



# Thermophysikalische Werkstoffcharakterisierung

## **Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM**

Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert und betreibt international vernetzt anwendungsorientierte Forschung zum unmittelbaren Nutzen für die Wirtschaft und zum Vorteil für die Gesellschaft.

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM charakterisiert, simuliert und bewertet das Verhalten von Werkstoffen, Bauteilen und Systemen unter dem Einfluss äußerer Kräfte in unterschiedlichen Umgebungen. Für Unternehmen und öffentliche Auftraggeber erarbeitet das Fraunhofer IWM Lösungen, die die Sicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Funktionalität von technischen Bauteilen und Systemen verbessern. Damit leistet das Fraunhofer IWM wichtige Beiträge zur Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung und zur Energieeffizienz und trägt somit zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Das Fraunhofer IWM stellt an sich selbst höchste wissenschaftliche Anforderungen und ist in seinen Kernkompetenzen Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung, Werkstoffmodellierung und Simulation sowie Grenzflächen- und Oberflächentechnologie führend.

### **Thermophysikalische Werkstoffcharakterisierung**

- Wie wirkt sich die Einsatztemperatur auf die Geometrie von Bauteilen aus?
- Wie groß ist die Formänderung durch thermische Fertigungsprozesse?
- Wie muss eine optimale Wärmebehandlung für verzugsensitive Bauteile aussehen?
- Wie kann verzugsarm geschweißt werden?
- Bei Kunststoffen und Gläsern: Wie hoch ist die Glasübergangstemperatur?

Um Fragen wie diese fundiert beantworten zu können, sind Kenntnisse über die Temperaturabhängigkeit der Werkstoffeigenschaften unabdingbar. Im Thermophysikzentrum des Fraunhofer IWM werden mit modernsten Verfahren thermophysikalische Werkstoffkennwerte ermittelt.

Das Thermophysikzentrum richtet sich an Hersteller und Verarbeiter von Metallen, Keramiken, Kunststoffen und Gläsern, bei denen Prozessschritte, wie Formgebung, Wärmebehandlung, Schweißen, Warmumformung oder Kaltumformung eine Rolle spielen.

Die Messergebnisse helfen unseren Auftraggebern Fertigungsprozesse hinsichtlich Konturgenauigkeit, Bauteilauslegung und Energieverbrauch zu optimieren, die Auswirkungen thermischer Belastung von Bauteilen zu bewerten und fundierte Daten für Simulationsrechnungen zu gewinnen. Darüber hinaus sind thermophysikalische Kennwerte oft für die Aufklärung von technischen Schadensfällen, die Entwicklung und Qualifizierung neuer Legierungen und der Optimierung von Materialkombinationen notwendig.

Leistungsangebot thermophysikalische Werkstoffkenndaten:

- Messung der linearen thermischen Ausdehnung
- Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität
- Ermittlung der Temperaturleitfähigkeit
- Berechnung der Wärmeleitfähigkeit
- Ermittlung von Umwandlungstemperaturen

Leistungsangebot Prozessparameter:

- Thermomechanische Werkstoffbehandlung mit beliebigen Temperaturzyklen mit oder ohne überlagerter Zug-/Druckbelastung
- Nachstellung von Wärmebehandlungsprozessen inkl. Abschreckvorgängen
- Thermoschockversuche
- Spezialwärmebehandlungen (lokaler Wärmeeintrag durch Laser, induktive Erwärmung, Steuerung der Wärmeeinflusszonenbildung)

## Thermische Ausdehnung

Die thermische Ausdehnung beschreibt die Auswirkung von Temperaturänderungen auf die Geometrie einer Probe. Für die Messung der linearen thermischen Ausdehnung stehen ein Differenz- und ein Absolutdilatometer zur Verfügung. Neben dem Standardverfahren – der Probenerwärmung mittels Ofen – können die Proben auch mittels Speziallaser (max. Pulsleistung 12kW) oder induktiv (Leistung 5kW und Frequenz 100 – 400 kHz) erhitzt werden.

Methode	Technische Daten	Probengeometrie
Dilatometrie (nach DIN 51045)	Temperaturbereich von RT bis 1600°C, Heizraten bis 10K/min	- max. Durchmesser 5mm - max. Länge 15mm

## Spezifische Wärmekapazität

Die spezifische Wärmekapazität eines Körpers gibt an, wie viel Wärme ein Körper mit einer definierten Masse pro Temperaturänderung speichern kann. Am Fraunhofer IWM stehen die Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) und die Differenz-Thermoanalyse (DTA) zur Verfügung.

Methode	Technische Daten	Probengeometrie
Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC), Differenz-Thermoanalyse (DTA)	Temperaturbereich von RT bis 1600°C, Heizrate 0,01 K/min bis 50 K/min	- Pulver, Flüssigkeiten, Festkörper - für Festkörper: max. Durchmesser 5mm, max. Dicke 1,5mm

## Phasenumwandlungen

Phasenumwandlungen beschreiben qualitative Zustandsänderungen eines Werkstoffs in Abhängigkeit von äußeren Bedingungen, wie der Temperatur. Phasenumwandlungen sind z.B. Änderung der Kristallstruktur, Wechsel zwischen ferro- und paramagnetischem Verhalten Schmelzen, Verdampfen, Sublimieren, Erstarren, Kondensieren und Resublimieren.

Methode	Technische Daten	Probengeometrie
Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC), Differenz-Thermoanalyse (DTA)	Temperaturbereich von RT bis 1600°C, Heizrate 0,01 K/min bis 50 K/min	- Pulver, Flüssigkeiten, Festkörper - für Festkörper: max. Durchmesser 5mm, max. Dicke 1,5mm

## Temperaturleitfähigkeit

Die Temperaturleitfähigkeit beschreibt die zeitliche Veränderung der Temperaturverteilung bei einer definierten Probentemperatur. Die Kenntnis der Temperaturleitfähigkeit ist vor allem beim Härten von Stahl von fundamentaler Bedeutung.

Methode	Technische Daten	Probengeometrie
Laser Flash Methode (LFA)	Temperaturbereich von RT bis 1600°C	- Pulver, Flüssigkeiten, Festkörper - für Festkörper: max. Durchmesser 12,7 mm, min. Dicke 1mm

## Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit dient zur Beschreibung des Energietransportes in einem Körper und wird aus den temperaturabhängigen Kennwerten Temperaturleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität, thermische Ausdehnung und Dichte berechnet.

Methode	Technische Daten	Probengeometrie
Berechnung aus Temperaturleitfähigkeit, spezifischer Wärmekapazität, thermischer Ausdehnung und Dichte	Temperaturbereich RT bis 1600°C	- siehe therm. Ausdehnung, spez. Wärmekapazität und Temperaturleitfähigkeit

## Thermomechanisches Umformen

Mit der thermomechanischen Umformanlage oder auch Schweißumformsimulator (GLEEBLE) ist es möglich, Werkstoff- und Gefügestände, wie sie in Schweiß- oder Wärmebehandlungsprozessen auftreten können (Eigenspannung, sehr hohe Temperaturen und extrem Heiz- und Kühlraten) gezielt an Proben nachzustellen und im Anschluss metallografisch zu bewerten. In Kombination mit den Ergebnissen aus den Dilatometeruntersuchungen, können so auch ZTU- und ZTA-Schaubilder erstellt werden.

Methode	Technische Daten	Probengeometrie
Thermomechanische Umformanlage (Gleeble)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Temperaturbereich RT bis 8000°C</li><li>- Heizraten bis 5000°C/s</li><li>- Kühlraten bis 2500°C/s</li><li>- Kraftbereich: <math>\pm 80</math> kN</li><li>- geschlossener, wärmeisolierter, evakuierbarer und wasserdichter Probenraum</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- elektrisch leitfähige Proben: max. Durchmesser 20mm, max. Länge 180mm</li></ul>

### Die Bearbeitung der Projekte wird nach Bedarf unterstützt durch:

- Probenfertigung in der institutseigenen Werkstatt
- Gefügebewertungen in der institutseigenen Metallographie
- Einzelhärtemessungen und Härteverläufe
- Elementverteilungsanalyse mit Tiefenprofilspektrometer (GDOES)
- Texturanalyse und volumetrische Phasenanalyse mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie
- Eigenspannungsmessung mittels Röntgendiffraktometrie und Bohrlochmethode
- Hochauflösende Phasen-, Textur-, Ausscheidungs- und Oberflächenanalytik mittels REM, EDX, EBSD
- Untersuchung des Thermoschockverhaltens von Metallen, Keramiken und Gläsern
- Ermittlung des Abschreckverhaltens verschiedener Kühlmedien
- Erstellung von Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubildern (ZTU-Schaubilder)
- Erstellung von Zeit-Temperatur-Austenitisierungsschaubildern (ZTA-Schaubilder)
- Ermittlung mechanischer und thermomechanischer Kennwerte wärmebehandelter Proben unter statischer oder dynamischer Belastung
- Tribologische Bewertung verschiedener Werkstoff/Schmiermittel-Paarungen
- Messung des Wasserstoffgehalts in Metallen mittels Trägergasheißextraktion
- Gezielte Wasserstoffbeladung und Bestimmung von Wasserstoff-Diffusionskonstanten
- Numerische Simulation der Auswirkung von Bearbeitungsprozessen (wie z.B. Schweißen) auf die Wasserstoffverteilung in Bauteilen
- Numerische Simulation des Bauteilverhaltens unter thermischer und mechanischer Belastung

### Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Institutsleitung  
Prof. Dr. Peter Gumbsch  
Prof. Dr. Ralf Wehrspohn

Wöhlerstraße 11  
79108 Freiburg  
Telefon +49 761 5142-0  
www.iwm.fraunhofer.de

### Ansprechpartner Thermophysik

Dr. Dirk Helm  
Telefon +49 761 5142-158  
dirk.helm@iwm.fraunhofer.de

Pierre Bienger  
Telefon +49 761 5142-117  
pierre.bienger@iwm.fraunhofer.de