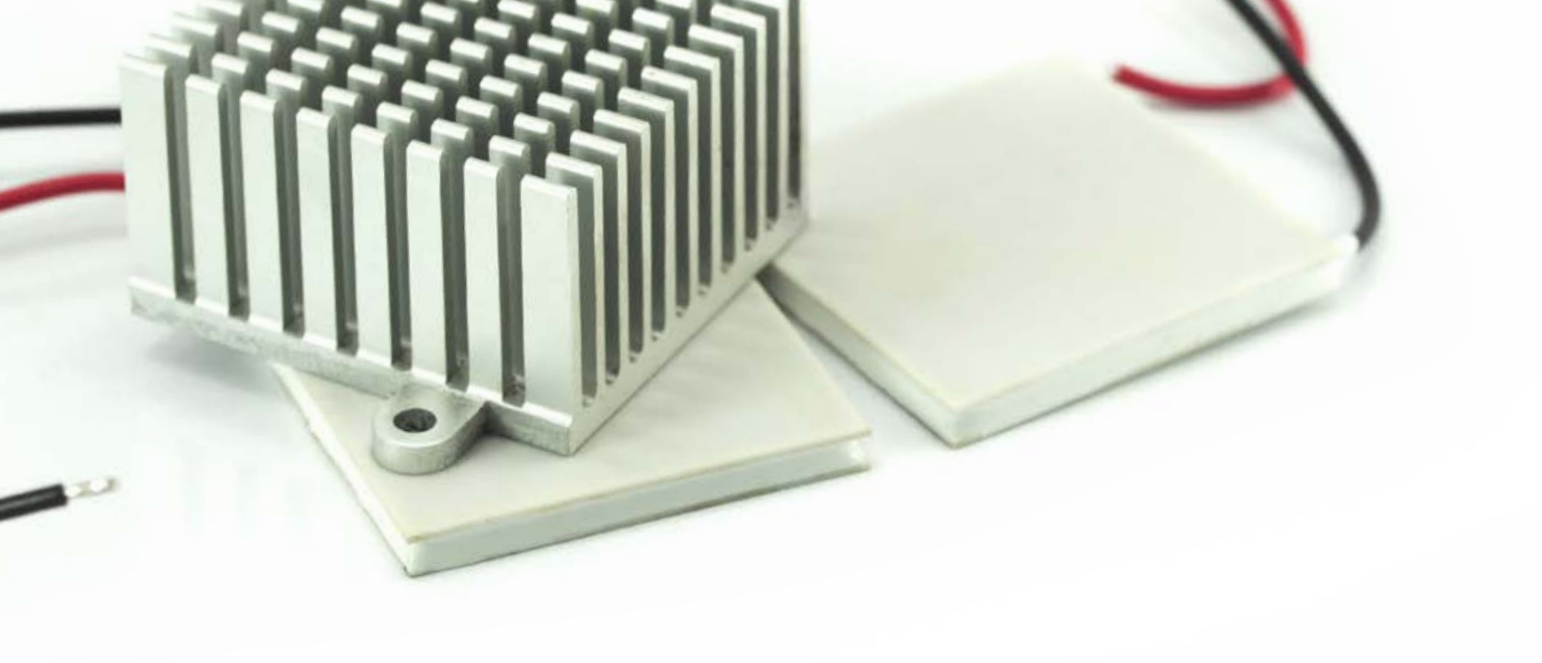
NETZSCH

Simultane Bestimmung des Seebeck-Koeffizienten und der elektrischen Leitfähigkeit SBA 458 *Nemesis*®

Methode und Technik zur Charakterisierung thermoelektrischer Materialien

Leading Thermal Analysis



NETZSCH

Ihr Partner für die Prüfung von Thermoelektrika

Die Entwicklung thermoelektrischer Materialien mit hohen Arbeitstemperaturen und optimierter Leistungsfähigkeit ist ein wichtiger Aspekt bei der Nutzung von Abwärme zur Umwandlung in elektrische Energie. Dabei ist die genaue Kenntnis der thermischen Eigenschaften bei der Herstellung nutzbringender thermoelektrischer Materialien mit hoher elektrischer Leitfähigkeit, hohem Seebeck-Koeffizienten und geringer Wärmeleitfähigkeit unerlässlich.
Die relative Leistungsfähigkeit oder Effizienz eines thermoelektrischen Materials wird durch den *ZT*-Wert beschrieben:

$$ZT = \left(\frac{S^2\,\sigma}{\lambda}\right) T$$

S = Seebeck-Koeffizient oder Thermospannung des Materials [µV/K]
σ = elektrische Leifähigkeit des Materials [S/cm]
λ = gesamte Wärmeleitfähigkeit des Materials [W/(m·K)], mit $\lambda = \rho \cdot c_p \cdot a$
T = absolute Temperatur.

Der *ZT*-Wert verdeutlicht den Einfluss des Seebeck-Koeffizienten auf die Performance eines thermoelektrischen Materials. Aus diesem Grund hat NETZSCH die SBA 458 *Nemesis*® entwickelt, mit der die simultane Messung des Seebeck-Koeffizienten (S) und der elektrischen Leitfähigkeit (σ) unter identischen Bedingungen möglich ist.

Durch Kombination der SBA 458 *Nemesis*® mit unseren Laser-/Light-Flash-Apparaturen, Differenz-Kalorimetern und Dilatometer-Systemen sind wir nun in der Lage, Komplettlösungen zur Bestimmung der thermophysikalischen Eigenschaften zu liefern, wie:

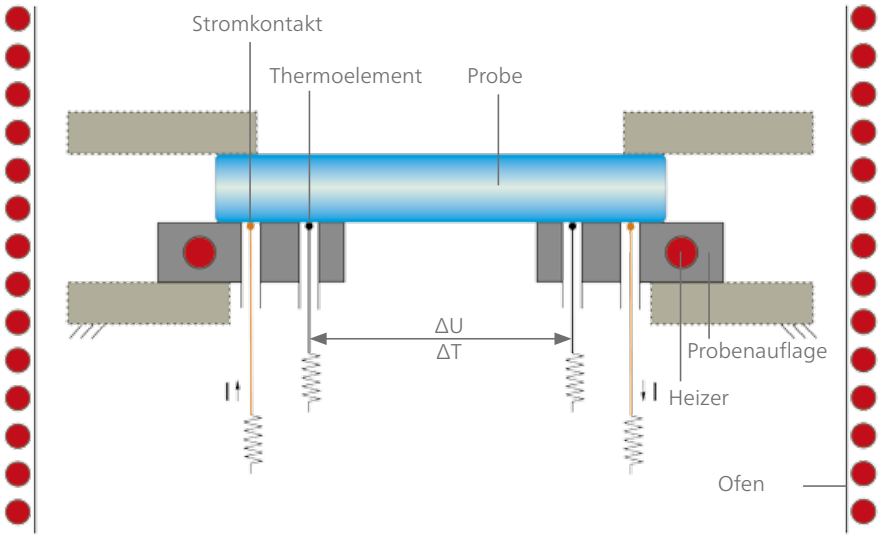
- Seebeck-Koeffizient (S)
- Elektrische Leifähigkeit (σ)
- Wärmeleitfähigkeit (λ)/Temperaturleitfähigkeit (a)
- Dichte (ρ)
- Spezifische Wärmekapazität (c_p)

SBA 458 *Nemesis*®

EINE NEUE METHODE MIT INNOVATIVEM DESIGN

Die SBA 458 *Nemesis*® stellt eine völlig neue Methode für die Bestimmung des Seebeck-Koeffizienten (S) und der elektrischen Leitfähigkeit (σ) dar. Der neuartige Aufbau sowie das intelligente und praktische Design bieten eine Reihe einmaliger Vorteile.

Durch die Eliminierung der Nachteile, die konventionelle Methoden von Haus aus mit sich bringen, ist eine zuverlässige und genaue Bestimmung der beiden thermophysikalischen Eigenschaften S and σ gegeben.



Messanordnung der SBA 458 *Nemesis*® für den Temperaturbereich zwischen RT und 800 °C

Neue intelligente Messanordnung

Die elektrische Leitfähigkeit wird mittels 4-Punkt-Methode anhand von Stromkontakten und Thermoelementen an der Probenunterseite bestimmt. Unterhalb der beiden Probenenden sind Mikroheizer angebracht, die Temperaturgradienten in beide Probenrichtungen erzeugen. Die resultierende Spannung wird mittels Thermoelementdrähten gemessen und anschließend für die Berechnung des Seebeck-Koeffizienten herangezogen.

Vorteile durch intelligente

SBA 458 *Nemesis*®

Messanordnung

Plug-and-measure

Die neue Messanordnung ermöglicht einen komfortablen Probenwechsel. Verschiedene Probengeometrien lassen sich in unterschiedlichen Abmessungen verwenden. Da eine Abstandsmessung zwischen den Thermoelementen entfällt, lässt sich ein schneller Messstart realisieren.

Robust, flexibel und zuverlässig

Das robuste Design der SBA 458 *Nemesis*® erlaubt in jeglicher Hinsicht eine uneingeschränkte und einfache Handhabung. Aufgrund der Inconelummantelung sind die Thermoelemente sehr gut gegen Beschädigungen geschützt; zusätzlich sind sie mechanisch geführt, um eine hohe Präzision und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu erzielen.
Dennoch können Thermoelemente und Stromkontakte vom Anwender ausgetauscht werden.

Integrierte Qualitätsprüfung

Mit der SBA 458 *Nemesis*® kann eine Qualitätsprüfung sowohl für die Messung des Seebeck-Koeffizienten als auch der elektrischen Leitfähigkeit durchgeführt werden. Damit erhält der Anwender bereits vor Messbeginn, aber auch während der laufenden Messung Informationen zur Qualität der Messung.

ZT-BESTIMMUNG
NEUE METHODE
VERSCHIEDENE PROBENGEOMETRIEN
PLUG-AND-MEASURE
SCHNELLER MESSSTART
BEQUEMER PROBENWECHSEL
KEINE ABSTANDSBESTIMMUNG

ROBUST
FLEXIBEL
ZUVERLÄSSIG

INCONEL-UMMANTELTE THERMOELEMENTE

FESTPOSITIONIERTE THERMOELEMENTE

QUALITÄTSPRÜFUNG SEEBECK-KOEFFIZIENT

AUSTAUSCHBARE THERMOELEMENTE

ÜBERPRÜFUNG DER KONTAKTE

QUALITÄTSPRÜFUNG ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT

AUSTAUSCHBARE STROMKONTAKTE

DETEKTION VON INHOMOGENITÄT

CHECK DES OHM'SCHEN KONTAKTES

DETEKTION VON SPERRSCHICHTEN

- Sie wollen eine Vielzahl an Probengeometrien – einschließlich dünner Schichten – messen?
- Sie möchten keine komplizierte Proben-platzierung?
- Sie bevorzugen einen schnellen Messstart?
- Sie möchten die übliche Fehlerquelle, verursacht durch die Abstandmessung zwischen den Thermo-elementen, vermeiden?

Die SBA 458 *Nemesis*®

Die Lösung!

Das einmalige System für unterschiedliche Proben-geometrien

Einfacher und schneller Probenwechsel

Keine Werkzeuge

Keine Abstandsmessung

Keine Abstandsmessung erforderlich

Durch die feste Position der Thermoelemente entfällt die für gewöhnlich notwendige, umständliche Abstandsmessung. Der Ausschluss dieser Fehlerquelle bei der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit führt zur deutlichen Erhöhung der Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse.

Messanordnung für unterschiedliche Geometrien

Die Stärke der SBA 458 *Nemesis*® liegt in der einzigartigen Messanordnung, die mehr Probengeometrien als für diese Technik üblich erlaubt. Abhänigig vom verwendeten Sensor können Messungen von Raumtemperatur bis 800 °C oder von Raumtemperatur bis 1100 °C durchgeführt werden.

Komfortabler Probenwechsel – schneller Messstart

Das Design der SBA 458 *Nemesis*® ermöglicht das Einlegen und Entfernen der Probe ohne Zuhilfenahme von Werkzeugen. Dies macht den Probenwechsel einfach und schnell und beugt Probenbeschädigung, verursacht durch Verkleben der Probe mit den Thermoelementen, vor.

PLUG-AND-MEASURE ... DAS IST ALLES!

ROBUSTES SYSTEM

Die SBA 458 *Nemesis*® hat einfach alles

- **Keine Kontaminaton**
  an den Messstellen
- **Verringertes Risiko**
  der Beschädigung der Thermoelemente
- **Feste Position der**
  Thermoelemente
- **Konstante Anpresskraft**
- **Einfacher Wechsel**
  von Thermoelementen und Stromkontakten

Fest positionierte Thermoelemente

Da die Abstandsmessung zwischen den Thermoelementen und die damit einhergehende Fehlerquelle entfällt, erhöht sich die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erheblich.

Inconelummantelte Thermoelemente

Temperatur- (bzw. Spannungs)-Messungen werden mittels zweier ummantelter Thermoelemente durchgeführt.
Die Inconel®-Ummantelung verhindert eine chemische Kontamination der Messstellen und somit auch ein Verkleben der Thermoelemente mit der Probe. Dadurch wird das Risiko, die Thermoelemente während des Probenwechsels zu beschädigen oder zu brechen, minimiert.

Konstante Anpresskraft

Die konstante Anpresskraft – durch die im kalten Bereich angeordneten Federn und eines zustätzlichen Gewichts – sorgt für eine ausgezeichnete thermische Ankopplung zwischen Probe und Thermoelementen im gesamten Temperaturbereich. Dies wiederum erlaubt die korrekte Messung der Temperatur und somit auch eine präzise Bestimmung des Seebeck-Koeffizienten.

Uneingeschränkte Anwenderfreundlichkeit

Thermoelemente und Stromkontakte sind vom Anwender leicht austauschbar.

Robust & Flexibel

Das einzigartige Design der SBA 458 *Nemesis*® erlaubt eine Qualitätsprüfung des Seebeck-Koeffizienten als auch der elektrischen Leitfähigkeit. Noch vor Start eines zeitaufwendigen Messprogramms zeigt die Qualitätsprüfung, ob die Messergebnisse korrekt sind. Zusätzlich wird der Quality Check bei jedem Temperaturschritt durchgeführt. Somit kann für jeden Messschritt eine Aussage über die Qualität der Messung des Seebeck-Koeffizienten und der elektrischen Leitfähigkeit getroffen werden.

Die Qualitätsüberprüfung bietet

- Überprüfung der Kontakte
- Detektion von Inhomogenität
- Detektion von Sperrschichten
- Optimierte Testzeiten

INTEGRIERTE QUALITÄTSPRÜFUNG

Die zwei Messwerte des Quality Checks

Seebeck-Koeffizient

Zwei Mikroheizer, die abwechselnd betrieben werden, erzeugen Temperaturgradienten in beide Probenrichtungen. Während der zyklischen Aufheizung werden die resultierenden Spannungen (U_A, U_B) gemessen. U_A und U_B sind die Spannungen zwischen den zwei positiven und den zwei negativen Thermoelement-Schenkeln, die gegen den Temperaturunterschied (ΔT; für beide Richtungen) aufgetragen werden. ΔT wird mittels der zwei Thermoelemente (Plot A) bestimmt.

Aus der großen Anzahl resultierender Messpunkte können Regressionsgeraden gebildet werden. Aus deren Verlauf lassen sich Rückschlüsse auf die Güte der jeweiligen Messung ziehen:

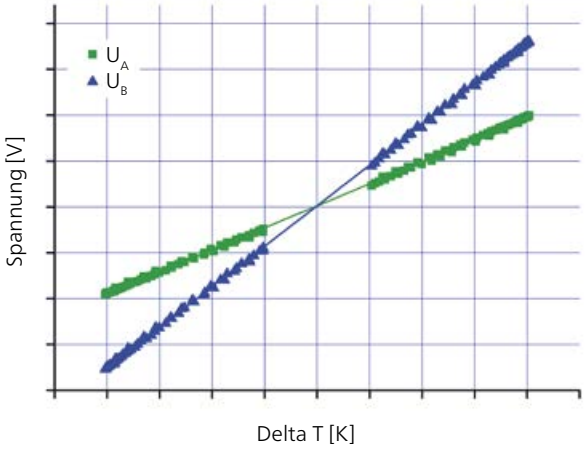
- Alle Messpunkte liegen auf einer Geraden → erfolgreich durchgeführte Messung (siehe Plot A)
- Abweichung der Messpunkte von der Geraden, z. B. Hysterese → schlechte Messung

Elektrische Leitfähigkeit

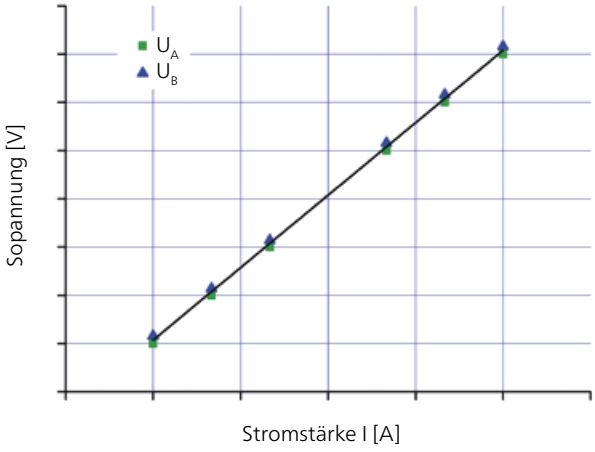
Bei jedem Temperaturschritt werden verschiedene Ströme über die beiden Stromkontakte mehrfach auf die Probe aufgebracht. Dies geschieht in beide Probenrichtungen; die entsprechenden Spannungen (U_A, U_B) werden gemessen (Plot B).

Dadurch ergibt sich eine große Anzahl an Messpunkten, die eine Qualitätsprüfung vor und während der Messung aller Temperaturstufen erlauben:

- Alle Messpunkte liegen auf einer Geraden und die zwei Kurven liegen übereinander → erfolgreich durchgeführte Messung (siehe Plot B)
- Abweichung der Messpunkte von der Geraden oder die zwei Kurven stimmen nicht überein → schlechte Messung



Plot A: Die Qualitätsprüfung bestätigt die Güte der Bestimmung des Seebeck-Koeffizienten aufgrund des linearen Zusammenhangs zwischen Spannung und deltaT.



Plot B: Die Qualitätsprüfung bestätigt die Güte der Messung der elektrischen Leitfähigkeit aufgrund des linearen Verlaufs der Messkurven.

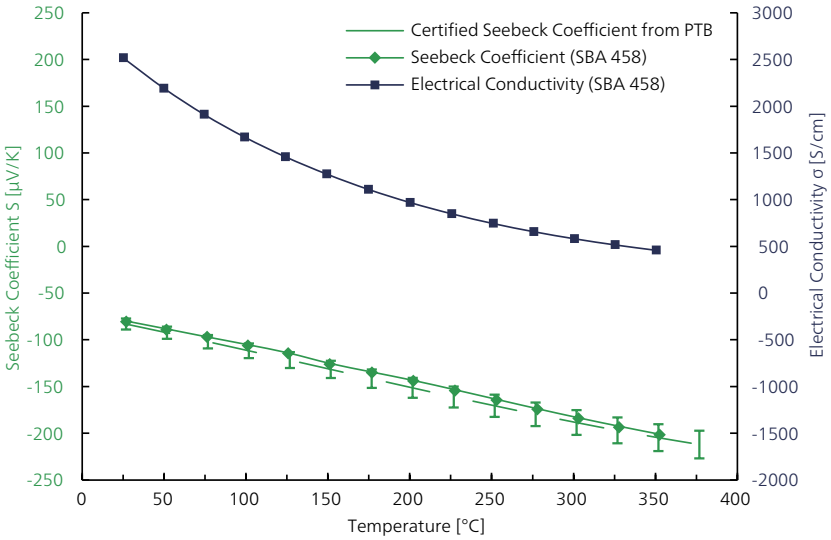
Zertifizierte Materialien

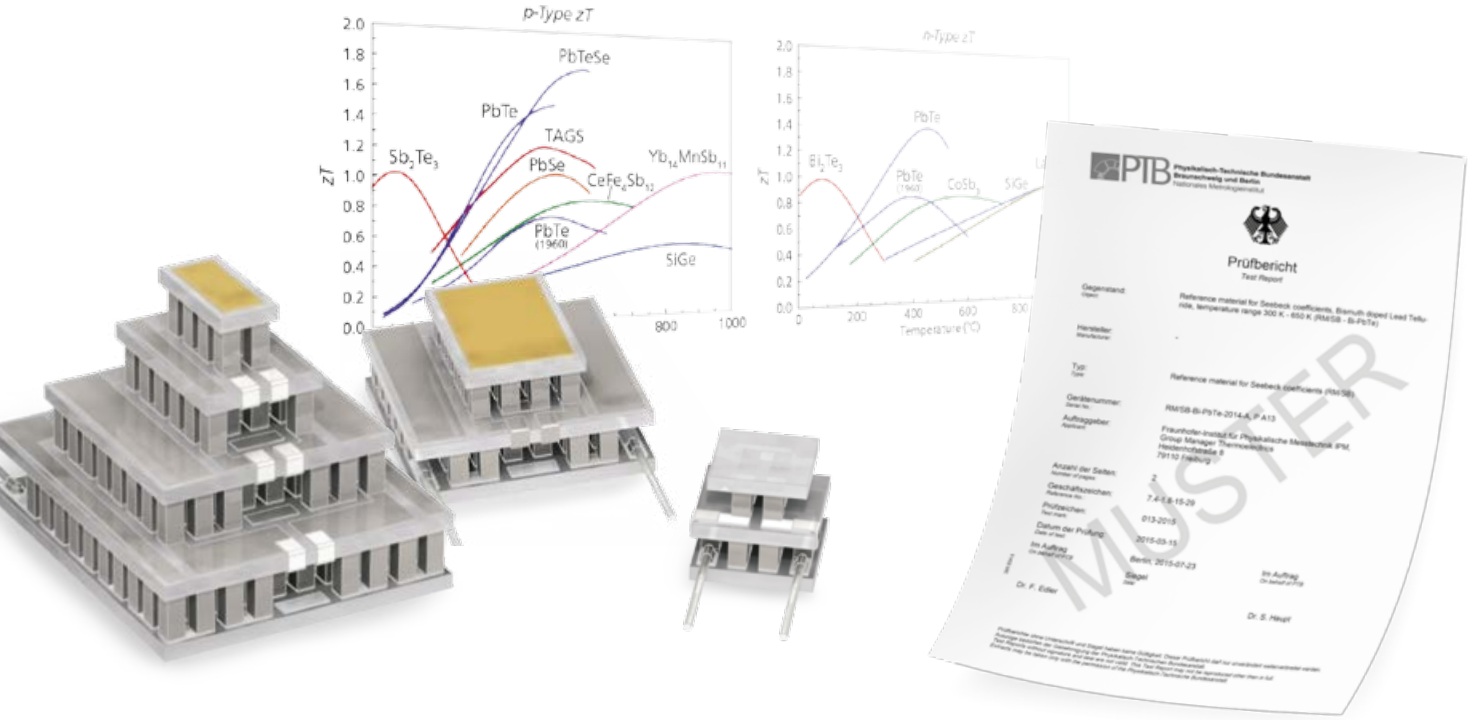
Bi-dotiertes PbTe

Bleitellurid ist ein leistungsfähiges thermoelektrisches Material. Es besitzt eine niedrige Wärmeleitfähigkeit und geeignete elektrische Eigenschaften.

Dieser Plot zeigt den Seebeck-Koeffizienten (grüne Kurve) und die elektrische Leitfähigkeit (blaue Kurve) zwischen Raumtemperatur und 250 °C. Die grün getrichelte Linie stellt die von der PTB[1]-zertifizierten Werte dar. Die gute Übereinstimmung spiegelt die Zuverlässigkeit des Systems wider.

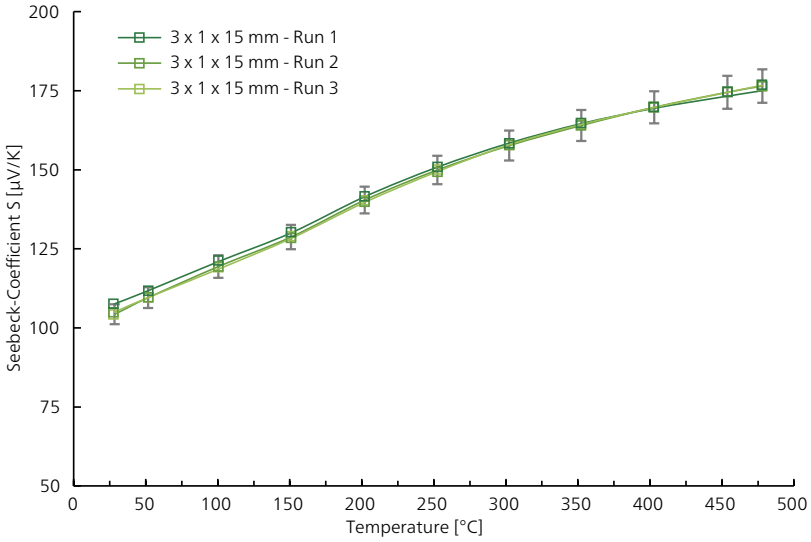
[1] Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin

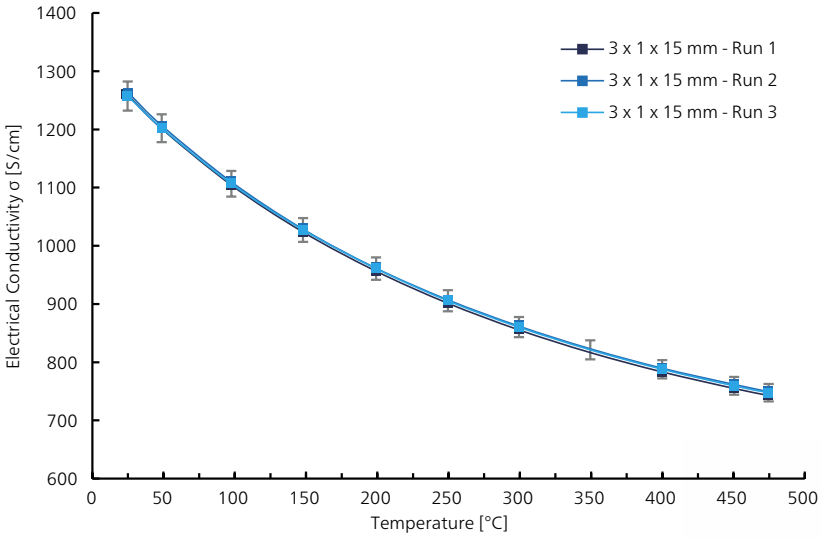




Half-Heusler

Durch ihre außergewöhnliche Funktionalität erfahren Heusler- und Half-Heusler-Legierungen eine hohe Aufmerksamkeit. Sie sind u.a. attraktiv als halbmetallische Hochtemperatur-Ferri- und Ferromagneten oder multiferroische Formgedächtnislegierungen und sehr vielversprechend für den Einsatz in thermoelektrischen Generatoren (TEGs) zur Energiegewinnung aus jeglicher Wärmequelle.

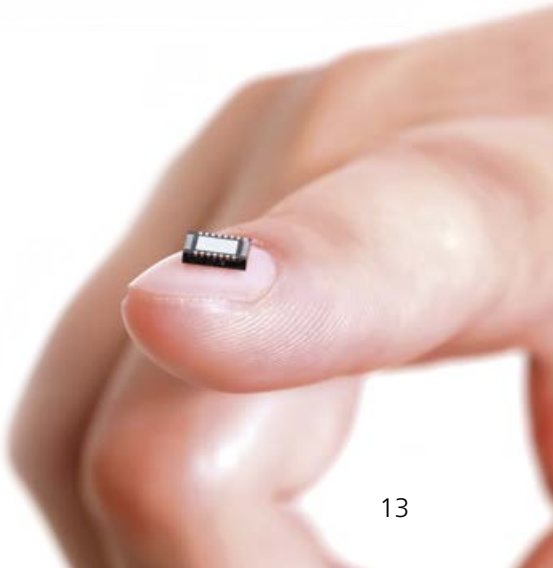


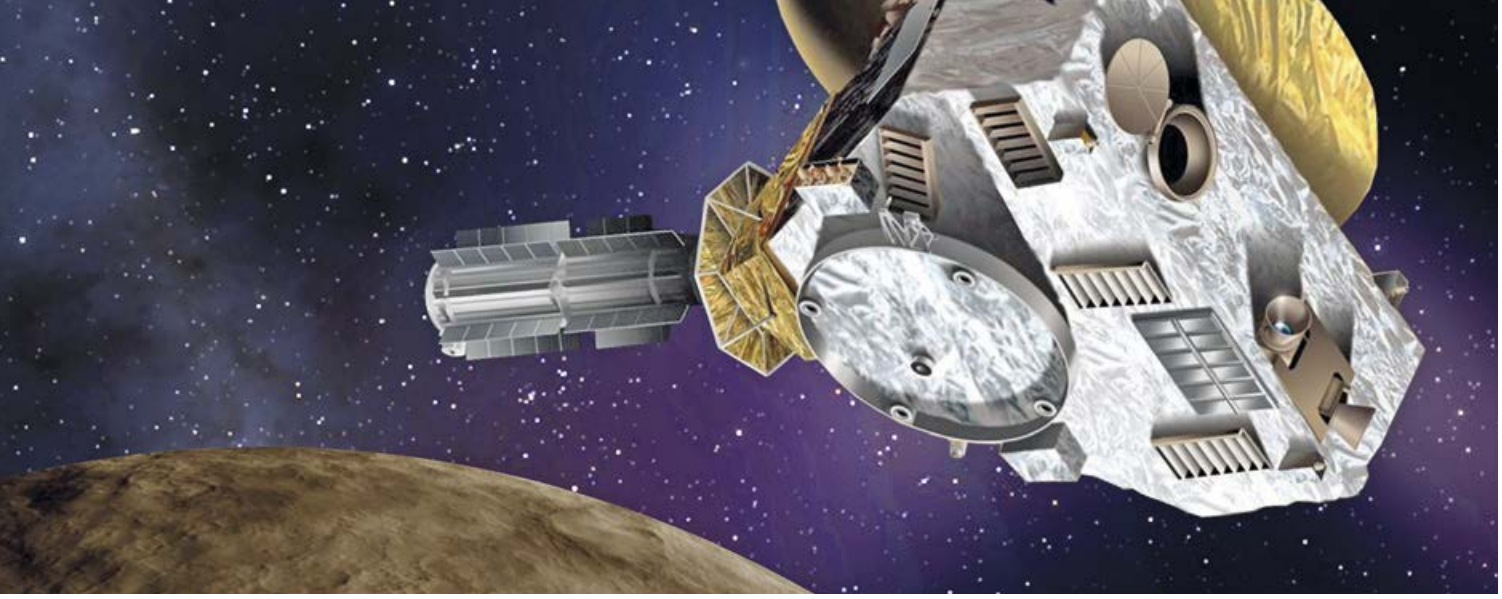


p-ZrHfCoSbSn

Im Bereich zwischen Raumtemperatur und 400 °C erreicht der Seebeck-Koeffizient des untersuchten p-ZrHfCoSbSn Materials Werte von bis zu 175 µV/K. Im selben Bereich fällt die elektrische Leitfähigkeit von 1260 S/cm auf 740 S/cm ab. Beide Ergebnisse zeigen eine Wiederholgenauigkeit von ±2 %. Die Messungen wurden an rechteckigen Proben (3 mm x 1 mm x 15 mm) unter Argon bei einer Stromstärke von 0,05 A und einer Spannung von 9 V durchgeführt.

Zuverlässig hohe Wiederholgenauigkeit





Radioisotope Thermoelektrische Generatoren (RTG)

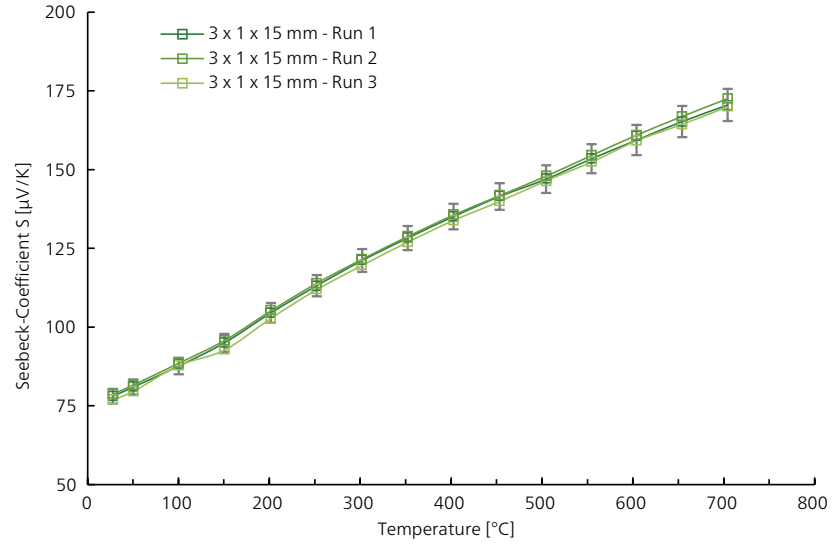
SiGe

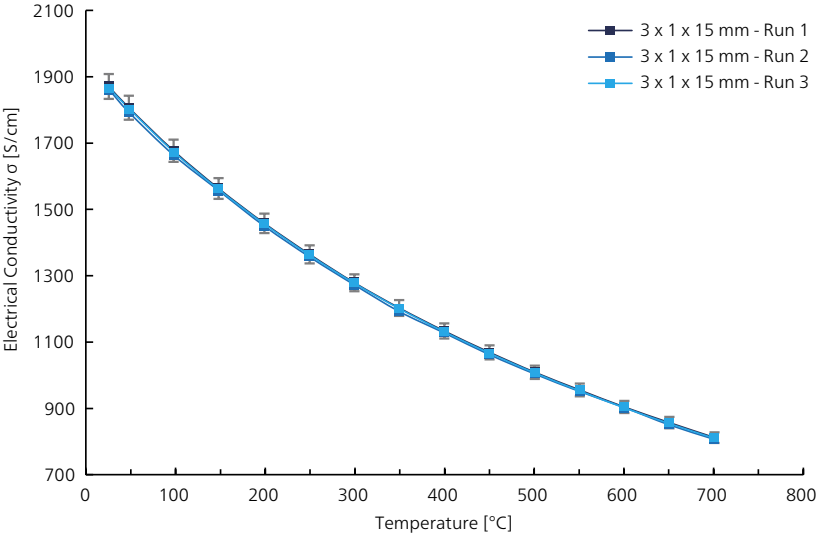
SiGe ($ZT < 2$) wird in RTGs eingesetzt, die Raumsonden wie beispielsweise Galileo, Cassini und New Horizons antreiben. Nahe der Sonne verschlechtert sich die Leistungsfähigkeit von Solarzellen aufgrund des hohen Teilchenflusses und der hohen Temperaturen bedingt durch den Wärmefluss. Thermoelektrische Generatoren können jedoch ohne Schutz im Vakuum und in Luft unter hohen Temperaturen arbeiten.

Die beiden Plots auf der rechten Seite demonstrieren die hohe Wiederholgenauigkeit der SBA 458 *Nemesis*®-Messungen an einem SiGe-Material in Stickstoffatmosphäre.

Für den Seebeck-Koeffizienten beträgt die Wiederholgenauigkeit ±3 %; für die elektrische Leitfähigkeit ±2 %.

Die Messungen wurden an rechteckigen Proben (3 mm x 1 mm x 15 mm) bei einer Stromstärke von 0,01 A und einer Spannung von 8 V durchgeführt.

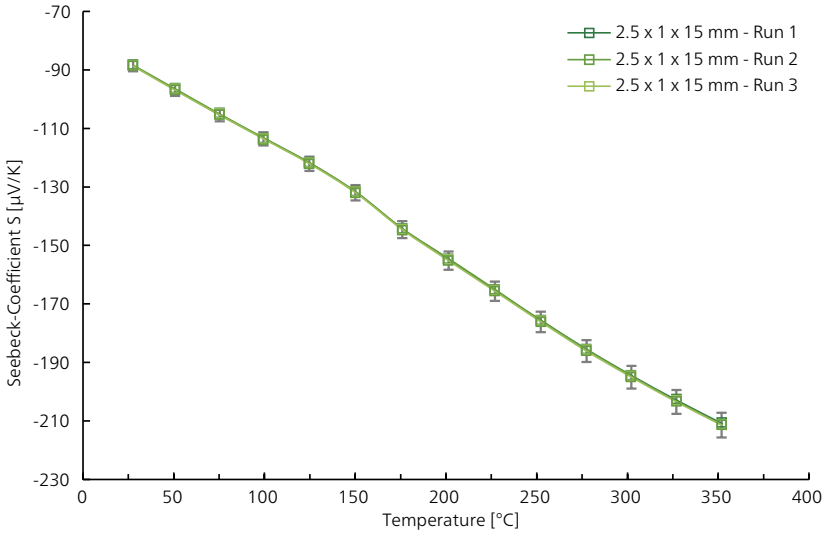


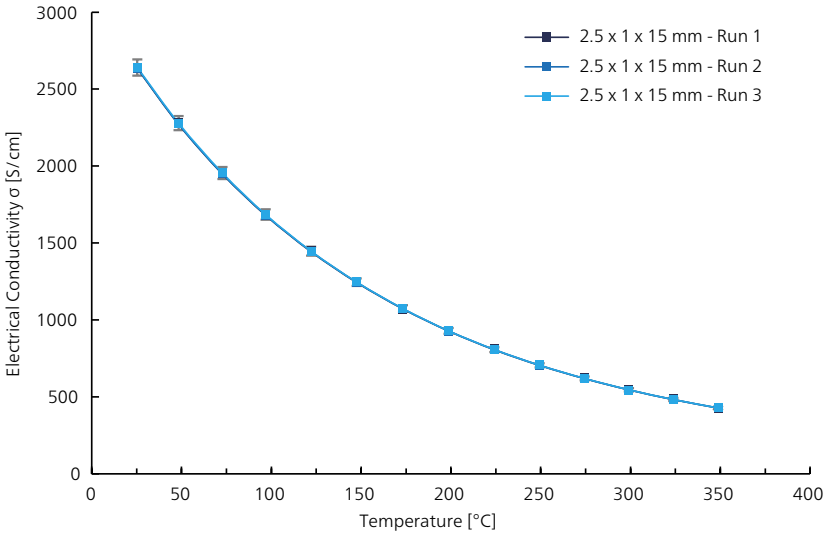


HOHE WIEDERHOLGENAUIGKEIT

Bleitellurid – Material mit hohem ZT-Wert

In jüngster Zeit ließen sich *ZT*-Werte in Legierungen, wie z.B. in homogenen PbTe-PbSe-Materialien, von > 1.8 erzielen – ein Anreiz für die Weiterentwicklung thermoelektrischer Technologien.





PbTe

Diese Messungen an PbTe wurden zwischen Raumtemperatur und 350 °C in Heliumatmosphäre bei einer Stromstärke von 0,05 A und einer Spannung von 8 V durchgeführt. Die Probendimensionen waren 2,5 mm x 1 mm x 1,5 mm.

Es konnte eine Wiederholgenauigkeit von ± 2 % sowohl für den Seebeck-Koeffizienten (Plot links oben) als auch für die elektische Leitfähigkeit (Plot links unten) erreicht werden.

HOHE REPRODUZIERBARKEIT

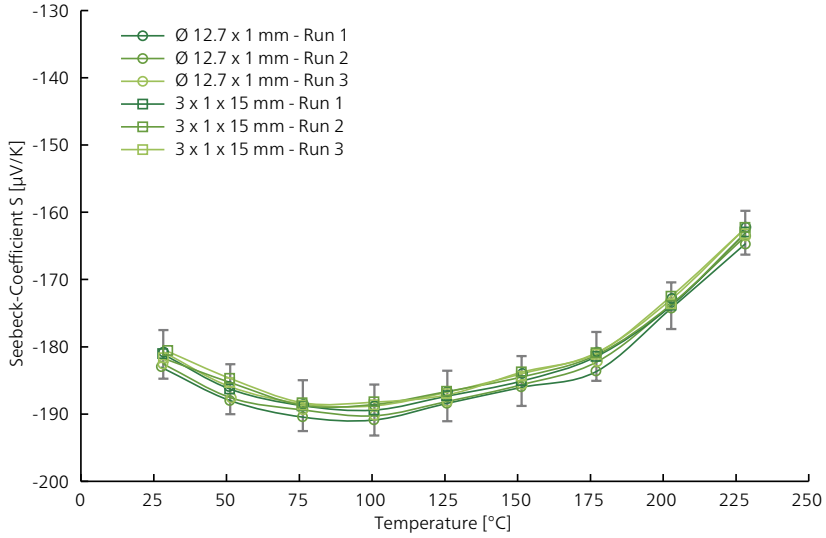
Von Chalkogeniden bis zu Telluriden

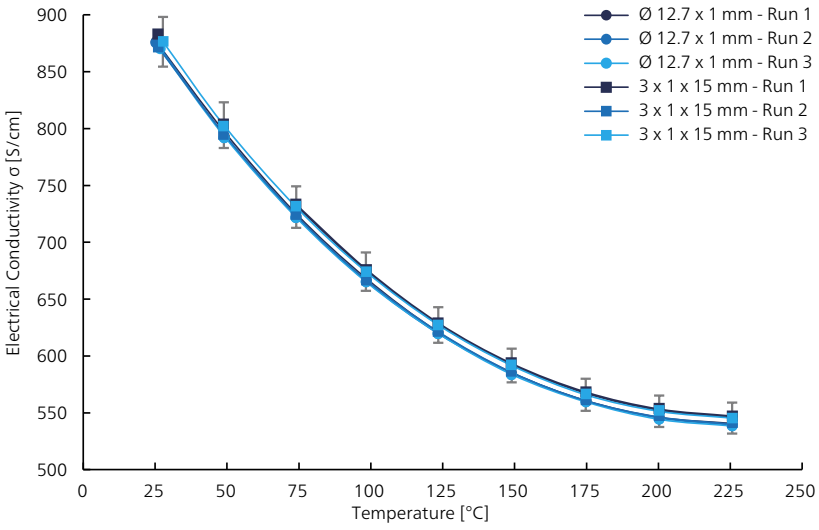
Bi_2Te_3

Bismut-Tellurid ist ein leistungsfähiges thermoelektrisches Material in der Kältetechnik. Es wird auch bei thermoelektrischen Generatoren bei moderater Temperatur der Wärmequelle eingesetzt.

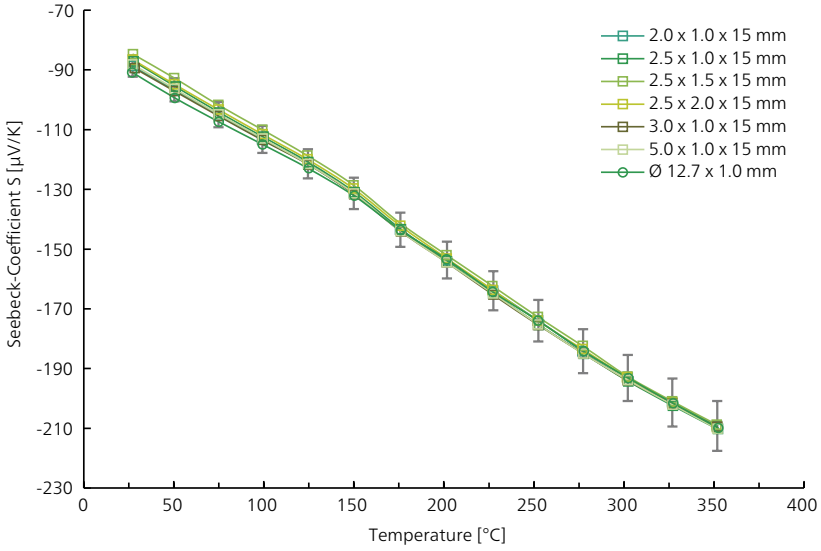
Die beiden Plots auf der rechten Seite vergleichen Messungen an runden (Ø12,7 mm x 1 mm) und rechteckigen (3 mm x 1 mm x 15 mm) Proben des gleichen BiSeTe-Materials. Die Tests wurden in Stickstoffatmoshäre zwischen Raumtemperatur und 230 °C mit einer Spannung von 8 V und Stromstärke von 0,01 A durchgeführt.

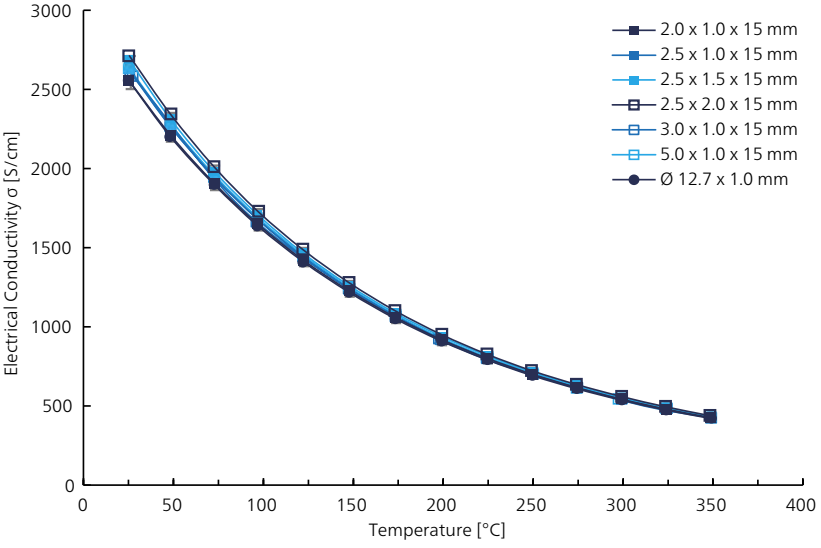
Die erzielte Reproduzierbarkeit für den Seebeck-Koeffizienten und die elektrische Leitfähigkeit beträgt jeweils ± 2 %.





... SOGAR FÜR VERSCHIEDENE PROBENGEOMETRIEN





PbTe

Die hohe Reproduzierbarkeit der SBA 458 *Nemesis*® wird hier anhand verschiedener Messungen an PbTe in unterschiedlichen Probendimensionen und -formen demonstriert.

Unter diesen Bedingungen beläuft sich die Reproduzierbarkeit für die Messung des Seebeck-Koeffizient (oberer Plot) als auch für die elektrische Leitfähigkeit (unterer Plot) auf ± 4 %.

Die Messungen wurden zwischen Raumtemperatur und 350 °C in Heliumatmosphäre mit einer Stromstärke von 0,05 A und einer Spannung von 8 V durchgeführt.

BESTIMMUNG DES *ZT*-WERTS

Die thermophysikalischen Eigenschaften einschließlich Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit, spezifischer Wärmekapazität, Seebeck-Koeffienten und elektrischer Leitfähigkeit lassen sich mit einer einzigen Probe bestimmen.

Skutterudit

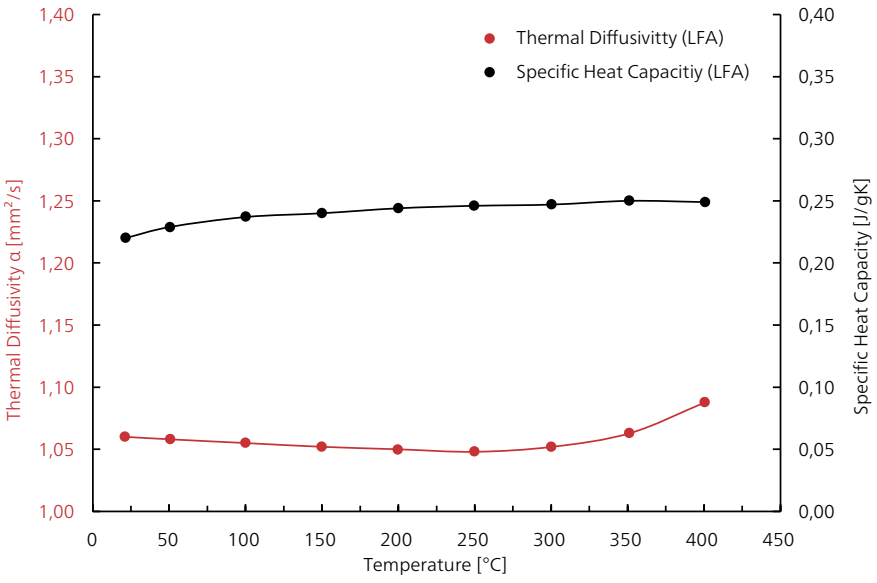
LFA-Messung

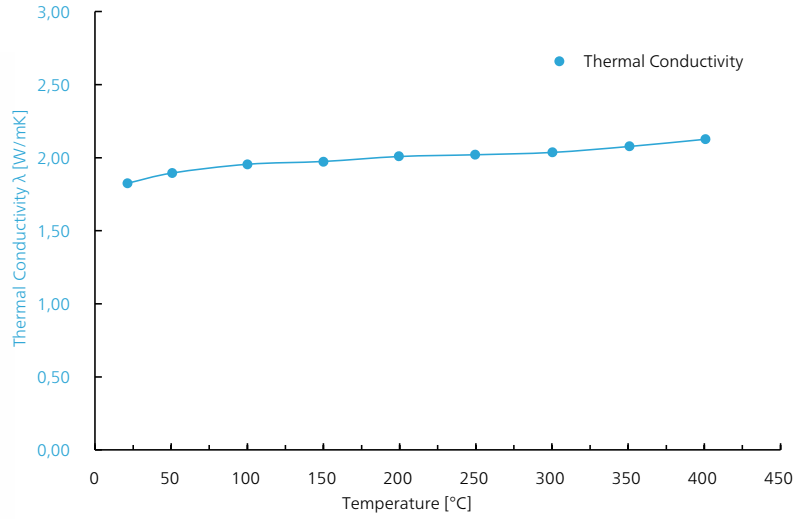
Zur Berechnung des dimensionslosen *ZT*-Werts von Skutterudit wird die Temperaturleitfähigkeit (rote Kurve, oberer Plot) und die spezifische Wärmekapazität (schwarze Kurve, oberer Plot) mit der LFA-Methode bestimmt. Die Messungen wurden zwischen Raumtemperatur und 400 °C durchgeführt. Die Berechnung der Wärmeleitfähigkeit (unterer Plot) basiert auf den Ergebnissen, die mittels folgender Gleichung erhalten werden:

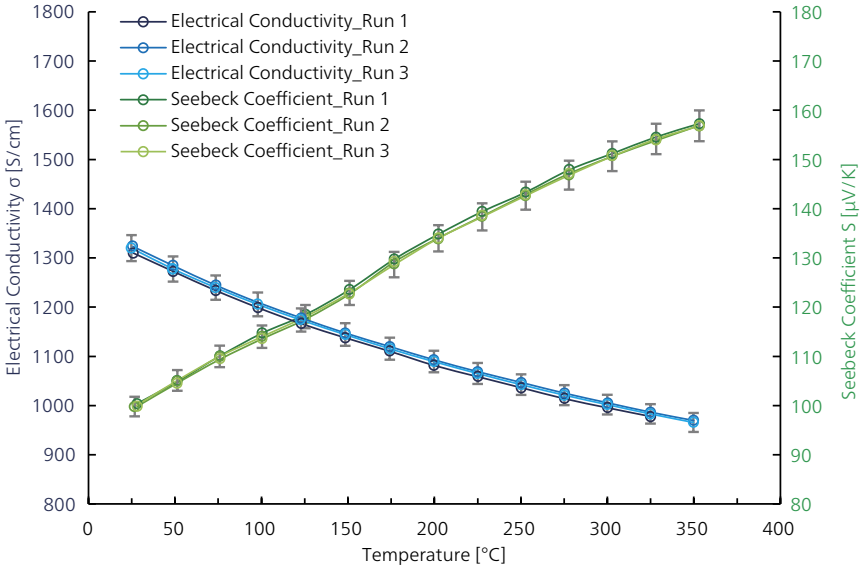
$$\lambda = a \cdot c_p \cdot \rho$$

λ = Wärmeleitfähigkeit
a = Temperaturleitfähigkeit
c_p = spezifische Wärmekapazität
ρ = Dichte

Messungen mit der LFA 467 *HyperFlash*® an einer Probe mit einem Durchmesser von 12,7 mm

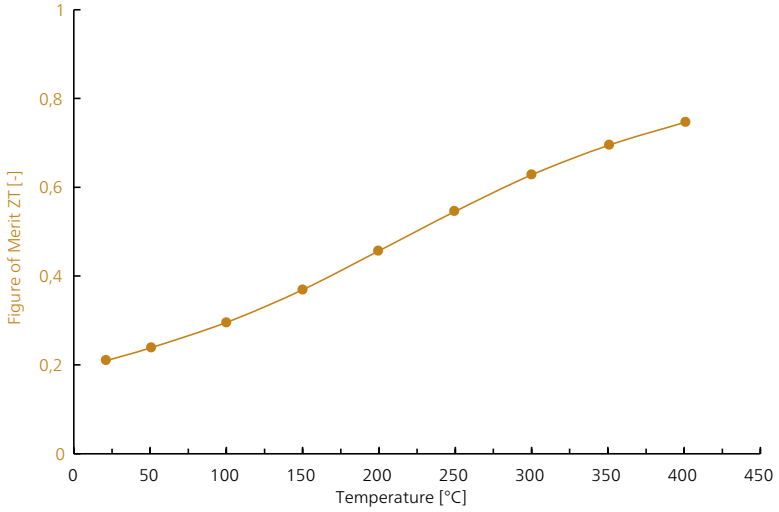






SBA-Messung

Mit der bereits für LFA-Messungen verwendeten Probe werden der Seebeck-Koeffizient und die elektrische Leitfähigkeit mit der SBA 458 *Nemesis*® zwischen RT und 350 °C bestimmt. Der Seebeck-Koeffizient erhöht sich von 100 µV/K auf fast 160 µV/K, während die elektrische Leitfähigkeit von ca. 1300 S/cm auf 1000 S/cm abfällt. Die Messergebnisse zeigen für beide Parameter eine ausgezeichnete Wiedergenauigkeit (± 2 %).



ZT-Wert

Der *ZT*-Wert wird anhand der mittels LFA und SBA erhaltenen Ergebnisse an der selben Probe nach folgender Gleichung berechnet:

$$ZT = \left(\frac{S^2 \sigma}{\lambda}\right) T$$

λ = Wärmeleifähigkeit
S = Seebeck-Koeffizient
σ = elektrische Leitfähigkeit
T = Temperatur

Der Plot (links) stellt die Zunahme des *ZT*-Werts zwischen Raumtemperatur und 400 °C mit einem Maximum bei 0,75 dar.

Technische Eckdaten

	SBA 458 *Nemesis*®
Design	Zwei-Heizer-System, integrierte Qualitätsprüfung (Quality Check), horizontale Probenanordnung
Temperaturbereiche der austauschbaren Öfen	▪ -125°C bis 500°C ▪ RT bis 1100°C
Temperatureinstellungen	Unbegrenzte Anzahl an Temperaturschritten
Thermoelemente	▪ Inconel®-ummantelt, Typ K (NiCr/NiAl) ▪ Feste Position
Probendimensionen	▪ □: 10 x 10 mm ▪ Ø: 12,7 bis 25,4 mm ▪ ▯: Länge x Breite: 12,7 bis 25,4 mm x 2,0 bis 25,4 mm ▪ Dicke: 100 nm bis 3 mm, abhängig von den thermophysikalischen Eigenschaften
Probengeometrien	Quadratisch, rund, rechteckig, Streifen
Messbereich Seebeck-Koeffizient	▪ 10 bis 2000 µV/K ▪ Genauigkeit*: ±7 % ▪ Wiederholgenauigkeit*: ±3 %
Messbereich elektrische Leitfähigkeit	▪ 0.05 bis 150000 S/cm ▪ Genauigkeit*: ±5 % ▪ Wiederholgenauigkeit*: ±3 %
Qualitätsprüfung der elektrischen Leitfähigkeit	Vor und während der Messung
Qualitätsprüfung der Seebeck-Messung	Vor und während der Messung
Anzahl der automatisch gemittelten Messwerte	≥ 100
Atmosphäre	Inert, oxidierend, reduzierend (max. 2 % H_2)
Vakuum	10^{-2} mbar
Software	Basierend auf Windows 7, 32-/64-bit

* für die meisten Materialien

Aus EINER Hand

thermophysikalische Eigenschaften & *ZT*-Wert unter definierten Bedingungen

Da für die SBA-Messung eine zur LFA (Laser/Licht Flash Analyse) identische Probengeometrie verwendet werden kann, enfällt eine zusätzliche Probenpräparation. Zur Bestimmung der Temperatur-/Wärmeleitfähigkeit als auch des Seebeck-Koeffizienten und der elektrischen Leitfähigkeit kann somit ein und dieselbe Probe verwendet werden. Daraus folgt eine verbesserte Reproduzierbarkeit für die bestimmten thermophysikalischen Eigenschaften (TPP) und somit auch des *ZT*-Wertes.

Das gasdichte Design der SBA 458 *Nemesis*® erlaubt Messungen unter definierten Atmosphären oder sogar reduziertem Druck – gleiches gilt für die verschiedenen NETZSCH-LFA-Systeme. Zusätzliche Informationen über thermophysikalische Eigenschaften liefern die vakuumdichte DSC 404 *Pegasus*® für die präzise Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität (c_p) und das DIL 402 *Expedis*® für die Dichte (ρ).

Mit unserer TPP-Produktlinie sind Forscher bestens gewappnet, hocheffiziente thermoelektrische Materialien für die Umwandlung von Abwärme in Elektrizität zu entwickeln.

LFA 467 *HT HyperFlash*®

DIL 402 *Expedis*®

DSC 404 ***F1*** *Pegasus*®

NETZSCH Thermokinetics
Curing of Epoxy Resin
Heat flow rate/(W/g)
0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
-2.5
20.4 K/min
10.1 K/min
5.0 K/min
150
Temperature/°C

Kompetenz in Service

Unsere Kompetenz – Service

Der Name NETZSCH steht überall auf der Welt für umfassende Betreuung und kompetenten, zuverlässigen Service – vor und nach dem Gerätekauf. Unsere qualifizierten Mitarbeiter aus den Bereichen Technischer Service und Applikation stehen Ihnen jederzeit gerne für eine Beratung zur Verfügung.

In speziellen, auf Sie und Ihre Mitarbeiter zugeschnittenen Trainingsprogrammen lernen Sie, die Möglichkeiten Ihres Geräts voll auszuschöpfen. Zur Erhaltung Ihrer Investition begleitet Sie unser versiertes Serviceteam über Jahrzehnte hinweg zur Sicherstellung gleichbleibend hoher Geräteperformance.

Übersicht unserer Serviceleistungen

- Aufstellung und Inbetriebnahme
- Hotline-Service
- Präventive Wartung
- Vor-Ort-Reparaturen mit Notfall-Service für NETZSCH-Komponenten
- Umzugs-/Austauschservice
- Technischer Informationsservice
- Ersatzteil-Service

Unsere Kompetenz – Applikationslabors

Die Applikationslabors von NETZSCH Analysieren & Prüfen sind ein kompetenter Partner bei annähernd allen Fragestellungen in der Thermischen Analyse. Das beinhaltet sorgfältigste Probenpräparation sowie die Prüfung und Interpretation der Messresultate. Unsere diversen Messverfahren und die über 30 verschiedenen Messstationen mit modernster Ausstattung bieten Ihnen zielgerichtete Lösungen für all Ihre Anforderungen an die Thermische und Thermophysikalische Analyse.

Im Rahmen der Thermischen Analyse und der Messung von Thermophysikalischen Eigenschaften bieten wir Ihnen ein umfassendes Programm von verschiedensten Analyseverfahren zur Materialcharakterisierung.

Messungen können an den unterschiedlichsten Probengeometrien und -beschaffenheiten durchgeführt werden. Sie erhalten präzise Messergebnisse und nützliche Interpretationen in kürzest möglicher Zeit. Dadurch können Sie neue Materialien und Komponenten vor dem Einbau genauestens charakterisieren, Ausfallrisiken minimieren und entscheidende Vorteile gegenüber Ihren Mitbewerbern sichern.

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 3.300 Mitarbeiter in weltweit 210 Vertriebs- und Produktionszentren in 35 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 Kalorimetrie (adiabatische und 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.

Leading Thermal Analysis.

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

NETZSCH®

www.netzsch.com

NGB · SBA 485 *Nemesis*® · DE · 1017 · NWS · Technische Änderungen vorbehalten.