25,07	25,07	25,07	25,07	25,07	25,07	25,07	25,07					
37				R_t / KWV		1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728					
38		$t_{wt} / ^\circ\text{C}$		4,27		4,38	4,43	4,48	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82	4,88	4,93	4,99	5,04	5,10	5,15	5,20	

Instationäres Berechnungsschema für ein prototypisches Latentwärmespeicherelement

1 Thermographische Aufnahme einer an der Unterseite beheizten Aluminium-Faserprobe,
2 Modell-Messkanal zur strömungstechnischen Charakterisierung offenzelliger Werkstoffe

3 Prototypischer Mikrokühler für LEDs inkl. CFD-Berechnungsmodell,
4 Wärmeleitfähigkeits-Messanordnung (Hot-Disk-System) an einer Hohlkugelprobe



Experimentelle Untersuchung

Grundvoraussetzung jeder Berechnung ist die zuverlässige Kenntnis von Stoff- und Transportkoeffizienten, die von zahlreichen Einflussparametern abhängen und daher nur aus Experimenten bestimmt werden können. Dazu werden – unter Ausnutzung der Ähnlichkeitstheorie – wärme- und strömungstechnische Modellzustände im Labor erzeugt und alle Parameter messtechnisch erfasst. Die Ergebnisse werden zur Implementierung in die Berechnungsalgorithmen mit physikalisch basierten Methoden verallgemeinert.

Auf der Grundlage der systematisierten Werkstoffeigenschaften können dann Komponenten und Systeme aus den Bereichen Energie-, Verfahrens-, Umwelt- oder Fahrzeugtechnik ausgelegt werden. Das wärmetechnische Labor bietet darüber hinaus die Möglichkeit, prototypische Baugruppen, die intern oder extern gefertigt werden können, wärme- und strömungstechnisch zu charakterisieren.

Die Ergebnisse dieser experimentellen Untersuchungen werden in Form von Gleichungen, Kennfeldern oder Datenblättern dokumentiert und ermöglichen die zuverlässige Extrapolation auf komplette Systeme.



www.ifam-dd.fraunhofer.de

WÄRMETECHNISCHES LABOR

Das Geschäftsfeld Energie und Thermisches Management verfügt darüber hinaus über ein modernes wärmetechnisches Labor mit variablen Strömungsmedien sowie hochwertiger Messtechnik:

- wärme- und strömungstechnische Charakterisierung von Werkstoffen, Strukturen und prototypischen Bauteilen,
- Erzeugung und Temperierung (-40 °C bis 600 °C) definierter Gasströmungen (Luft, bis 250 l/min) mit Massedurchflussreglern,
- Erzeugung und Temperierung (-40 °C bis 200 °C) definierter Flüssigkeitsströmungen (Wasser, Silikonöl),
- Druck-, Temperatur-, Durchfluss- und Geschwindigkeitsmessung in Gasen und Flüssigkeiten,
- Wärmeleitfähigkeitsmessung beliebiger Stoffe, speziell auch zellulärer Metalle
 - stationäre Plattenmethode,
 - instationäres Hot-Disk-Verfahren,
- leistungsfähiges, transportables Thermographiesystem (bis 2.200 °C, Auflösung 40 µm, Bildfrequenz bis 60 Hz).

Neben der exzellenten technischen Ausstattung garantiert das langjährige messtechnische Know-how im Geschäftsfeld höchste Genauigkeit, Verallgemeinerbarkeit und damit Extrapolierbarkeit der gewonnenen Ergebnisse.

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM),

Institutsteil Dresden

Winterbergstraße 28 | 01277 Dresden

Dr.-Ing. André Schlott

Telefon: +49 (0) 351-2537 435

Telefax: +49 (0) 351-2537 399

E-Mail: andre.schlott@ifam-dd.fraunhofer.de