



1 Mit dem Heißluftprüfstand werden Wärmeübertrager zuverlässig charakterisiert.

2 Zahlreiche Betriebsparameter wie zum Beispiel Lufttemperatur, Massenstrom oder Kühlmitteltemperatur können eingestellt werden.

## HEISSLUFTPRÜFSTAND LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON WÄRMEÜBERTRAGERN MESSEN

Wärmeübertrager, oftmals auch als Wärmetauscher bezeichnet, sind eine Schlüsselkomponente in vielen thermischen Systemen. Bei der Durchströmung des Wärmeübertragers mit Luft oder Gas entsteht eine Druckdifferenz. Für eine optimale Systemauslegung ist es entscheidend, den Wärmeaustausch und den Wärmewirkungsgrad in Bezug auf den Gegendruck bzw. die Strömungsgeschwindigkeit für jeden Wärmeübertrager zu kennen. Bei der Verstromung von Wärmeströmen ist es zudem wichtig, die Effizienz des Systems bestimmen zu können: Wieviel elektrische Energie wird im Verhältnis zum übertragenen Wärmestrom erzeugt?

### Validierung von Simulationen durch experimentellen Nachweis

Um Wärme oder Abwärme möglichst effizient nutzen zu können, müssen die Systeme optimal ausgelegt sein. Voraussetzung ist, dass Wärmeübertrager und Abwärmenutz-

zungstechnologien an die Gegebenheiten der Abwärmequelle und der Wärmesenke (z. B. Kühlkreislauf) angepasst werden. Häufig erfolgt dies mithilfe von Simulations- und Rechenmodellen. Bei Neuentwicklungen oder Optimierungen sind jedoch auch experimentelle Nachweise von essentieller Bedeutung für eine Validierung des Simulationsmodells. Fraunhofer IPM hat zu diesem Zweck einen Heißluftprüfstand aufgebaut, der es ermöglicht, die Leistungsfähigkeit von Wärmeübertragern und Abwärmenutzungstechnologien umfassend zu charakterisieren und mit Simulationen abzugleichen. Der Prüfstand ermöglicht eine komplette Bilanzierung der Stoff- und Energieströme und schafft so die Basis für Systemoptimierungen.

### Reproduzierbare Einstellung unterschiedlicher Betriebsparameter

Mithilfe des Heißluftprüfstands werden Wärmeübertrager und Systeme zur Abwär-

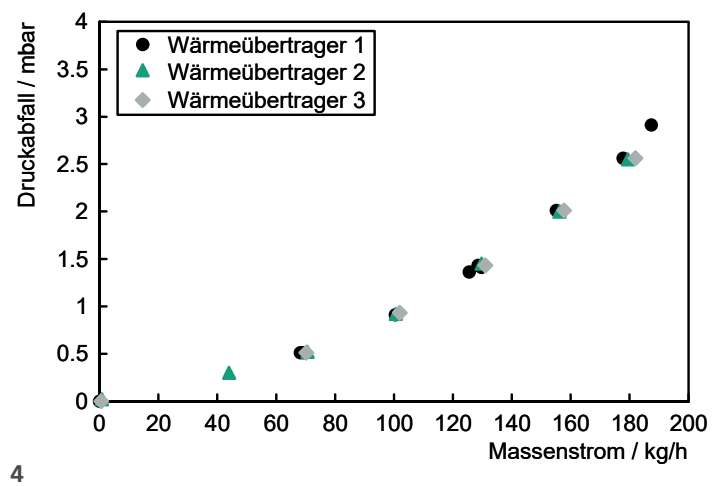
#### Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Georges-Köhler-Allee 301  
79110 Freiburg

#### Ansprechpartner

Dr. David Bach  
Telefon +49 761 8857-213  
david.bach@ipm.fraunhofer.de

[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)



3 Aufheizen des Luftstroms mithilfe elektrischer Heizer.

4 Beispielmessung: Charakterisierung eines Heißluftwärmeübertragers hinsichtlich Druckabfall bei Raumtemperatur.

meverstromung, wie etwa thermoelektrische Generatoren (TEG), bei unterschiedlichen Betriebspunkten charakterisiert. Dabei können der Luftvolumenstrom bzw. -massenstrom, die Lufteingangstemperatur, die Kühlmittelvorlauftemperatur und auch der Kühlmittelvolumenstrom variiert werden. Die Messungen erfolgen unter kontrollierten Laborbedingungen, alle relevanten Betriebsparameter können reproduzierbar eingestellt werden. Dank geeigneter Ringsensstellen vor und nach dem Prüfling lassen sich Luftein- und austrittstemperatur sowie der Druckabfall über den Prüfling präzise ermitteln. Durch Integration zusätzlicher Thermoelemente kann zudem die Temperaturverteilung z. B. in Längsrichtung der Wärmeübertrager bestimmt werden.

### Typische Messszenarien

- Bilanzierung Luft- /Kühlmittelseite, Bestimmung Wärmeströme (W), Wärmedurchgangskoeffizient ( $W/m^2 \cdot K$ ), Druckabfall (mbar) für Prüfling im thermischen Kurzschluss und bei eingebauten thermoelektrischen Modulen (TEM)
- Messung der Heiß-/ und Kaltseitentemperaturen der TEM mit zusätzlichen Thermoelementen
- Messung der Leerlaufspannung der TEM im Systemverbund
- Messung der maximalen elektrischen Ausgangsleistung der TEM bei Verwendung eines Maximum Power Point Trackers (MPPT)
- Messung der Wärmeübertragung im Wärmepumpenbetrieb (Luft/Luft; Luft/Kühlwasser)
- Messung von Temperaturverteilungen, Wärmeflüssen etc. – z. B. mittels Wärmebildkamera oder Wärmeflussmeter

### Zusammenarbeit: Unser Angebot

Als unser Kunde können Sie unseren Heißluftprüfstand für die Systemoptimierung- und validierung nutzen. Gemeinsam mit Ihnen entwickeln unsere Experten individuell auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittene Prüfdienstleistungen. Unsere Leistung beinhaltet neben der Konzepterstellung, Durchführung und Dokumentation auch die Interpretation der Ergebnisse und die Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen.

Darüber hinaus umfasst unser Angebot:

- thermische Simulationen: stationär und dynamisch unter verschiedenen Randbedingungen – mithilfe von geeigneter Software (z. B. COMSOL Multiphysics®, Simscape™)
- Prototypenbau mit modernen CAD-/CAM-Systemen in einer hauseigenen mechanischen Werkstatt

### Thermoelektrische Systeme

- Auslegung, Bau und Charakterisierung von thermoelektrischen Modulen
- Auslegung, Bau und Charakterisierung von TEG /TEG-Systemen und Wärmeübertragern sowie Entwicklung kundenspezifischer Prototypen

### Technische Angaben

Heißluftleistung	bis zu 60 kW
max. Heißlufttemperatur am Prüfling	600 °C (abhängig vom Massenstrom)
Volumenstrom	ca. 40 – 300 m <sup>3</sup> /h
Kühl-/Heizleistung Prüfling	bis zu 5,5 kW
Kühlwasservorlauf	5 – 80 °C

Angaben freibleibend, technische Änderungen vorbehalten.