

Light-Flash-Apparatur LFA 467 *HyperFlash*

Temperatur- und Wärmeleitfähigkeitsbestimmungen – Methode, Technik, Applikationen



LFA 467 *HyperFlash* – Vorstoß in neue Dimensionen

Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit: Wieviel Wärme wird übertragen und wie schnell?

Niemals zuvor waren effiziente Wärmeübertragungsprozesse in einem immer wettbewerbsorientierteren technologischen Umfeld so wichtig wie heute. Noch immer wollen Forscher und Ingenieure wissen, wie schnell ein Aluminiumblock erstarrt, wie man thermische Spannungen in einem Stahlblock minimiert, wie die Herstellung von Glasflaschen optimiert werden kann, wie schnell die keramischen Komponenten eines Katalysators aufheizen, welches Material sich optimal für einen Wärmeaustauscher zur thermischen Kontrolle eines Prozessors eignet usw.

Diesen und weiteren Herausforderungen kann man sich ohne der genauen Kenntnis zweier grundlegender thermischer Eigenschaften nicht stellen: der Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit.

Wie lassen sich hoch leitende Materialien sowohl bei tiefsten Temperaturen als auch bei Raumtemperatur oder Keramiken und Feuerfestmaterialien bei hohen Temperaturen am besten thermisch charakterisieren? Eine präzise, zuverlässige und elegante Lösung stellt hier die Flash-Methode dar.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat NETZSCH einen seiner Schwerpunkte auf diese Technologie gelegt und den Anwendungsbereich von -125 °C bis 2800 °C erweitert. Auf der ständigen Suche nach neuen Innovationen versuchen wir, den Wünschen und Bedürfnissen unserer Kunden zuvorzukommen. Erneut konnten wir auch mit der LFA 467 *HyperFlash* vollkommen neue Maßstäbe setzen.

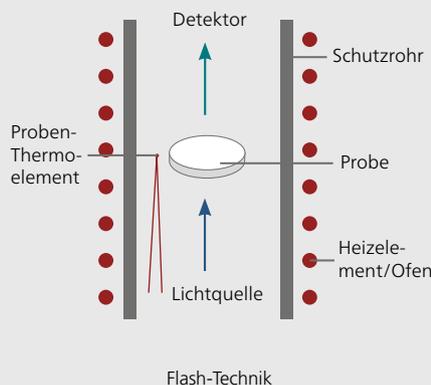
Light Flash – Eine effiziente Methode zur Bestimmung der thermophysikalischen Eigenschaften

Die Vorderseite einer planparallelen Probe wird durch einen kurzen Energieimpuls aufgeheizt. Der damit verknüpfte Temperaturanstieg auf der Probenrückseite wird mit einem Infrarotdetektor erfasst. Daraus wird die Temperaturleitfähigkeit und, bei Verwendung einer Referenzprobe, auch die spezifische Wärme berechnet. Werden diese beiden thermophysikalischen Eigenschaften mit der Dichte des Probematerials kombiniert, kann die Wärmeleitfähigkeit wie folgt berechnet werden:

$$\lambda(T) = a(T) \cdot c_p(T) \cdot \rho(T)$$

mit

λ = Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]
 a = Temperaturleitfähigkeit [mm²/s]
 c_p = spezifische Wärme [J/(g·K)]
 ρ = Raumdichte [g/cm³].



Die Flash-Methode ist eine schnelle, kontaktlose und effiziente Methode zur Messung der drei grundlegenden thermophysikalischen Eigenschaften Temperaturleitfähigkeit, spezifische Wärme und Wärmeleitfähigkeit. Im Gegensatz zu klassischen stationären Methoden ist die LFA heute in den meisten analytischen Labors die Methode der Wahl zur thermischen Charakterisierung eines Werkstoffs.

Höchster Probendurchsatz – 16 Proben gleichzeitig

Der Probenwechsler für bis zu 16 Proben sorgt für einen effektiven Probendurchsatz über den gesamten Temperaturbereich – zusätzlich unterstützt durch die verschiedenen zur Verfügung stehenden Kühlsysteme.

Großer Temperaturbereich von -100 °C bis 500 °C

Mit ein und demselben Geräteaufbau lassen sich Messungen von -100 °C (z. B. unterhalb der Glasübergangstemperatur von Gummi) bis 500 °C durchführen, ohne den Ofen oder Detektor wechseln zu müssen. Die Kühlsysteme und Vielfalt an Probenträgersystemen bilden ein modulares Konzept für hohe Flexibilität.

Intelligente Software für einfachste Handhabung

Drag-and-Drop-Software-Funktion erlauben eine einfache Gerätebedienung – von der Messung bis zur Analyse.

ZoomOptics – Für genaue Messergebnisse

Zwischen Detektor und Probe optimiert eine mittels Software verfahrbare Linse das Sichtfeld des Detektors. Dadurch lassen sich Mess-Artefakte aufgrund der Blende, die ein verzögertes IR-Signal verursachen, vermeiden und die Genauigkeit der Messergebnisse erhöhen (zum Patent angemeldet).

Dünne und hochleitende Materi- alien durch ultraschnelle Abtastrate

Für die Untersuchung von Metall- (0,3 mm) und Polymer- (30 µm) Folien können eine optimale Abtastrate und Pulsbreite gewählt werden. Das patentierte Pulsmappingsystem kompensiert den Effekt der endlichen Pulsbreite und Wärmeverluste (Patent-Nr.: US7038209, US20040079886, DE 10242741).



LFA 467 HyperFlash

Einzigartiges Konzept – Bahnbrechende Funktionen

Intelligenter Geräteaufbau und Blitzlichtquelle

Die LFA 467 *HyperFlash* ist ein vertikales System mit der Blitzlichtquelle im unteren, der Probe im mittleren und dem Detektor im oberen Gehäuseteil.

Als Blitzlichtquelle wird eine Xenonlampe verwendet. Die variable Impulsenergie ist softwaregesteuert, wobei ein optionales Filterrad zur weiteren Feinabstimmung herangezogen werden kann. Die Pulsbreite kann Werte zwischen 20 μs und 1200 μs annehmen. Die Lichtquelle ist vom Anwender leicht austauschbar und zeichnet sich durch eine lange Lebensdauer aus.

Ein Ofen – Großer Temperaturbereich

Mit nur einem einzigen Ofen sind Messungen von -100 °C bis 500 °C möglich. Das Ofendesign erlaubt die Ankopplung an verschiedene Kühlsysteme. Dadurch lassen sich Messzeiten erheblich verkürzen und Heizraten von bis zu 50 K/min bei gleichzeitig ausgezeichneter thermischer Stabilität realisieren.

Flexibilität – Zwei Detektoren für berührungsloses Abtasten der Probenoberfläche

Es sind zwei vom Anwender leicht austauschbare Detektoren erhältlich. Der Standard-Indium-Antimonid (InSb)-Detektor kann zwischen Raumtemperatur und 500 °C eingesetzt werden, während der optionale Quecksilber-Cadmium-Tellurid (MCT)-Sensor Messungen von -100 °C bis 500 °C erlaubt.

In beiden Fällen wird der Temperaturanstieg berührungslos über die Wärmestrahlung gemessen und das selbst bei -100 °C.

Beide Detektoren können mit dem optionalen, automatischen Flüssigstickstoff-Nachfüllsystem ausgestattet werden, das besonders praktisch bei langen Testzeiten ist, da es keinen weiteren Eingriff des Anwenders erfordert.

Atmosphären

Die Atmosphäre wird über zwei integrierte Fritten oder optional über Massenflussregler für ein Schutz- und zwei Spüglase geregelt. Beide Gasregler erlauben den Betrieb in oxidierender, inerter, dynamischer oder statischer Atmosphäre. Zusätzlich ermöglicht der Einsatz einer Vakuumpumpe Messungen unter reduziertem Druck.

ZoomOptics – alleinige Sicht auf die Probenoberfläche, Ausschluss von Randbereichen

Eine zwischen Detektor und Probe liegende, mittels Schrittmotor (Option) betriebene Linse optimiert das Sichtfeld des Detektors. Diese zum Patent angemeldete, softwaregesteuerte Funktion trägt dazu bei, Signalverfälschungen von der unmittelbaren Probenumgebung, wie z. B. Masken oder Blenden, auszuschließen. Besonders vorteilhaft erweist sich *ZoomOptics* für Proben mit kleinem Durchmesser. Somit wird auch sichergestellt, dass der Detektor immer innerhalb seines linearen Ansprechbereichs bleibt.

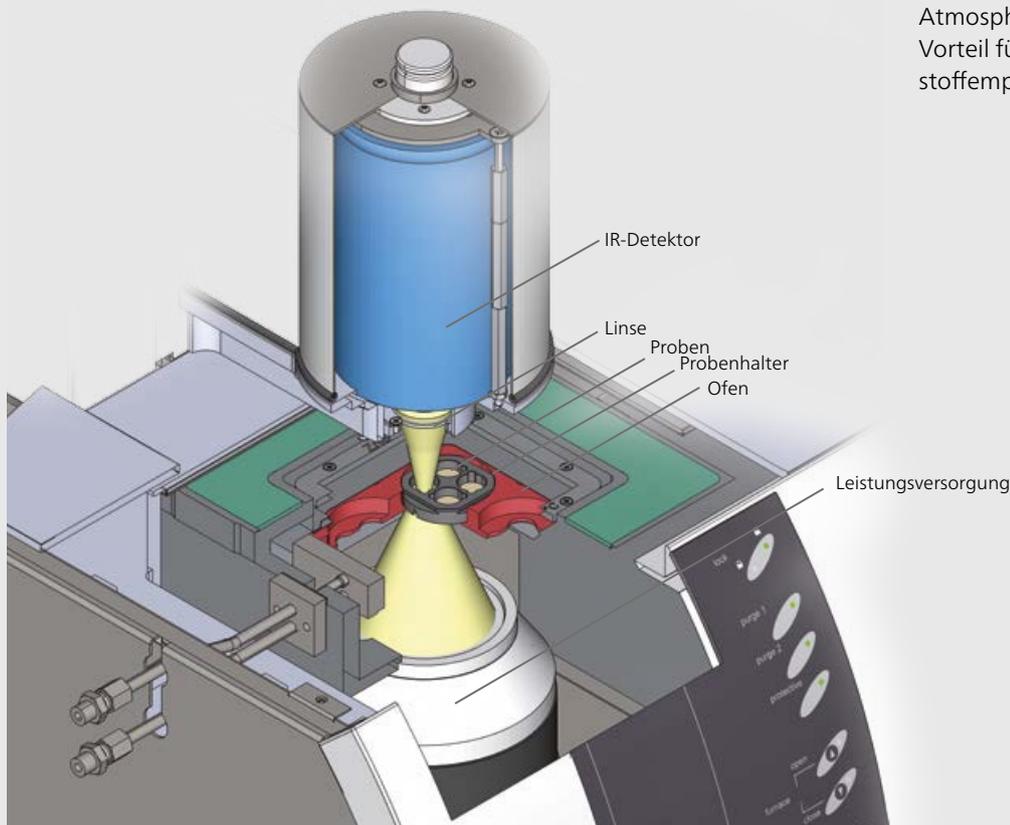
Hohe Datenerfassungsrate – Voraussetzung für dünne Folien

Die Datenerfassungsrate der LFA 467 *HyperFlash* liegt bei 2 MHz, die sowohl für den IR-Detektor- als auch für den Pulsemapping-Kanal gilt. Dadurch können Messungen an hoch leitenden und/oder dünnen Materialien, die kurze Testzeiten benötigen, zuverlässig durchgeführt werden.

Kühlsysteme – Messflexibilität garantiert

Die Flüssigstickstoffkühlsysteme erlauben in der Regel Temperaturen von bis zu $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Abhängig von Spülgas und Probe lassen sich in Einzelfällen auch noch tiefere Temperaturen erzielen.

Die Kühlsysteme können mit laufendem Evakuierensystem (unterhalb Atmosphären-Druck) betrieben werden. Dies führt zu einer weiteren Reduzierung von Wärmeverlust und Konvektion. Durch Verwendung eines Spülgases ist es jedoch auch möglich, alle Kühlsysteme während der Messung unter einer definierten Atmosphäre zu betreiben. Dies ist von Vorteil für die Untersuchung sauerstoffempfindlicher Proben.



Schema der LFA 467 *HyperFlash*; der Lichtstrahl heizt die Probenunterfläche auf und der IR-Detektor misst den Temperaturanstieg an der Probenoberfläche

Grenzenlose Vielfalt – Probenhalter



Ofen der LFA 467 *HyperFlash* einschließlich Probenaufnahme für vier Probeneinsätze (bis zu 16 Proben mit entsprechenden Probenhaltern)

Effektives Arbeiten – Automatischer Probenwechsler

Die LFA 467 *HyperFlash* ist mit einem integrierten Probenwechsler für bis zu 16 Proben ausgestattet. Die Aufnahme für vier Probenhalter (für jeweils vier Proben) kann für runde und quadratische Proben verwendet werden. Um alle Proben ohne Beisein des Anwenders abzuarbeiten, ist das Volumen des Detektor-Dewars auf lange Messzeiten ausgelegt.

Probendimensionen

Jeder der vier Probenbereiche kann bis zu vier Proben mit jeweils einem maximalen Durchmesser von 12,7 mm aufnehmen. Die Proben können rund oder quadratisch sein. Für die Messung großer Proben sind für jeden der vier Probenhalter Einsätze erhältlich, die einen Probendurchmesser von 25,4 mm erlauben. Abhängig von den Probeneigenschaften kann deren Dicke zwischen 0,01 mm und 6 mm variieren.

Besonderheiten für spezielle Applikationen

Neben den Standard-Probenhaltern für runde oder quadratische Festkörper bietet NETZSCH noch weitere Probenhalter für spezielle Applikationen an spezifischen Materialien an. Diese sind z. B.:

- Polymerschmelzen und niedrigviskose Flüssigkeiten
- Harze während der Aushärtung
- Pasten und Pulver
- Fasern
- Lamine.

Aufgrund des Designs des Probenhalters für Flüssigkeiten ist ein ständiger Kontakt zwischen Flüssigkeit und Tiegel über den gesamten Temperaturbereich garantiert – selbst bei Temperaturen unter 0 °C. Die Wärmeübertragung durch die Containerwand ist minimiert.

Ein spezieller Probenhalter aus kostengünstigem Verbrauchsmaterial ist erhältlich für Messungen an Harzen während der Aushärtung.

Desweiteren gehören Probenhalter für Messungen in In-plane-Richtung und für Tests unter mechanischem Druck zu unserer Produktpalette. Kundenspezifische Probenhalter sind auf Anfrage lieferbar.



Standard-Probenhalter für 4 runde Proben, Ø je 12,7 mm



Standard-Probenhalter für 1 runde Probe, Ø 25,4 mm



Probenhalter für lamellare Proben



Druck-Probenhalter



Probenhalter für niedrige Viskosität und Polymerschmelzen



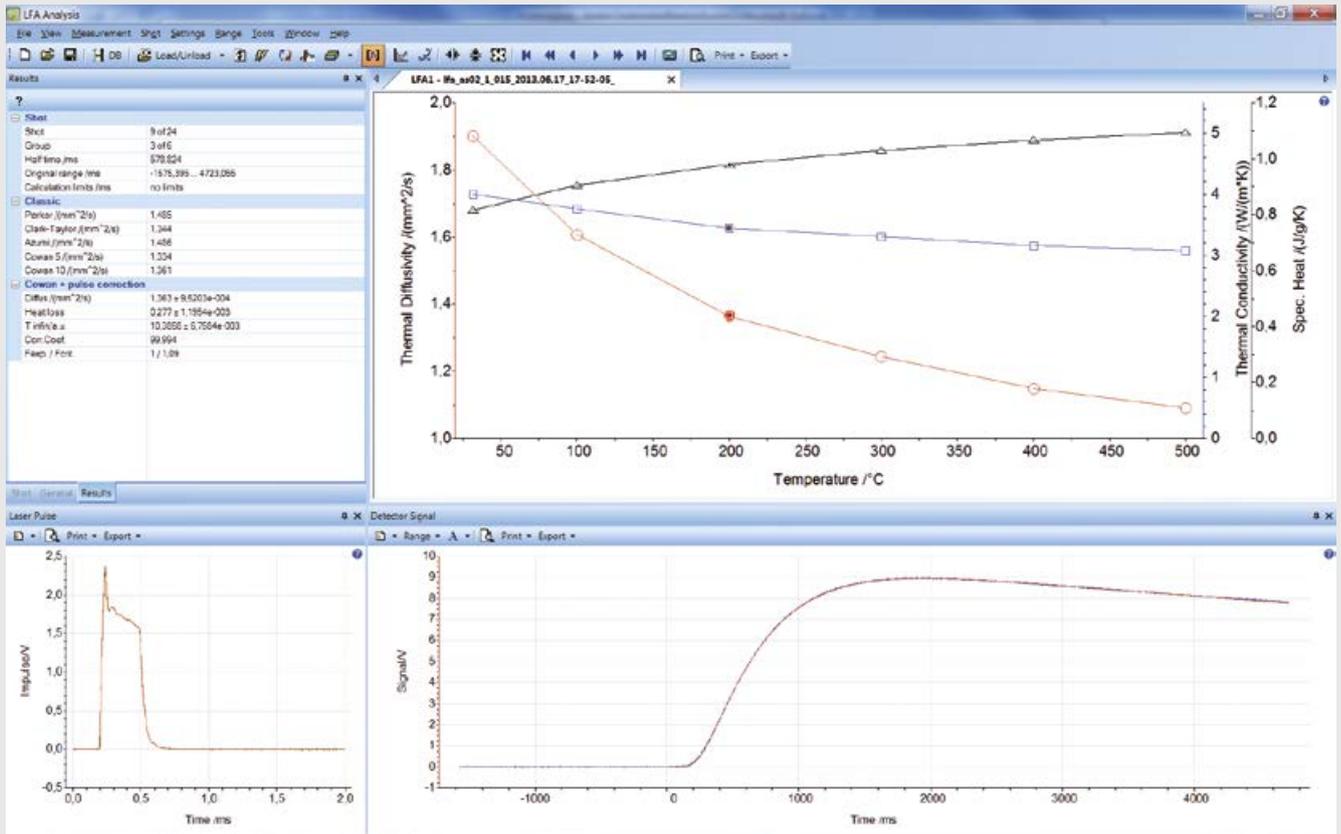
In-plane-Probenhalter

Proteus®-Software – charakteristische Merkmale

Die LFA 467 *HyperFlash* läuft mit der *Proteus*®-Software unter den Betriebssystemen Windows® XP Professional, Windows® 7 32-/64-bit Professional, Enterprise oder Ultimate. Die *Proteus*®-Software beinhaltet alles, was für die Durchführung von Messungen und für die Auswertung der Ergebnisse erforderlich ist. Durch die Kombination von einfacher Menüführung und automatisierten Routinen wurde ein Werkzeug geschaffen, das selbst bei komplizierten Analysen eine einfache und übersichtliche Bedienung zulässt. Die *Proteus*®-Software wird mit einer Gerätelizenz geliefert und kann selbstverständlich auch auf weitere Rechnersysteme installiert werden.

Hauptmerkmale der allgemeinen Software

- Unicode-Version mit Unterstützung regionaler Einstellungen
- Mehrfachfenstertechnik zur übersichtlichen Darstellung
- Vergleichende Analyse von bis zu 32 Schuss-Serien aus der gleichen Datenbank
- Bequeme Schussauswahl
- Laden von Schuss-Serien mit Vorschau auf Parameter und Temperaturprogramm
- Speicherung der Ergebnisse zur späterer Wiederherstellung und Fortsetzung der Analyse
- Grafikexport: EMF, PNG, BMP, JPG, TIF oder PDF; ASCII-file, Export in Excel®-kompatibles CSV-Format
- Modellexperte inkl. F-Test zur Ermittlung des besten Auswertemodells
- Definition einer beliebigen Anzahl von Temperaturstufen sowie Anzahl der Schüsse je Stufe
- Bestimmung der spezifischen Wärme mit einer Vergleichsmethode
- Integrierte Datenbank
- Berechnung des thermischen Kontaktwiderstands in Mehrschichtsystemen
- Grafische Messkurvendarstellung mit bis zu 3 skalierbaren Y-Achsen
- Schnelle Zoomfunktion für X-, Y-Ausschnittswahl
- Einblendung der Messwerte als Tool-Tip beim Bewegen der Maus über Messpunkte
- Darstellung der Temperaturleitfähigkeitskurve in Abhängigkeit der Temperatur oder Zeit
- Berechnung und Darstellung der c_p -Kurve
- Kombinierte Darstellung von Rohdaten und theoretischem Modell
- Berechnung des thermischen Kontaktwiderstands (2-Schichtmodell)



LFA-Software, Analyse berücksichtigt Wärmeverlust und Pulsängenkorrektur

Berechnungsmodelle, Korrekturen und mathematische Berechnungen

Zur Berechnung der Temperaturleitfähigkeit unter verschiedenen Randbedingungen werden unterschiedliche Basislinienmodelle mit Korrektur der Pulsbreite eingesetzt:

- Adiabatisch
- Cowan
- Verbessertes Cap-Lehman-Verfahren (mit Berücksichtigung des multidimensionalen Wärmeverlusts und nicht linearer Regression)
- 2-/3-Schichtmodelle (Analyse durch nicht-lineare Regression und Berücksichtigung des Wärmeverlustes)
- In-plane
- Strahlungskorrektur (für transparente und halbtransparente Proben)
- Wärmeverlustkorrekturen
- Exakte Pulsängenkorrektur, patentiertes Pulsmapping (Patent-Nr. US7038209, US20040079886, DE 10242741)
- Basislinienkorrektur
- Mittelung multipler Schüsse
- Approximation von Schüssen als Kurve über verschiedene mathematische Funktionen (Polynome, Spline usw.)
- Klassische Modelle wie
 - Parker
 - Cowan 5
 - Cowan 10
 - Azumi
 - Clark-Taylor

Technische Daten – Applikationen

Technische Daten der LFA 467 HyperFlash

Temperaturbereich	-100 °C bis 500 °C
Heizrate	bis 50 K/min
Kühleinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CC 200 F3 (Flüssigstickstoffkühlung): -100 °C bis 500 °C; softwaregesteuert ▪ CC 300 (Flüssigstickstoffkühlung): -100 °C bis 500 °C; optional mit Flüssigstickstoff-Wiederbefüllung, softwaregesteuert, Füllstandüberwachung
Temperaturleitfähigkeit	0,01 mm ² /s bis 1000 mm ² /s
Wärmeleitfähigkeit	0,1 W/(m·K) bis 2000 W/(m·K)
Genauigkeit ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperaturleitfähigkeit: ± 3 % ▪ Spezifische Wärme: ± 5 % (für Standardmaterialien)
Wiederholbarkeit ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperaturleitfähigkeit: ± 2 % ▪ Spezifische Wärme: ± 3 %
Xenon-Blitzlampe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulsenergie: bis 10 Joule/Puls (variabel), softwaregesteuert ▪ Pulsbreite: 20 bis 1200 µs, regelbar
ZoomOptics	Optimiertes Sichtfeld; ohne Maske, zum Patent angemeldet, optional
Pulsmapping	Patentiertes Pulsmapping (US7038209, US20040079886, DE 10242741), für Pulsängen-Korrektur und verbesserte c_p -Bestimmung
IR-Detektoren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ InSb: RT bis 500 °C ▪ MCT (Hg-Cd-Te): -100 °C bis 500 °C Beide Detektoren sind mit einem 0,5-Liter Dewar ausgestattet, nominelle Betriebsdauer bis 24 h
Atmosphäre	Inert, oxidierend, statisch und dynamisch, reduzierter Druck
Datenerfassung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 MHz ▪ Min. Messzeit (10 Halbzeiten) bis 1 ms → für hoch leitende und/oder dünne Proben (z. B. Al, Cu-Platten, dünne Folien) ▪ Max. Messzeit bis 120 s → für niedrig leitende und/oder dicke Proben (z. B. Polymere, Feuerfestmaterialien, etc.)
Gasregelung	Fritten mit Gasschaltern sowie optional mit eingebauten Massendurchflussreglern (MFC), auch für Messungen unter reduziertem Druck
Automatischer Probenwechsler	Integriert mit 4 Einsätzen für bis zu 16 Proben, rund und quadratisch (4 x Ø _{max.} 25,4 mm; 16 x Ø _{max.} 12,7 mm)
Spezielle Probenhalter	Für z. B. Polymerschmelzen und niedrigviskose Flüssigkeiten, Harze während der Aushärtung, Pasten, Pulver, Fasern, Lamine, In-plane-Tests oder Messungen unter mechanischem Druck

¹⁾ Für optimale Probengeometrie, abhängig vom Probenmaterial

Einsatzbereiche der LFA-Methode

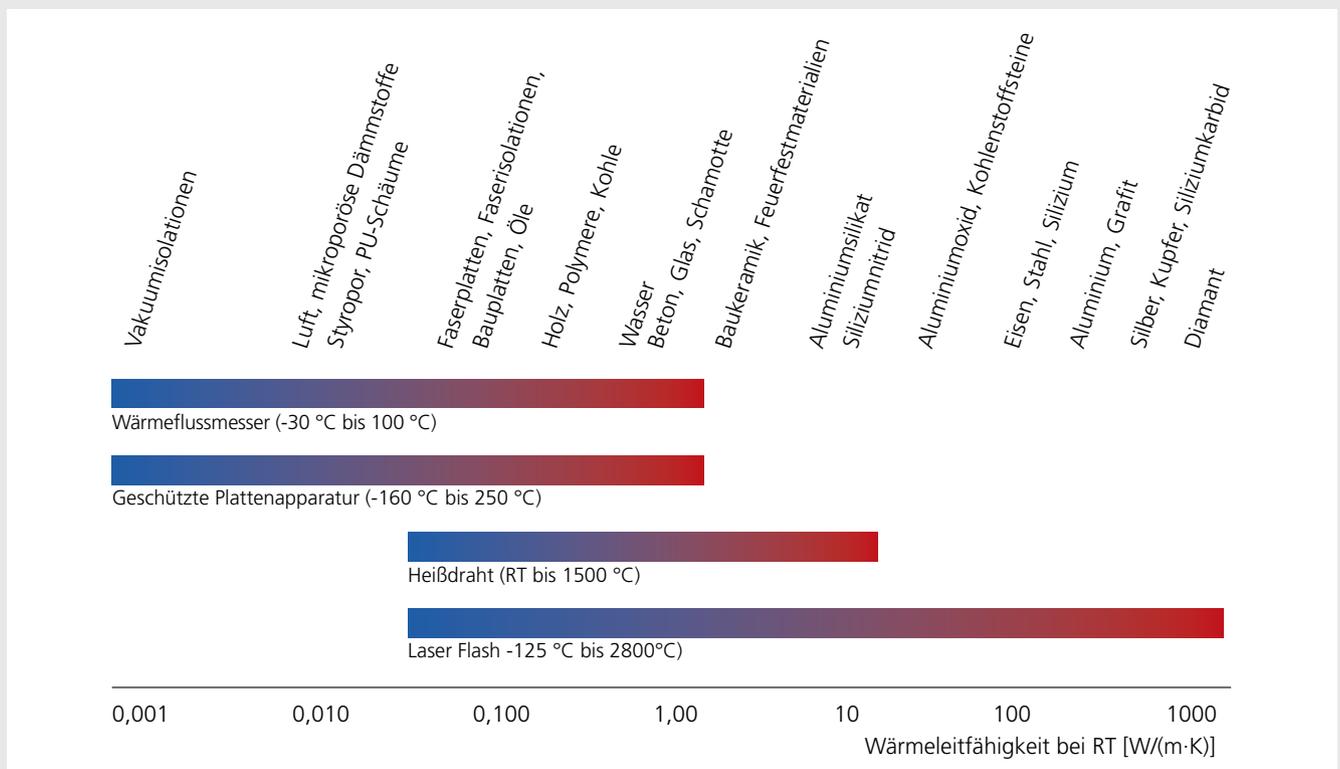
Wärmeaustauschprozesse sind nicht nur auf vielen wissenschaftlichen Gebieten, sondern auch für viele Industriezweige wichtig. Beim Abkühlen von Gussformen, Metallen, Halbleitern etc. von der flüssigen in die feste Phase kann der Wärmeaustausch großen Einfluss auf die thermophysikalischen Eigenschaften des Festkörpers haben.

Für eine Vielzahl von Materialien mit homogener Zusammensetzung, ob aus reinen chemischen Substanzen oder aus Mischungen bestehend, ist die Wärmeleitfähigkeit eine echte

physikalische Eigenschaft, die von der Temperatur, dem Druck oder der Zusammensetzung abhängig ist.

Besonders im festen Zustand hängen Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit auch von der Richtung des Wärmestroms ab.

Das unten stehende Schema gibt einen Überblick über den Wärmeleitfähigkeitsbereich ausgewählter Materialgruppen. Wie daraus ersichtlich ist, deckt die Flash-Methode den größten Wärmeleitfähigkeitsbereich und das breiteste Temperaturspektrum ab.

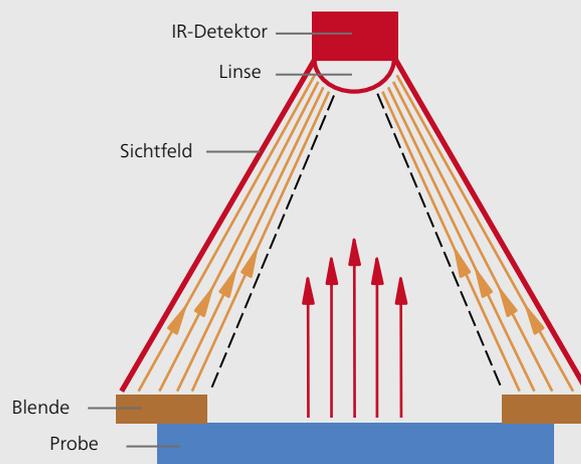


Die Stärke von *ZoomOptics*

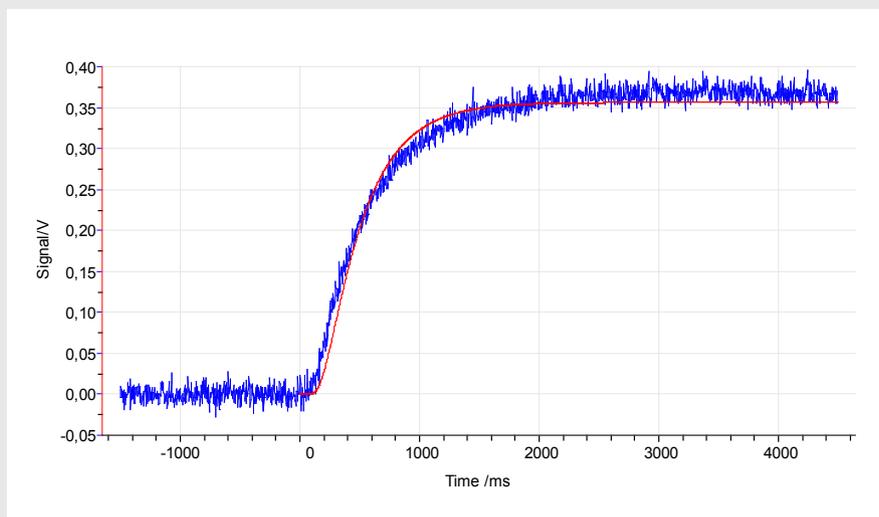
ZoomOptics für ein optimiertes Sichtfeld

Ohne *ZoomOptics*: Verfälschungen durch die Blende

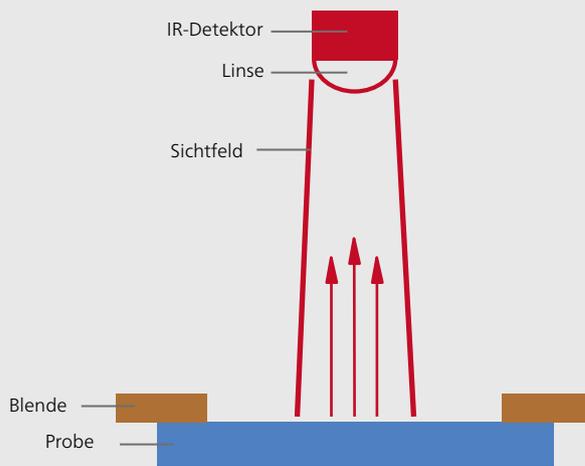
Bei den bisherigen LFA-Systemen ist das Sichtfeld fixiert und breit genug, um Proben mit großem Durchmesser abzubilden. Bei der Untersuchung von Proben mit kleinerem Durchmesser werden für gewöhnlich Blenden verwendet, um Umgebungseinflüsse zu minimieren. Dies hat oftmals eine beträchtliche Verfälschung im Temperaturanstieg zur Folge, indem der Detektor nicht nur die Temperaturänderung der Probe misst, sondern auch Fluktuationen von der Blende erfasst. Folglich zeigt der Anstieg des Detektorsignals entweder einen kontinuierlich ansteigenden Trend oder, wie unten gezeigt, eine ausgeprägte Abflachphase.



Sichtfeld in einer Standard-LFA



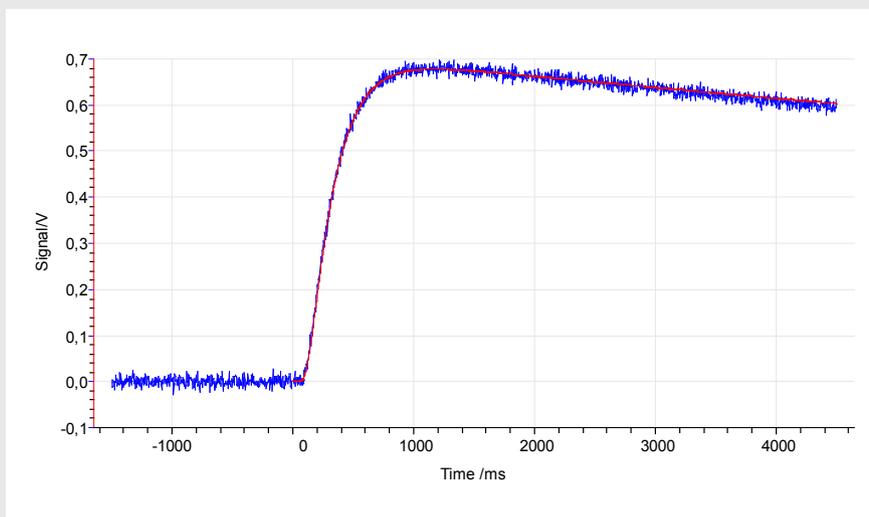
Standard-LFA-Messungen ohne *ZoomOptics* zeigen im Detektorsignal Verfälschungen durch die verwendete Blende.



Sichtfeld bei Anwendung von *ZoomOptics*; es treten keine Einflüsse durch die Blende auf.

Mit *ZoomOptics*: keine Verfälschungen durch die Blende

Durch die neue *ZoomOptics*-Funktion der LFA 467 *HyperFlash* wird sichergestellt, dass das IR-Signal ausschließlich von der Probenoberfläche und nicht von der Umgebung verursacht wird. Dadurch können sowohl kleine als auch große Proben mit optimaler Abtastrate untersucht werden. Im Gegensatz zu der Konfiguration auf Seite 12 wurde die Linse für ein angemessenes Sichtfeld verschoben. Es werden keine nennenswerten Effekte durch die Blende mehr generiert. Erwartungsgemäß entspricht der Temperaturanstieg des Detektorsignals jetzt dem theoretischen Modell und liefert korrekte Temperaturleitfähigkeitswerte.

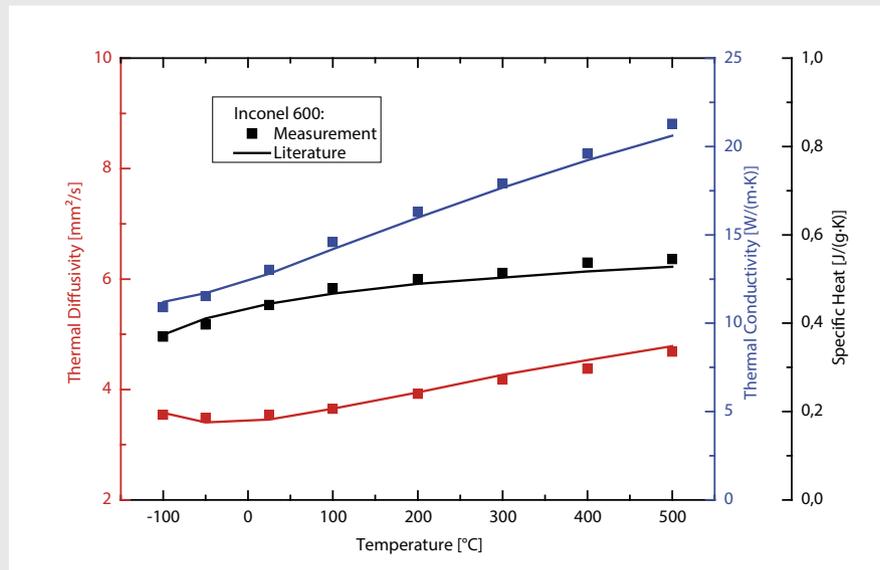


Mit *ZoomOptics* zeigt das Messsignal keine durch die Blende verursachten Verfälschungen.

Hohe Reproduzierbarkeit und Genauigkeit über den gesamten Temperaturbereich

Höchste Genauigkeit über den gesamten Temperaturbereich

Diese Abbildung zeigt die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit (rote Symbole), Wärmeleitfähigkeit (blaue Symbole) und spezifischen Wärme (schwarze Symbole) an einem Standardmaterial, Inconel 600, über den gesamten Temperaturbereich der LFA 467 *HyperFlash*. Im Vergleich zu Literaturdaten (durchgezogene Linien) weist die Temperaturleitfähigkeit eine Genauigkeit von $\pm 3\%$ auf; die spezifische Wärme weicht generell weniger als $\pm 3\%$ ab.

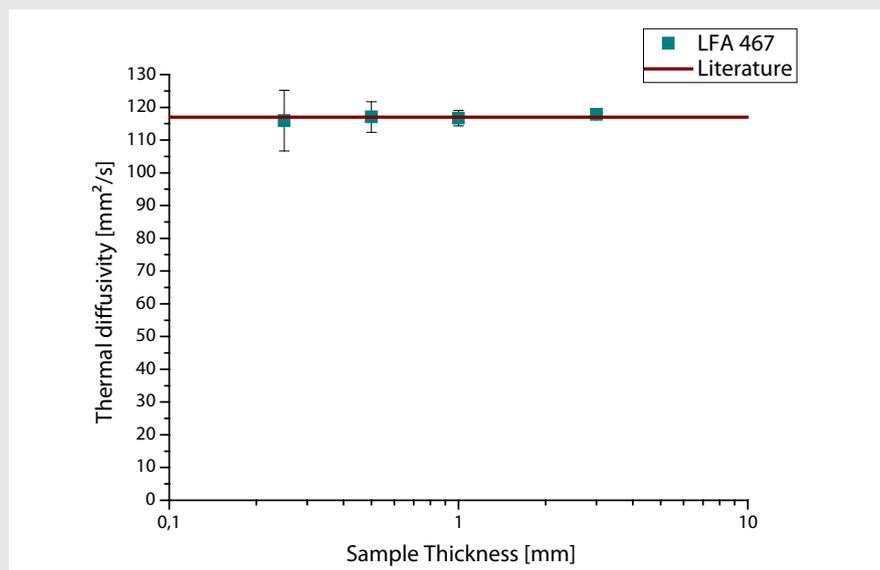


Eine einzige Messanordnung ist ausreichend, um Temperaturleitfähigkeitsmessungen im Temperaturbereich von $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ durchzuführen.

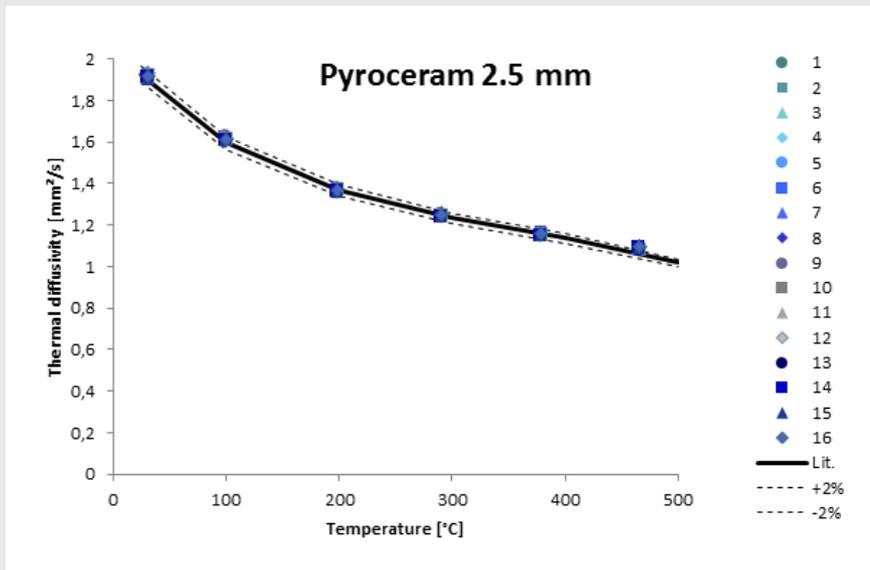
Dünne und hochleitende Kupferproben

Mit der LFA 467 *HyperFlash* lassen sich Proben mit sehr hohen Leitfähigkeiten erfolgreich untersuchen. In dieser Abbildung sind Messungen an Kupferproben mit unterschiedlicher Dicke dargestellt. Zusätzlich konnte durch Verringerung der Probendicke von 3,0 mm auf 0,25 mm belegt werden, dass sich sogar sehr dünne Proben mit hoher Genauigkeit untersuchen lassen.

Bei der Messung dünner Proben sollten Probenvorbereitung und Dickebestimmung besonders achtsam durchgeführt werden. Die Messunsicherheit steigt mit Abnahme der Probendicke an.



Gute Übereinstimmung der Temperaturleitfähigkeitswerte von Kupferproben mit den Literaturwerten, unabhängig von der Probendicke



Hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit bei der Untersuchung von 16 Proben aufgrund des integrierten automatischen Probenwechslers.

Höchster Probendurchsatz – Hohe Leistungsfähigkeit

Anhand dieser Abbildung lässt sich der hohe Probendurchsatz der LFA 467 *HyperFlash* gut verdeutlichen. Sechzehn Pyroceraam-Proben (mit einer Dicke von 2,5 mm und einem Durchmesser von 12,7 mm) wurden zwischen Raumtemperatur und 500 °C untersucht. Die Auswertung der Temperaturleitfähigkeit zeigt eine Abweichung von den Literaturwerten von $\pm 2\%$.

Mit diesem Beispiel kann klar gezeigt werden, dass das Ofendesign mit integriertem automatischen Probenwechslers für jede der 16 Probe eine optimale Position über den gesamten Temperaturbereich garantiert.

Zusätzlich lässt sich die gesamte Messzeit erheblich verkürzen, da Aufheizung und Abkühlung zur gleichen Zeit stattfinden.

Der hohe Probendurchsatz der LFA 467 *HyperFlash* erlaubt ein effizienteres Arbeiten und minimiert die Arbeitszeit bei Ihren Aufgabenstellungen in Forschung und/oder Qualitätssicherung.

Die NETZSCH-Gruppe ist ein deutsches mittelständisches Unternehmen des Maschinen- und Gerätebaus in Familienbesitz mit weltweiten Produktions-, Vertriebs- und Servicegesellschaften.

Die Geschäftsbereiche Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme stehen für individuelle Lösungen auf höchstem Niveau. Mehr als 3.000 Mitarbeiter in weltweit 163 Vertriebs- und Produktionszentren in 28 Ländern gewährleisten Kundennähe und kompetenten Service.

NETZSCH-Technologie ist weltweit führend im Bereich der thermischen Charakterisierung von annähernd allen Werkstoffen. Wir bieten Komplettlösungen für die Thermische Analyse, die adiabatische Reaktionskalorimetrie und die Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften. Basierend auf mehr als 50 Jahren Applikationserfahrung, einer breiten Produktpalette auf dem neuesten Stand der Technik und umfassenden Serviceleistungen erarbeiten wir für Sie Lösungen und Gerätekonfigurationen, die Ihren täglichen Anforderungen mehr als gerecht werden.

www.netzsch.com/n19542



NETZSCH-Gerätebau GmbH
Wittelsbacherstraße 42
95100 Selb
Deutschland
Tel.: +49 9287 881-0
Fax: +49 9287 881 505
at@netzsch.com

www.netzsch.com