

NETZSCH

Proven Excellence.

ECO-
REIHE



HFM 446 *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 Isolationsmaterialien

Analyzing & Testing



Schlüsselfaktor für verbesserte Energieeffizienz

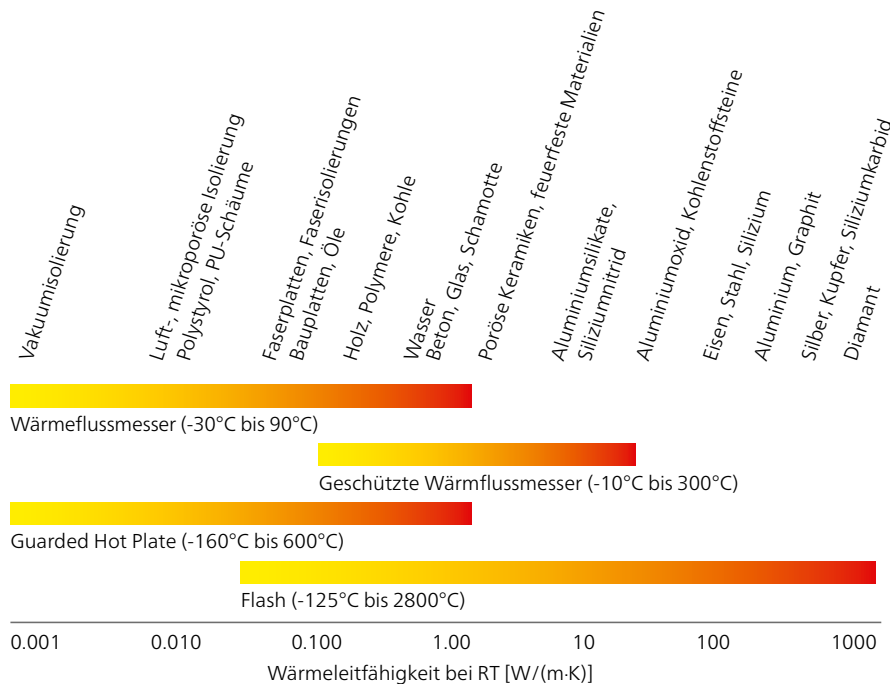
WÄRMELEIT- FÄHIGKEIT

- Wie hoch ist der Heiz-/Kühlbedarf eines Gebäudes?
- Wie verändert sich dieser mit Witterungseinflüssen und wie lässt er sich verbessern?
- Wie kann die Wärmeabfuhr aus elektronischen Bauteilen optimiert werden?
- Wie entwickelt man Wärmeaustauscher, um die gewünschte Effizienz zu erzielen und welches sind die idealen Materialien?

Zur Beantwortung dieser oder ähnlicher Fragen müssen Materialeigenschaften wie Temperatur- oder Wärmeleitfähigkeit bekannt sein. Hier bietet NETZSCH eine große Auswahl an Messgeräten zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit, mit denen nahezu alle möglichen Applikationen und Temperaturbereiche abgedeckt werden können.

Für die Untersuchung von Materialien mit geringer Leitfähigkeit wie Faserisolierungen oder Vakuumdämmplatten hat NETZSCH verschiedene Wärmeflussmesser (engl. Heat Flow Meter, HFM) für unterschiedliche Probengeometrien und Temperaturbereiche im Programm.

Die HFM 446 *Lambda* Serie basiert auf den gängigen Normen wie z. B. ASTM C518, ISO 8301, JIS A1412, DIN EN 12664* und DIN EN 12667.



* nicht für HFM 446 *Lambda Large*

Das HFM ist ein genaues, schnelles und anwenderfreundliches Gerät zur Messung von Dämmstoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit λ .

FUNKTIONSWEISE

In einem Wärmeflussmessgerät (HFM) wird der Probekörper zwischen zwei beheizbaren Platten angeordnet, die auf eine benutzerdefinierte mittlere Probentemperatur und einen Temperaturgradienten geregelt werden, um den Wärmefluss durch den Probekörper zu messen.

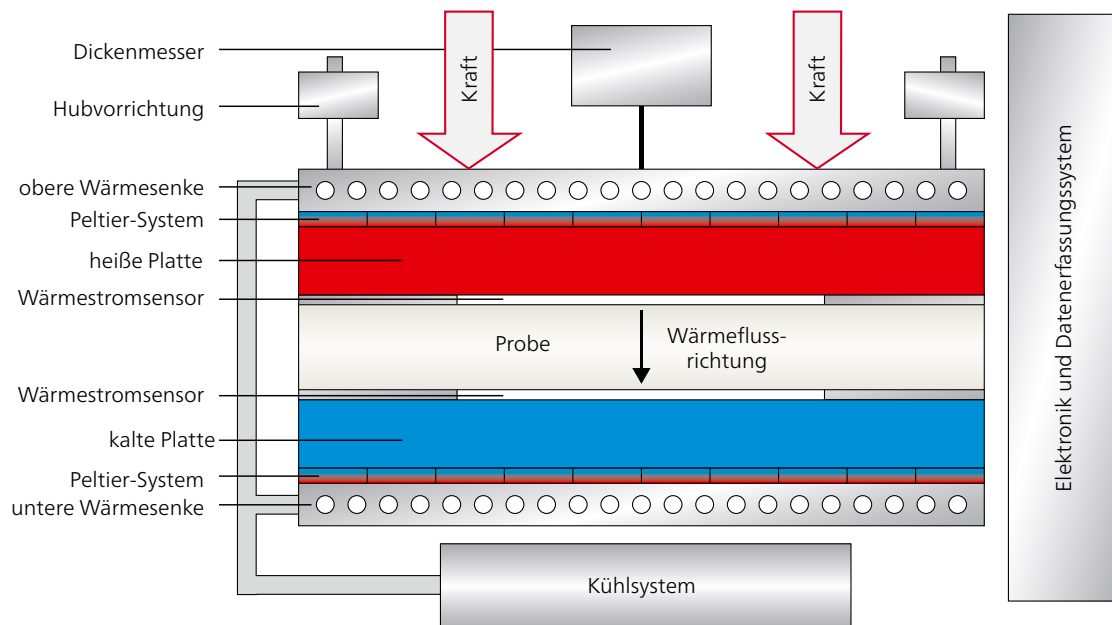
Die Probendicke L wird durch einen internen Dickensensor gemessen. Alternativ kann eine gewünschte Solldicke durch den Benutzer vorgegeben und angefahren werden, was besonders bei komprimierbaren Probekörpern interessant ist. Der Wärmestrom \dot{Q} durch die Probe wird durch zwei kalibrierte Wärmestromsensoren auf beiden Probenseiten gemessen.

Ist der Gleichgewichtszustand erreicht, kann der Test durchgeführt werden. Das Signal der Wärmestromsensoren wird mit einem Wärmeleitfähigkeitsstandard kalibriert. Zur Berechnung der Wärmeleitfähigkeit λ und des thermischen Widerstandes R dienen nach dem Fourier-Gesetz der mittlere Wärmefluss \dot{Q}/A , die Probendicke L und der Temperaturgradient ΔT (siehe Gleichungen rechts). Der Wärmedurchgangskoeffizient, auch als U-Wert bekannt, ist der Kehrwert des gesamten thermischen Widerstands. Je niedriger der U-Wert, desto besser ist das Isolationsvermögen.

$$\lambda = \frac{\dot{Q}}{A} \frac{L}{\Delta T} \quad \lambda \text{ in SI-Einheit [W/(m}\cdot\text{K)]}$$

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

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



Das HFM wird kalibriert geliefert.

HFM 446 *Lambda* Serie

Ausgestattet mit großartigen Features –
für kleine, mittlere und große Proben



HFM 446 *Lambda* Small

HFM 446 *Lambda* Medium

SmartMode – Fokussiert auf Messung, Auswertung und Berichterstellung

Die HFM-Software unterstützt den Anwender mit verschiedenen, leicht verständlichen Features einschließlich *AutoCalibration*, einem Assistenten für Messvorlagen, Anwendermethoden und Ergebnisberichten.

Wärmestromsensoren – Hohe Empfindlichkeit und Genauigkeit

Die Wärmestromsensoren zeichnen den Wärmefluss zu und von der Probe auf. Die Kalibrierung der Sensoren erfolgt mit einem Referenzmaterial mit bekannter Wärmeleitfähigkeit. Mehrere Kalibrierungen können miteinander kombiniert werden und dadurch die Genauigkeit einer Messung erhöhen.

Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität c_p

Neben der Messung der Wärmeleitfähigkeit können beide Platten auf die gleiche Temperatur geregelt werden. Ein kontrolliertes Aufheizen zur nächsten Temperatur erlaubt die Ermittlung von c_p .



HFM 446 *Lambda Large*

Ressourcen einsparen im Eco-Modus

Das HFM 446 *Lambda* kann im Standby in einen energiesparenden Eco-Modus versetzt werden oder in den Leerlauf-Modus für einen schnellen Messbeginn. Wann welcher Modus aktiv ist, lässt sich über einen Zeitplan einteilen.

SMARTMODE
VERSCHIEDENE
PROBENGEOMETRIEN
HOHE PRÄZISION & GENAUIGKEIT

**ANPASSBAR FÜR
NICHT-PARALLELE
PROBENFLÄCHEN**

ANWENDERFREUNDLICH
AUTOMATISCHER BETRIEB

$\lambda_{90/90}$

NORMKONFORM

ECO-MODUS

EIGENSTÄNDIGER BETRIEB

QS DOKUMENTATION

KURZE MESSZEIT

VARIABLE BELASTUNG

DICKENBESTIMMUNG

C_p MESSUNG

ERWEITERBAR ZU NIEDRIGEREN
THERMISCHEN WIDERSTÄNDEN

WIZARDS & METHODEN

Die λ -Lösung

Schneller Probenwechsel ohne Beeinträchtigung der Plattentemperaturen

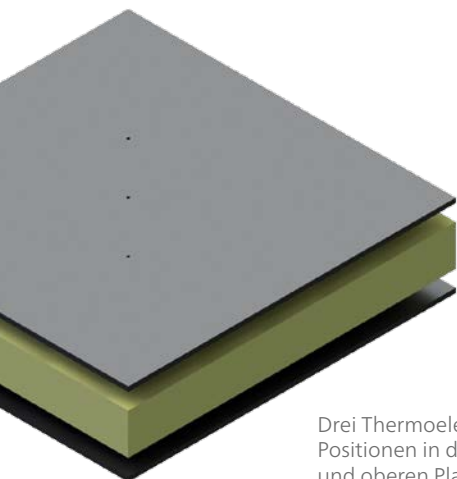
Peltier-Temperaturregelung für heiße und kalte Platten

Die Regelung der Plattentemperatur erfolgt individuell mittels eines Heiz-/Kühl-Peltier-Systems, das an einen geschlossenen Kühlkreislauf mit einem externen Thermostat gekoppelt ist. Die leistungsstarken Peltier-Elemente generieren dank optimierter Temperaturregelung ein thermisches Gleichgewicht innerhalb kürzester Zeit – eine Produktivitätssteigerung für das Labor.

Motorisierte Plattenbewegung und Ofentür

Werden die Platten des HFM 446 *Lambda* am Ende der Messung für den Probenwechsel nur geringfügig auseinandergedfahren, lässt sich der Probenkörper innerhalb nur weniger Sekunden für die nächste Messung auswechseln. Störungen in den Plattentemperaturen sind dadurch minimiert. Die Platten können schnell zu ihrer Solltemperatur zurückkehren und für den nachfolgenden Test stellt sich das Gleichgewicht wieder zügig ein.

Die Versionen *Small* und *Medium* besitzen eine motorisierte Ofentür.



Drei Thermoelement-
Positionen in der unteren
und oberen Platte



Das HFM 446 *Lambda* während des Probenwechsels

Messen der Wärmeleitfähigkeit komprimierbarer Materialien bei variierender Dichte

Variable Belastung – zur Kontrolle der Dicke und Dichte von komprimierbaren Proben

Der Anwender kann eine Anpresskraft von bis zu 850 N (HFM 446 *Lambda Small*) und 1930 N (HFM 446 *Lambda Medium* und *Large*) festlegen. Dies lässt eine Einstellung der Dicke und damit auch der Dichte komprimierbarer Materialien zu.

Ein enger Kontakt der Platten mit der Probe ist über die gesamte Fläche sichergestellt. Daraus ergeben sich ein minimaler und einheitlicher Kontaktwiderstand, zwei unerlässliche Voraussetzungen für reproduzierbare Wärmeleitfähigkeitsergebnisse.

Integrierte Dickenbestimmung

Die HFM 446 *Lambda* Serie ist standardmäßig mit einem integrierten Sensor mit Auflösung im μm -Bereich ausgestattet, mit dem sich die Messung der eigentlichen Probendicke innerhalb weniger Sekunden durchführen lässt. Auf der oberen Platte ist ein Zwei-Achsen-Neigungsmesser angebracht. Durch diese Konstruktion kann eine Vielzahl von Probengeometrien, speziell auch solche mit schrägen oder nicht-parallelen Probenoberflächen, ohne Druck auf die Motorantriebswellen gemessen werden.



Messrahmen für lose eingefülltes Schüttgutmaterial



Präzise Steuerung reguliert Dicke und somit auch die Dichte komprimierbarer Materialien



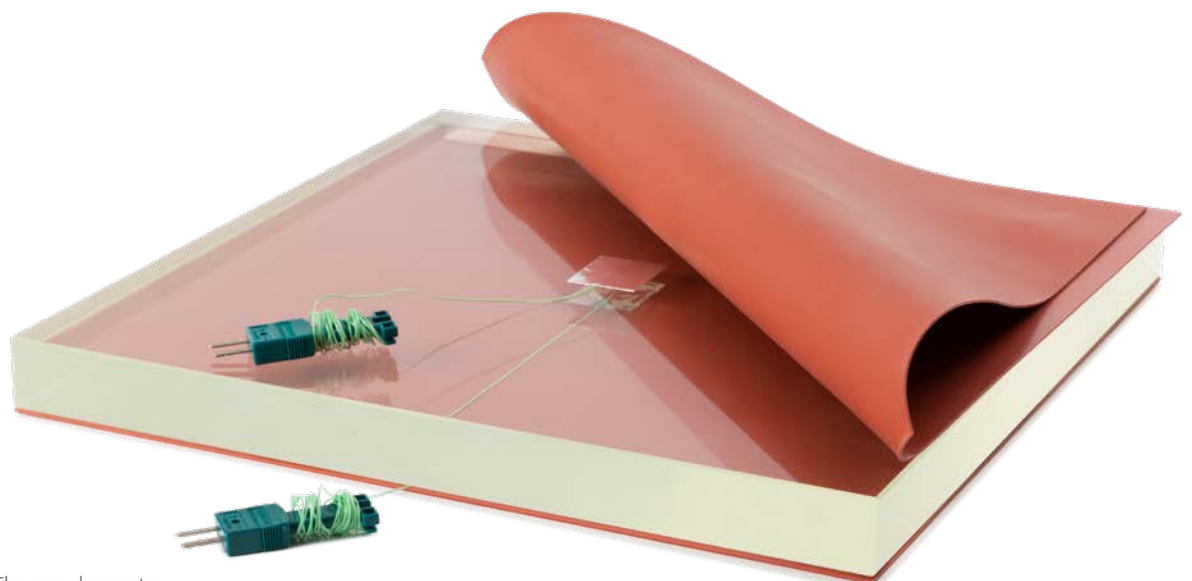
Durch zusätzliche Thermoelemente und Kontaktmatten können auch Materialien außerhalb des üblichen Messbereichs der HFM-Methode untersucht werden. Dies gelingt durch Eliminierung des Einflusses des Kontaktwiderstandes für Materialien mit niedrigem thermischen Widerstand bzw. höherer Wärmeleitfähigkeit.

Verbesserte Messgenauigkeit für starre Proben mit kleinen thermischen Widerständen

Die HFM 446 *Lambda* Serie kann mit einem optionalen Erweiterungsset* ausgestattet werden, wodurch der Anwendungsbereich für Materialien mit geringeren thermischen Widerständen (bis zu $0,02 \text{ (m}^2\text{K)/W}$) wie beispielsweise Beton, Holzprodukte, Ziegel usw. zugänglich wird.

Das Erweiterungsset beinhaltet dünne, komprimierbare Kontaktmatten für die Anwendung an beiden Grenzschichten und Hilfsthermoelemente, die auf Probenober- und -unterseite geklebt werden. Dies erhöht die Temperaturgenauigkeit – speziell für Applikationen, die eine verbesserte Temperaturmessung erfordern.

* Auf Nachfrage auch erhältlich für HFM 446 *Lambda Large*



Platzierung der Thermoelemente in der Probenmitte

Das Gerät wird kalibriert und auf Wunsch mit Referenzproben geliefert.
Die Liste der verfügbaren Referenzmaterialien lässt sich vom Anwender erweitern.

ZUBEHÖR UND MEHR

Bereits kalibriert mit zertifizierten Referenzmaterialien

Das HFM-System wird mit einem NIST-zertifizierten oder IRMM-Referenzstandard mit bekannter Wärmeleitfähigkeit kalibriert geliefert. Dies sorgt für eine genaue Korrelation des vom Sensor ausgegebenen Signals mit dem tatsächlichen Wärmestrom. Sind die anwenderdefinierbaren Stabilitätskriterien erfüllt, werden der thermische Widerstand und die Wärmeleitfähigkeit gemessen. Selbstverständlich können auch kundenspezifische Referenzmaterialien zum Einsatz kommen. Für oben genannte Referenzmaterialien kann eine Genauigkeit von $\pm 1\%$ einfach erreicht werden.

Optimale Testbedingungen mit geringem Kondensationsrisiko

Dank des Designs der Prüfkammer der HFM 446 *Lambda*-Serie werden Einflüsse der Umgebung minimiert und Kondensationseffekte in der Prüfkammer und auf den Plattenoberflächen reduziert. Optional kann die Prüfkammer mit trockenem Gas gespült werden.



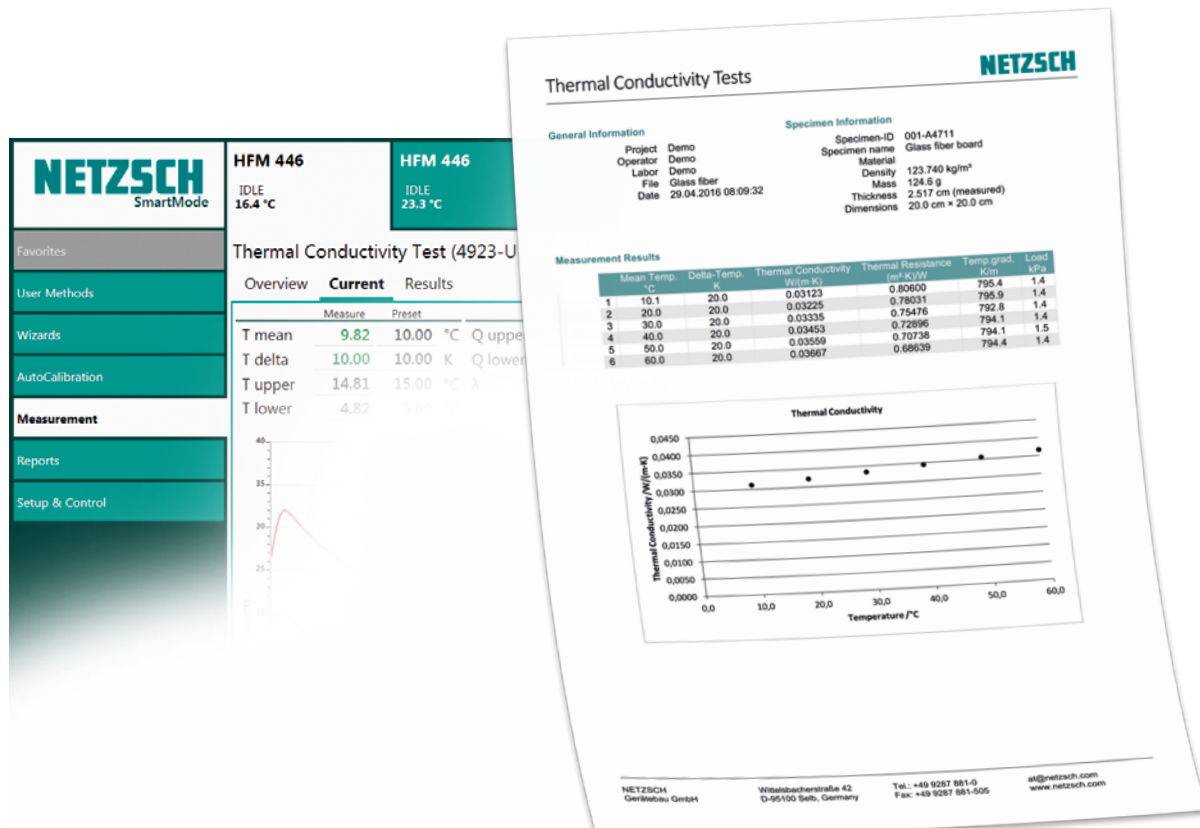
Einlegen eines Referenzmaterials – es können unterschiedliche Referenzmaterialien verwendet werden.

HFM 446 *Lambda* Small und Medium sind geeignet zur Messung der spezifischen Wärmekapazität c_p

c_p -Messung

Mit den Geräten HFM 446 *Lambda* *Small* und *Medium* kann neben der Wärmeleitfähigkeit λ auch die spezifische Wärmekapazität c_p unter Berücksichtigung der Kalibrierfaktoren und der thermischen Masse der Platten bestimmt werden.

Software-Interface



Höchster Bedienkomfort

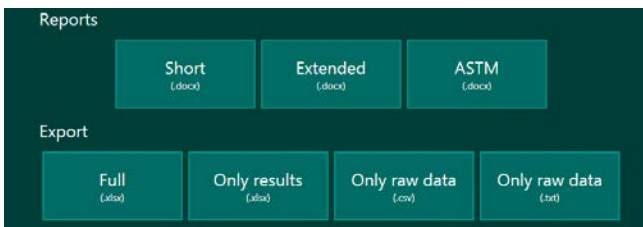
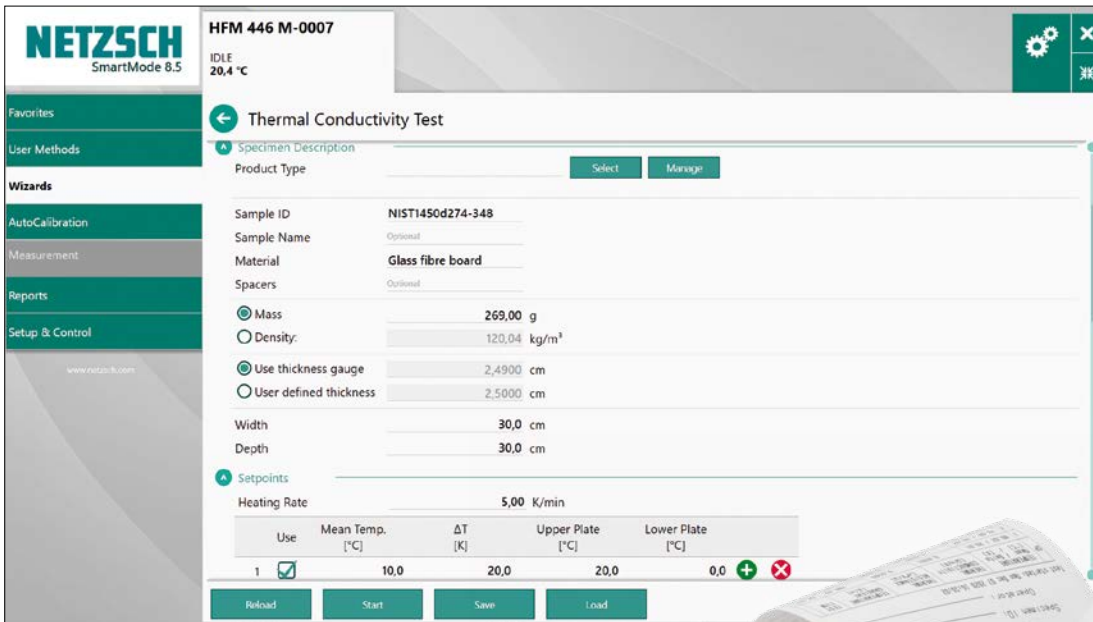
SmartMode ist das anwenderfreundliche User-Interface der HFM-Proteus®-Software. Es zeichnet sich durch eine logische Struktur aus, die schnell eine klare Übersicht über den derzeitigen Messstatus gibt und unterschiedliche Bericht- und Exportmöglichkeiten bietet. Nach Testende können alle relevanten Ergebnisse direkt vom integrierten Drucker ausgedruckt werden oder, wenn ein PC angeschlossen ist, kann auch ein Messbericht von der Software erstellt werden.

Kalibrierung im Handumdrehen

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 Temperaturen zu erstellen.

Mit Messvorlagen und Methoden zum Ergebnis

Die Schaltfläche „Wizards“ erlaubt die manuelle Parametereingabe, während die Schaltfläche „User Methods“ zuvor vom Anwender definierte Parametereinstellungen abrufen. Werden bestimmte „User Methods“ häufig angewendet, können sie auch unter „Favorites“ für einen schnelleren Zugang abgelegt werden.



Ergebnisdruck des integrierten Druckers

Nur ein 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 ASTM C518 festgelegten Anforderungen. Jeder Bericht lässt sich an die Corporate Identity Ihrer Firma anpassen. Ein Export der Daten in Word- oder Excel-Formate geschieht mühelos mit wenigen Mausklicks. Über den "Full" Export werden Daten, Grafiken und Ergebnisse in eine einzige Datei überführt. Die Messdaten werden fälschungssicher im binären Format gespeichert.

Statistik: $\lambda_{90/90}$

Der $\lambda_{90/90}$ -Wert ist Grundlage zur Ermittlung des Nennwertes der Wärmeleitfähigkeit im Rahmen der CE-Deklaration von Baustoffen. $\lambda_{90/90}$ ergibt sich aus einer Messreihe von mindestens 10 Messungen und sagt aus, 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.

Aufbau & Steuerung

Jede Messung lässt sich durch Verwendung vordefinierter Geräteparameter (einschließlich Anzahl und Position der Thermoelemente, Stabilitätskriterien usw.) starten. Erfahrene Anwender, die ihre eigenen Parametersätze anwenden möchten, können diese unter „Setup & Control“ definieren.

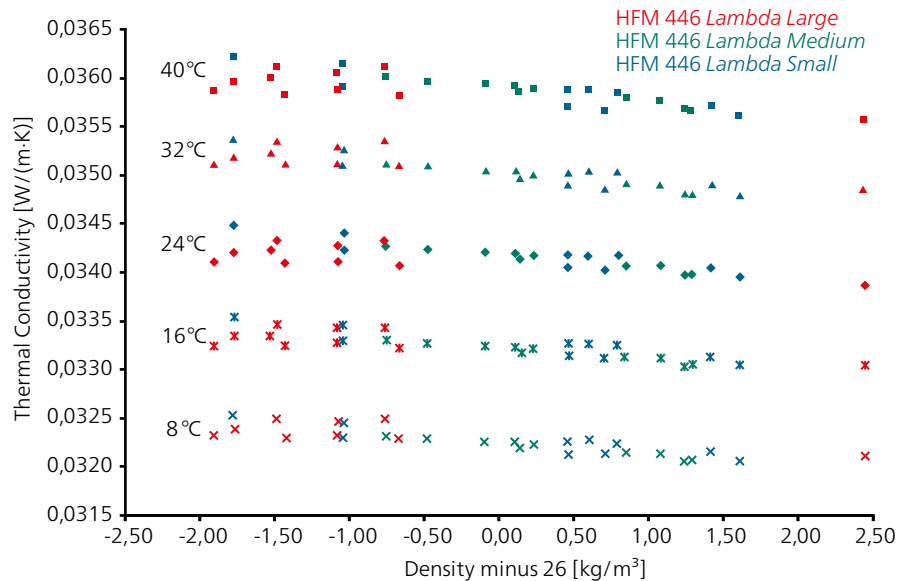
Applikationen und Performance

Überprüfung der Leistungsfähigkeit an EPS

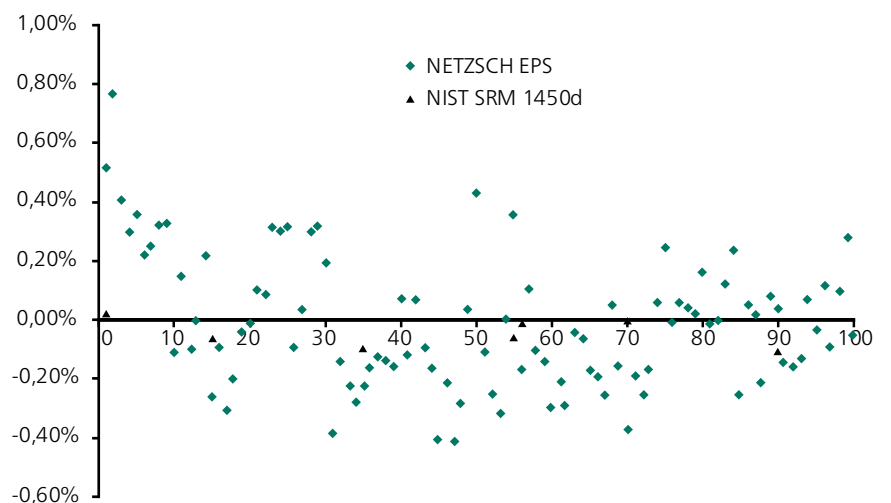
Neben den NIST- und NPL-zertifizierten Referenzmaterialien bietet NETZSCH einen eigenen Werksstandard zur Kalibrierung der HFMs für den Temperaturbereich 8 ... 40 °C an: NETZSCH-EPS (expandiertes Polystyrol).

Die obere Abbildung zeigt, dass die Wärmeleitfähigkeit von NETZSCH-EPS bei Messungen an jeweils 10 Proben mit den Abmessungen 600 mm x 600 mm x 25 mm (HFM 446 *Lambda Large*), 300 mm x 300 mm x 25 mm (HFM 446 *Lambda Medium*) und 200 mm x 200 mm x 25 mm (HFM 446 *Lambda Small*) innerhalb $\pm 0.5\%$ reproduzierbar ist. Die mittlere Wärmeleitfähigkeit (Formel hinterlegt in der Software) hängt von der Temperatur und auch etwas von der Proben-dichte ab (Mittelwert 26 kg/m^3).

Die untere Abbildung zeigt einen weiteren Beleg für eine ausgezeichnete Reproduzierbarkeit der Wärmeleitfähigkeit von besser als $\pm 0.5\%$. Dabei wurden während eines zweieinhalbwöchigen Zeitraums 100 unterschiedliche NETZSCH-EPS Proben gemessen.



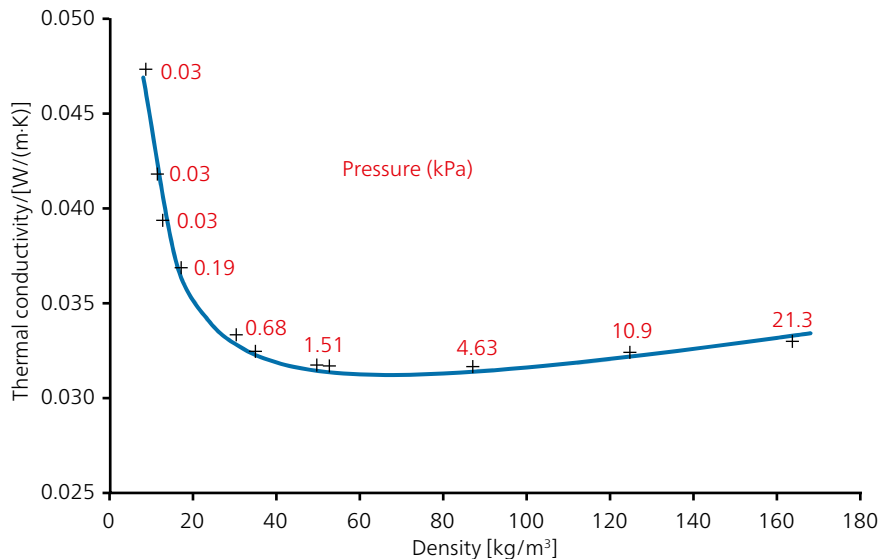
Temperatur- und dichteabhängige Wärmeleitfähigkeit 30 unterschiedlicher NETZSCH-EPS-Proben.



Relative Abweichung der Wärmeleitfähigkeit λ von den nominellen Werten von 100 unterschiedlichen NETZSCH-EPS-Proben mit den Abmessungen $300 \times 300 \times 25 \text{ mm}$, gemessen mit dem HFM 446 *Lambda Medium* bei 40°C mittlerer Proben-temperatur und einem Gradienten ΔT von 20 K (grüne Symbole; schwarze Symbole NIST 1450d Standard).

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Dichte und Wärmeleitfähigkeit komprimierbarer Materialien

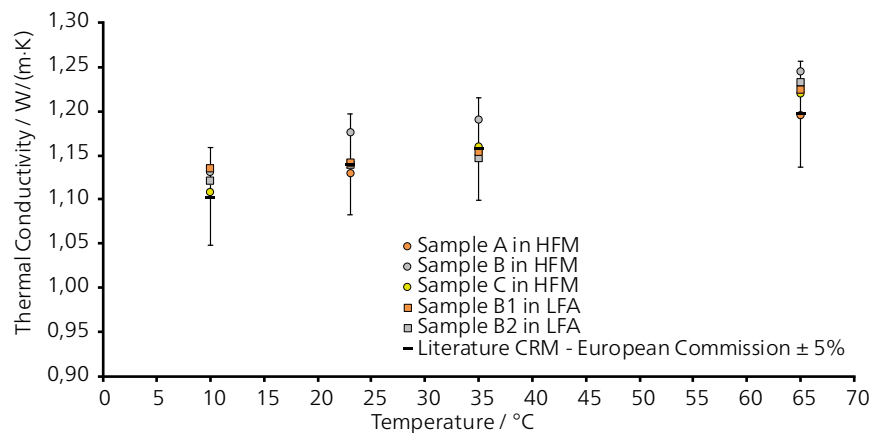
Mit der Funktion „Variable Belastung“ lässt sich der Zusammenhang zwischen Dichte und Wärmeleitfähigkeit komprimierbarer Materialien untersuchen. Das Beispiel bestätigt den aus mehreren Beiträgen bestehenden Wärmetransport in Glasfaserisierungen. Während die Probe mit zunehmender Kraft komprimiert wird – hier durch den entsprechenden Oberflächendruck dargestellt – fällt die effektive Wärmeleitfähigkeit aufgrund des Rückgangs des Strahlungswärmetransports zunächst ab und nimmt dann mit zunehmender Bedeutung der Wärmeleitfähigkeit bei erhöhter Dichte wieder zu.



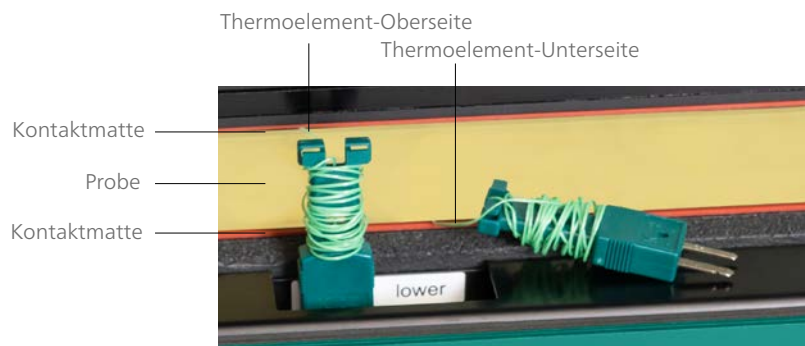
Wärmeleitfähigkeit einer Glasfaserisolierung in Abhängigkeit der Dichte

Geringer thermischer Widerstand – messbar mit der HFM 446 Lambda Serie

Materialien mit geringem thermischen Widerstand erfordern den Einsatz des Erweiterungssets (siehe Seite 8). Eine Borosilikat-Glasplatte mit einer Dicke von 25 mm und einer Wärmeleitfähigkeit von ca. 1,14 W/m/K bei 23 °C [1] besitzt einen thermischen Widerstand von ca. 0,02 (m²K/W). Unter Verwendung des Erweiterungssets zeigen die Messergebnisse zur Wärmeleitfähigkeit an drei Borosilikat-Glasplatten aus einer Charge eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen der Laser Flash-Analyse (LFA). Über den gesamten Temperaturbereich betragen die relativen Abweichungen bei der HFM-Apparatur maximal ca. 3,9 % und bei der LFA maximal 2,8 %. Damit liegen beide Messmethoden in der für dieses Material angegebenen Unsicherheit von ± 5 %.



Wärmeleitfähigkeit von Borosilikat-Glasplatten, gemessen mit HFM und LFA



Verwendung und Komponenten des Erweiterungssets

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

C_p -Messung

Zur Messung der spezifischen Wärmekapazität c_p mit dem HFM 446 *Lambda* werden beide Platten auf exakt der gleichen Temperatur gehalten. Nachdem kein Wärmefluss mehr zwischen den beiden Platten auftritt, wird eine Temperaturstufe initiiert. Der dabei auftretende Wärmestrom in die Probe und die Platten wird über Wärmeflussensoren gemessen, anschließend integriert und ausgewertet. Über eine vorher durchgeführte Leermessung wird der Beitrag der sich ebenfalls aufheizenden Platten subtrahiert.

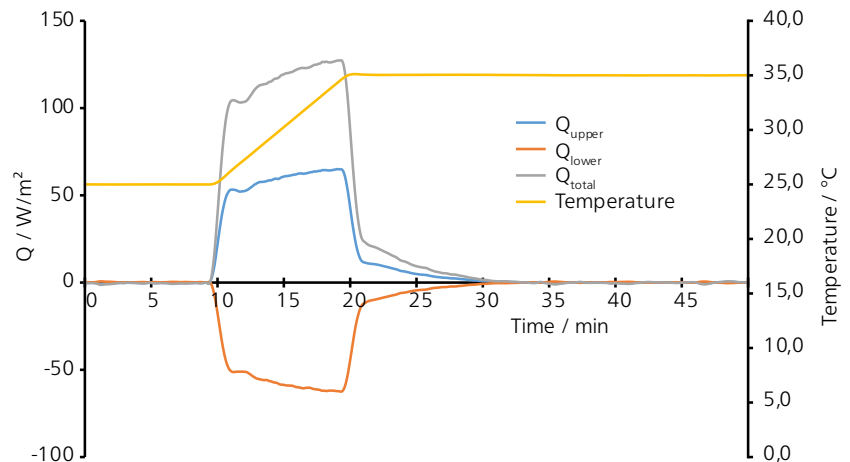
Mit den Versionen HFM 446 *Lambda Small* und *Medium* lässt sich die spezifische Wärmekapazität (SI-Einheit $J/(g \cdot K)$) von festen Polymeren, z. B. Polyamid und PVC, und Isolationsmaterialien, z. B. Glaswolle, bestimmen.

Spezifische Wärmekapazität einer Glasfaserisolation

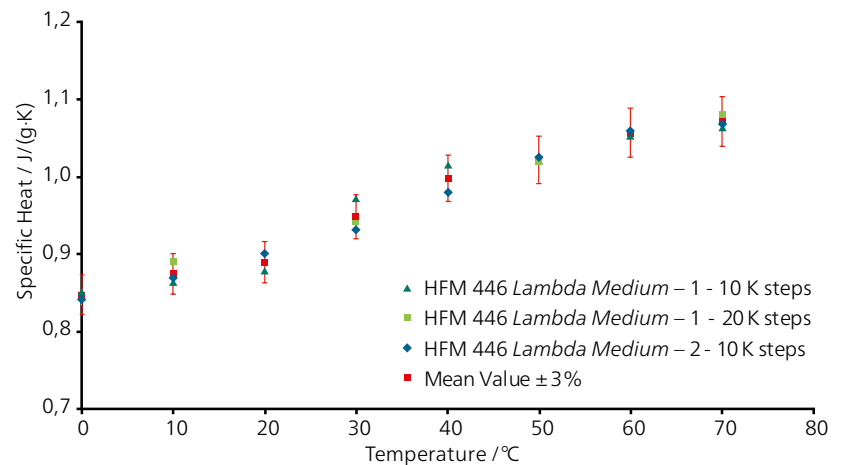
Neben der Wärmeleitfähigkeit von Isolationswerkstoffen ist in der Bauindustrie ebenfalls die Eigenschaft der spezifischen Wärmekapazität von großer Bedeutung. Dämmstoffe mit einer hohen spezifischen Wärmekapazität können Temperaturspitzen der äußeren Umgebung abfangen und somit zu einem gleichbleibenden Raumklima beitragen.

Im folgenden Beispiel wurde Glaswolle zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit mit zwei verschiedenen HFM 446 *Lambda Medium*-Messgeräten zwischen $0\text{ }^\circ\text{C}$ und $70\text{ }^\circ\text{C}$ und mit unterschiedlichen Temperaturstufen (10 K und 20 K) untersucht.

Die obere Abbildung zeigt exemplarisch den aufgenommenen Verlauf des Wärmestroms und der Temperatur bei einer Temperaturstufe über die Zeit. Der resultierende kombinierte Wärmefluss Q_{total} der oberen und unteren Platte (Q_{upper} minus Q_{lower}) entspricht dem gesamten Wärmeverbrauch, der zur Aufheizung der Probe (inkl. Platten) benötigt wird. Basierend auf dem Integral und der vorher durchgeführte Leermessung kann die spezifische Wärmekapazität bei einer mittleren Temperatur von $30\text{ }^\circ\text{C}$ bestimmt werden.



Wärmefluss und Temperatur einer Temperaturstufe zwischen $25\text{ }^\circ\text{C}$ und $35\text{ }^\circ\text{C}$ während der c_p -Messung mit einem HFM 446 *Lambda Medium* an einer Glasfaserprobe mit den Abmaßen von ca. $30\text{ cm} \times 30\text{ cm} \times 2,5\text{ cm}$ und einer Masse von ca. 300 g



Spezifische Wärmekapazität einer Glasfaserisolation zwischen $0\text{ }^\circ\text{C}$ und $70\text{ }^\circ\text{C}$

Die untere Abbildung zeigt, dass die spezifische Wärmekapazität mit zunehmender Temperatur steigt. Die Ergebnisse aller Messungen liegen max. $\pm 3\%$ um den Mittelwert und in

dem für Glasfaserisolation typischen Bereich von $< 1\text{ J/(g \cdot K)}$ bei Raumtemperatur. Damit eignet sich das HFM 446 *Lambda* auch zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität an großen und inhomogenen Bau- und Dämmstoffen.

Technische Daten

HFM 446 Lambda Serie

| | |
|---------------------------------|--|
| Normen | ASTM C518, ISO 8301, JIS A1412, DIN EN 12667, DIN EN 12664* |
| Typ | Freistehend mit integriertem Drucker |
| 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)** <p><i>Small</i> und <i>Medium</i>: 2,0 W/(m·K) erreichbar mit optionalem Erweiterungsset, empfohlen für harte Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Genauigkeit: ± 1 % bis 2 % ■ Wiederholbarkeit: ± 0,25 % ■ Reproduzierbarkeit: ± 0,5 % <p>→ Leistungsdaten verifiziert mit NIST SRM 1450 D (Dicke 25 mm)</p> |
| Temperaturbereich der Platten | -20 °C bis 90 °C, optional für HFM 446 <i>Lambda Medium</i> : -30 °C bis 90 °C |
| Spülgaseinlass am Probenraum | Ja |
| Messfläche des Wärmeflussensors | <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; konstanter Temperatursollwert über den Temperaturbereich der Platten |
| Regelung der Plattentemperatur | Peltier-System |
| Plattenbewegung | Motorisiert |
| Platten-Thermoelemente | 3 Thermoelemente auf jeder Platte, Typ K (2 weitere mit Erweiterungsset) |
| Thermoelement-Auflösung | ± 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) <p>Kraftgeregelte Einstellung des Anpressdrucks oder der gewünschten Dicke und somit Dichte komprimierbarer Materialien</p> |
| Dickenbestimmung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Automatische Messung der mittleren Probendicke ■ Dickenbestimmung an allen 4 Ecken mittels Inklinometer ■ Möglichkeit zur Messung nicht paralleler Proben |
| Software-Eigenschaften | <ul style="list-style-type: none"> ■ <i>SmartMode</i> (inkl. <i>AutoCalibration</i>, Berichterstellung, Datenexport, Messvorlagen, Anwendermethoden, vordefinierte anwenderdefinierbare Parameter, c_p-Bestimmung usw.) ■ Speicherung und Wiederverwendung von Kalibrier- und Messdateien ■ $\lambda_{90/90}$ Report ■ Plot der Platten/Mitteltemperatur und Wärmeleitfähigkeitswerte ■ Aufzeichnung des Wärmestrom-Messsignals ■ Erstellung/Auswahl von Konfigurationen zum Stand-Alone-Betrieb (ohne PC) |

* nicht HFM 446 *Lambda Large*

** Im sehr niedrigen Wärmeleitfähigkeitsbereich kann die Genauigkeit der Lambda-Werte eingeschränkt sein.

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@netzsch.com
<https://analyzing-testing.netzsch.com>



NETZSCH®

www.netzsch.com