

## Wärmeflussmesser (HFM) mit Erweiterungsset: Messungen an Pyrex® – in guter Übereinstimmung mit der Laser Flash Analyse (LFA) und Literatur

Fabia Neidhardt, Dr. Marc-Antoine Thermitus und Robert Campbell



1 HFM 436/3/1 *Lambda*



2 LFA 467 *HyperFlash*®

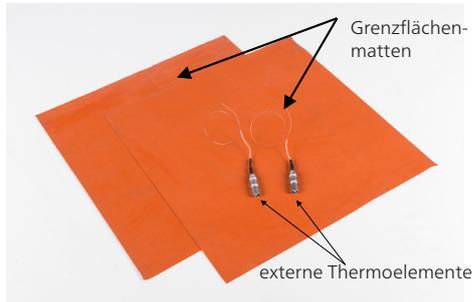
### Einleitung

Die Wärmeflussmessung mittels HFM (Heat Flow Meter) ist eine weit verbreitete und anerkannte Methode zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Isolationsmaterialien wie EPS, Steinwolle oder Glasfaserplatten. Auch feste bzw. steife Baumaterialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit wie z.B. Beton können mittels HFM untersucht werden. Mit Hilfe des Erweiterungssets kann der Messbereich auf bis zu  $2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  erweitert werden. Dieses Application Note beschreibt das Erweiterungsset im Detail und zeigt Messergebnisse von Pyrex®, die mit dem HFM 436/3/1 (Abbildung 1) erzielt wurden. Die Aussagekraft der Messdaten wird durch einen Vergleich mit der Laser-Flash-Analyse (LFA, Abbildung 2) demonstriert.

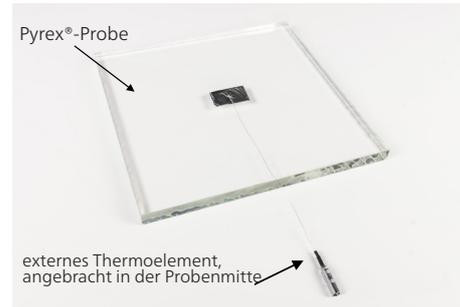
### Erweiterungsset

Bei der Untersuchung von Isolationsmaterialien mittels HFM-Technik sind die Kontaktwiderstände zwischen der Probe und den HFM-Platten im Vergleich zum Gesamtwiderstand der Probe für gewöhnlich vernachlässigbar. Im Fall von höher leitenden und steifen Proben ist diese Annahme nicht mehr gültig. Auch wenn die Probenoberflächen sehr flach und planparallel sind, bleiben an den Grenzflächen immer kleine Luftspalte zurück, die zu beträchtlichen Unterschieden zwischen den Platten- und Probenoberflächentemperaturen und zu einem inhomogenen Wärmefluss durch die Probe führen. Um dies zu vermeiden, ist das Erweiterungsset notwendig. Es besteht aus zwei externen Thermoelementen und zwei

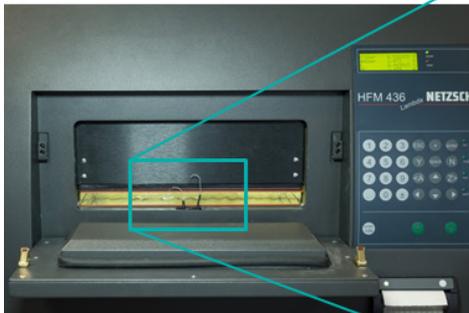
## APPLICATIONNOTE Wärmeflussmesser (HFM) mit Erweiterungsset: Messungen an Pyrex® – in guter Übereinstimmung mit der Laser Flash Analyse (LFA) und Literatur



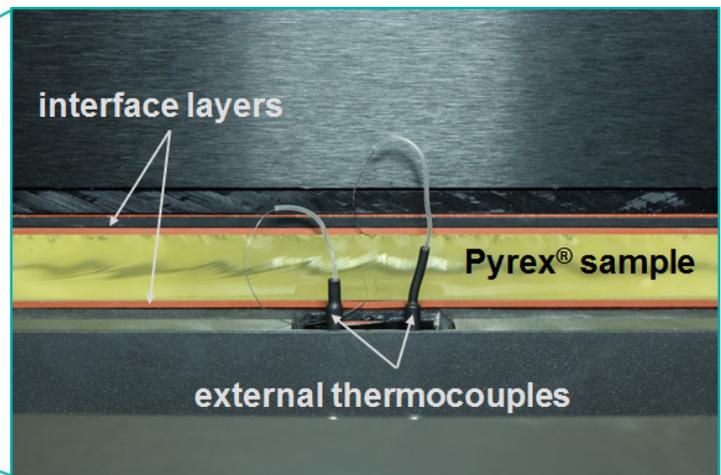
3 Erweiterungsset Kit: Grenzflächenmatten und externe Thermoelemente



4 Pyrex®-Probe mit externem Thermoelement



5 Pyrex®-Probe mit Erweiterungsset im HFM



Silikonkautschuk-Grenzflächenmatten (Abbildung 3). Die Grenzflächenmatten verbessern den thermischen Kontakt zwischen den Platten und der Probe, während die externen Thermoelemente durch den direkten Kontakt mit der Probenoberfläche (Abbildung 4) die exakte und „echte“ Oberflächentemperatur messen (Abbildung 5).

### Vergleich der Messdaten von Pyrex® mittels HFM mit Erweiterungsset und der LFA-Methode

Die Leistungsfähigkeit des Erweiterungssets wird am Beispiel von Pyrex® demonstriert, einem homogenen, chemisch stabilen und seit den 60-iger Jahren bekannten Wärmeleitfähigkeits-Referenzmaterial mit einer Wärmeleitfähigkeit von ca.  $1,14 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  bei  $23 \text{ °C}$  [1].

Die Messungen wurden an Proben mit Abmessungen von  $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$  mit und ohne Erweiterungsset

durchgeführt. Die Kalibrierung der Wärmeflussensoren wurde mit einer NIST-zertifizierten Glasfaserplatte (1450D) ohne Erweiterungsset gemäß ASTM C 518 durchgeführt. Es wurden unterschiedliche Pyrex-Proben (A, B, C) aus derselben Charge untersucht. Des Weiteren wurden zwei Proben (1, 2) mit einem Durchmesser von  $12,7 \text{ mm}$  und einer Dicke von  $2,5 \text{ mm}$ , ebenfalls aus derselben Charge, für die LFA-Untersuchungen präpariert. Die Messungen erfolgten mit der LFA 467 *Hyperflash*®.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der HFM- und LFA-Messungen bei  $23 \text{ °C}$ . Die kleine Standardabweichung ( $1,7 \%$ ) der HFM-Tests mit Erweiterungsset spiegelt die gute Reproduzierbarkeit der Methode wider. Der Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit von  $1,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  zeigt eine Abweichung von nur  $0,88 \%$  vom Mittelwert der LFA-Messungen und vom Literaturwert.

## APPLICATIONNOTE Wärmeflussmesser (HFM) mit Erweiterungsset: Messungen an Pyrex® – in guter Übereinstimmung mit der Laser Flash Analyse (LFA) und Literatur

Tab. 1 Wärmeleitfähigkeit von Pyrex® bei 23 °C mittels HFM und LFA

Method	Probe / Messung	Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)	Mittelwert Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)
HFM	Pyrex A	1,13	1,15
	Pyrex B	1,17	
	Pyrex C	1,14	
HFM	Pyrex <b>ohne</b> Erweiterungsset	0,53	0,53
LFA	Pyrex – 1	1,14	1,14
	Pyrex – 2	1,14	

Ohne Erweiterungsset führen die Kontaktwiderstände zu einer Wärmeleitfähigkeit von 0,53 W/(m·K), ein deutlich niedrigerer Wert als erwartet. Abbildung 4 zeigt die Messungen mittels HFM und LFA von 10 °C bis 65 °C und die zugehörigen Literaturwerte (Fehlerbalken ± 5 %). Die HFM- und LFA-Ergebnisse stimmen über den gesamten Temperaturbereich gut mit den Literaturwerten überein (max. Abweichung 2,8 % – LFA und 3,9 % – HFM).

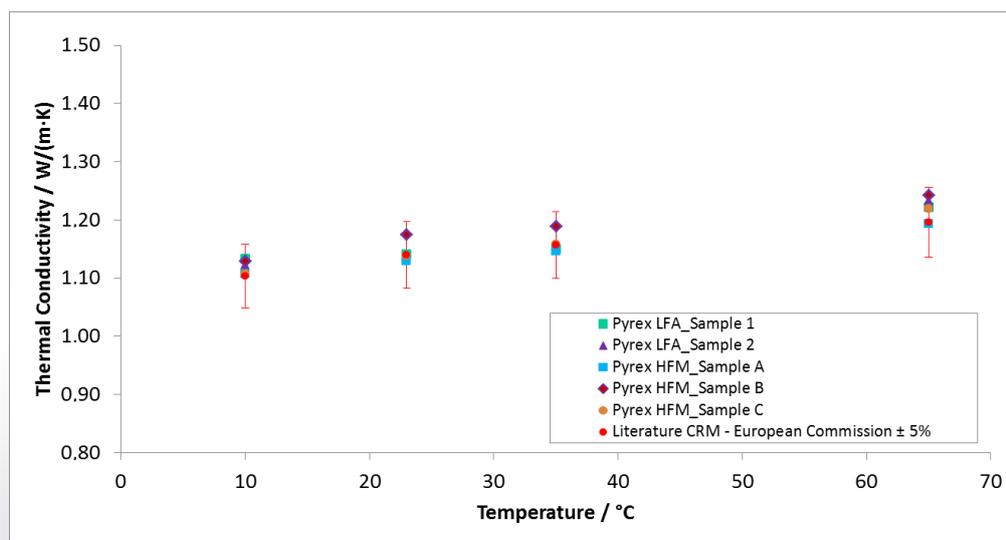
### Zusammenfassung

Die Wärmeleitfähigkeit steifer Materialien bis 2 W/(m·K) kann mittels HFM zuverlässig untersucht werden, vorausgesetzt, die Probenoberflächentemperaturen können genau gemessen werden. Dies ist mit dem Erweiterungsset möglich, das einen homogenen Wärmefluss und die Messung

der echten Oberflächentemperaturen der Probe sicherstellt. Die Ergebnisse der HFM-Messungen mit Erweiterungsset sind sehr reproduzierbar und in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der LFA-Methode und den Literaturwerten. Aufgrund der Langzeit-Stabilität ist Pyrex® als Referenzmaterial zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit des HFM mit Erweiterungsset vor der Messung unbekannter Proben mit hoher Wärmeleitfähigkeit besonders geeignet.

### Literatur

[1] I. Williams, R. E. Shawyer: Certification report for a pyrex glass reference material for thermal conductivity between -75°C and 195°C; Commission of the European Communities; Luxembourg; 1991



4 Wärmeleitfähigkeit von Pyrex® von 10 °C bis 65 °C, gemessen mittels HFM und LFA im Vergleich zu Literaturwerten