

LINSEIS

THERMAL ANALYSIS

**THERMISCHE | THERMO-
ANALYSE | PHYSIKALISCHE
EIGENSCHAFTEN**



Inhalt

Einleitung	3
DSC Dynamische Differenzkalorimetrie	4
HDSC / DTA Hochtemperatur-DSC/DTA	6
TGA Thermogravimetrie	8
STA Simultane Thermische Analyse	10
STA PT 1000	11
STA PT 1600	12
STA PT 1600 High Speed	13
High Pressure STA	14
MSB Magnetic Suspension Balance	15
DIL Dilatometrie	16
DIL L 76 PT Horizontal.....	17
DIL L 75 PT Horizontal/Vertical	17
L 78 RITA Quenching/Deformation Dilatometer	18
DIL L 74 Optical Dilatometer	20
L 75 Laser Dilatometer	21
Helium-Cryo-Dilatometer	21
TMA Thermomechanische Analyse	22
EGA Gasanalyse-Kopplung	24
Wärmeleitfähigkeit & Temperaturleitfähigkeit	26
LFA Laser Flash	27
TF-LFA Thin Film Laser Flash	28
TFA Thin Film Analyzer	29
HFM Heat Flow Meter	30
THB Transient Hot Bridge	31
LSR-1	32
LSR-3	33
LZT-Meter	34
Hall-Effect	35

Einleitung

Seit 1957 bietet die Firma LINSEIS ihren Kunden herausragenden Service, Know-How und Innovation im Bereich der Thermischen Analyse.

Kundenorientierung, Innovationsbereitschaft, Flexibilität und nicht zuletzt Qualität waren von Anfang an unsere wichtigsten Ziele. Dank der konsequenten Umsetzung genießt LINSEIS heute einen hervorragenden Ruf bei international renommierten Unternehmen und Universitäten und ist seit vielen Jahren mit erstklassigen Produkten in innovativen Branchen aktiv.

Die Thermische Analyse umfasst das komplette Programm thermoanalytischer Geräte für Forschung und Qualitätskontrolle im Kunststoffsektor, der chemischen Industrie, im Bereich der anorganischen Werk- und Baustoffe sowie der Umweltanalytik und Geräte zur Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften an Feststoffen und Flüssigkeiten.

Wir entwickeln und produzieren thermoanalytische Geräte von höchster Qualität und Präzision. Unsere Innovationskraft und der kompromisslose Qualitätsanspruch machen uns zu einem weltweit führenden Hersteller in der Thermischen Analyse.

Die Entwicklung und Herstellung thermoanalytischer Geräte erfordert engagierte Forschungstätigkeit und ein hohes Maß an Präzisionsarbeit. Für uns ist dies eine Selbstverständlichkeit zum Nutzen unserer Kunden.



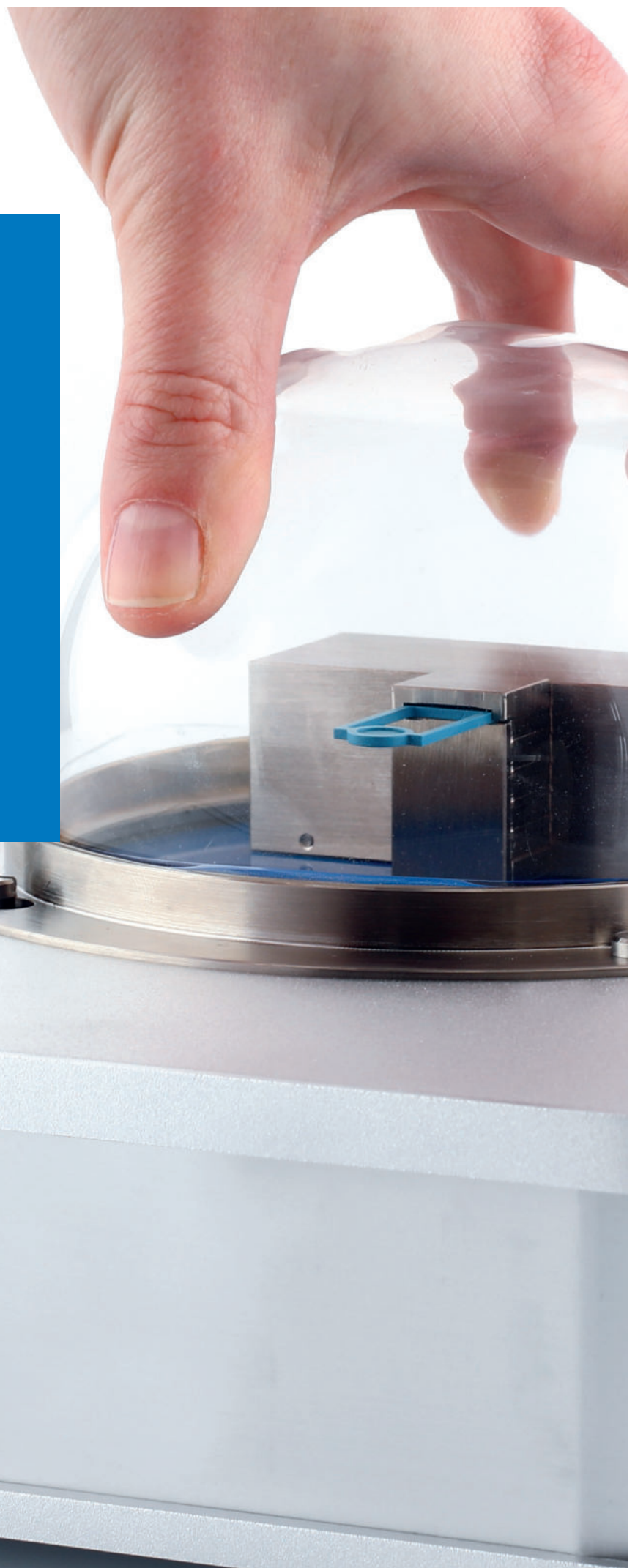
*Claus Linseis
Geschäftsführer*

DSC

Dynamische Differenzkalorimetrie

Die Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK, Differential Scanning Calorimetry DSC) ist eine sehr weit verbreitete Methode zur Bestimmung von Umwandlungstemperaturen und Enthalpieänderungen an Feststoffen und Flüssigkeiten.

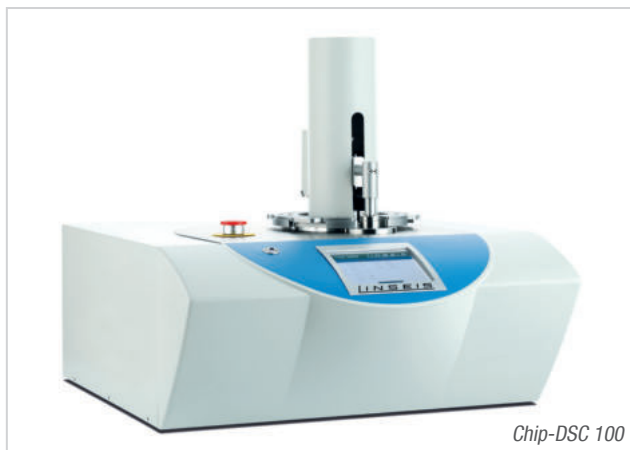
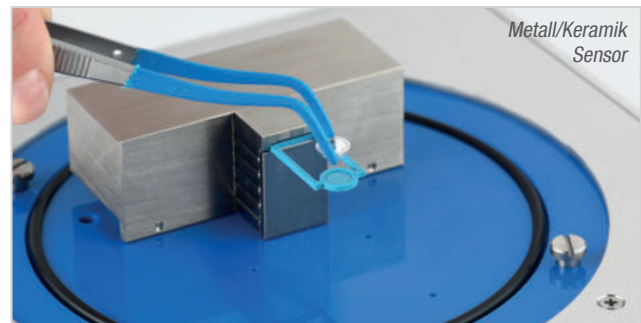
Das Funktionsprinzip ist die Messung des Wärmeflusses zwischen der Probe und einer Referenz. Dies geschieht über eine definierte Wärmeleitstrecke. Der Wärmefluss wird in Abhängigkeit von einer äußeren Temperaturänderung aufgezeichnet.



Dynamische Differenz Kalorimetrie

Chip-DSC

Das Kernstück der Chip-DSC ist ein Metall-/Keramik- Verbund-Sensor, der zugleich höchste Empfindlichkeit und Auflösung liefert. Dadurch können praktisch alle gängigen Anwendungen im Temperaturbereich von -150°C bis 600°C abgedeckt werden. Zudem zeichnet sich die Chip-DSC durch eine stabile Basislinie und hohe Reproduzierbarkeit aus. Die Chip-DSC verfügt je nach Modell über verschiedene Hardwareoptionen z.B. Aufsatz für Video- und Fotoaufnahmen, UV-Aufsatz, Kopplung zu Raman-Spektrometern, Hochdruckzelle, Probenroboter.



80% weniger Energieverbrauch

Kalibrierung in nur 15 min

	Chip-DSC 10	Chip-DSC 100
Temperaturbereich	-150°C bis 600°C	-150°C bis 600°C (Peltierkühlung, Intracooler, LN_2 -Kühlung)
Heiz- und Kühlraten	0,001 bis 300 K/min	0,001 bis 1000 K/min Ballistische Kühlung mit bis zu 500 K/min
Temperaturgenauigkeit	± 0.2 K	± 0.2 K
Temperaturpräzision	± 0.02 K	± 0.02 K
Abkühldauer von 400°C auf 50°C	2.7 min	2.7 min
Digitale Auflösung	16.8 Millionen Punkte	16.8 Millionen Punkte
Auflösung	$0.03 \mu\text{W}$	$0.03 \mu\text{W}$
Probenroboter	-	90
Atmosphären	inert, oxidierend (statisch, dynamisch)	inert, oxidierend (statisch, dynamisch), Vakuum
Messbereich	± 2.5 bis ± 250 mW	± 2.5 bis ± 250 mW

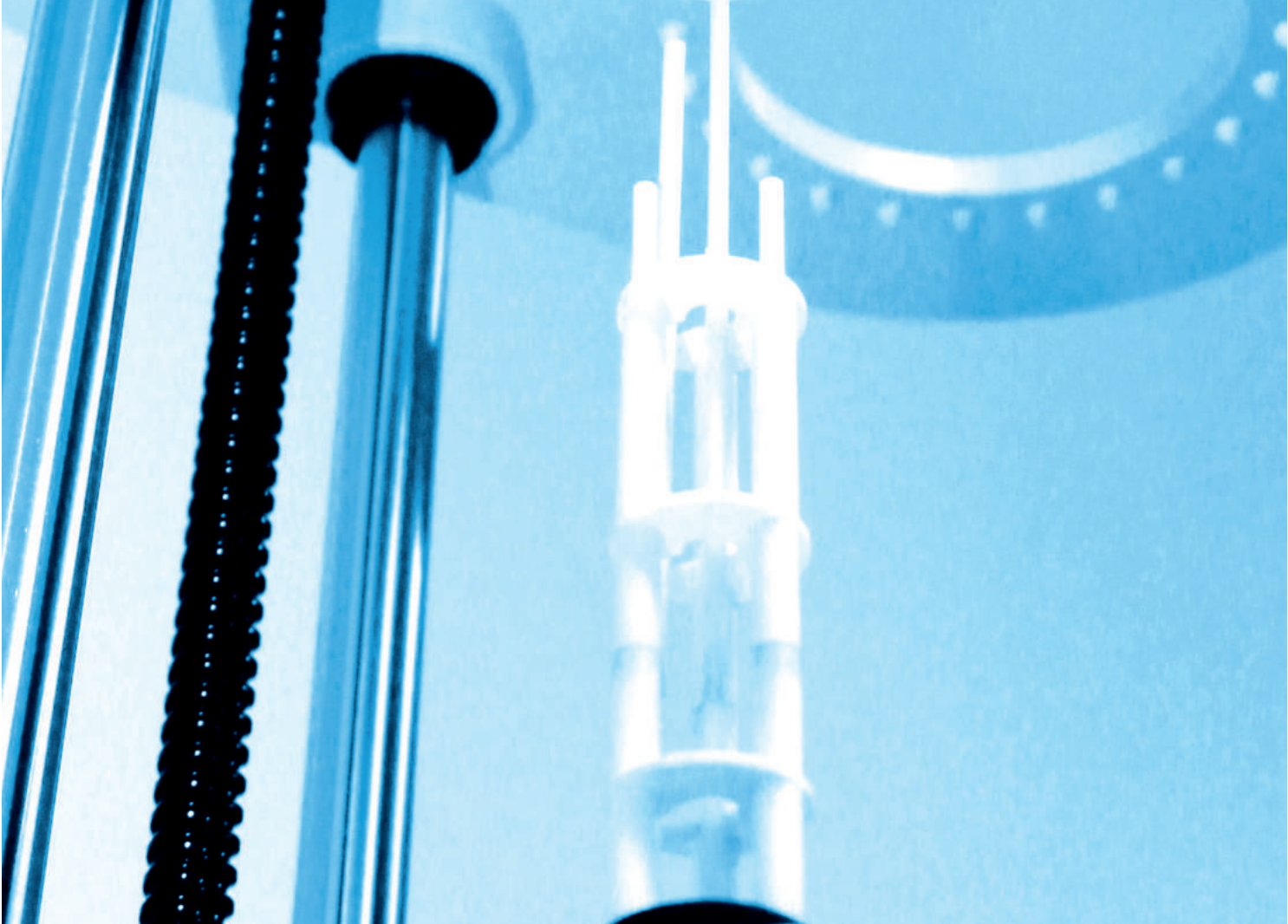


HDSC/DTA

Hochtemperatur-DSC/DTA

Die Dynamische Differenzkalorimetrie ist dank der Vielseitigkeit und Aussagekraft die am häufigsten eingesetzte Thermoanalysemethode.

Das LINSEIS Kalorimeter arbeitet nach dem Wärmestromprinzip und zeichnet sich durch einen symmetrischen Systemaufbau mit homogener Beheizung aus. Dies ist speziell für den höheren Temperaturbereich über 1000°C eine wichtige Voraussetzung, um Messungen mit höchster Präzision durchführen zu können.

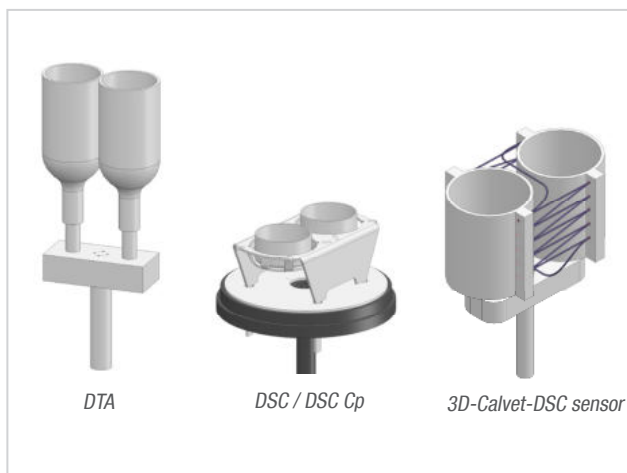
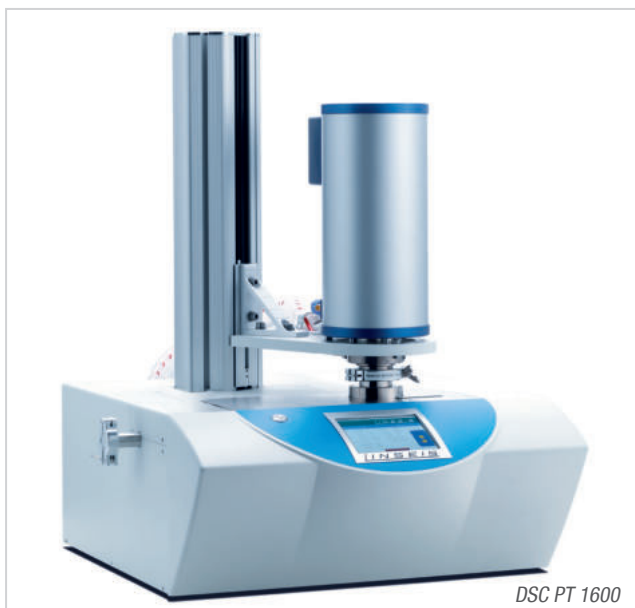


Hochtemperatur-DSC/DTA

Hochtemperatur-DSC/DTA PT 1600

Die HDSC ist aufgrund des Temperaturbereichs und der erhaltenen Messinformation die am weitesten verbreitete Methode in der thermischen Analyse. Das LINSEIS Hochtemperatur-DTA/DSC-Kalorimeter ist dafür ausgelegt, die höchstmögliche kalorimetrische Empfindlichkeit sowie kurze Zeitkonstanten zu liefern und dabei eine kondensationsfreie Probenkammer zu besitzen. Diese Eigenschaften garantieren eine überlegene Auflösung und Basislinienstabilität über den gesamten Lebenszyklus des Instruments, welche dieses zu einem unersetzlichen Werkzeug für Forschung und Entwicklung neuer Materialien und die Qualitätskontrolle macht.

Das modulare Konzept der DSC- und DTA-Systeme erlaubt zudem den Gebrauch verschiedener Öfen mit einem Temperaturbereich von -150°C bis zu 2400°C.



Das Kalorimeter verfügt über verschiedene Messsysteme für DSC- und DTA-Anwendungen und kann mit vielen verschiedenen Tiegeln betrieben werden. Das vakuumdichte Design bis zu 10^{-5} mbar erlaubt zudem sehr genaue quantitative Enthalpiebestimmungen sowie die Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität (C_p) unter hochreinen Atmosphären. Außerdem ist es möglich, Analysegeräte zur Charakterisierung der frei werdenden Gase anzukoppeln, wie z. B. Massen- oder Infrarotspektrometer (MS und FT-IR).

Probenwechsler

DTA, DSC, DSC-Cp

-150°C bis 2400°C

	DSC PT 1600	DTA PT 1600
Temperaturbereich	-150°C bis 700°C RT bis 1600°C / 1750°C	-150°C bis 500°C / 700°C / 1000°C RT bis 1000°C / 1600°C / 1750°C / 2000°C und 2400°C
Sensoren	DSC, DSC-Cp	DTA
Vakuum	10^{-5} mbar	10^{-5} mbar
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.	inert, oxid., red., vac.
Temperaturmodulation	optional	—
Probenroboter	42 Positionen	42 Positionen



TGA

Thermogravimetrie

Thermogravimetrie ist eine Technik, bei der die Massenänderung einer Probe über die Zeit oder Temperatur aufgezeichnet wird, wobei die Probentemperatur in einer spezifischen Atmosphäre programmiert und geregelt wird.

Thermogravimetrie

TGA PT 1000

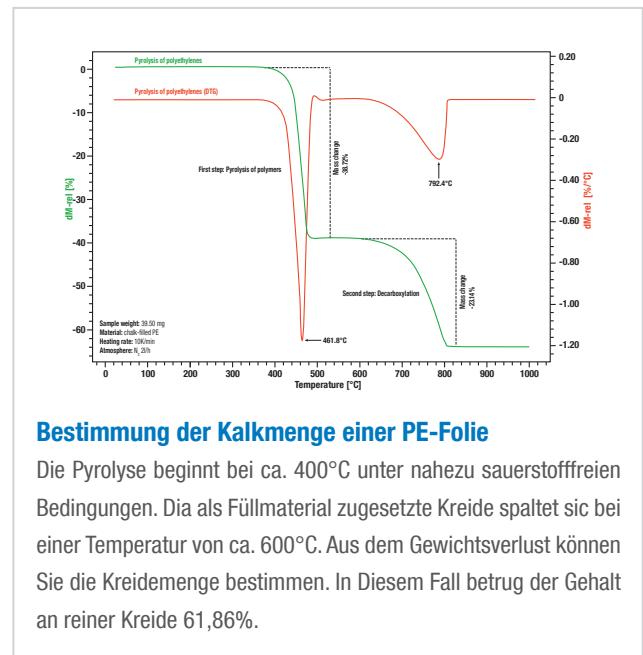
Der TGA PT1000 dient zur Bestimmung von Masseänderungen im Temperaturbereich bis 1100°C. Zu den einzigartigen Eigenschaften dieses Gerätes zählen dabei unerreichte Präzision, Auflösung und Langzeit-Drift-Stabilität. Der keramische Hochgeschwindigkeitsofen erlaubt zudem höchste Heiz- und Kühlraten. Aufgrund der geringen thermischen Masse des Ofens gibt es hierbei nahezu kein Temperaturüberschießen beim Wechsel von Heiz- und Kühlraten.

Der 90 Positions-Probenwechsler in Kombination mit einer optionalen automatischen Gaskontrolle und automatischem Evakuierungssystem ermöglicht hohen Probendurchsatz im vollautomatischen Betrieb.

Die LINSEIS Thermowaage (TGA) arbeitet gemäß verschiedener nationaler und internationaler Normen wie zum Beispiel: ASTM D3850, E 1131, E 1868, DIN 51006, ISO 7111, ISO 11358.



TGA PT 1000



Bestimmung der Kalkmenge einer PE-Folie

Die Pyrolyse beginnt bei ca. 400°C unter nahezu sauerstofffreien Bedingungen. Die als Füllmaterial zugesetzte Kreide spaltet sich bei einer Temperatur von ca. 600°C. Aus dem Gewichtsverlust können Sie die Kreidemenge bestimmen. In diesem Fall betrug der Gehalt an reiner Kreide 61,86%.

höchste Empfindlichkeit

höchste Auflösung

Probenwechsler mit 90 Positionen

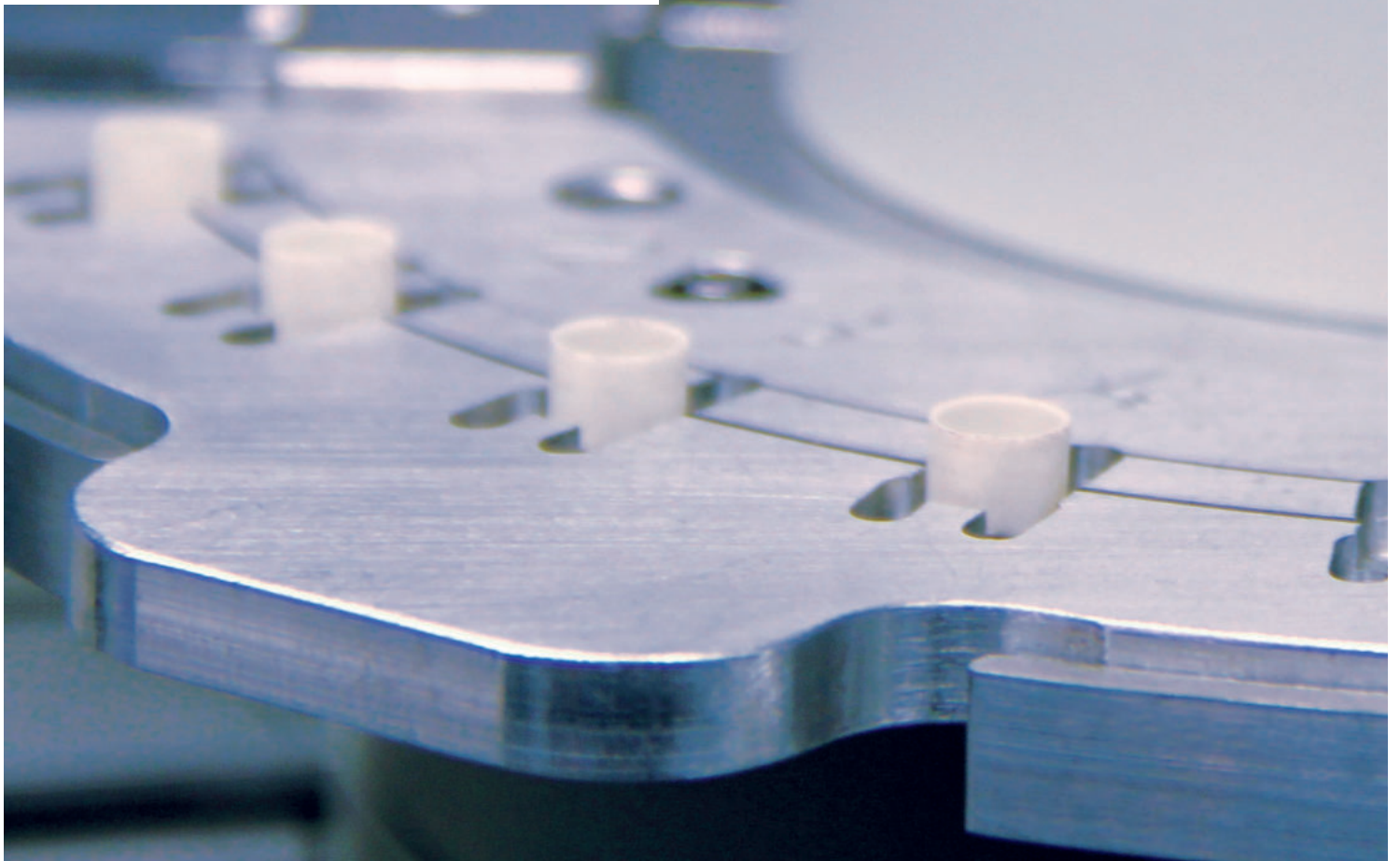
	TGA PT 1000
Temperaturbereich	(10°C) RT bis 1100°C
Heiz- und Kühlraten	0.001 bis 250°C/min
Probengewicht	bis 5 g
Auflösung	0,1 µg
Vakuum	bis zu 10 ⁻² mbar
Probenroboter	90 Positionen

STA

Simultane Thermische Analyse

Die synchrone Messung der Gewichtsänderung (Thermogravimetrie) und der Kalorien (Dynamische Differenzkalorimetrie) an einer einzigen Probe (Simultane Thermoanalyse) liefert großen Informationsgewinn gegenüber einer Anwendung in zwei verschiedenen Geräten. So gelten zu jeder Zeit gleiche Versuchsbedingungen für die TGA- und DTA/DSC-Signale (Atmosphäre, Heizrate, thermischer Kontakt, Strahlung, etc.)

Dadurch ist es möglich Phasenumwandlungen, Zersetzungen, Pyrolyse- und Verbrennungsreaktionen voneinander zu unterscheiden.



Simultane Thermische Analyse

STA PT 1000

Mit der STA PT 1000 bietet LINSEIS einen hochempfindlichen Analysator für simultane thermogravimetrische (TGA) und kalorimetrische (DTA / DSC) Analysen von Raumtemperatur bis in den Hochtemperaturbereich bis zu 1000°C. Die verschiedenen Probenträger lassen sich in kürzester Zeit austauschen.

Der STA PT 1000 vereint die Vorzüge einer hochempfindlichen Thermowaage und eines echten Dynamischen Differenzkalorimeters. Verschiedene TGA, TGA-DTA- und TGA-DSC-Probenträger können zur Bestimmung der Reaktions- / Umwandlungstemperaturen und -enthalpien sowie der spezifischen Wärmekapazität verwendet werden. Hierdurch ergibt sich eine optimale Anpassung der Anlage für die verschiedensten Anwendungen.

Durch den vakuumdichten Aufbau des Gerätes können Messungen in hochreinen sauerstofffreien Atmosphären sowohl statisch als auch dynamisch durchgeführt werden.



Applikationen

- Thermische Stabilität
- Probenzusammensetzung
- Lebensdauervorhersage von Produkten
- Kinetik
- Einfluss von reaktiven Atmosphären auf die Probe
- Feuchte und flüchtige Probenbestandteile
- Reaktions- und Schmelzwärme
- Schmelz- und Siedepunkt

Eigenschaften

- optimale Integration von TGA und DTA/DSC
- unübertroffene Auflösung
- hervorragende Basislinienstabilität
- austauschbare Messsysteme für TGA, TGA-DTA, TGA-DSC
- optimierte Sensoren für unterschiedliche Temperaturbereiche (Typ E/K/S)
- Gasanalyse (MS- und/oder FTIR-Kopplung möglich)
- echter DSC-Sensor für die quantitative Bestimmung von Enthalpien
- optimierter DSC-Sensor für die Messung der spezifischen Wärmekapazität
- benutzerfreundliche, Datenbank-basierte Software

kombinierte TGA-DSC

sehr hohe Empfindlichkeit

	STA PT 1000
Temperaturbereich	RT bis 1000°C
Probengewicht	bis 5 / 25 g
Auflösung	0,1 µg
Messsystem	E/K/S
Vakuum	bis 10 ⁻² mbar
Probenhalter	TGA – DTA/DSC
DSC-Messsystem	E/K/S

Simultane Thermische Analyse

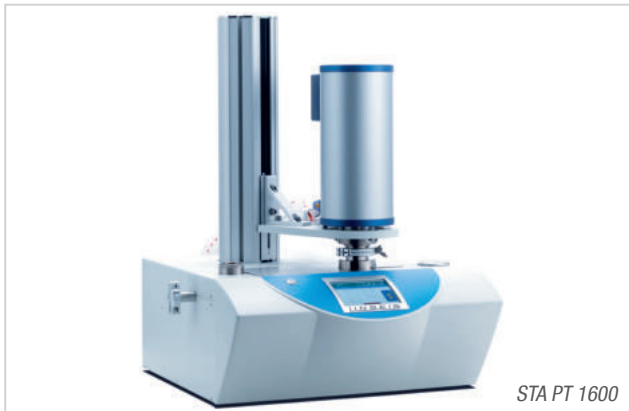
STA PT 1600

Bei der Thermowaage STA PT 1600 handelt es sich um die High-End Version der von LINSEIS produzierten Systeme. Sie bietet unnachahmliche TGA- und DSC-Auflösung in Kombination mit den höchsten Vakuumpkapazitäten und TGA-Driftstabilitäten. Das System ist modular aufgebaut, mit vielen austauschbaren Ofenvarianten, Messsystemen und Tiegeln. Die Flexibilität für alle Proben wird durch austauschbare Ofentypen (optionaler Drehteller für mehrere Öfen) für den weiten Temperaturbereich von -150°C bis 2400°C gewährleistet.

Der STA PT 1600 vereint die Empfindlichkeit einer Thermowaage mit der eines echten dynamischen Differenzkalorimeters. Verschiedene

TGA-, TGA-DTA- und TGA-DSC-Probenhalter können verwendet werden, um auf unterschiedliche Weise Reaktions- und Übergangstemperaturen, Enthalpien und Wärmekapazitäten zu bestimmen. Das System kann damit perfekt an nahezu jede Anwendung angepasst werden. Wegen seines vakuumdichten Designs sind sowohl statische, als auch dynamische Atmosphären in der Messkammer möglich und das bis zu einer maximalen Temperatur von 2400°C.

Als zusätzliche Optionen sind eine Gaskontrollbox, sowie verschiedene Vakuumpumpen und ein Probenwechsler mit bis zu 42 Probenpositionen erhältlich. Zudem kann das ausströmende Gas mit Hilfe der integrierten und beheizbaren Kopplung unter Einbeziehung eines MS, FT-IR oder GC-MS untersucht werden. Einzigartig ist die Möglichkeit der *In-Situ* Gasanalyse. Mehr Informationen hierzu sind auf Seite 25 zu finden.



STA PT 1600

**Wärmestrom & Masseänderung
in einer Messung**

Probenroboter

optionale Druckmessung

	STA PT 1600/1	STA PT 1600/2	STA PT 1600/3
Temperaturbereich	-150°C bis 500 / 700 / 1000°C RT bis 1000 / 1400 / 1600 / 1750 / 2000 / 2400°C	-150°C bis 500 / 700 / 1000°C RT bis 1000 / 1400 / 1600 / 1750 / 2000 / 2400°C	-150°C bis 500 / 700 / 1000°C RT bis 1000 / 1400 / 1600 / 1750 / 2000 / 2400°C
Vakuum	10 ⁻⁵ mbar	10 ⁻⁵ mbar	10 ⁻⁵ mbar
Druck	bis zu 5 bar (optional)	bis zu 5 bar (optional)	bis zu 5 bar (optional)
Heizrate	0,01 bis 100 K/min (abhängig vom Ofen)	0,01 bis 100 K/min (abhängig vom Ofen)	0,01 bis 100 K/min (abhängig vom Ofen)
Temperaturpräzision	0.01°C	0.01°C	0.01°C
Probenroboter	42 (optional)	42 (optional)	42 (optional)
TGA			
Auflösung	0,025 µg	0,1 µg	0,1 µg
Probengewicht	5 / 25 / 35 g	5 / 25 / 35 g	5 / 25 / 35 g
Messbereich	± 25/2500 mg	± 25/2500 mg	±17500 / 25000 mg
DSC			
DSC-Sensor	E / K / S / B / C	E / K / S / B / C	E / K / S / B / C
DSC-Auflösung	0,3 / 0,4 / 1 / 1,2 µg	0,3 / 0,4 / 1 / 1,2 µg	0,3 / 0,4 / 1 / 1,2 µg
Kalori.-empfindlichkeit	ca. 4 / 6 / 17,6 / 22,5 µW	ca. 4 / 6 / 17,6 / 22,5 µW	ca. 4 / 6 / 17,6 / 22,5 µW
DTA			
DTA-Auflösung	0,05 µg	0,05 µg	0,05 µg
Empfindlichkeit	1,5 µV/mW	1,5 µV/mW	1,5 µV/mW
DTA-Messbereich	250 / 2500 µV	250 / 2500 µV	250 / 2500 µV

Simultane Thermische Analyse

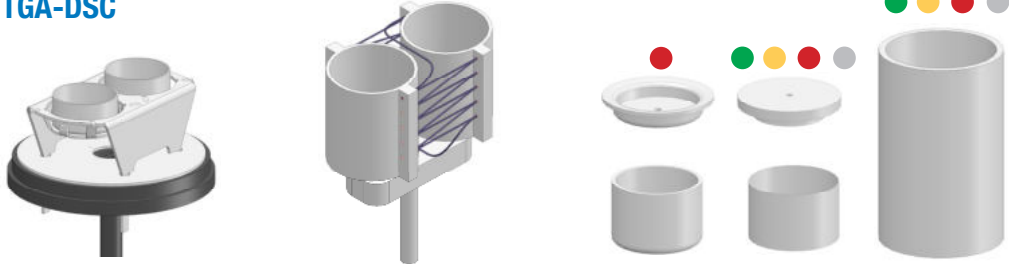
Sensoren

Unsere STA kann mit einer Vielzahl verschiedener TGA-DSC, TGA-DTA oder TGA Sensoren genutzt werden.

Jeder Sensortyp ist mit verschiedenen Thermoelementen erhältlich, damit höchste Empfindlichkeit in den gewünschten Temperaturbereichen gewährleistet wird.

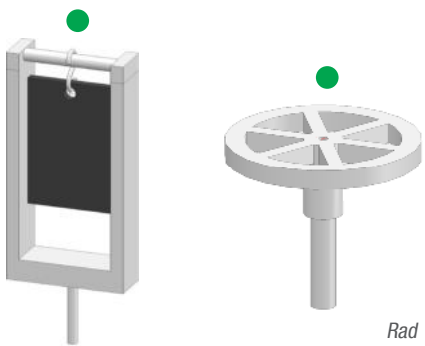
- Al₂O₃
- Platin
- Aluminium
- andere

TGA-DSC



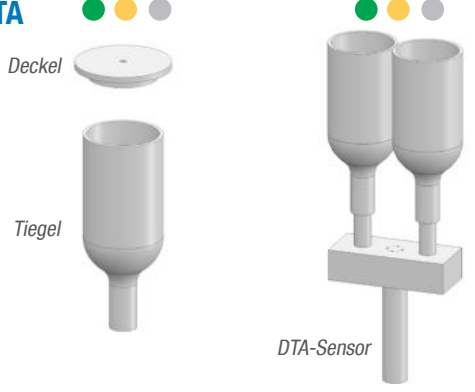
DSC Heat flux *3D-Calvet-DSC Sensor* *verschiedene Tiegel erhältlich / umfangreiche Auswahl*

TGA

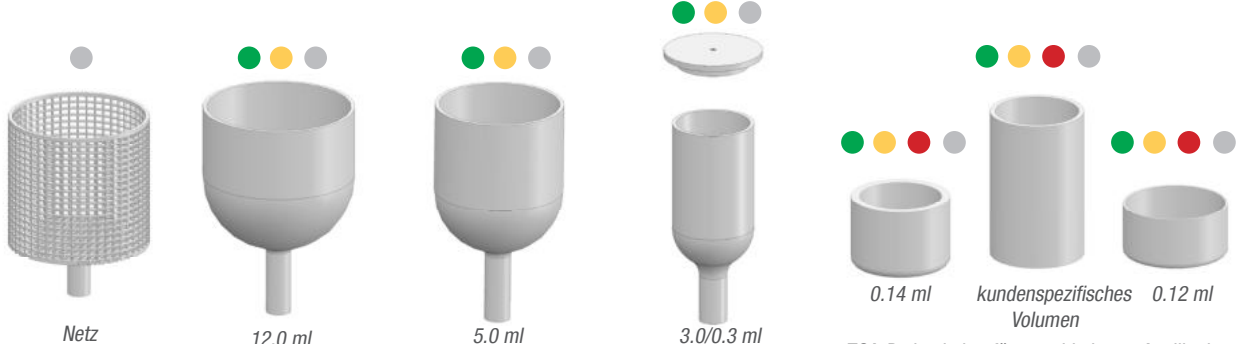


TGA-hang-down wire *Rad*

TGA-DTA

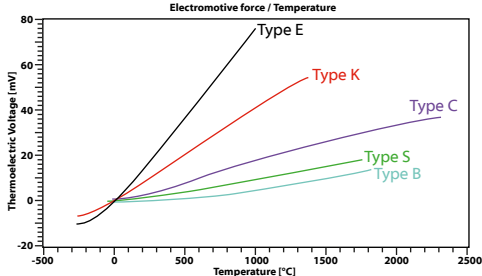


Deckel *Tiegel* *DTA-Sensor*



Netz *12.0 ml* *5.0 ml* *3.0/0.3 ml* *0.14 ml* *kundenspezifisches Volumen* *0.12 ml*

TGA-Probenhalter für verschiedenste Applikationen



Electromotive force / Temperature

Type E
Type K
Type C
Type S
Type B

Höchste Empfindlichkeit für jede Anwendung

Die in der Abbildung gezeigten Sensoren sind mit den Thermoelementen Typ E/K/C/S/B erhältlich. Die LINSEIS-Sensorenkombinationen decken die größte Temperaturspanne auf dem Markt ab (-180°C bis 2400°C).

Simultane Thermische Analyse

Hochdruck-STA HP 1 / 3

Die Hochdruck-Thermowaage liefert Informationen über Materialzusammensetzungen bei hohen Drucken und hohen Temperaturen. Sie misst gleichzeitig sowohl den Wärmefluss (DSC) als auch die Gewichtsänderung (TGA) eines Materials in Abhängigkeit von der Temperatur oder der Zeit in einer kontrollierten Atmosphäre. Die simultane Messung



STA HP 1

dieser beiden Materialeigenschaften steigert nicht nur die Produktivität, sondern vereinfacht auch die Auswertung der Ergebnisse. Die Ergebnisse erlauben eine Unterscheidung zwischen exo- und endothermen Effekten, welche keine einhergehende Gewichtsänderung aufweisen (z.B. Phasenumwandlungen) und jenen mit Gewichtsänderung (z.B. Zersetzung).

Häufige Anwendungen sind z.B. die Vergasung von Festbrennstoffen (Kohle, Biomasse, Müll etc.), Sorptionsuntersuchungen (Katalysatoren, Zeolithe etc.) oder Untersuchungen von Reaktionsgeschwindigkeiten und -gleichgewichten der Kinetik in Abhängigkeit von Temperatur und Druck.

Die Hochdruck-STAs von LINSEIS liefern dabei eine unübertroffene Leistung. Das System kann benutzt werden, um Massenänderungen und kalorimetrische Reaktionen unter definierten Atmosphären bis zu 150 bar Druck und Temperaturen bis 1800°C zu bestimmen.

Weitere Eigenschaften dieses Systems sind seine hohe Präzision, hohe Auflösung und Langzeit-Basislinienstabilität. Die STA HP-Serie wurde entwickelt, um die hohen Anforderungen moderner Hochtemperaturanwendungen bei hohem Druck zu erfüllen.

bis 150 bar / bis 1800°C

weltweit einzige Hochdruck- Hochtemperatur-STA



STA HP 3

*mit Graphit-Heizelement **nicht** möglich

	STA HP/1	STA HP/3
Temperaturbereich	RT bis 1000/1600/1800°C -125°C bis 1200°C	RT bis 1200°C
Heizelement	Kanthal, Metallheizer	Mikroheizer
Druckbereich	bis 150 bar	bis 150 bar
Vakuum	bis 10 ⁻⁴ mbar	bis 10 ⁻⁴ mbar
maximales Proben-gewicht	2 / 15 / 100 g	up to 5 g
TGA-Auflösung	0,1 / 0,5 / 10 µg	0,1 µg
TGA-DTA/DSC-Messsystem	E/K/S/C	E/K/S/B/C
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.	inert, oxid., red., vac.

Magnetschwebewaage

MSB PT 1

Mittels der Magnetschwebewaage LINSEIS MSB PT 1 können gravimetrische Messungen in einem weiten Temperatur- und Druckbereich unter aggressiven Medien vorgenommen werden. Die Magnetschwebewaage besteht aus einer Waage zur Registrierung der Messwerte, einer Schwebekupplung die berührungsfrei die Gewichtskraft der Probe auf die Waage überträgt, einem Sensor zur Lagebestimmung des Schwebeteils und einer Regelung zur Steuerung der Schwebekupplung.

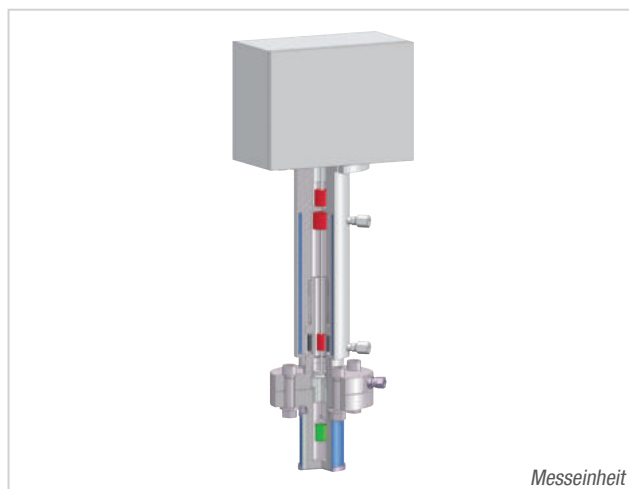
Die berührungsfreie Übertragung der Gewichtskraft der Probe ist durch einen Schweben- und einen Haltemagneten realisiert. Der Schwebemagnet besteht aus einem Permanentmagneten und der Haltemagnet aus

einem Elektromagneten, der an der Waage befestigt wird. Somit ergibt sich ein vertikal hängender Aufbau.

Der Lagesensor liefert die aktuelle Position des Schwebemagneten und der PID-Regler sorgt für eine stabile Schwebeposition mittels der Elektromagnetkraft. Durch diese Schwebekupplung ist es möglich, die Mikrowaage unter Umgebungsbedingungen aufzustellen, und sie somit vor hohen Temperaturen, Drücken und aggressiven Medien zu schützen. Damit sind thermogravimetrische Messungen in einem Temperatur- und Druckbereich möglich, die in einem konventionellen Gerät nicht machbar wären.



MSB



Messeinheit

korrosive Atmosphären

bis 150 bar

	Metallversion	Glasversion
Druckbereich	UHV bis 150 bar	Vakuum bis 1,3 bar
Temperaturbereich	-196°C bis 2400°C	bis 900°C
Probengewicht	10 g (Standardwaage)*	10 g (Standardwaage)*
Auflösung	1 µg	1 µg
Gasanalyse	MS/FTIR	MS/FTIR

**Es sind auch Sonderaufbauten auf Anfrage möglich!*

DIL

Dilatometrie

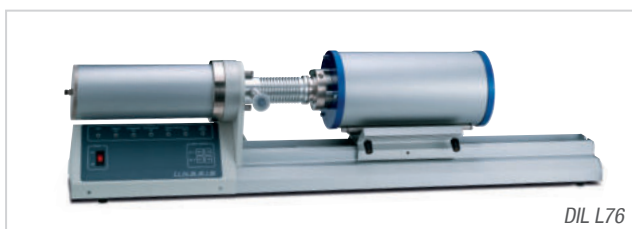
Die Dilatometrie (DIL) eignet sich zur höchstgenauen Messung von Dimensionsänderungen insbesondere an Feststoffen, aber auch an Flüssigkeiten, Pulvern und Pasten bei programmierbarer Temperaturänderung und bei vernachlässigbarer Probenbelastung.



Dilatometrie

DIL L76 PT

Im Dilatometer L76 sind einfache Bedienung, hohe Anpassungsfähigkeit an verschiedene Messaufgaben und hervorragende Performance in einem Gerät vereint. Das kostengünstige Gerät wurde speziell für die Keramik- und Glasindustrie entwickelt.



DIL L76

DIL L 75 PT Horizontal / Vertikal

Das hochvakuumdichte Schubstangendilatometer DIL L75 (differential oder einfach) lässt keine Messaufgabe zur Bestimmung thermischer Längenänderungen an Festkörpern, Flüssigkeiten, Pulvern und Pasten ungelöst.

Das perfekte Design des Messsystems mit dem hochauflösenden



DIL L75 Horizontal PT

Wegaufnehmer (entweder induktiv oder mit optischem Encoder), unter Verwendung von Invar und einer umfassenden Thermostatisierung bietet höchste Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Langzeitstabilität.



DIL L 75 Vertikal PT

1, 2, 4 oder 8 Proben

LVDT oder optischer Encoder

bis zu 3 Öfen

	DIL L76	DIL L75 PT Horizontal	DIL L75 PT Vertikal
Temperaturbereich	RT bis 1600°C	-180°C bis 2800°C	-263°C bis 2800°C
LVDT			
Delta L Auflösung*	0.05 nm	0.03 nm	0.03 nm
Messbereich	±2500 µm	±2500 µm	±2500 µm
Kontaktkraft (regelbar)	—	10 mN bis 1 N	10 mN bis 1 N
Optischer Encoder			
Delta L Auflösung*	1 nm	0.1 nm	0.1 nm
Messbereich	±25000 µm	±25000 µm	±25000 µm
Automatische Probenlängenerkennung	ja	ja	ja
Kraftmodulation	nein	ja	ja
Kontaktkraft	50 mN bis 3 N	10 mN bis 5 N	10 mN bis 5 N
Konfiguration mehrerer Öfen	optional	bis zu 2 Öfen	bis zu 3 Öfen

*digital

Dilatometrie

Abschreckdilatometer DIL L78 RITA/Q

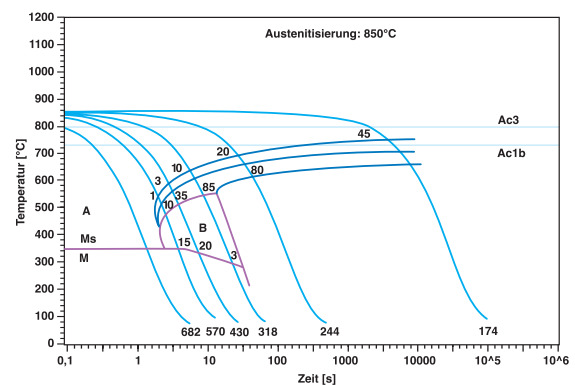
Das Abschreckdilatometer DIL L78 RITA ist speziell zur Bestimmung von TTT-, CHT- und CCT-Phasendiagrammen geeignet. Der einzigartige Induktionsofen erlaubt dabei Aufheiz- und Abkühlraten von bis zu 4000 K/s. Das System ist dabei konform mit der Norm ASTM A1033.

Alle wichtigen Parameter wie Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, Gassteuerung oder Sicherheitsfunktionen sind von der Software gesteuert. Die zugehörige, im Lieferumfang enthaltene, hochentwickelte LINSEIS TA-Software arbeitet exklusiv auf Microsoft®-basierenden Betriebssystemen und allen gängigen Microsoft-Anwendungen. Auch herausfordernde Anwendungen, die über die Bestimmung von CHT-/CCT-/



TTT-Diagrammen hinausgehen, werden von diesem herausragenden Softwarepaket gemeistert. Dabei ist eine Datenausgabe in ASCII-Format genauso möglich, wie eine rein graphische Datenaufbereitung.

CCT-Messung



Heiz- und Kühlrate bis 4000 K/s

TTT-, CHT-, CCT-Diagramme

Abschreckdilatometer DIL L78/Q

Temperaturbereich	-150°C bis 1600°C
Probenbeschaffenheit	feste / hohle Proben
Probendurchmesser	ø 3 mm
Probenlänge	bis ca. 10 mm
Heiz- und Kühlraten	≤ 4000 K/s

Dilatometrie

Abschreck-/Umformdilatometer DIL L78 RITA/Q/D/T

Das Abschreck- und Umformdilatometer DIL L78 RITA Q/D/T wurde speziell entwickelt für die Bestimmung von Deformationsparametern bei Zug- und Druckexperimenten, sowie der Messung von TTT-, CHT- und CCT-Diagrammen. Der spezielle Induktionsofen erlaubt dabei sehr große Heiz- und Kühlraten bei kontrollierten Geschwindigkeiten von 2500 bis 4000 K/s. Alle wichtigen Parameter wie Aufheiz- und Abkühlraten, sowie Gassteuerung und Sicherheitseinstellungen sind dabei softwaregesteuert. Als zusätzliche Option verfügt das DIL L78 RITA Q/D/T auch über verschiedene optische Detektionsmethoden.

Das hier eingesetzte lineare, mechanische Aktorsystem kann Kräfte von bis zu 22/25 kN erzeugen. Dies erlaubt es, Deformationsraten von 0,01 bis 200 mm/s zu erreichen, welche in einem einzigen oder mehreren Stößen einwirken können.

Die professionelle LINSEIS TA-Software arbeitet dabei exklusiv auf Basis von Microsoft®-Betriebssystemen. Sämtliche anspruchsvollen Anwendungen wie TTT/CHT/CCT-Diagrammen werden von dieser einzigartigen, im Lieferumfang enthaltenen Software, problemlos und einfach realisiert. Der Datenexport kann als ASCII-Format oder in graphischer Form erfolgen.

TTT-, CHT-, CCT-Diagramme

bis 4000 K/s

L78 RITA/Q/D/T	Abschreck-Modus	Zug/Deformations-Modus
Temperaturbereich	-150°C bis 1600°C	-100°C bis 1600°C
Probenbeschaffenheit	massiv oder hohl	feste Proben
Probendurchmesser	ø 3 mm	ø 5 mm
Probenlänge	10 mm	10 mm
Heizrate	bis zu 4000 K/s	bis zu 125 K/s
Kühlrate	≤ 4000 K/s	bis zu 125 K/s
Heiz- und Kühlraten (kombinierte Deformation)		max. bis zu 100 K/s
Zug-/Deformationskraft		22 kN
Deformationsrate		0,01 bis zu 100 mm/s*
Umformgrad		0,02 bis 1,2 ms
Längenänderungsmessung	± 2,5 und ± 5mm (Auflösung 0,01 µm)	± 5 mm (Auflösung 0,05 µm)
Datenabtastrate (Temperatur, Länge, Kraft)	bis zu 1 kHz	bis zu 1 kHz
kürzeste Pause zwischen zwei Deformationsschritten		60 ms
Atmosphären		Schutzgase, Vakuum runter bis zu 10 ⁻⁵ mbar
Mech. Kontrollmodi		Hub, Kraft



Quenching/Deformation Dilatometer DIL L78 RITA/Q/D/T

*mehr auf Anfrage

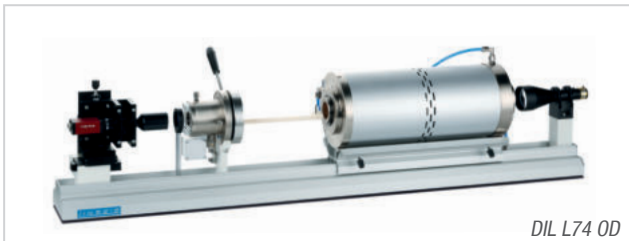
Dilatometrie

Optisches Dilatometer – DIL L 74 OD

Das optische Dilatometer DIL L74 wurde entwickelt, um die anspruchsvollen Anwendungen in der Glas-, Keramik- und Metallindustrie sowie der Energiewirtschaft zu erfüllen. Eine hochauflösende CCD-Kamera ermöglicht eine visuelle Echtzeitanalyse der Probenexpansion – entweder als Einzelbild oder als Videosequenz. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Probe dabei mit keiner Kraft belastet wird. Bei weichen Proben oder bei Proben, die ihre Festigkeit während der Messung verändern, wird das Ergebnis durch den Anpressdruck, wie er bei einem klassischen Dilatometer immer vorhanden ist, nicht verfälscht.

Alle notwendigen Korrektur- und Analysefunktionen sind in der zugehörigen LINSEIS TA-Software integriert, wodurch alle von herkömmlichen Schubstangendilatometern bekannten Funktionen zur Verfügung stehen.

Das einzigartige horizontale Design erlaubt dabei vielfältige, anspruchsvolle Anwendungen. Ein spezieller fest-flüssig-Adapter ermöglicht sogar das Messen von Ausdehnung/Volumenänderung von Feststoffen, Feststoff-Flüssigkeitsgemischen und fest-flüssig-Phasenübergängen. Ein spezieller Probeneinsatz für starre Folien, welcher im Gegensatz zum klassischen Dilatometer einen Messfehler durch die Anpresskraft des Stempels vollständig ausschließt, ist als Zubehör erhältlich.



DIL L74 OD

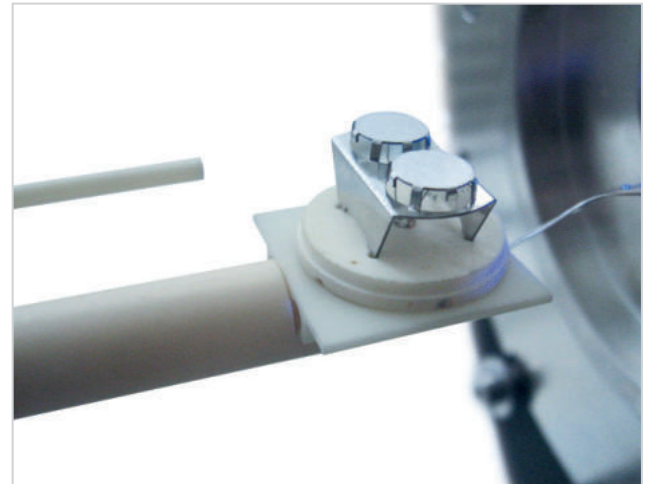
Eigenschaften

- Optisches Dilatometer
- Erhitzungsmikroskop
- Veraschungsmikroskop
- Optisches „Fleximeter“
- Kontaktfreie Ausdehnungsmessungen
- „Sessile Drop“ Methode
- Kontaktwinkelbestimmung
- fest-flüssig Ausdehnung (mit optionalem Adapter)

Anwendung

- Glas
- Metall
- Lack/Beschichtung
- Keramik
- Energieindustrie

DSC - Option für Optisches Dilatometer



	DIL L74 OD
Design	horizontal
Temperaturbereich	-100°C bis 500°C, RT bis 500 / 1000 / 1500 / 2000°C
Messsystem	Optisches Dilatometer, ausgestattet mit einer hochauflösenden Kamera und vollautomatischen Fokus
Genauigkeit	bis 1 µm
Atmosphäre	oxidierend, (optional: red., inert, and vac.)
Vakuum	bis 10 ⁻⁵ mbar (optional)
Schnittstelle	USB

Dilatometrie

Laser-Dilatometer DIL L75 Laser

Ein Laser Dilatometer bietet die höchstmögliche Genauigkeit bei der Messung der thermischen Ausdehnung. Die Längenänderung wird mit einem Michelson-Interferometer detektiert. Dieses Messprinzip erlaubt Auflösungen im Bereich der Wellenlänge des Lichtes und ist somit weit höher als bei klassischen Dilatometern. Ausserdem wird die Probe nur mit minimaler Kraft geaufschlagt, sodass mechanische Störeinflüsse weitestgehend vermieden werden.

Anwendungen

Höchste Präzision ist speziell bei Materialien mit extrem niedrigen Ausdehnungskoeffizienten wie z.B. Carbon, Graphit, Kompositen, speziellen Gläsern, Siliziumverbindungen oder Halbleitern notwendig.

Jedoch ist das DIL L75-Laser-Dilatometer auch die perfekte Wahl für Qualitätseingangsprüfungen von allen Materialien mit sehr kritischem oder sehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten wie zum Beispiel Gläsern, Legierungen oder hochpräzisen elektronischen Bauteilen.



DIL L75-Laser-Dilatometer

**Höchste Auflösung und Basisli-
niestabilität**

Michelson-Interferometer

	DIL L75 Laser
Methode	Laser nach Michelson-Prinzip
Temperaturbereich	-180°C bis 500°C; RT bis 1000°C
Probenabmessung	Länge bis ca. 20 mm; Durchmesser ca.7 mm
maximale Auflösung	0,3 nm
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.

DIL L75 Cryo Dilatometer

Das L75-Cryo-Dilatometer bietet unübertroffene Leistung für Anwendungen bei extrem tiefen Temperaturen. Das System ist dafür mit einem geschlossenen Flüssig-Helium-Kreislauf zur Kühlung ausgestattet, welcher Ausdehnungsmessungen im Temperaturbereich von -263°C bis 220°C in nur einer Messung ermöglicht.



DIL L75-Cryo-Dilatometer

**geschlossener Heliumkühl-
kreislauf**

-263°C bis 220°C in einer Messung

	DIL L75 V Cryo
Temperaturbereich	-263°C bis 220°C
Methode	Dilatometer oder TMA
Kühlelemente	Helium-Kryostat
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.
Temperatursensor	Diodensensor oder PT 1000

TMA

Thermomechanische Analyse

Die Thermomechanische Analyse (TMA) erlaubt die Bestimmung einer linearen oder volumetrischen Änderung einer Probe als Funktion der Zeit oder der Temperatur unter einer definierten statischen oder dynamischen Kraft und einer geregelten Atmosphäre.

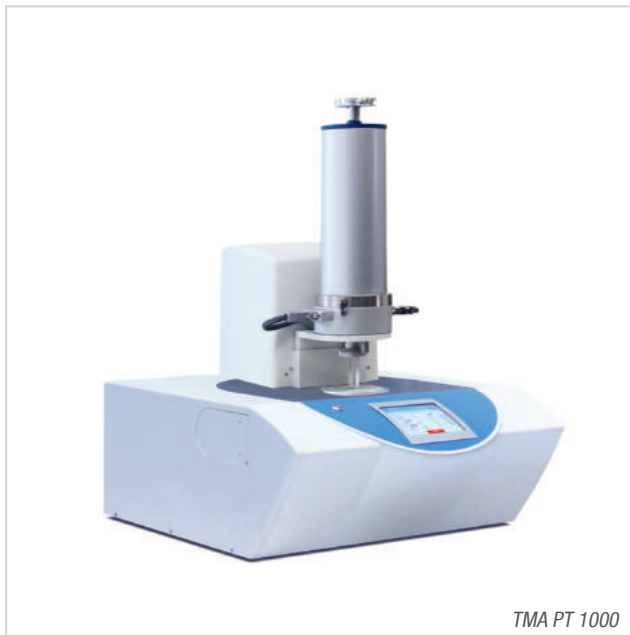


Thermomechanische Analyse

TMA PT 1000

Die TMA PT 1000 vereint verschiedene Messmöglichkeiten und erlaubt so die Vermessung der Probengeometrie unter wechselnder Kraft. Auch Fasern und Folien können unter Verwendung eines Zug-Messsystems vermessen werden.

Die TMA kombiniert alle Vorteile eines herkömmlichen Dilatometers mit der zusätzlichen Möglichkeit, Zug- und Druckexperimente auch unter definierten statischen und dynamischen Kräften durchzuführen. Dadurch ist es möglich, E-Module frequenzabhängig und auch Glasübergangstemperaturen zu bestimmen.



TMA PT 1000

Temperaturbereich	-150°C bis 1000°C -260°C bis 220°C
Kühloption	optional: flüssiger Stickstoff Sonderausführung mit Helium-Kryostat
Kraft	bis zu 1 oder 5,7 N
Frequenz	1 Hz
Auflösung	0,125 nm
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.

TMA PT 1600

Die TMA PT 1600 deckt einen größeren Temperaturbereich von RT bis 1600°C für alle Arten von thermomechanischen Untersuchungen ab. Sowohl statische als auch dynamische Experimente können durchgeführt werden. Typische Probenmaterialien sind dabei Polymere, Komposite, Gläser, Keramiken und Metalle.



TMA PT 1600

Temperaturbereich	-150°C bis 700°C RT bis 1400°C / 1600°C
Kraft	1/5,7/20 N
Frequenz	1 Hz
Auflösung	0,125 nm
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.



EGA

Gasanalyse-Kopplung

Durch Kopplung des Thermoanalysegeräts mit den schnellen Quadrupol Massenspektrometer (QMS) oder FTIR-Spektrometer (Fourier Transform Infrared) sind die Detektion der Gasabspaltung und die Identifizierung der abgespaltenen Komponenten in genauer zeitlicher Korrelation mit den anderen Thermoanalysegeräten möglich. Mit der einzigartigen Puls-Analyse kann sogar eine quantitative Gasanalyse – sowohl mit QMS als auch mit FTIR – erreicht werden.

Analyse freigesetzter Gase

Spektroskopische und chromatographische Methoden (MS, FT-IR und GC-MS) sind geeignet, die in einem Thermoanalyse-Gerät während der Messung freigesetzten Gase zu analysieren. Hierbei ist insbesondere die Ankopplung an Thermowaagen (TGA), DSC- und DTA-Geräte und Simultane Thermische Analysatoren (STA) sinnvoll aber auch Dilatometer können angekoppelt werden.

MS-Kopplung

Messbereich	100 / 200 / 300 amu
Detektor	Faraday und SEV (Channeltron)
Vakuumsystem	Turbomolekularpumpe und ölfreie Membranpumpe
Heizung	Adapterkopf, beheizte Kapillare und QMS
Kopplungsmöglichkeiten	DSC, TGA, STA, DIL (mit beheizter Kapillare)

FT-IR-Kopplung

Wellenzahlenbereich	7500 bis 370 cm^{-1}
Auflösung	1 cm^{-1}
Heizung	Transferleitung und Adapter bis zu 250°C
Material für Transferleitung	PTFE (austauschbar)

GC-MS Kopplung

Messbereich	100/200 AMU
zusätzliche Detektoren	FID und TCD
GC-Säule	verschiedene Säulen verfügbar für verschiedenste Anwendungen
Heizung	Adapter, beheizte Transferleitung und Ventilofen
Kopplungsmöglichkeiten	DSC, TGA, STA, DIL
Methodik	Online-Detektion und ereignisgesteuerte Auslösung

In-Situ EGA

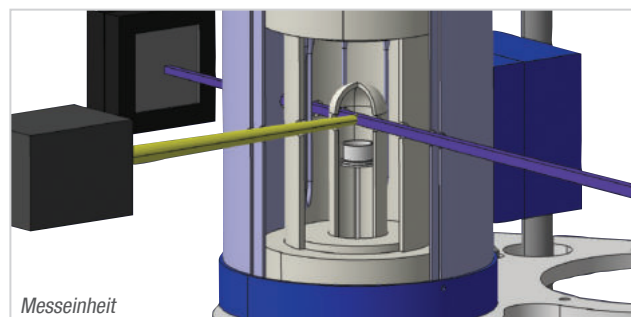
Die LINSEIS EGA bietet zwei verschiedene Ankopplungsmethoden: für die meisten Anwendungen wird die Standard-Kopplung mit einer beheizten Kapillare an einem offenen Ofen genutzt. Jedoch gibt es für höchste Auflösung, Empfindlichkeit und Genauigkeit auch die Möglichkeit, den LINSEIS Sniffer zu benutzen. Dieses speziell beheizte Vakuumkapillarsystem wird direkt im Ofen in unmittelbarer Umgebung der Probe platziert. Dies ermöglicht sogar geringste Spuren von Ausgasprodukten im ppm-Bereich nachzuweisen und im angeschlossenen Gasanalysator zu untersuchen. Eine Kondensation hochsiedender Substanzen ist hierbei nicht zu befürchten.

Wesentliche Vorteile

- Echtzeit *In-Situ* Messmethode
- Kein Eingriff in das Messsystem (wie bei anderen extrahierenden Methoden)
- Kein Abkühlen des zu analysierenden Gases
- Keine Kondensatbildung von Substanzen mit hohen Kondensations-temperaturen
- Keine Gleichgewichtsverschiebungen aufgrund von Temperaturschwankungen
- Keine Verunreinigung des Probengases in den herausführenden Kapillaren
- Möglichkeit zur Nutzung nahezu aller optischen Gasanalysensysteme (getestet an FT-IR, Raman, ELIF)

Übersicht über etablierte Messmethoden

- FT-IR: Fourier-Transform Infrarot-Spektroskopie
Messung von Standard- und Spurengasbestandteilen in ppm-Auflösung, zum Beispiel Gase wie H_2O , CO_2 , CO , H_2S und Kohlenwasserstoffen.
- Raman-Spektroskopie: Messung von Standardgasbestandteilen, unpolaren Molekülen wie H_2 oder N_2
- ELIF: Laser induzierte Fluoreszenz-Spektroskopie
Fluoreszenz-UV-Laser basierte Methode zur Messung von gasförmigen Alkaliverbindungen wie NaCl , NaOH , KCl oder KOH



Messeinheit

Wärmeleitfähigkeit & Temperaturleitfähigkeit

Um die Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität zu bestimmen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, abhängig vom zu analysierenden Material, der Messtemperatur und der geforderten Genauigkeit. Der gebräuchlichste Weg, die Temperaturleitfähigkeit zu bestimmen, ist das Laser- oder Light-Flash Verfahren (LFA). Die Light- und Laserflash-Methode kann in einem sehr großen Temperaturbereich (-125°C bis 2800°C) und im nahezu gesamten Wärmeleitfähigkeitsbereich eingesetzt werden.

Die Transient-Hot-Bridge-Methode (THB) ist ein von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) optimiertes Heizdrahtverfahren, mit dem innerhalb von weniger als einer Minute die Wärmeleitfähigkeit, sowie unter gewissen Bedingungen auch die Temperaturleitfähigkeit und die spezifische Wärmekapazität, von Festkörpern, Flüssigkeiten, Pulvern und Pasten mit höchster Genauigkeit gemessen werden kann. Der Wärmeleitfähigkeitsmessbereich reicht von Isolationsmaterialien bis zu Keramiken und Metallen.

Das Heat Flow Meter (HFV) ist ein klassisches Plattengerät, das überwiegend für die Qualitätskontrolle von Dämmstoffen eingesetzt wird. Die Wärmeleitfähigkeit kann mit dem HFV mit der höchstmöglichen Genauigkeit bestimmt werden.

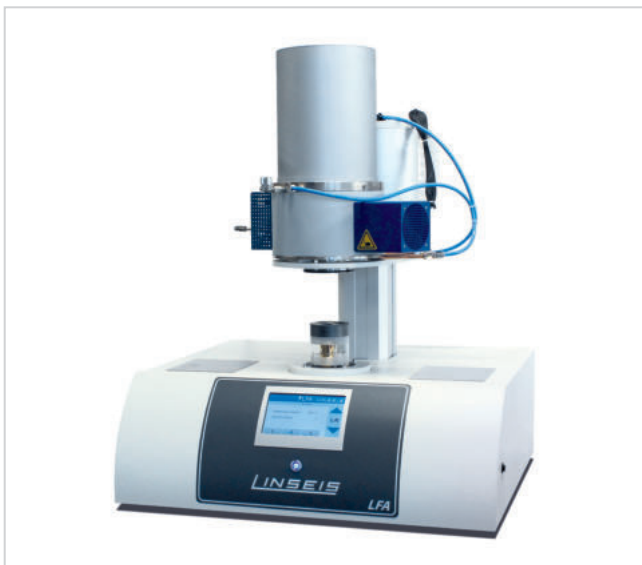
Für Dünnschichtproben (10 nm bis 200 μm) hat LINSEIS das neue Dünnschicht-Laserflash (TF-LFA) und den universellen chip-basierten Dünnschicht-Analysator (TFA) entwickelt.



Wärmeleitfähigkeit/Temperaturleitfähigkeit

LFA 500 / 1000 / 2000

LINSEIS bietet eine Vielzahl an Messinstrumenten zur Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit. Der Light Flash Analyzer bietet hierzu eine kosteneffektive Lösung für den Temperaturbereich von -100 up to 500/1000/1100°C. Das modulare Design erlaubt hierbei jederzeit eine Erweiterung zum Laser Flash Analyzer, wenn die Messungen es erfordern und das Budget es erlaubt. Das LFA-1000-System liefert unübertroffene Probendurchsatzraten,



mit bis zu 18 gleichzeitig gemessenen Proben in einem Messzyklus. Dazu bietet es eine modulare Bauweise, zwei verschiedene, vom Anwender leicht austauschbare Öfen (-125°C bis 2800°C) und zwei Detektoren, sowie ein auf Hochvakuum von bis zu 10⁻⁴ mbar ausgelegtes Design.

System Design

LINSEIS bietet ein einzigartiges modulares Systemdesign für die LFA-Geräte. Es ist jederzeit möglich, den Temperaturbereich mithilfe der austauschbaren Öfen, Messsysteme und Detektoren (InSb/MCT) zu erweitern. Dies erlaubt es dem Benutzer, mit einer kostengünstigen Lösung einzusteigen und später, je nach Bedarf, sein System zu erweitern. Die LINSEIS LFA-Geräte arbeiten in Übereinstimmung mit nationalen und internationalen Normen wie ASTM E-1461, DIN 30905 und DIN EN 821.

Temperaturleitfähigkeit α

verschiedene Öfen

Probenwechsler

	LFA 500	LFA 1000	LFA 2000
Probenabmessungen	Ø 3 / 6 / 10 / 12,7 / oder 25,4 mm quadratische Proben 10x10 oder 20x20 mm	Ø 6 - 25,4 mm Höhe 0,1 - 6,0 mm quadratische Proben 10x10 oder 20x20 mm	quadratische Proben 10x10 oder 20x20 mm runde Proben mit 6, 10, 12,7 oder 25,4 mm
Max. Probenzahl	bis zu 18 Proben	bis zu 18 Proben	bis zu 3 Proben 1 Probe bei Nuklear-Version
Temperaturbereich	-100 / -50°C bis 500°C RT bis 500 / 1000 / 1250°C Boost Funktion bis 1450°C (begrenzte Lebensdauer des Ofens)	-125 / -100°C bis 500°C RT bis 1250/1600 °C	RT bis 2000 / 2400 / 2800°C
Vakuum	optional	bis zu 10 ⁻⁴ mbar	bis zu 10 ⁻⁴ mbar
Atmosphäre	inert, oxidierend, reduzierend, Vakuum	inert, oxidierend, reduzierend, Vakuum	inert, vak.
Temperaturleitfähigkeit	0,01 bis 2000mm ² /s	0,01 bis 2000mm ² /s	0,01 bis 1000mm ² /s
Wärmeleitfähigkeit	0,1 bis 4000 W/mK	0,1 bis 4000 W/mK	0,1 bis 2000 W/mK
Pulsquelle	Flash-Lampe	Nd: YAG Laser variable Pulsenergie: softwaregesteuert	Nd: YAG Laser variable Pulsenergie: softwaregesteuert
Pulsenergie	15 J/Puls	25 J/Puls	25 J/Puls

Dünnschichtanalyse

TF-LFA

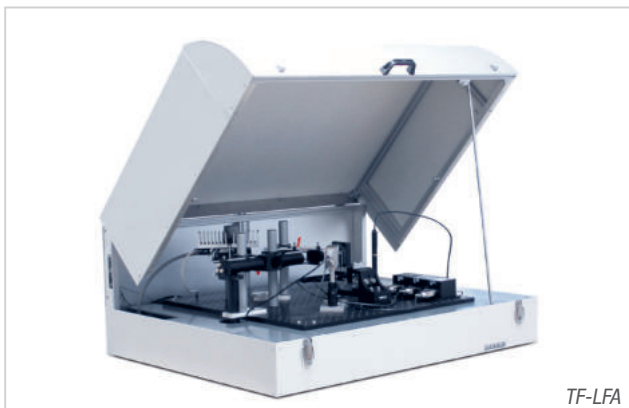
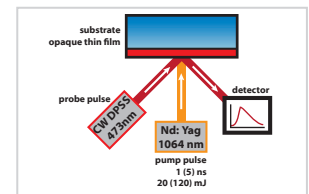
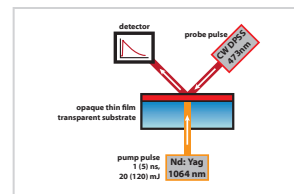
Aufgrund der Tatsache, dass sich die thermischen Eigenschaften dünner Schichten sehr stark von denen makroskopischer Proben unterscheiden, gibt es eine steigende Nachfrage nach Analysetechnik, welche die Begrenzungen der klassischen Laser-Flash-Methode überwindet. Um auch Schichten mit einer Dicke $< 80 \mu\text{m}$ vermessen zu können, haben wir in Zusammenarbeit mit dem renommierten Forscher Prof. David Cahill einen „Hochgeschwindigkeits-Laser-Flash-Aufbau“ (oder auch Thin Film Laser Flash Analyzer / TF-LFA) entwickelt, welcher Messungen an Schichten bis in die Nanometer Dimension ermöglicht.

Das Gerät kann in zwei unterschiedlichen Konfigurationen betrieben werden, welche FF oder RF genannt werden. Der RF Aufbau funktioniert dabei analog zur normalen Laser-Flash-Technik: Detektor und Laser befinden sich auf der jeweils gegenüberliegenden Seite der Probe. Weil jedoch die Infrarotdetektoren für Messungen an dünnen Schichten zu langsam sind, erfolgt die Aufnahme des Temperaturanstiegs mittels der sogenannten Thermoreflektions-Methode. Die Reflektion des Detektionslasers hängt von der Dielektrizitätskonstante des Probenmaterials ab, welche wiederum temperaturabhängig ist, so dass Temperaturänderungen dadurch sehr gut messbar sind. Der zweite kritische Punkt ist die Datenerfassungsrate. Während mit klassischen Infrarot-Detektoren maximal 2 Millionen Datenpunkte pro Sekunde erfasst werden können,

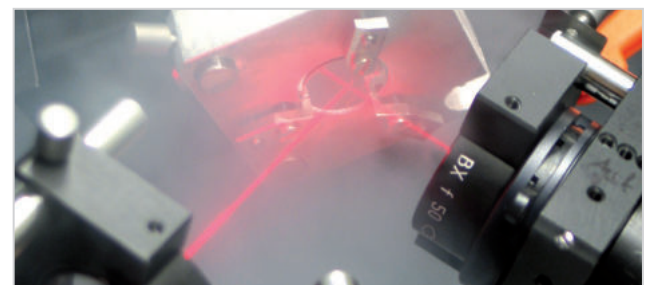
zeichnet der bei einem TF-LFA verwendete Si-Photoreceiver 200 Millionen Datenpunkte pro Sekunde auf. Dies ermöglicht eine detaillierte Aufzeichnung des Temperaturanstiegs und dadurch das Messen von dünnen Schichten bis zu einer minimalen Dicke von ca. 80 nm.

Frontseiten-Heizung- und Frontseiten-Detektions- Aufbau

Neben der eben beschriebenen RF Methode gebe es noch eine zweite Möglichkeit des Messaufbaus, den sogenannten „Front Heating, Front Detection“ Aufbau (FF). Im Gegensatz zum normalen Laser-Flash-Aufbau, befindet sich hier der Detektor auf derselben Seite wie der Puls laser. Dieser Aufbau arbeitet nach der TDTR Methode (Time Domain Thermoreflectance), und ist der eigentliche Standard für TF-LFA Systeme, weil damit sowohl besonders dünne Schichten als auch Proben auf nicht durchsichtigen Substraten vermessen werden können, bei denen die so genannte RF-Methode („rear heating, front detection“) nicht anwendbar ist.



TF-LFA



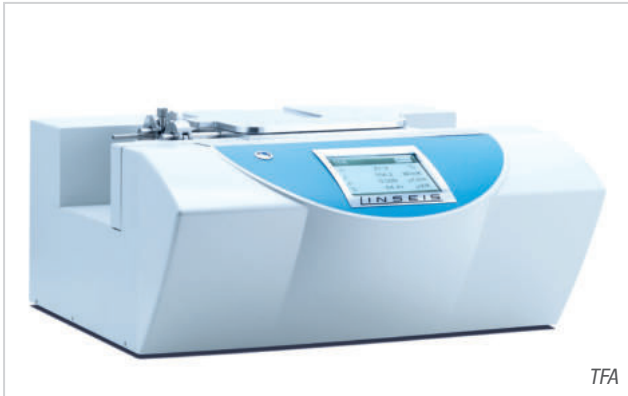
10 nm bis zu 200 μm

TF-LFA

Probengeometrie	rund, mit Durchmesser 10 bis 20 mm; quadratisch mit Kantenlänge von 10 bzw. 17mm
Probendicke	10 nm bis 200 μm
Temperaturbereich	RT, RT bis 500°C, -100°C bis 500°C
Heizraten	0,01 bis 10 K/min Heizen und Kühlen
Atmosphären	inert, oxid., red.
Messbereich	bis zu 10^{-4} mbar
Messbereich der Temperaturleitfähigkeit	0,01mm ² /s bis 1000mm ² /s

Dünnschichtanalyse

Thin Film Analyzer – TFA



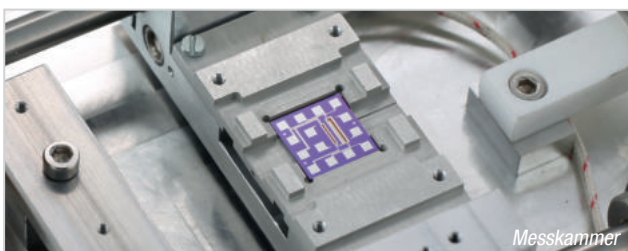
TFA

Der LINSEIS Thin Film Analyzer (TFA) ist ein chip-basiertes Messgerät, bei dem die zu untersuchende Probe auf einen vorgefertigten Messchip durch PVD, CVD oder andere Verfahren aufgebracht wird und vermessen werden kann. Durch das patentierte Chip layout ist es möglich die Wärmeleitfähigkeit, den Seebeck Koeffizienten, die elektrische Leitfähigkeit sowie die Hall Konstante einer Dünnschichtprobe nahezu simultan zu vermessen. Darüber hinaus ist es möglich aus den Messdaten, neben dem Power Faktor und der thermoelektrischen Gütezahl ZT, die Ladungsträgerdichte sowie Hall-Mobilität zu berechnen. Da Anisotropie bei dünnen Schichten eine große Rolle spielt, ist hierbei noch zu erwähnen, dass mit diesem einzigartigen Messgerät sämtliche Eigenschaften in der Ebene bestimmt werden können.

Aufgrund der simulierten Messwertaufnahme sind alle Ergebnisse vergleichbar und Fehler aufgrund von unterschiedlichen Messbedingungen, Probengeometrien, Zusammensetzungen oder Temperaturprofilen können vermieden werden. Ein weiterer großer Vorteil ist das modulare Systemdesign bei dem das Basisgerät jederzeit problemlos erweitert werden kann.

Das System ist so ausgelegt, dass es eine große Anzahl von verschiedenen

Materialien vermessen kann. So ist es möglich neben thermoelektrischen Proben auch Metalle und Halbmetalle, aber auch organische und kermische Materialien zu Charakterisieren. Sollen nur thermische Transporteigenschaften untersucht werden, so können sogar Isolatoren vermessen werden.



Messkammer

Aus diesem Grund sind die Messchips auch so ausgelegt, dass sie für die meisten, gängigen Abscheidetechniken für Dünnschichten funktionieren, wie zum Beispiel PVD, und CVD Techniken, aber auch Spin coating, drop casting und viele andere..

Folgende Varianten sind für den LINSEIS TFA erhältlich:

1. Basisgerät

Bestehend aus Messkammer, Turbomolekularpumpe, Basisprobenhalter mit integriertem Heizer, Messelektronik, Windows PC und LINSEIS Software Paket. Dieses System ist ausgelegt, um die folgenden physikalischen Eigenschaften zu messen:

- Wärmeleitfähigkeit λ
- C_p Wärmekapazität

2. Thermoelektrik-Kit

Bestehend aus erweiterter Messelektronik (DC) und Auswertesoftware für thermoelektrische Experimente. Das Design ist für die Messung folgender Parameter optimiert:

- ρ – spezifischer Widerstand / σ – elektrische Leitfähigkeit
- S – Seebeck Koeffizient

3. Magnetik-Kit

Bei diesem System wählen Sie zwischen einem Elektromagneten und zwei Permanentmagneten. Dies erweitert die Messmöglichkeiten für folgende Parameter:

- Hall Konstante A_H
- Ladungsträgerbeweglichkeit μ
- Ladungsträgerdichte n

4. Tieftemeroption für kontrolliertes Kühlen bis zu 100K

- TFA / KREG kontrollierte Kühleinheit
- TFA/KRYO Dewar 25l

von nm bis μm Bereich

3ω , C_p , λ , ρ , σ , S, ϵ

patentierte Chip Technologie

Wärmeleitfähigkeit/Temperaturleitfähigkeit

HFM 300 / 600

Das Heat-Flow-Meter HFM ist ein schnelles und leicht zu bedienendes Gerät, mit dem die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen mit höchster Genauigkeit gemessen werden kann. Das Gerät ist konform mit ASTM C518, JIS A1412, ISO 8301 und DIN 12667. Das Messprinzip besteht darin, eine Probe zwischen einer heißen und einer kalten Platte zu platzieren und den Wärmefluss bei einem konstanten Temperaturgradienten zu messen.

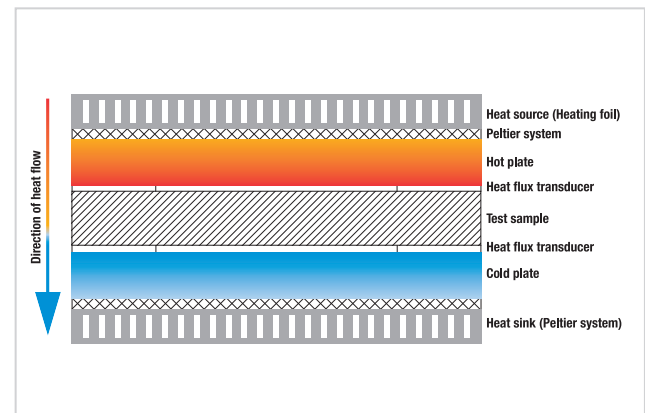


Wartung und Service

Das ausgesprochen robuste Design und die einzigartige „zero maintenance“ Peltier Heiz- und Kühltechnik sorgen für geringe Betriebskosten.

Testzyklen

Der Aufbau mit zwei unabhängigen Wärmefluss-Sensoren ermöglicht kurze Messzeiten. Die typische Messdauer beträgt ca. 15 bis 45 Minuten, wobei lediglich die Stabilisierung des Temperaturgradienten abgewartet werden muss. Der Messwert wird abgelesen, sobald beide Wärmefluss-Sensoren gleiche Werte anzeigen.



ideal für die Bauindustrie

0,005 bis 0,5 W/mK

	HFM 300/1	HFM 300/2	HFM 300/3	HFM 600/1
Temperaturbereich*	0°C bis 90°C	-20°C bis 90°C	-35°C bis 90°C	-20°C bis 70°C
Kühlsystem	externer Kühler oder aktiver Kühler	externer Kühler oder aktiver Kühler	externer Kühler oder aktiver Kühler	externer Kühler oder aktiver Kühler
Heizer	Peltier	Peltier	Peltier	Peltier
Messdatenpunkte	99	99	99	99
Probengröße	300 x 300 x 100 mm ³	300 x 300 x 100 mm ³	300 x 300 x 100 mm ³	600 x 600 x 200 mm ³
Messbereich thermischer Widerstand	0.1 bis 8.0m ² K/W Erweiterung: 0.036 bis 8.0 m ² K/W	0.1 bis 8.0m ² K/W Erweiterung: 0.036 bis 8.0 m ² K/W	0.1 bis 8.0m ² K/W Erweiterung: 0.036 bis 8.0 m ² K/W	0.1 bis 8.0m ² K/W Erweiterung: 0.036 bis 8.0 m ² K/W
Messbereich Wärmeleitfähigkeit	0.01 bis 0.5 W/m·K Erweiterung: bis 2.5 W/m·K*	0.01 bis 0.5 W/m·K Erweiterung: bis 2.5 W/m·K*	0.01 bis 0.5 W/m·K Erweiterung: bis 2.5 W/m·K*	0.001 bis 0.5 W/m·K Erweiterung: bis 2.5 W/m·K*
Reproduzierbarkeit	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%
Genauigkeit	+/- 1 bis 3%	+/- 1 bis 3%	+/- 1 bis 3%	+/- 1 bis 3%
Variabler Kontaktdruck**	0 bis 25 kPa	0 bis 25 kPa	0 bis 25 kPa	0 bis 25 kPa

*abhängig vom Kühler **optional

Wärmeleitfähigkeit/Temperaturleitfähigkeit

Transient Hot Bridge – THB

Die Transient Hot Bridge-Methode ist ein optimiertes Heizdrahtverfahren, mit dem die Wärmeleitfähigkeit, sowie unter gewissen Bedingungen die Temperaturleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität von Festkörpern, Flüssigkeiten, Pulvern und Pasten hochgenau gemessen werden können.

Für verschiedene Anwendungsbereiche stehen Messsonden zur Verfügung, die nach dem transient-line- oder transient-plane-Verfahren arbeiten. Es können sowohl isotrope, als auch anisotrope Proben im Temperaturbereich von -150°C bis 700°C vermessen werden. Der neu entwickelte Hot Point Sensor ermöglicht außerdem das Messen von kleinen Prüfkörpern mit Abmessungen von 3 x 3 mm² bei Dicken bis unterhalb von 1 mm.

Der Messbereich erstreckt sich von Dämmstoffen bis zu Keramiken und

Metallen. Spezielle, von LINSIES entwickelte Öfen gestatten Messungen unter definierten Atmosphären, Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten oder in einem großen Druckbereich vom Hochvakuum bis zu 100 bar Überdruck, was bei Schaumstoffen, Ölen, Polymeren, hygroskopischen Materialien usw. von Interesse ist.

Da die Messungen nur maximal zwei Minuten Messzeit benötigen, ist die THB das ideale Instrument für die Forschung und Entwicklung. Die Messgenauigkeiten sind im Bereich der transienten Heizdrahtverfahren unübertroffen und vergleichbar mit konventionellen Platten- oder Laserflash-Geräten.

Durch die funktionale LINSIES TA-Software ist eine äußerst einfache Bedienung des THB-Instruments und ein hoher Probendurchsatz gewährleistet.



Ergebnis in wenigen Sekunden

Wärmeleitfähigkeit λ , c_p

Vakuum und Druck bis 100 bar

Messbereiche	THB Basic	THB Advance	THB Ultimate
Wärmeleitfähigkeit	0.01 bis 5 W/(m·K)	0.005 bis 500 W/(m·K)	0.005 bis 1800 W/(m·K)
Temperaturleitfähigkeit	0.05 bis 50 mm ² /s	0.05 bis 300 mm ² /s	0.05 bis 1200 mm ² /s
Spezifische Wärmekapazität	100 bis 5000 kJ/(m ³ ·K)	100 bis 5000 kJ/(m ³ ·K)	100 bis 5000 kJ/(m ³ ·K)
Messgenauigkeit			
Wärmeleitfähigkeit	besser als 1%	besser als 1%	besser als 1%
Temperaturleitfähigkeit	besser als 4%	besser als 4%	besser als 4%
Wärmekapazität	besser als 4%	besser als 4%	besser als 4%
Dauer der Messung	< 1 min	< 1 min	< 1 min
Messtemperatur			
Sensor	-150°C bis 700°C	-150°C bis 700°C	-150°C bis 700°C
Sensortyp	Kapton und Keramik	Kapton und Keramik	Kapton und Keramik
Probenabgröße			
kleinste Probegröße	15 x 15 x 2 mm	15 x 15 x 2 mm	15 x 15 x 2 mm
Probenbeschaffenheit	fest, flüssig, Gel, Schüttgüter	fest, flüssig, Gel, Schüttgüter	fest, flüssig, Gel, Schüttgüter

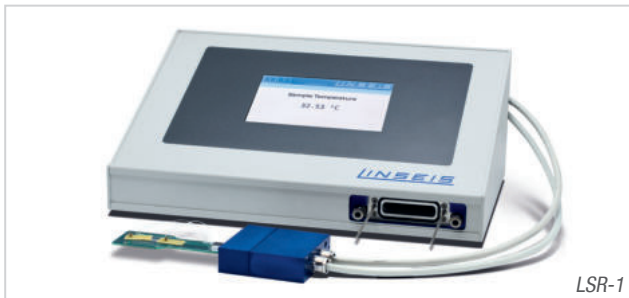
Thermoelektrik

LSR-1 - Seebeck-Koeffizient und spezifischer Widerstand

Mit der Linseis LSR-Plattform können thermoelektrische Materialien in Form von Bulk-Materialien und dünnen Schichten auf einfache und komfortable Weise charakterisiert werden. In der Basisversion – LSR-1 –

können sowohl der Seebeck-Koeffizient als auch der elektrische Widerstand vollautomatisch und gleichzeitig von -160°C bis 200°C gemessen werden.

Die Basisversion des LSR-1 (RT bis 200°C) kann mit verschiedenen Optionen kombiniert werden, um den Anwendungsbereich zu erweitern. So ermöglicht die Tieftemperatur-Option vollautomatische Messungen mit LN₂-Kühlung bis -160°C sowie Quenchkühlung bis 80 K (nur Widerstand). Eine optionale Hochtemperatur-Sondenstufe ermöglicht Widerstandsmessungen bis zu 200°C. Mit der Beleuchtungsoption ist es möglich, thermoelektrische Messungen unter definiertem Lichteinfluss durchzuführen, wobei eine 3-Wellenlängen-LED-Lichtquelle am LSR-1 verwendet wird.



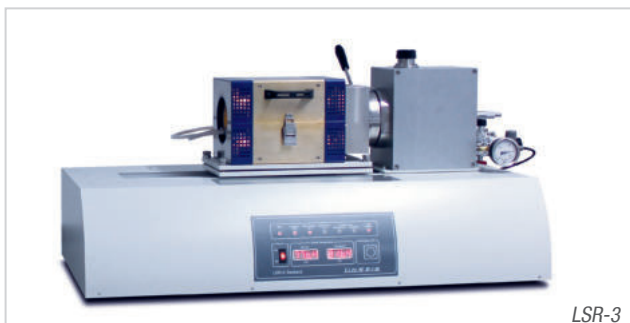
LSR-1

LSR-1	
Temperaturbereich	Basiseinheit: RT bis 200°C / Cryo option: -160°C bis 200°C
Heizrate	0.01 bis 100 K/min
Temperaturgenauigkeit	+/-1.5K + oder -0.25%
Probengröße	Seebeck L: 8 mm bis 25 mm; W: 2 mm bis 25 mm; T: thin film bis 2 mm Widerstand L: 18 mm bis 25 mm; W: 18 mm bis 25 mm; T: thin film bis 2 mm
Messbereich/-methode	
Probenhalter	Integriertes PCB-Platine mit Primär- und Sekundär-Heizung
Seebeck Koeffizient Statische dc Methode	Seebeck Koeffizient Messbereich: 0 bis 2.5 mV/K Temperaturmessbereich: +-200°C Seebeck Spannungsmessung: +-8 mV
Elektrischer Widerstand	10 ⁻⁴ bis 10 ⁷ (Ωcm)
Auflösung	
Thermospannung	0.5 nV/K (nV = 10 ⁻⁹ V)
Elektrischer Widerstand	10 nOhm (nOhm = 10 ⁻⁹ Ohm)
Temperatur	Nickel (-100°C bis 500°C) / Platinum (-100°C bis 1500°C)
Thermoelemente	0.01°C
Genauigkeit	
Seebeck Koeffizient	+/-6% (Semiconductor) +/-4% (Metal)
Elektrischer Widerstand	+/-9% (Semiconductor) +/-4% (Metal)
Wiederholbarkeit	
Seebeck Koeffizient	+/-3,5%
Elektrischer Widerstand	+/-2%
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac. bei niedrigem Druck Helium gas oder N ₂ empfohlen
Strombedarf	230V / 110V 50Hz / 60 Hz
Vakuum Pumpe	optional

Thermoelektrik

LSR-3 (Seebeck-Effekt/ Elektrischer Widerstand/ZT über die Harman-Methode)

Die thermoelektrische Kraft, bzw. der Seebeck-Koeffizient eines Materials geben den Wert einer induzierten thermoelektrischen Spannung in Abhängigkeit eines angelegten Temperaturgradienten an. Genutzt wird das Phänomen vor allem in der Sensorik und Energierückgewinnung. Gerade bei letzterem wurden in dem vergangenen Jahren große Anstrengungen zur Erlangung der Serienreife von thermoelektrischen Generatoren in Forschung und Industrie unternommen.



LSR-3

Eigenschaften

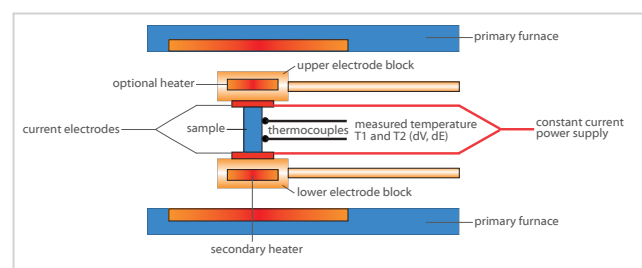
Das LSR-3 kann gleichzeitig Seebeck-Koeffizient und den elektrischen Widerstand messen

- Prismenförmige oder zylindrische Proben mit einer Länge von 6 bis 23 mm können analysiert werden (rechteckige Proben, werden für die Harman-Methode benötigt)
- Dünnschichten und Folien können mit speziellen Messadaptern untersucht werden
- Vier unterschiedliche, austauschbare Öfen decken den Temperaturbereich von -100°C bis 1500°C ab
- Das Design der Probenhalter garantiert einen nahezu perfekten, eindimensionalen Temperaturverlauf über der Probe sowie höchste Reproduzierbarkeit
- Modernste Software ermöglicht automatische Messabläufe

Vier verschiedene, austauschbare Öfen decken den Temperaturbereich von -100°C bis 1500°C ab. Der standardmäßig verbaute Infrarotofen ermöglicht hohe Heiz- und Kühlraten, bei geringsten Stabilisierungszeiten mit einer hochpräzisen Temperaturregelung..

Messprinzip

Eine prismenförmige oder zylindrische Probe wird vertikal zwischen zwei Elektroden platziert. Im unteren (und optional auch im oberen) Elektrodenblock ist ein Sekundärheizer verbaut, welcher es ermöglicht eine Temperaturgradienten über der Probe zu erzeugen, während sich die gesamte Messanordnung in dem primären Ofen befindet. Dieser Primärofen wird verwendet, um die Probe auf die zuvor bestimmte Messtemperatur zu erhitzen. Sobald diese erreicht wird, erzeugt der Sekundärheizer einen definierten Temperaturgradienten über der Probe. Für die Messung werden zwei Thermoelemente mittels spezieller Kontaktmechanismus an die Probe angebracht, mit denen sowohl die Kontakttemperatur als auch Thermospannung (an jeweils einem Draht der beiden Thermoelemente) abgegriffen werden. Zur Messung des elektrischen Widerstands wird eine DC-Vierpunkt durchgeführt. Dabei legt man einen konstanten Strom (I) an beide Enden der Probe an und misst schließlich den resultierenden Spannungsabfall (ΔV) über der Probe an jeweils einem Draht der beiden Thermoelemente.



LSR-3

Temperaturbereich	-100°C bis 500°C ; RT bis 800°C / 1100°C / 1500°C
Messmethode	Seebeck Koeffizient: statische DC-Methode / Slope-Methode elektrischer Widerstand: Vier-Punkt-Messung
Einzelprobenhalter	zwischen zwei Elektroden eingelegt
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.
Probengröße	2 bis 5 mm im Rechteck, max. 23 mm lang bis 6 mm im Durchmesser, max. 23 mm lang
runde Probengröße (rund)	10 / 12,7 / 25,4 mm
Messabstand der Thermoelemente	4 / 6 / 8 mm
Wasserkühlung	enthalten

Thermoelektrik

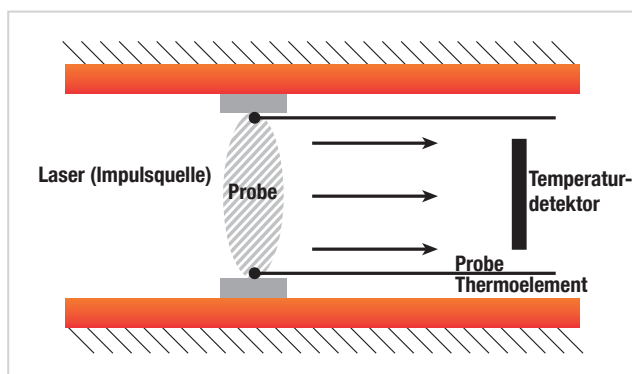
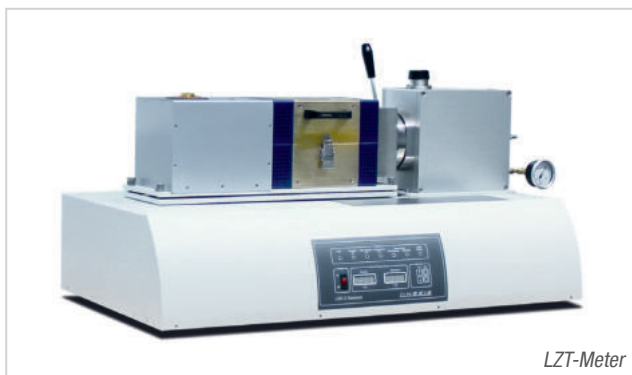
LZT-Meter (komb. LSR/LFA)

Das LZT-Meter ist weltweit das erste kommerziell verfügbare Instrument, das **ALLE** für die Berechnung der sog. thermoelektrischen Figure of Merit ZT benötigten Einzelwerte vermessen kann (LSR und LFA kombiniert). Es vereint drei Messtypen: Die Wärmeleitfähigkeitsbestimmung, die Messung des elektrischen Widerstands und die Bestimmung des Seebeck-Koeffizienten. Dies bedeutet es vereint die Funktionen eines LSR- mit einem LFA-Gerät.

Das Gerät ist mit drei verschiedenen Öfen erhältlich: einem Infrarotofen (für exakte Temperaturregelung bei sehr hohen und niedrigen Heizraten), sowie einem Tieftemperatur- und einem Hochtemperaturofen. Das mitgelieferte Softwarepaket bietet, neben der Möglichkeit alle Messdaten benutzerfreundlich auszuwerten und aufzubereiten die Möglichkeit einer Aufrüstung der Harman-ZT Messtechnik.

Vorteile der kombinierten Messung:

- gleiche Probe
- gleiche Form
- identische Umgebungsbedingungen (Feuchtigkeit, Atmosphäre, Temperaturprogramm)
- Widerstandsmessungen hochohmischer Proben möglich
- Kosteneffizient durch Gleichteile
- geringer Platzbedarf im Labor



LZT-Meter

Temperaturbereich	-100°C bis 500°C; RT bis 800°C / 1100°C
Einzelprobenhalter	zwischen zwei Elektroden eingelegt
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.
Probengröße (LSR Teil und Harman)	2 bis 5 mm Rechteck / ø 6 mm / max. 23 mm lang
runde Probengröße (LSR + LFA nutzbar)	ø10, 12,7, 25,4 mm / Dicke, Stärke 4 mm
Messabstand	4, 6, 8 mm
Wasserkühlung	erforderlich
Messbereich Seebeck-Koeffizient	1 bis 2500 µV/K Genauigkeit: ± 7 % Wiederholbarkeit: ± 3 %
Messbereich Elektrische Leitfähigkeit	0,01 bis 2·10 ⁵ S/cm Genauigkeit: ± 5 bis 8 % Wiederholbarkeit: ± 3 %
Wärmeleitfähigkeit	
Pulsquelle	Na: YAG Laser (25 Joule)
Pulsdauer	0,01 bis 5 ms
Detektor	InSb/MCT
Messbereich	0,01 bis 1000 mm ² /s

Wärmeleitfähigkeit λ , Seebeck-Koeffizient und elektrischer Widerstand

LFA und LSR kombiniert

Höchste Präzision bei kleinstem Platzverbrauch

Hall-Effekt

L79/HCS-Hall Characterization System

Die Linseis HCS Systeme werden hauptsächlich zur Charakterisierung von Halbleiter Materialien verwendet. Sie können sowohl die Hall-Konstante und den spezifischen Widerstand, als auch die daraus abgeleiteten Ladungsträger-Konzentration und Hall Mobilitäten der Proben bestimmen. Die Desktop-Grundeinheit gibt es in unterschiedlichen Konfigurationen, welche unter anderem mit verschiedenen Probenhaltern für unterschiedliche Probengeometrien und Temperaturanforderungen bestückt werden kann.

Eine optionale Tieftemperaturerweiterung für die Nutzung von flüssigem Stickstoff sowie eine Hochtemperaturversion bis zu 800°C garantieren, dass alle denkbaren Anwendungsbereiche abgedeckt werden können. Die verbauten Permanent- und Elektro-Magneten liefern dabei fixe oder variable Magnetfelder von bis zu knapp einem Tesla. Die zugehörige, umfassende und Windows©-basierte Software ermöglicht die unkom-

plizierte Aufnahme von I-V und I-R Kurven sowie Messung und Auswertung der Hall-Mobilität, elektrischen Leitfähigkeit und Ladungsträger-Konzentration.

Die Linseis HCS Systeme können dabei verschiedenste Materialien vermessen, unter anderem Si, SiGe, SiC, GaAs, InGaAs, InP, GaN (N Typ & P Typ) aber auch Metallschichten, Metalloxide und viele mehr. Gerne demonstrieren wir Ihnen die Leistungsfähigkeit des Gerätes anhand von Probemessungen in unserem Applikationslabor.



L79/HCS-Hall Characterization System



Hall-Konstante

Hall-Beweglichkeit

Ladungsträgerdichte

	L79/HCS-Hall
Temperaturbereich	von LN ₂ bis 800°C in verschiedenen Konfigurationen
Eingangsstrom	500 nA bis 50 mA
Hall Spannung	1 µV bis 2500 V
Max. Auflösung	65 pV
Probengeometrie	5x5 bis 12.5x12.5 mm, (max. Höhe 3 mm) 17.5x17.5 bis 25x25 mm, (max. Höhe 5mm) 42.5x42.5 bis 50x50 mm, (max. Höhe 5mm) High temp. board 10x10 mm, (max. Höhe 2mm)
Magnetfeld	Permanentmagnet 0.75 T Stangendurchmesser 90 mm Zwei-Magneten-Aufbau für bipolare Messungen Elektromagnet bis 1.2 T. Stangendurchmesser bis zu 76 mm. Stromversorgung 75 A / 40 V. Wendeschalter für bipolare Messungen
Sensoren	verschiedene austauschbare Sensorkonfigurationen verfügbar
Widerstandsbereich	10 ⁻⁴ bis 10 ⁷ (Ω/cm)
Beweglichkeitsbereich	10 ⁻³ bis 10 ⁷ (cm ² /Volt sec)
Atmosphären	inert, oxid., red., vac.

**LINSEIS GmbH Germany**

Vielitzerstr. 43
95100 Selb
Tel.: (+49) 9287-880 - 0
Fax: (+49) 9287-70488
E-mail: info@linseis.de

**LINSEIS Inc. USA**

109 North Gold Drive
Robbinsville, NJ 08691
Tel.: (+1) 609 223 2070
Fax: (+1) 609 223 2074
E-mail: info@linseis.com

**LINSEIS China**

Kaige Scientific Park 2653 Hunan Road
201315 Shanghai
Tel.: +86-21-6190 1202
Fax.: +86-21-6806 3576

**LINSEIS Poland**

ul. Dabrowskiego 1
05-800 Pruszków
Tel.: (+48) 692 773 795
E-mail: info@linseis.de

www.linseis.com

Produkte: DIL, TG, STA, DSC, HDSC, DTA, TMA, MS/FTIR, In-Situ EGA, Laser Flash, Seebeck Effekt, Thin Film Analyzer, Hall-Effekt

Dienstleistungen: Auftragsmessungen, Gerätewartung und -kalibrierung

04/22

LINSEIS