

NETZSCH

Proven Excellence.



HFM 706 *Lambda* Serie – Wärmeflussmessgerät zur Untersuchung von Dämmstoffen

Basierend auf ASTM C518, ISO 8301, JIS A1412, DIN EN 12664 und DIN EN 12667 Methode und Technik zur Charakterisierung von Dämmstoffen

Analyzing & Testing

Schlüsselfaktor für mehr Energieeffizienz

WÄRMELEIT- FÄHIGKEIT

Das HFM ist ein genaues, schnelles und einfach zu bedienendes Gerät zur Messung von Dämmstoffen mit niedriger Wärmeleitfähigkeit λ .

Das Wärmeflussmessgerät (HFM) ist ein häufig verwendetes Werkzeug zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit (λ) von Dämmstoffen.

Typische Applikationen:

- Charakterisierung von Dämmstoffen wie Schäumen, Mineralwolle, Aerogelen
- Berechnung der Energieeffizienz von Bau- und Isoliermaterialien
- Wärme- und Kälteschutz von Verpackungsmaterialien

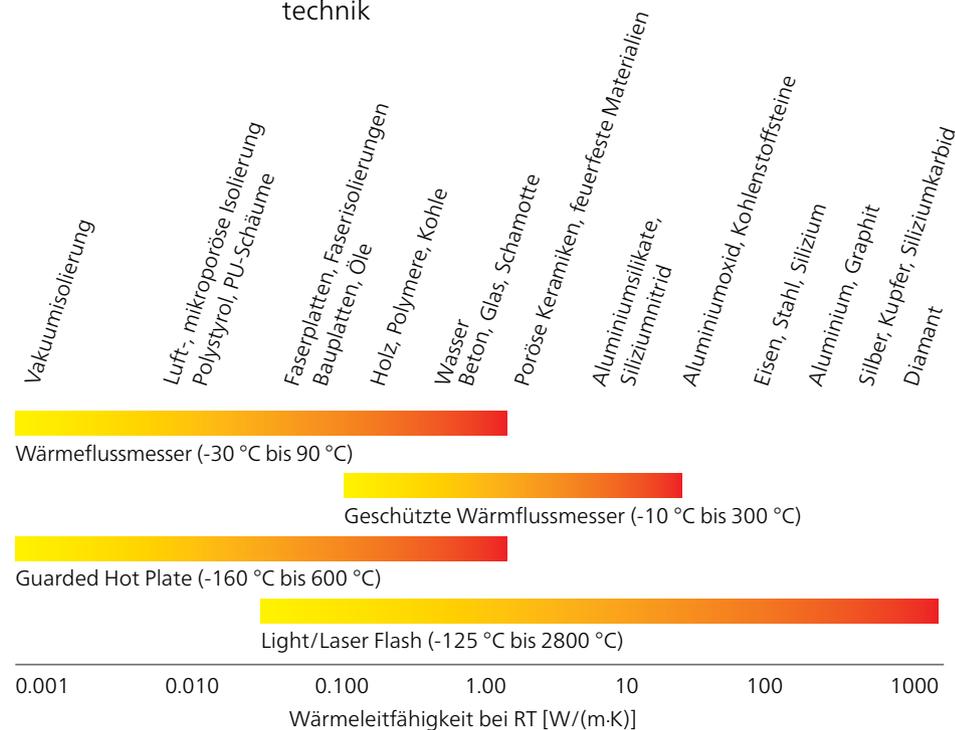
Einsatzbereiche der Wärmeflussmethode:

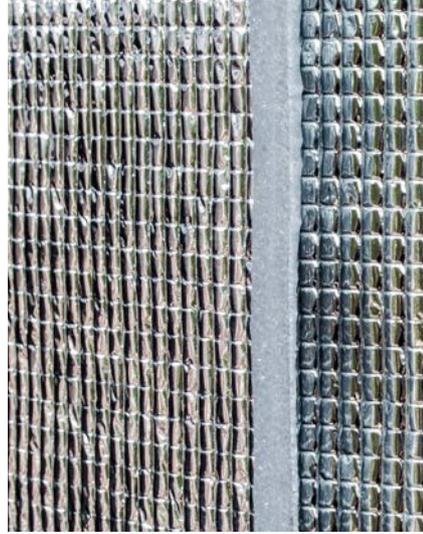
- Qualitätskontrolle in der Produktion, um sicherzustellen, dass die Materialien den geforderten Spezifikationen entsprechen
- Entwicklung neuer Materialien mit optimalen thermischen Eigenschaften in Forschung & Entwicklung
- Verbesserung der Energieeinsparung in Energiemanagement und in der Gebäudetechnik

Für die Analyse von schlecht leitfähigen Materialien wie Faserisierungen oder Vakuumisulationspaneelen bietet NETZSCH verschiedene Wärmeflussmessgeräte (HFM) für unterschiedliche Probengrößen und Temperaturbereiche an.

Die HFM 706 *Lambda*-Serie basiert auf gängigen Normen wie z.B. ASTM C518, ISO 8301, JIS A1412, DIN EN 12664* und DIN EN 12667.

* nicht für HFM 706 *Lambda Large*





In einem Wärmeflussmessgerät (HFM) wird der Probenkörper zwischen zwei beheizbaren Platten angeordnet, die auf eine benutzerdefinierte mittlere Proben temperatur und einen Temperaturgradienten geregelt werden, um den Wärmefluss durch den Probenkörper zu messen. Die Probendicke L wird durch einen internen Dickensensor gemessen. Alternativ kann eine gewünschte Solldicke durch den Benutzer vorgegeben werden.

Da es sich bei der Wärmeflussmethode um eine relative Methode handelt, muss das Gerät anhand eines Referenzmaterials kalibriert werden. Aus dem mittleren Wärmestrom \dot{Q}/A , der Probendicke L und dem Temperaturgradienten ΔT werden nach dem Fourier-Gesetz die Wärmeleitfähigkeit λ und der Wärmewiderstand R berechnet (siehe Gleichungen rechts). Der Wärmedurchgangskoeffizient, auch als U-Wert bekannt, ist der Kehrwert des gesamten thermischen Widerstandes. Je niedriger der U-Wert, desto besser das Isolationsvermögen.

Der Wärmestrom \dot{Q} durch die Probe wird mit zwei kalibrierten Wärmestromsensoren auf beiden Seiten der Probe gemessen. Wenn der Gleichgewichtszustand erreicht ist, kann die Prüfung durchgeführt werden.

Wärmeleitfähigkeit

$$\lambda = \frac{\dot{Q}}{A} \frac{L}{\Delta T} \quad \lambda \text{ in SI-Einheit}$$

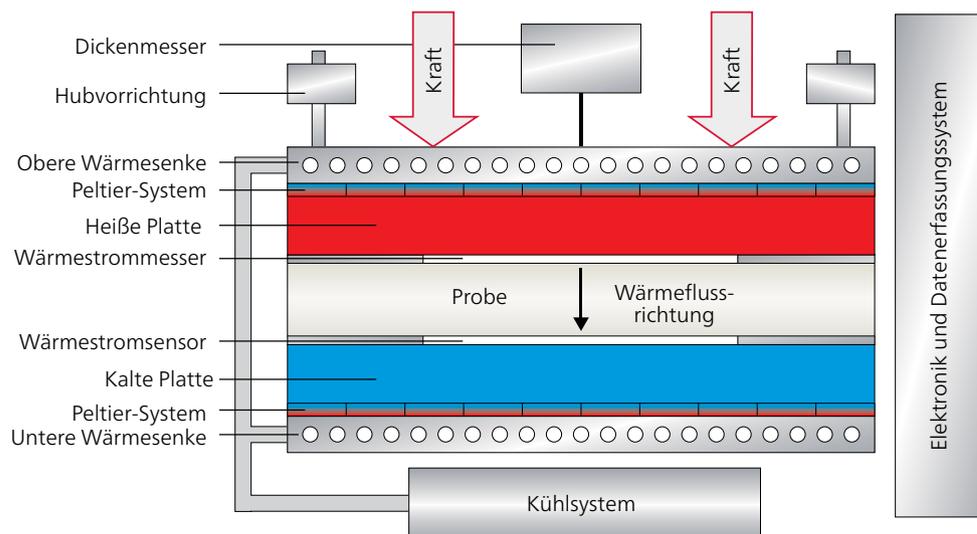
Thermischer Widerstand

$$R = \frac{L}{\lambda} \quad R \text{ in SI-Einheit } [(m^2 \cdot K/W)]$$

U-Wert (Wärmedurchgang)

$$U = \frac{1}{R} \quad U \text{ in SI-Einheit } [W/(m^2 \cdot K)]$$

FUNKTIONSWEISE





Mehr Nachhaltigkeit in der Thermoanalyse

Niedriger Energieverbrauch und niedrige Betriebskosten

Das HFM 706 *Lambda* kann im Standby in einen energiesparenden Eco-Modus oder in einen Idle-Modus versetzt werden. Wann welcher Modus aktiv ist, kann über einen Zeitplan gesteuert werden. Die *SmartMode*-Software bietet einen benutzerdefinierten Zeitplan, um entweder den Idle- oder den Eco-Modus zu aktivieren. Im Eco-Modus sind die HFM-Plattentemperaturregelung und der Kühler deaktiviert, was zu einem vernachlässigbaren Energieverbrauch des Gesamtsystems führt. In Zeiten, in denen keine Messungen durchgeführt werden, z.B. nachts oder am Wochenende, sind die Energieeinsparungen im Eco-Modus beträchtlich. Im Idle-Modus werden die HFM-Plattentemperaturen auf vordefinierten Werten gehalten, was einen schnellen Start einer neuen Messung bei diesen Plattentemperaturen ermöglicht. Der Kühler läuft auch im Idle-Modus mit einer Leistungsaufnahme zwischen 0,5 und 1,0 kW.

← Idle/Eco Mode							
General	Schedule						
	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
12:00 AM	FCO	FCO	FCO	FCO	FCO	FCO	FCO
1:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
2:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
3:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
4:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
5:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
6:00 AM	FCO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	FCO
7:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
8:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
9:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
10:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
11:00 AM	FCO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	FCO
12:00 PM	FCO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	FCO
1:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
2:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
3:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
4:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
5:00 PM	FCO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	FCO
6:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
7:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
8:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
9:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
10:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
11:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO

Zeitplan für Idle- und Eco-Modus (Screenshot Software)

HFM 706 *Lambda*-Serie

FÜR KLEINE, MITTLERE
UND GROSSE PROBEN



HFM 706 *Lambda Large*

HFM 706 *Lambda Medium*

HFM 706 *Lambda Small*

Drei Gerätevarianten – Perfekt für individuelle Probendimensionen

Das HFM 706 *Lambda* ist in drei Varianten erhältlich:

<i>Small</i>	203 mm x 203 mm x bis zu 51 mm
<i>Medium</i>	305 mm x 305 mm x bis zu 105 mm
<i>Large</i>	611 mm x 611 mm x bis zu 200 mm

Die richtige Passform ist wichtig. Deshalb haben wir Ihnen die Auswahl des richtigen Geräts für Ihre Probengröße erleichtert. Egal, ob Sie mit kleinen Laborproben oder mit großen Industrieproben arbeiten, wir haben das richtige Gerät für Sie.

Wärmestromsensoren – Hohe Empfindlichkeit und Genauigkeit

Duale Wärmestromsensoren erfassen den Wärmefluss zu und von der Probe. Die Kalibrierung der Sensoren erfolgt mit einem Referenzmaterial mit bekannter Wärmeleitfähigkeit. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit können mehrere Kalibrierungen miteinander kombiniert werden.

Beste Testbedingungen mit geringem Kondensationsrisiko

Das Design der Prüfkammer der HFM 706 *Lambda* Serie minimiert Umgebungseinflüsse und reduziert Kondensationseffekte in der Prüfkammer und auf den Plattenoberflächen. Optional kann die Prüfkammer mit Trockengas gespült werden.

Ermittlung der spezifischen Wärmekapazität

Die Modelle HFM 706 *Lambda Small* und *Medium* sind mit modernen Softwarefunktionen ausgestattet, die die Messung der Wärmeleitfähigkeit und die Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität (c_p) vereinfachen. Diese Modelle berücksichtigen den Beitrag der thermischen Masse in den Paneelen, was ihre Funktionalität verbessert.

Perfekt für nahezu alle Probenarten

Peltier-Temperaturregelung für heiße und kalte Platten

Die Temperaturregelung der Platten erfolgt individuell über ein bidirektionales Heiz-/Kühlsystem, das an einen externen Kühler angeschlossen ist. Die leistungsstarken Peltier-Elemente erzeugen durch die optimierte Temperaturregelung ein thermisches Gleichgewicht und generieren in kurzer Zeit Datensätze – eine Produktivitätssteigerung für Ihr Labor.

Schneller Probenwechsel ohne Beeinträchtigung der Plattentemperaturen

Da die Platten des HFM 706 *Lambda* am Ende der Messung geringfügig auseinander gefahren werden können, kann die Probe für die nächste Messung in wenigen Sekunden gewechselt werden, ohne dass die Plattentemperatur zu stark beeinflusst wird. Dadurch können die Platten schnell wieder auf ihre Solltemperatur gebracht werden, und das Gleichgewicht für die nachfolgenden Tests stellt sich schnell wieder ein. Die Versionen *Small* und *Medium* verfügen über eine motorisierte Ofentür.

Integrierte Dickenbestimmung

Die HFM 706 *Lambda* -Serie ist standardmäßig mit einem integrierten Sensor mit einer Auflösung im μm -Bereich ausgestattet, mit dem die eigentliche Probendicke in wenigen Sekunden gemessen werden kann. Auf der oberen Platte ist ein Zwei-Achsen-Neigungsmesser angebracht. Durch diese Konstruktion können eine Vielzahl von Probengeometrien, insbesondere auch solche mit schrägen oder nicht parallelen Probenoberflächen ohne Druck auf die Motorantriebswellen gemessen werden.

Variable Belastung – Regelung der Dicke und Dichte von komprimierbaren Proben

Der Anwender kann eine Anpresskraft von bis zu 850 N (HFM 706 *Lambda Small*) oder 1930 N (HFM 706 *Lambda Medium* und *Large*) einstellen. Dies ermöglicht die Anpassung der Dicke und damit auch der Dichte komprimierter Materialien.

Ein enger Kontakt zwischen den Platten und der Probe ist über die gesamte Fläche gewährleistet. Daraus ergibt sich ein minimaler und gleichmäßiger Übergangswiderstand - beides Voraussetzungen für reproduzierbare Wärmeleitfähigkeitsergebnisse.



Genauere Kontrolle der Dicke und damit der Dichte komprimierbarer Materialien

Messung der Wärmeleitfähigkeit komprimierbarer oder überdimensionierter Materialien bei variierender Dichte

HFM 706 *Lambda Large* für übergroße, lange Proben

Das HFM 706 *Lambda Large* verfügt über eine zweite Öffnung gegenüber der Fronttür des Gerätes. Dies ermöglicht das Einbringen von Proben unterschiedlicher Länge. Es können Dämmplatten geprüft werden, bei denen das überschüssige Material über die Vorder- und Rückseite des Gerätes hinausragt. Dies

ist besonders vorteilhaft für Vakuuminisulationspaneele (VIPs), die oft als lange Paneele und nicht als quadratische Proben geliefert werden und bei denen ein Zuschneiden nicht möglich ist.

Für handelsübliche Dämmstoffe ist die "offene" Version vor allem im industriellen Umfeld von Vorteil. In der Qualitätssicherung,

wo die Aufrechterhaltung eines kontinuierlichen Prozesses wichtig ist und das Zerschneiden von Proben unnötig Zeit kostet.

Das HFM 706 *Lambda* für lange Proben basiert auf der Norm GB/T 37608-2019.



HFM 706 *Lambda Large* für z.B. lange VIP Paneele

ZUBEHÖR UND MEHR

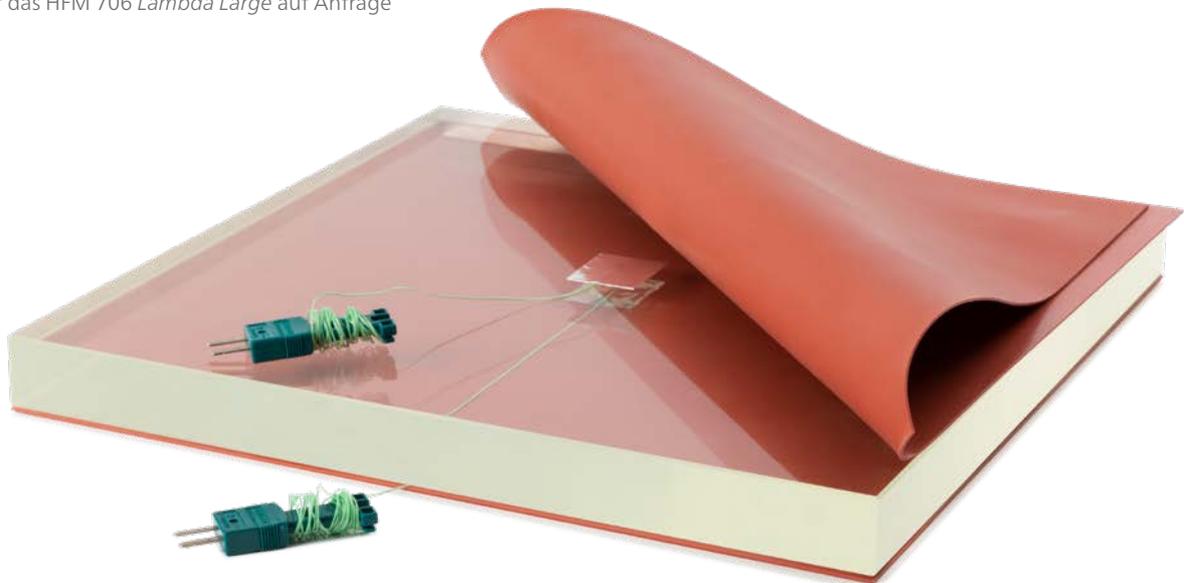
Durch zusätzliche Thermoelemente und Kontaktmatten können auch Materialien untersucht werden, die außerhalb des üblichen Messbereichs der HFM-Methode liegen. Dies wird durch die Eliminierung des Einflusses des Kontaktwiderstandes bei Materialien mit niedrigem Wärmewiderstand oder hoher Wärmeleitfähigkeit erreicht.

Verbesserte Messgenauigkeit für steife Proben mit geringen thermischen Widerständen

Die HFM 706 *Lambda*-Serie kann mit einem optionalen Erweiterungsset* ausgestattet werden wodurch der Anwendungsbereich auf Materialien mit niedrigem thermischen Widerständen (bis zu $0,02 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$) wie beispielsweise Beton, Holzprodukte, Ziegel usw. erweitert wird.

Das optionale Erweiterungsset enthält dünne, komprimierbare Kontaktmatten für die Anwendung an beiden Grenzschichten und Hilfsthermoelemente, die auf die Ober- und Unterseite der Probe geklebt werden – speziell für Applikationen, die eine verbesserte Temperaturmessung erfordern.

* Für das HFM 706 *Lambda Large* auf Anfrage



Glasproben mit dem Erweiterungsset einschließlich Platzierung der Thermoelemente in der Probenmitte und Gummiauflagen

Das Gerät wird kalibriert und auf Wunsch mit einer Referenzprobe geliefert. Die Liste der verfügbaren Referenzmaterialien kann vom Benutzer erweitert werden.

Bereits kalibriert mit zertifizierten Referenzmaterialien

Das HFM-System wird mit einem international zertifizierten Referenzstandard mit bekannter Wärmeleitfähigkeit kalibriert geliefert. Dies gewährleistet eine gute Korrelation zwischen dem vom Sensor ausgegebenen Signal und dem tatsächlichen Wärmestrom. Sind die vom Anwender definierten Stabilitätskriterien erfüllt, werden der thermische Widerstand und die Wärmeleitfähigkeit gemessen. Selbstverständlich können auch kundenspezifische Referenzmaterialien eingesetzt werden. Genauigkeiten von $\pm 1\%$ sind problemlos erreichbar.



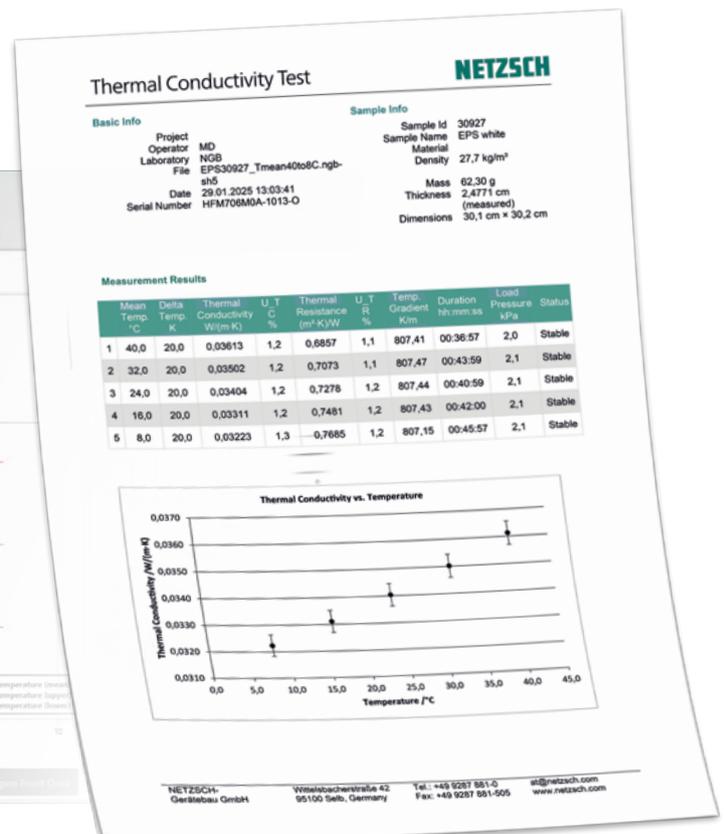
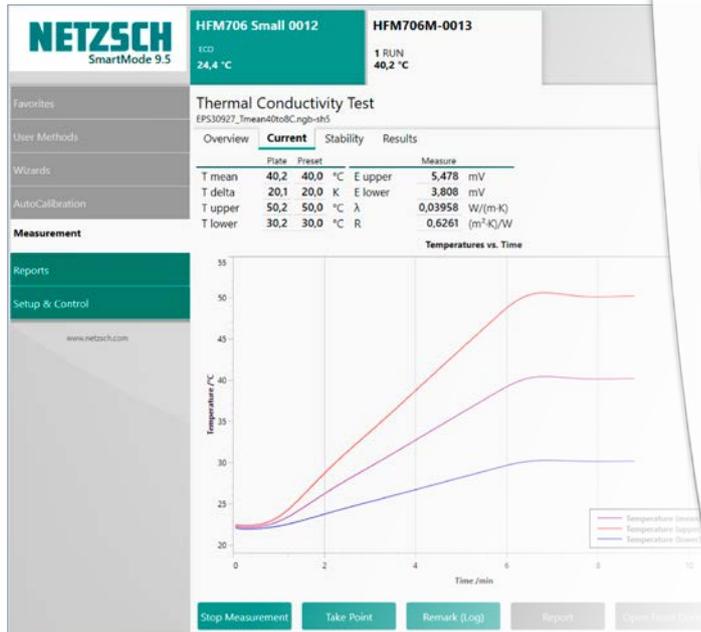
Einsetzen des Referenzmaterials; es können verschiedene Referenzmaterialien verwendet werden.

Die Messung der spezifischen Wärmekapazität c_p ist mit dem HFM 706 Lambda Small und Medium möglich



Messrahmen für lose Schüttgüter

Software Interface



SmartMode – Einfaches Messen, Auswerten und Berichten

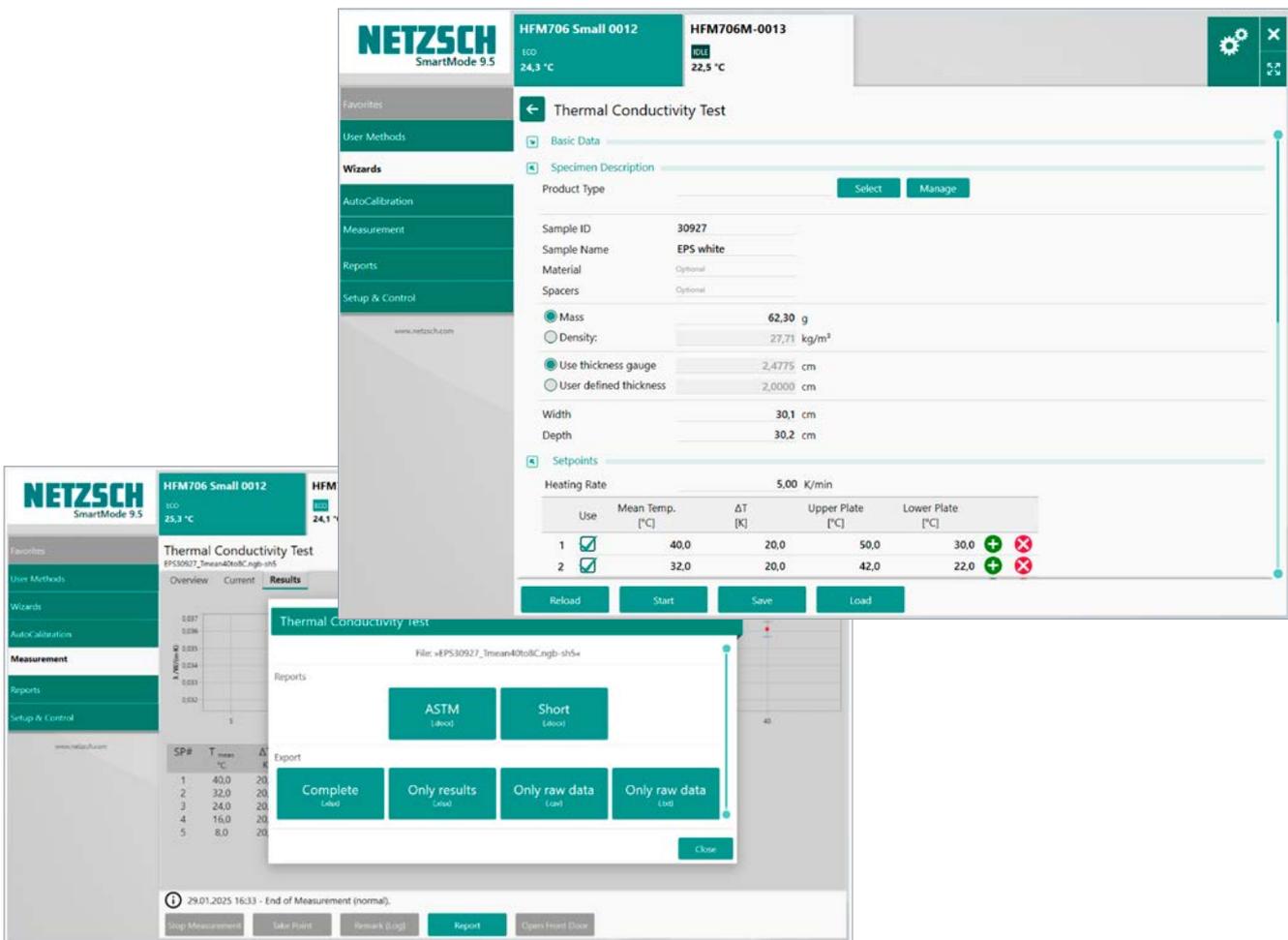
SmartMode ist die anwenderfreundliche und einfach zu bedienende Oberfläche der HFM Proteus®-Software. Sie zeichnet sich durch eine logische Struktur aus, die schnell einen klaren Überblick über den aktuellen Messstatus gibt und verschiedene Berichts- und Exportmöglichkeiten bietet. Am Ende der Prüfung können alle relevanten Ergebnisse in einen Bericht exportiert werden, wenn ein PC angeschlossen ist.

Im Handumdrehen kalibriert

Für Kalibrierzwecke sind die Wärmeleitfähigkeitswerte der gebräuchlichsten zertifizierten Referenzmaterialien, wie z.B. NIST SRM 1450d, bereits in der Software hinterlegt. AutoCalibration bietet darüber hinaus die Möglichkeit, Kalibrierkurven für jedes anwenderdefinierte Material auf der Basis von bis zu 99 frei wählbaren Temperaturstufen zu erstellen.

Mit Messvorlagen und Methoden zum Ergebnis

Die Schaltfläche „Wizards“ ermöglicht die manuelle Eingabe von Parametern, während die Schaltfläche „User Methods“ vom Benutzer definierte Parametereinstellungen aufruft. Werden bestimmte „User Methods“ häufig angewendet, können sie auch unter „Favoriten“ für einen schnelleren Zugriff abgelegt werden. Jede Messung kann mit vordefinierten Geräteparametern (einschließlich Anzahl und Position der Thermoelemente, Stabilitätskriterien usw.) gestartet werden. Erfahrene Anwender, die ihre eigenen Parametersätze verwenden möchten, können diese unter „Setup & Control“ definieren.



Mit einem Klick zur gesamten QS-Dokumentation

Über die Schaltfläche „Reports“ können mit Hilfe verschiedener Vorlagen Berichte schnell und einfach erstellt werden; eine der Vorlagen davon erfüllt alle in der ASTM C518 festgelegten Anforderungen. Jeder Bericht kann an die Corporate Identity Ihres Unternehmens angepasst werden. Ein Export der Daten in Word- oder Excel-Formate erfolgt mühelos mit wenigen Mausklicks. Über den „Full“-Export werden Daten, Grafiken und Ergebnisse in einer Datei überführt. Die Messdaten werden fälschungssicher im Binärformat gespeichert.

MultiCalibration

Die Funktion „MultiCalibration“ kann verwendet werden, um mehrere Einzelkalibrierungen zu kombinieren, entweder von gleichem Typ und mit gleicher Dicke, um die Messunsicherheit zu verringern, oder von unterschiedlichen Typen und Dicken, um Messungen an Proben unterschiedlicher Dicke durchzuführen. Dies ist flexibler und praktischer.

Statistik: $\lambda_{90/90}$

Der $\lambda_{90/90}$ -Wert t ist Grundlage für die Bestimmung des Nennwertes der Wärmeleitfähigkeit im Rahmen der CE-Deklaration von Baustoffen. Der $\lambda_{90/90}$ -Wert ergibt sich aus einer Messreihe von mindestens 10 Messungen und gibt an, welcher Wärmeleitfähigkeitswert mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % bei 90 % der produzierten Menge erreicht werden kann. Mit dem integrierten Report berechnet man den $\lambda_{90/90}$ -Wert auf Basis aller Messungen per Mausklick – ohne zusätzlichen Dokumentations- und Rechenaufwand.

Performance & Applikationen

EPS-Leistungsprüfung

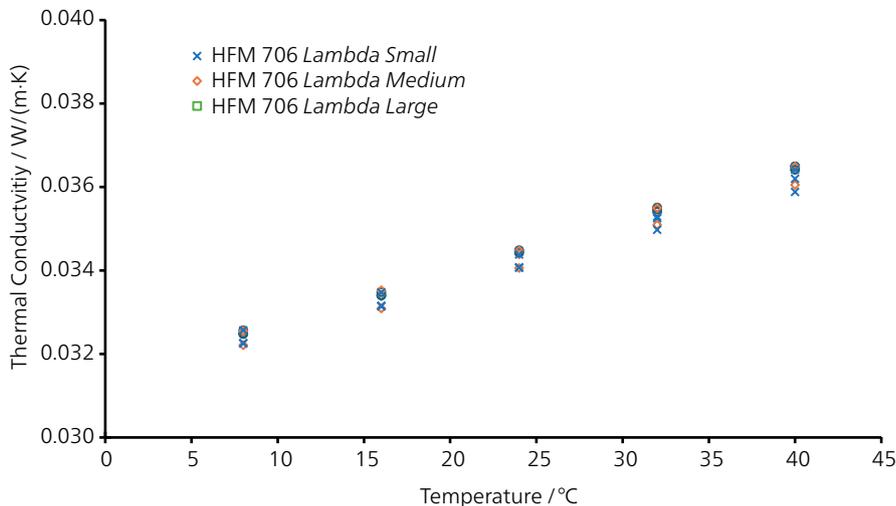


Abbildung 1: Wärmeleitfähigkeit mehrerer NETZSCH EPS-Proben mit unterschiedlichen HFM 706 Lambda-Geräten gegen die Temperatur

Neben dem international zertifizierten Standard ERM-440 bietet NETZSCH auch einen eigenen werkzertifizierten EPS-Standard (expandiertes Polystyrol) an, der sowohl für die Kalibrierung als auch für die Validierung aller Geräte der HFM 706 Lambda-Serie verwendet wird und im Temperaturbereich von 8 °C bis 40 °C eingesetzt wird.

Abbildung 1 zeigt die Wärmeleitfähigkeit von jeweils drei EPS-Standards auf dem HFM 706 Lambda Small, HFM 706 Lambda Medium und HFM 706 Lambda Large in Abhängigkeit von der Temperatur mit Messpunkten zwischen 8 °C und 40 °C.

Die Geräte wurden zuvor mit dem internationalen Referenzmaterial NIST 1450D kalibriert.

Abbildung 2 zeigt die Wärmeleitfähigkeitsergebnisse aller in Abbildung 1 dargestellten Messungen im Vergleich zu den zertifizierten Werten als prozentuale Abweichung. Alle Messungen haben eine Genauigkeit von besser als $\pm 1\%$. Die Wiederholbarkeit für jedes einzelne Gerät ist besser als $\pm 0,25\%$.

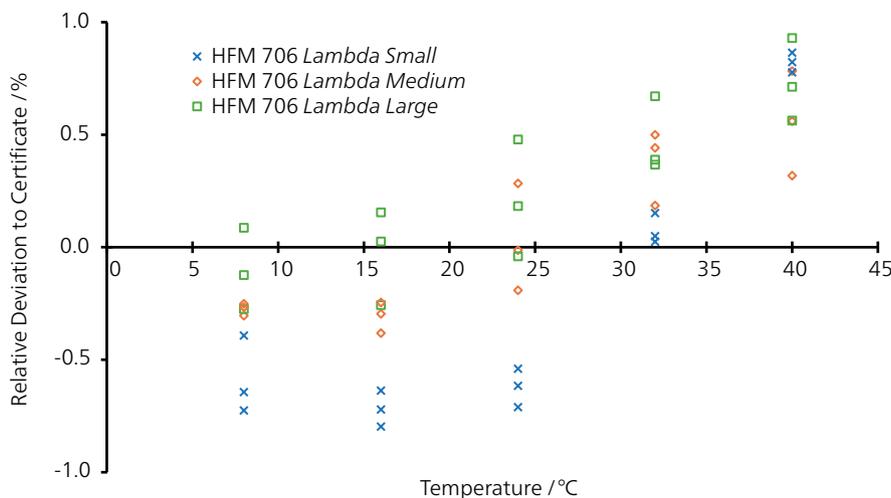


Abbildung 2: Ergebnisse aus Abbildung 1 in Bezug auf zertifizierte Werte

Statistik: $\lambda_{90/90}$

Der $\lambda_{90/90}$ -Wert ist ein Maß für die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen, das statistische Sicherheitszuschläge enthält. Er ist eine zuverlässige Grundlage für die Qualitätssicherung und die standardisierte Bewertung von Dämmstoffen. Die *SmartMode*-Software der HFM-Serie bietet die Möglichkeit, diesen wichtigen Qualitätswert direkt auszugeben und schafft damit einen Mehrwert bei der Bedienung des Gerätes und der Auswertung der Messergebnisse. Das Beispiel zeigt Messungen an zehn verschiedenen XPS-Proben (extrudiertes Polystyrol) gleicher Qualität bei einer mittleren Proben temperatur (T_{mean}) von 10 °C ($\Delta T=20$ K). Aufgrund des Idle-Modus, bei dem die Platten nach der Messung auf einer bestimmten Temperatur gehalten werden, beträgt die Messzeit für jede Prüfung maximal 30 Minuten. Der in Abbildung 1 dargestellte $\lambda_{90/90}$ -Wert wird dann automatisch von der *SmartMode*-Software automatisch ermittelt, siehe Abbildung 2.

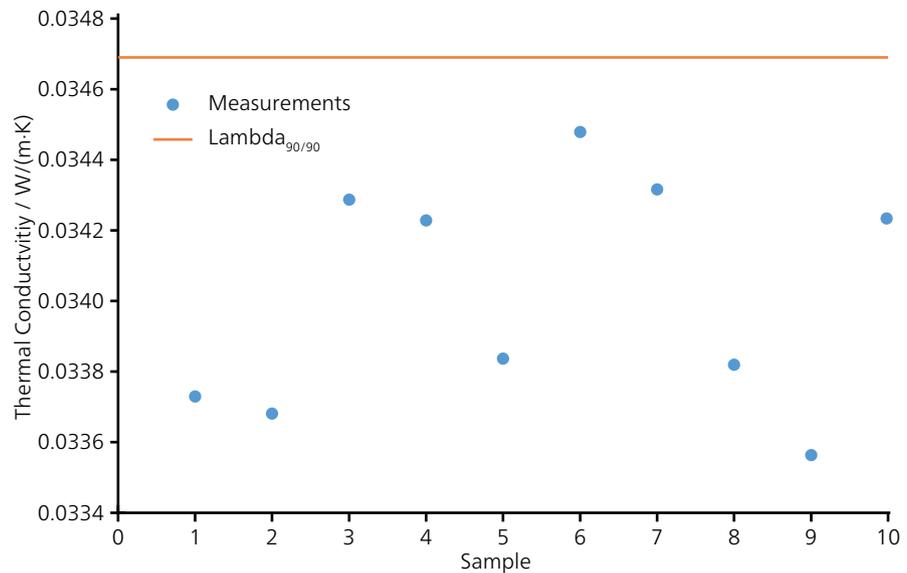


Abbildung 1: Wärmeleitfähigkeit von zehn XPS-Proben bei $T_{\text{mean}} = 10$ °C ($\Delta T = 20$ K) einschließlich $\lambda_{90/90}$ -Wert.

NETZSCH SmartMode 9.5

HFM706 Small 0012 ECO 24,4 °C

HFM706M-0013 IDLE 10,0 °C

Lambda 90/90

Use	Sample ID	Sample thickness cm	Mean Temperature °C	Delta Temperature K	Thermal Conductivity W/(m·K)
<input type="checkbox"/>	Pyrex26336	2,5310	10,0	10,0	1,10106
<input type="checkbox"/>	Pyrex3515	2,4880	10,0	10,0	1,09872
<input type="checkbox"/>	Pyrex26955	2,5423	10,0	10,0	1,11140
<input type="checkbox"/>	1450D31260	2,5284	10,0	20,0	0,03112
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS30-1	3,0035	10,0	20,0	0,03373
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS30-3	3,0057	10,0	20,0	0,03368
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS40-1	4,0034	10,0	20,0	0,03429
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS40-3	4,0430	10,0	20,0	0,03423
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS-B	5,0002	10,0	20,0	0,03432
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS-C	2,9979	10,0	20,0	0,03382
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS30-2	3,0180	10,0	20,0	0,03384
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS50-5	5,0132	10,0	20,0	0,03448
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS-A	2,9860	10,0	20,0	0,03356
<input checked="" type="checkbox"/>	XPS-D	4,0031	10,0	20,0	0,03423

	Thickness cm	Mean Temperature °C	Thermal Conductivity W/(m·K)	Thermal Resistance (m²·K)/W
Minimum	2,9860	10,0	0,03356	0,8864
Maximum	5,0132	10,0	0,03448	1,4552
Average	3,7074	10,0	0,03402	1,0864
Standard dev.	0,8267	0,0	0,00032	0,2322

Summary

Number of samples: 10

K-Factor value: 2,07

Aging Supplement: 0,00000 W/(m·K)

Lambda 90/90: 0,03469 W/(m·K)

Resistance 90/90: 0,6057 (m²·K)/W

Abbildung 2: $\lambda_{90/90}$ in der *SmartMode*-Software

Spezifische Wärmekapazität von festem Polymer (PVC)

Die Versionen HFM 706 *Lambda Small* und *Medium* messen die spezifische Wärmekapazität (SI-Einheit J/(g·K)) von festen Polymeren wie Polamid und PVC (siehe Abb. 1) sowie von Dämmstoffen wie Glaswolle. Die Messungen wurden an zwei PVC-Platten (200 mm x 200 mm x 30 mm und 300 mm x 300 mm x 30 mm) bei mittleren Temperaturen von 10 °C, 30 °C und 50 °C mit einer Temperaturstufe von 20 K zwischen den isothermen Segmenten durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die spezifische Wärmekapazität mit der Temperatur ansteigt und innerhalb von $\pm 3\%$ des Mittelwertes und innerhalb des für PVC erwarteten Bereichs (0,9 bis 1,1 J/(g·K)) bleibt.

Dies bestätigt die Eignung des HFM 706 *Lambda* zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität verschiedener Materialien, die typischerweise in der Bau- und Isolierindustrie eingesetzt werden.

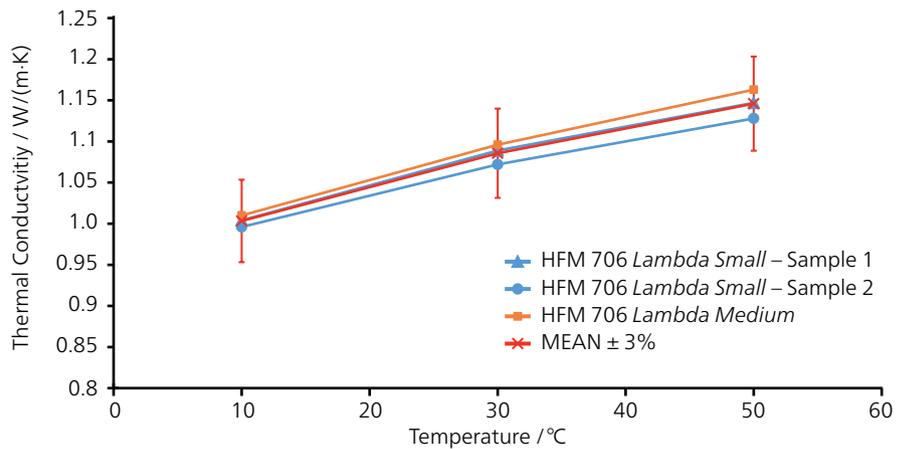
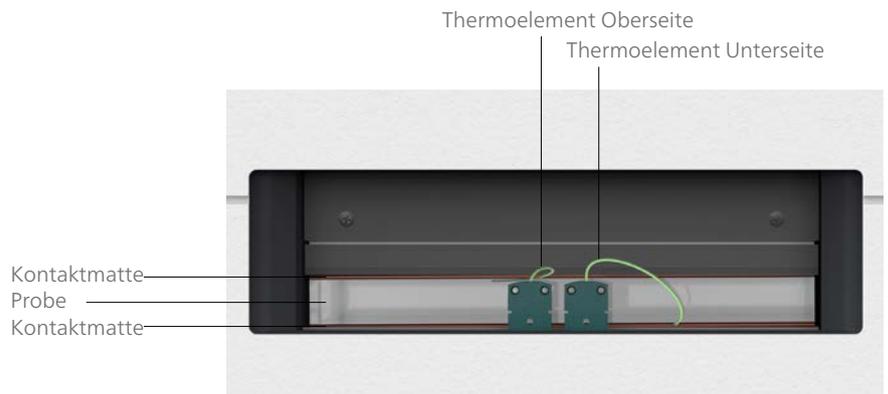


Abbildung 1: Spezifische Wärmekapazität zweier PVC-Platten mit derselben chemischen Zusammensetzung



Verwendung und Komponenten des Erweiterungssets

Geringer thermischer Widerstand

Zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Proben mit geringem thermischen Widerstand ist das Erweiterungsset (siehe Seite 8) erforderlich. Abbildung 2 zeigt die gemessene Wärmeleitfähigkeit mehrerer 25 mm dicker Borosilikat-Glasplatten in verschiedenen HFM-Geräten in Abhängigkeit von der Temperatur. Alle Messwerte liegen innerhalb $\pm 3\%$ der Literaturwerte [1]. Dies ist nur möglich durch die Verwendung von Silikonmatten und zusätzlichen Thermoelementen möglich. Diese Kombination reduziert den Kontaktwiderstand zwischen den Proben mit geringem Widerstand und den Platten des HFM und ermöglicht so aussagekräftige Ergebnisse.

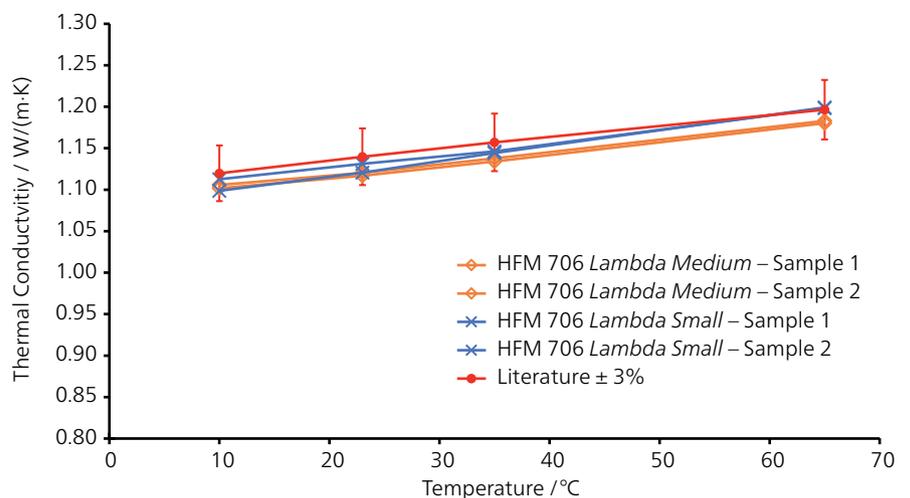


Abbildung 2: Wärmeleitfähigkeit von Borosilikatglasproben im Vergleich zu Literaturwerten

[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

Technische Daten

HFM 706 Lambda-Serie

Normen	ASTM C518, ISO 8301, JIS A1412, DIN EN 12667, DIN EN 12664*
Typ	Tischgerät (<i>Small, Medium</i>) Fahrbares Gestell auf Metallbasis (optional für <i>Large</i>)
Wärmeleitfähigkeitsbereich	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Small</i>: 0,007 bis 2 W/(m·K)** ■ <i>Medium</i>: 0,002 bis 2 W/(m·K)** ■ <i>Large</i>: 0,001 bis 0.5 W/(m·K)** ■ Genauigkeit: ± 1-2 % ■ Wiederholbarkeit: ± 0,25 % ■ Reproduzierbarkeit: ± 0,5 % → Alle Leistungsdaten verifiziert mit NIST SRM 1450 D (Dicke: 25 mm)
Temperaturbereich der Platten	-20 °C bis 90 °C, optional für HFM 706 <i>Lambda Medium</i> : -30 ° bis 90 °C (ΔT : variabel, bis zu 40 K)
Luftdichtes System	Probenkammer mit der Möglichkeit, Gas einzuleiten
Messfläche des Wärmestromsensors	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Small/Medium</i>: 102 mm x 102 mm ■ <i>Large</i>: 254 mm x 254 mm
Kühlsystem	Extern; konstante Solltemperatur über den Temperaturbereich der Platten
Steuerung Plattentemperatur	Peltier-System
Plattenbewegung	Motorisiert
Plattenthermoelemente	Drei Thermoelemente auf jeder Platte, Typ K (2 weitere mit Erweiterungsset)
Auflösung der Thermoelemente	± 0,01 °C
Anzahl der Messpunkte	Bis zu 99
Probendimensionen (max.)	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Small</i>: 203 mm x 203 mm x 51 mm ■ <i>Medium</i>: 305 mm x 305 mm x 105 mm ■ <i>Large</i>: 611 mm x 611 mm x 200 mm
Variable Kraft/Anpresskraft	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Small</i>: 0 bis 854 N (21 kPa auf 203 x 203 mm²) ■ <i>Medium</i>: 0 bis 1930 N (21 kPa auf 305 x 305 mm²) ■ <i>Large</i>: 0 bis 1900 N (5 kPa auf 611 x 611 mm²) Kraftgeregelte Einstellung der Anpresskraft bzw. der gewünschten Dicke und damit Dichte von komprimierbaren Materialien
Dickenbestimmung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Automatische Messung der mittleren Probendicke ■ Dickenbestimmung an allen vier Ecken mittels Inklinometer ■ Messung leicht keilförmiger Proben möglich
Software-Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>SmartMode</i> (inkl. <i>AutoCalibration</i>, Reportgeneration, Datenexport, Wizards, Anwendermethoden, vordefinierte anwenderdefinierbare Parameter, anwenderdefinierte Parameter, c_p-Bestimmung etc.) ■ Messwerthistorie ■ Verbesserte Exporteinstellungen ■ Speichern und Wiederverwenden von Kalibrier- und Messdateien ■ $\lambda_{90/90}$ Report ■ Plot der Platten/Mitteltemperaturen und Wärmeleitfähigkeitswerte ■ Aufzeichnung des Wärmestrom-Messsignals

* nicht für HFM 706 *Lambda Large*

** Bitte beachten: im sehr niedrigen Wärmeleitfähigkeitsbereich kann die Genauigkeit der Lambda (λ)-Werte eingeschränkt sein.
Small und *Medium*: 2,0 W/(m·K) erreichbar mit optionalem Erweiterungsset, empfohlen für harte Materialien und Materialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit

Die inhabergeführte NETZSCH Gruppe ist ein weltweit führendes Technologieunternehmen, das sich auf den Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau spezialisiert hat.

Unter der Führung der Erich NETZSCH B.V. & Co. Holding KG besteht das Unternehmen aus den drei Geschäftsbereichen Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme, die branchen- und produktorientiert ausgerichtet sind. Ein weltweites Vertriebs- und Servicenetz gewährleistet Kundennähe und kompetenten Service seit 1873.

NETZSCH Technologie ist weltweit führend im Bereich der Thermischen Charakterisierung von annähernd allen Werkstoffen. Wir bieten Komplettlösungen für die Thermische Analyse, die Kalorimetrie (adiabatische und Reaktionskalorimetrie), die Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften, die Rheologie und die Brandprüfung. Basierend auf mehr als 60 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.

Proven Excellence. ■

NETZSCH-Gerätebau GmbH
Wittelsbacherstraße 42
95100 Selb, Deutschland
Tel.: +49 9287 881-0
Fax: +49 9287 881-505
at@netsch.com
<https://analyzing-testing.netsch.com>



NETZSCH®

www.netsch.com