

**LINSEIS**

THERMAL ANALYSIS

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



# Inhalt

---

<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>DSC</b> Dynamische Differenzkalorimetrie .....	<b>4</b>
<b>HDSC / DTA</b> Hochtemperatur DSC / DTA .....	<b>6</b>
<b>TGA</b> Thermogravimetrie .....	<b>8</b>
<b>STA</b> Simultane Thermische Analyse .....	<b>10</b>
<b>STA PT 1000</b> .....	<b>11</b>
<b>STA PT 1600</b> .....	<b>12</b>
<b>STA PT 1600 High Speed</b> .....	<b>13</b>
<b>High Pressure STA</b> .....	<b>14</b>
<b>MSB</b> Magnetschwebewaage .....	<b>15</b>
<b>DIL</b> Dilatometrie .....	<b>16</b>
<b>DIL L 76 PT</b> Horizontal.....	<b>17</b>
<b>DIL L 75 PT</b> Horizontal/Vertikal .....	<b>17</b>
<b>L 78 RITA</b> Abschreck-/Umformdilatometer .....	<b>18</b>
<b>DIL L 74</b> Optisches Dilatometer .....	<b>20</b>
<b>L 75</b> Laser Dilatometer .....	<b>21</b>
<b>Helium-Cryo-Dilatometer</b> .....	<b>21</b>
<b>TMA</b> Thermomechanische Analyse .....	<b>22</b>
<b>EGA</b> Gasanalyse .....	<b>24</b>
<b>Wärmeleitfähigkeit / Temperaturleitfähigkeit</b> .....	<b>26</b>
<b>LFA</b> Laser Flash .....	<b>27</b>
<b>TF-LFA</b> Dünnschicht Laser Flash .....	<b>28</b>
<b>TFA</b> Dünnschichtmessgerät .....	<b>29</b>
<b>HFM</b> Wärmestrom-Plattenmessgerät .....	<b>30</b>
<b>THB</b> Transient Hot Bridge .....	<b>31</b>
<b>LSR-4</b> Seebeck ZT-Messgerät .....	<b>32</b>
<b>LZT-Meter</b> Kombiniertes Seebeck-Laser Flash Messgerät ..	<b>33</b>
<b>Hall-Effect</b> .....	<b>34</b>
<b>Software</b> .....	<b>35</b>

# 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.

Der Geschäftsbereich Thermische Analyse der Firma LINSEIS 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, Schmelzen und Flüssigkeiten.

*„Unser Anspruch ist die Technologieführung.“*

Wir entwickeln und produzieren thermoanalytische und thermophysikalische 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.

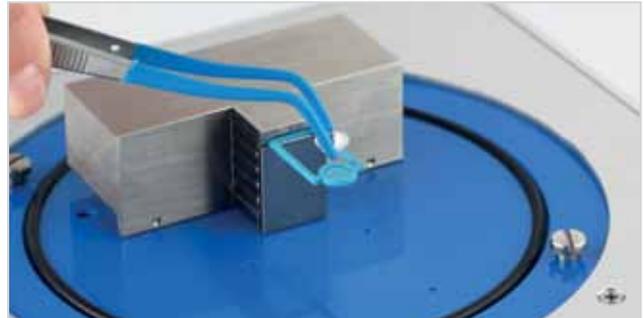
Das Funktionsprinzip ist die Messung des Wärmeflusses zwischen der Probe und einer Referenz. Dies geschieht über eine definierte Wärmeleitstrecke. Der Wärmefluss wird in Abhängigkeit von einer äußeren Temperaturänderung aufgezeichnet.



# DSC

## 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 bis 600°C abgedeckt werden. Zudem zeichnet sich die DSC durch eine extrem stabile Basislinie und hohe Reproduzierbarkeit aus. Das Design erlaubt dabei sowohl einen manuellen als auch automatischen Betrieb. Die Messzelle ist so konzipiert, dass sie ein Höchstmaß an mechanischer und chemischer Beständigkeit bietet.



Chip-DSC 100



Chip-DSC 10

### höchste Auflösung

### maximale Empfindlichkeit

	Chip-DSC 10	Chip-DSC 100
<b>Temperaturbereich</b>	RT bis 600°C -150 bis 600°C (LN <sub>2</sub> -"Quench"-Kühlung)	RT bis 600°C 0 bis 600°C (Peltier Kühlung) -100 bis 600°C (Intracooler) -150 bis 600°C (LN <sub>2</sub> -Kühlung)
<b>Heiz- und Kühlraten</b>	0,001 bis 200°C/min	0,001 bis 1000°C/min
<b>Temperaturgenauigkeit</b>	+/- 0.2K	+/- 0.2K
<b>Temperaturpräzision</b>	+/- 0.02K	+/- 0.02K
<b>Auflösung</b>	0.03 µW	0.03 µW
<b>Atmosphären</b>	inert, oxidierend (statisch, dynamisch)	inert, oxidierend (statisch, dynamisch))
<b>Messbereich</b>	+/-2.5 bis +/-250mW	+/-2.5 bis +/-250mW
<b>Kalibriermaterial</b>	inbegriffen	inbegriffen
<b>Kalibrierung</b>	alle 6 Monate empfohlen	alle 6 Monate empfohlen



# HDSC/DTA

## Hochtemperatur DSC/DTA

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

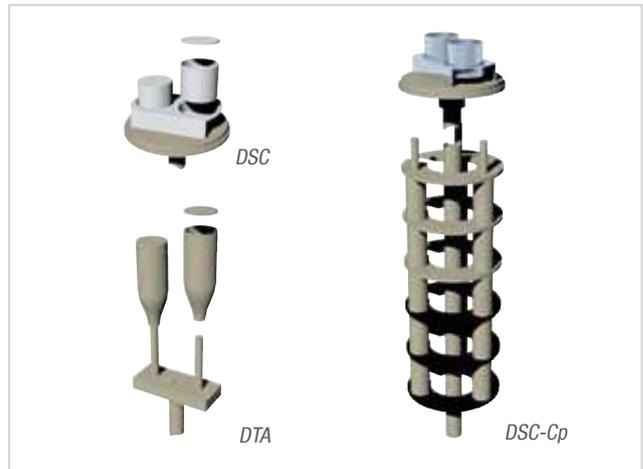
Das LINSEIS Kalorimeter arbeitet nach dem Wärmestromprinzip und zeichnet sich durch einen symmetrischen Systemaufbau mit homogener Beheizung aus. Dies ist speziell für den höheren Temperaturbereich über 1000°C eine wichtige Voraussetzung, um Messungen mit höchster Präzision durchführen zu können.

# Hochtemperatur DSC/DTA

## Hochtemperatur DSC/DTA PT 1600

Dies ist die, aufgrund von Temperaturbereich und erhaltener Messinformation, am weitesten verbreitete Methodik 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 Bereiche wie Materialentwicklung, R&D oder Qualitätskontrolle werden lässt.

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



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



DSC PT 1600

**Probenwechsler**

**DTA, DSC, DSC-Cp**

**-150 bis 2400°C**

	DSC PT 1600	DTA PT 1600
<b>Temperaturbereich</b>	-150 bis 500/1000°C RT bis 1400 / 1500 / 1600 / 1650 / 1750°C	-150 bis 500/1000°C RT bis 1400 / 1500 / 1600 / 1750 / 2000 / 2400°C
<b>Sensoren</b>	DSC-Cp DSC	DTA
<b>Vakuum</b>	$10^{-5}$ mbar	$10^{-5}$ mbar
<b>Atmosphäre</b>	inert, oxid., red., vac.	inert, oxid., red., vac.
<b>Temperaturmodulation</b>	optional	—
<b>Probenroboter</b>	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.

## TGA 1000

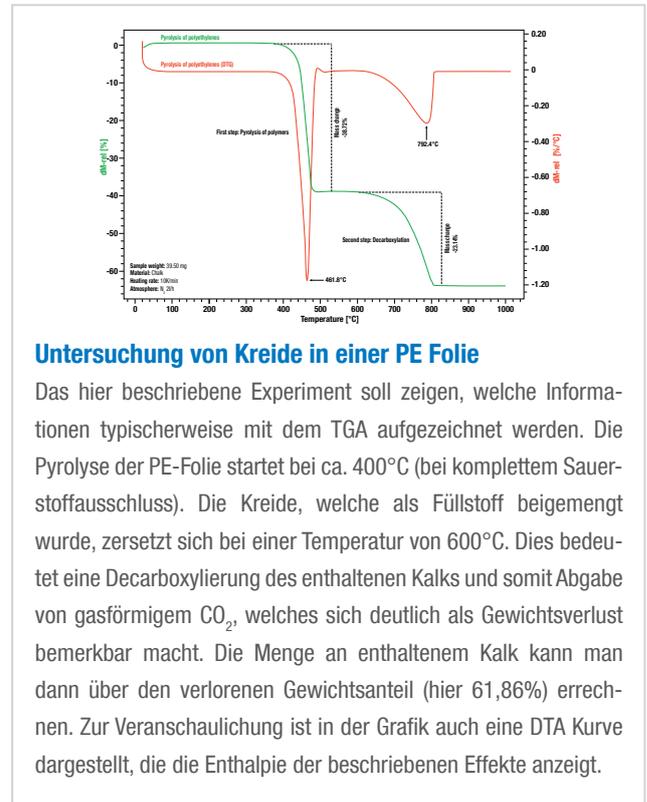
Der LINSEIS TGA kann genutzt werden, um Massenänderungen einer Probe von Raumtemperatur bis zu 1100°C zu bestimmen. Zu den einzigartigen Eigenschaften dieses Gerätes zählen dabei unerreichte Präzision, Auflösung und Langzeit-Drift-Stabilität. Der keramische Hochgeschwindigkeitsofen erlaubt zudem höchste Heiz- und Kühlraten mit extrem schnellen Temperaturänderungen. Aufgrund der geringen thermischen Masse des Ofens gibt es hierbei nahezu kein Temperaturüberschießen beim Wechsel von Heiz- und Kühlraten.

Der optionale 42 Positions-Probenwechsler in Kombination mit einer optionalen automatischen Gaskontrolle und automatischem Evakuierungssystem ermöglicht dabei auch unbeaufsichtigte Langzeitmessungen.

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 1000



### Untersuchung von Kreide in einer PE Folie

Das hier beschriebene Experiment soll zeigen, welche Informationen typischerweise mit dem TGA aufgezeichnet werden. Die Pyrolyse der PE-Folie startet bei ca. 400°C (bei komplettem Sauerstoffausschluss). Die Kreide, welche als Füllstoff beigemischt wurde, zersetzt sich bei einer Temperatur von 600°C. Dies bedeutet eine Decarboxylierung des enthaltenen Kalks und somit Abgabe von gasförmigem CO<sub>2</sub>, welches sich deutlich als Gewichtsverlust bemerkbar macht. Die Menge an enthaltenem Kalk kann man dann über den verlorenen Gewichtsanteil (hier 61,86%) errechnen. Zur Veranschaulichung ist in der Grafik auch eine DTA Kurve dargestellt, die die Enthalpie der beschriebenen Effekte anzeigt.

**höchste Empfindlichkeit**

**höchste Auflösung**

**Probenwechsler mit 42 Positionen**

	TGA 1000
Temperaturbereich	RT bis 1100°C
Heiz- und Kühlraten	0,01 bis 150°C/min
Probengewicht	bis 5g
Auflösung	0,1µg
Vakuum	ja (optional)
Probenhalter	TGA
Probenroboter	42 Positionen

# STA

## Simultane Thermische Analyse

Die gleichzeitige Anwendung der Thermogravimetrie und der Dynamischen Differenzkalorimetrie auf eine einzige Probe bringt großen Informationsgewinn gegenüber einer Anwendung in zwei verschiedenen Geräten: Die Versuchsbedingungen sind für die TGA- und DTA/DSC-Signale identisch (Atmosphäre, Strömungsrate, Dampfdruck über der Probe, Heizrate, thermischer Kontakt, Strahlungseinflüsse etc).

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



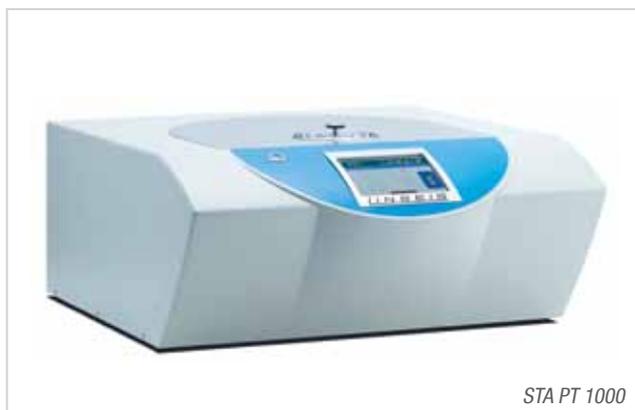
# STA PT 1000

## 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.

Die STA PT 1000 und STA PT 1000 HiRes vereinigen 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 5g
Auflösung	0,1 µg
Messsystem	E/K/S
Vakuum	bis 10 <sup>-2</sup> mbar
Probenhalter	TGA – DTA/DSC
DSC-Messsystem	E/K/S

# STA PT 1600

## STA PT 1600

Bei der STA PT 1600 Thermowaage 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. Seine Fähigkeit Gasanalysesysteme zu koppeln, sowie viele andere Zubehörvarianten, garantieren das perfekte Setup für beinahe jede Anwendung.

Die STA PT 1600 und STA PT 1600 HiRes vereinen beides, die Empfindlichkeit einer Thermowaage und ein echtes dynamisches Differenz-

kalorimeter. Verschiedene TGA-, TGA-DTA- und TGA-DSC-Probenhalter können verwendet werden, um unterschiedliche 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

**simultane TGA-DTA/DSC**

**Probenwechsler**

**optionale Druckmessung**

	STA PT 1600/1	STA PT 1600/2	STA PT 1600/3
<b>Temperaturbereich</b>	-150 bis 2400°C	-150 bis 2400°C	-150 bis 2400°C
<b>Vakuum</b>	10 <sup>-5</sup> mbar	10 <sup>-5</sup> mbar	10 <sup>-5</sup> mbar
<b>Druck</b>	bis zu 5 bar (optional)	bis zu 5 bar (optional)	bis zu 5 bar (optional)
<b>Heizrata</b>	0,01 bis 100°C/min (abhängig vom Ofen)	0,01 bis 100°C/min (abhängig vom Ofen)	0,01 bis 100°C/min (abhängig vom Ofen)
<b>Temperaturpräzision</b>	0.01°C	0.01°C	0.01°C
<b>Probenroboter</b>	42 (optional)	–	–
<b>TGA</b>			
<b>Auflösung</b>	0,025µg	0,1µg	0,1µg
<b>Probengewicht</b>	5g	25g	30/50g
<b>Messbereich</b>	25/2500mg	25/2500mg	35000mg
<b>DSC</b>			
<b>DSC-Sensor</b>	E / K / S / B / C	E / K / S / B / C	E / K / S / B / C
<b>DSC-Auflösung</b>	0,3 / 0,4 / 1 / 1,2µg	0,3 / 0,4 / 1 / 1,2µg	0,3 / 0,4 / 1 / 1,2µg
<b>Kalorimerieempfindlichkeit</b>	ca. 4 / 6 / 17,6 / 22,5µW	ca. 4 / 6 / 17,6 / 22,5µW	ca. 4 / 6 / 17,6 / 22,5µW
<b>DTA</b>			
<b>DTA-Auflösung</b>	0,05µg	0,05µg	0,05µg
<b>Empfindlichkeit</b>	1,5µV/mW	1,5µV/mW	1,5µV/mW
<b>DTA-Messbereich</b>	250 / 2500µV	250 / 2500µV	250 / 2500µV

## Sensoren

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

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

- $Al_2O_3$
- Platin
- Aluminium
- andere

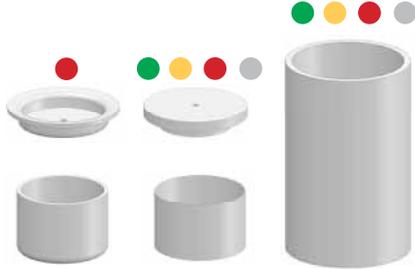
### TGA-DSC



DSC Heat flux

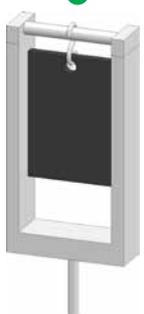


3D-Calvet-DSC Sensor



verschiedene Tiegel erhältlich / umfangreiche Auswahl

### TGA



TGA-hang-down wire



Rad

### TGA-DTA



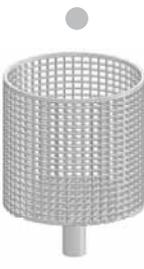
Deckel



Tiegel



DTA-Sensor



Netz



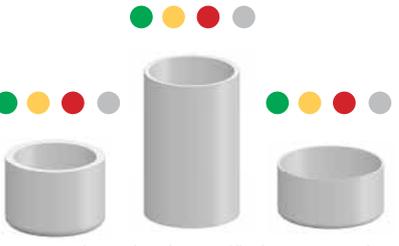
12.0 ml



5.0 ml



3.0/0.3 ml



0.14 ml kundenspezifisches Volumen 0.12 ml

TGA-Probenhalter für verschiedenste Applikationen



# Hochdruck-STA

## Hochdruck-STA

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 Material als Funktion der Temperatur oder der



Zeit in einer kontrollierten Atmosphäre. Die simultane Messung dieser beiden Materialeigenschaften steigert nicht nur die Produktivität, sondern vereinfacht auch die Auswertung der Ergebnisse. Die erhaltene Information erlaubt 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, Polymere etc.) oder Untersuchungen der Kinetik in Abhängigkeit von Temperatur und Druck.

Die Hochdruck-STA von LINSEIS liefert 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. Das ist einzigartig.

Weitere einzigartige Eigenschaften dieses Systems sind seine hohe Präzision, hohe Auflösung und Langzeit-Basislinienstabilität. Die STA Platinum Serie wurde entwickelt, um die hohen Anforderungen der modernen Hochtemperaturanwendungen unter hohem Druck zu erfüllen.

**bis 150 bar / bis 1800°C**

**einzigste Hochdruck- Hochtemperatur-STA weltweit**

	STA HP/1	STA HP/2
Temperaturbereich	RT bis 1000°C -125 bis 1200°C	-170 bis 1400/1600/1800°C
Heizelement	Kanthal, Metallheizer	SiC oder Graphit
Druckbereich	bis 150bar	bis zu 100bar
Vakuum	bis 10 <sup>-4</sup> mbar	bis 10 <sup>-4</sup> mbar
maximales Probengewicht	15g	2/15/100g
TGA-Auflösung	0,1µg	0,1/0,5µg
TGA-DTA/DSC-Messsystem	E/K/S/C	E/K/S
Atmosphäre	inert, oxid., red., vac.	inert, oxid.*, red., vac.

\*mit Graphit-Heizelement **nicht** möglich

# Magnetschwebewaage – MSB

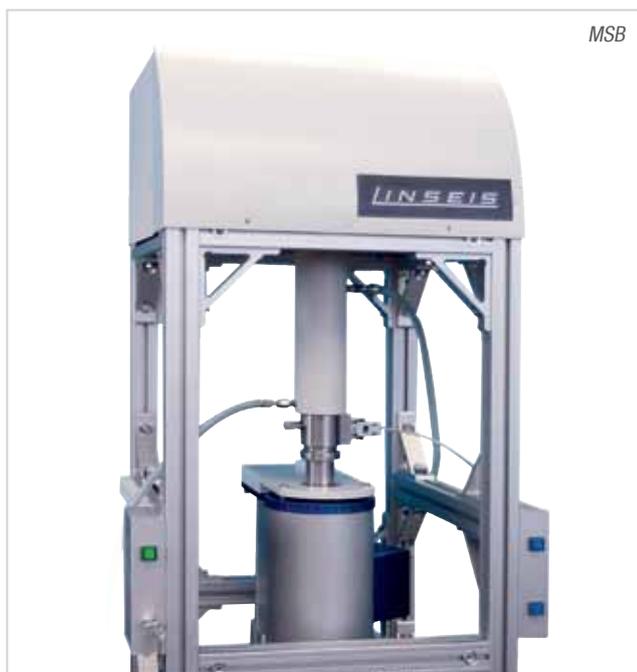
## Magnetschwebewaage - MSB PT1

Mittels der Magnetschwebewaage LINSEIS MSB PT 1 können gravimetrische Messungen in einem weiten Temperatur- und Druckbereich, sowie unter aggressiven Medien vorgenommen werden. Unsere 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 hängender, vertikal gesteuerter 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 Wägezelle unter Umgebungsbedingungen aufzustellen, und sie somit vor hohen Temperaturen, Drücken und aggressiven Medien zu schützen. Damit sind thermogravimetrische Messungen unter aggressiven Atmosphären, hohen Temperaturen und Drücken möglich, was in dieser Kombination mit konventionellen Geräten nicht realisierbar ist.



MSB



**korrosive Atmosphären**

**bis 150 bar**

	<b>Metallversion</b>	<b>Glasversion</b>
<b>Druckbereich</b>	UHV bis 150bar	Vakuum bis 1,3bar
<b>Temperaturbereich</b>	-196 bis 2400°C	bis 900°C
<b>Probengewicht</b>	10g (Standardwaage)*	10g (Standardwaage)*
<b>Auflösung</b>	1 µg	1 µg
<b>Gasanalyse</b>	MS/FTIR, GC/MS optional Sniffer-Kopplung ohne Transferleitung möglich	MS/FTIR, GC/MS optional Sniffer-Kopplung ohne Transferleitung möglich

*\*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 Schmelzen, Pulvern und Pasten bei programmierbarer Temperaturänderung und bei vernachlässigbarer Probenbelastung.



# L 76 / L 75

## DIL L 76 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 L 76 PT

## DIL L 75 PT Horizontal / Vertikal

Das hochvakuumdichte Schubstangendilatometer DIL L75 (differenziell oder einfach) lässt keine Messaufgabe zur Bestimmung thermischer Längenänderungen an Festkörpern, Schmelzen, Pulvern und Pasten sowie keramischen Fasern ungelöst.

Das perfekte Design des Messsystems mit dem hochauflösenden,



DIL L 75 PT

induktiven Wegaufnehmer, unter Verwendung von Invar und einer umfassenden Thermostatisierung bietet höchste Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Langzeitstabilität.



DIL L 75 Vertikal

**1, 2, 4 oder 8 Proben**

**LVDT oder Opt. Encoder**

**bis zu 3 Öfen**

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

# Abschreckdilatometer L78 RITA/Q DIL

## Abschreckdilatometer L78 RITA/Q DIL

Das Abschreckdilatometer L78 RITA ist speziell zur Bestimmung von TTT-, CHT- und CCT-Phasendiagrammen geeignet. Der einzigartige Induktionsofen erlaubt dabei Aufheiz- und Abkühlraten bei kontrollierten Geschwindigkeiten von bis zu 4000°C/s. Das System ist dabei konform mit der 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-WIN 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.



Quenching Dilatometer L78 RITA/Q DIL

## CCT-Messung

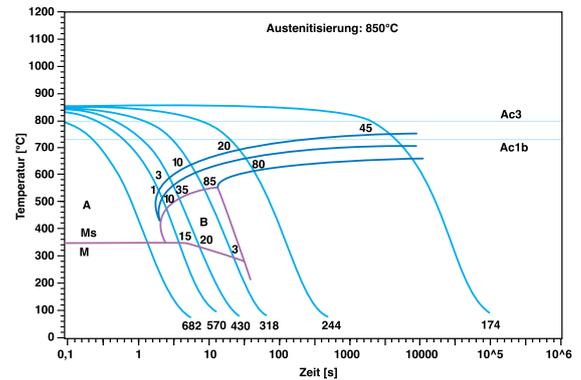


Bild © Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH, Issum

**Heiz- und Kühlrate bis 4000°C/s**

**TTT-, CHT-, CCT-Diagramme**

Abschreckdilatometer L78/Q DIL	
Temperaturbereich	-150 bis 1600°C
Probenbeschaffenheit	feste / hohle Proben
Probendurchmesser	ca. 5mm
Probenlänge	bis ca. 10mm
Heiz- und Kühlraten	4000°C/s

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

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

Das Abschreck- bzw. Umformdilatometer 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 schnelle Heiz- und Kühlraten bei kontrollierten Geschwindigkeiten von 2500 bis 4000°C/s. Alle wichtigen Parameter wie Aufheiz- und Abkühlraten, sowie Gassteuerung und Sicherheitseinstellungen sind dabei softwaregesteuert. Als zusätzliche Option verfügt das L78 RITA Q/D/T auch über verschiedene optische Detektionsmethoden.

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

Die professionelle LINSEIS TA-WIN 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°C/s**

L78 RITA/Q/D/T	Quenching Mode	Zug/Deformations-Modus Mode
<b>Temperaturbereich</b>	-150 bis 1600°C	-100 bis 1600°C
<b>Probenbeschaffenheit</b>	massiv oder hohl	massiv
<b>Probindurchmesser</b>	ø 3mm	ø 3mm
<b>Probenlänge</b>	10 mm	10 mm
<b>Heizrate</b>	bis zu 4000 K/s	bis zu 125K/s
<b>Kühlrate</b>	bis zu 2500 K/s	bis zu 125K/s
<b>Heiz- und Kühlraten (kombinierte Deformation)</b>		max. bis zu 100K/s
<b>Zug-/Deformationskraft</b>		22/25kN
<b>Deformationsrate</b>		0,01 bis zu 200mm/s
<b>Umformgrad</b>		0,02 bis 1,2
<b>Längenänderungsmessung</b>	±1,3mm (Auflösung 11nm/digit)	±5mm (Auflösung 45nm/digit)
<b>Datenabtastrate (Temperatur, Länge, Kraft)</b>	bis zu 1 kHz	bis zu 1 kHz
<b>kürzeste Pause zwischen zwei Deformationsschritten</b>		60ms
<b>Atmosphären</b>		Schutzgase, Vakuum runter bis zu 10 <sup>-5</sup> mbar
<b>Mech. Kontrollmodi</b>		Kraft, Spannung, Umformrate, Konstante Geschwindigkeit



Quenching/Deformation Dilatometer L78 RITA/Q/D

# DIL L 74 – Optisches Dilatometer

## DIL L 74 – Optisches Dilatometer

Das optische Dilatometer 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-Software integriert, was das System auf eine Ebene mit den herkömmlichen Schubstangendilatometern hebt.

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 steife Folien, welcher im Gegensatz zum klassischen Dilatometer einen Messfehler durch die Anpresskraft des Stempels vollständig ausschließt, ist als Zubehör erhältlich.



DIL L 74

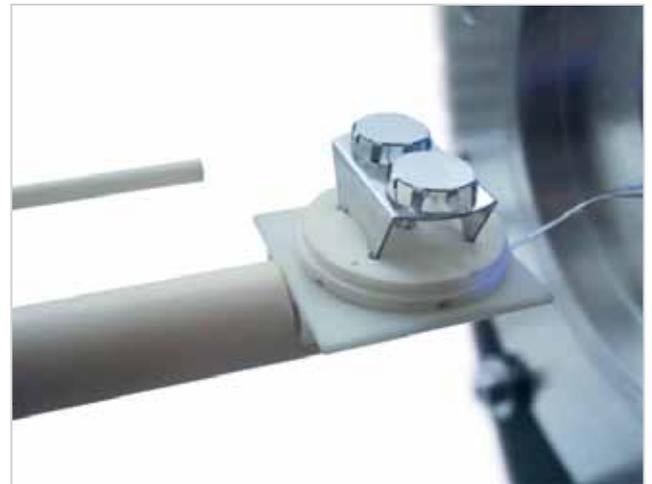
### Eigenschaften

- 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 L 74
<b>Design</b>	horizontal
<b>Temperaturbereich</b>	-100 bis 500°C, RT bis 500°C, 1000°, 1500°C, 2000°C
<b>Messsystem</b>	optisch, kontaktlos
<b>Genauigkeit</b>	bis 1µm
<b>Atmosphäre</b>	oxidierend, (optional: red., inert, and vac.)
<b>Vakuum</b>	bis 10 <sup>-5</sup> mbar
<b>Interface</b>	USB

# L 75 – Laser Dilatometer

## Laser Dilatometer

Ein Laser-Dilatometer bietet die höchstmögliche Genauigkeit bei der Messung der thermischen Ausdehnung. Das Laser-Dilatometer übertrifft alle konventionellen Schubstängendilatometer, indem es eine 33-fach höhere Auflösung bietet und damit eines der genauesten Instrumente auf nicht-atomarer Messebene darstellt. Das Funktionsprinzip basiert auf einem Michelson-Interferometer, welches alle mechanischen Störeinflüsse und Fehler herausfiltert.

## 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 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.



L75-Laser-Dilatometer

## Pico-Auflösung

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

# Helium-Cryo- Dilatometer

## L75-Cryo-Dilatometer/TMA

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.



L75-Cryo-Dilatometer

## geschlossener Heliumkühl- kreislauf

## -263 bis 220°C in einer Messung

	L75 Cryo Dilatometer
<b>Temperaturbereich</b>	-263 bis 220°C
<b>Methode</b>	Dilatometer oder TMA
<b>Kühlelemente</b>	Helium-Kryostat
<b>Atmosphäre</b>	inert, oxid., red., vac.
<b>Temperatursensor</b>	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 Kraft und einer geregelten Atmosphäre.



## TMA PT 1000

Die Thermomechanischen Analysatoren TMA PT 1000 und TMA PT 1000 EM vereinen verschiedene Messmöglichkeiten und erlauben 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 unter definierten statischen und dynamischen Kräften durchzuführen. Dadurch ist es möglich, E-Module in verschiedene Krafrichtungen oder frequenzabhängig zu bestimmen.



TMA PT 1000

TMA PT 1000	
<b>Temperaturbereich</b>	-150 bis 1000°C -260 bis 220°C
<b>Kühloption</b>	optional: flüssiger Stickstoff
<b>Kraft</b>	bis zu 1 oder 5,7N
<b>Frequenz</b>	1Hz
<b>Auflösung</b>	0,125nm
<b>Atmosphäre</b>	inert, oxid., red., vac.

## TMA PT 1600

Der 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

TMA PT 1600	
<b>Temperaturbereich</b>	-150 bis 500°C RT bis 1400/1600°C
<b>Kraft</b>	1/5,7/20N
<b>Frequenz</b>	1Hz
<b>Auflösung</b>	0,125nm
<b>Atmosphäre</b>	inert, oxid., red., vac.

# EGA

## Gasanalyse-Kopplung

Durch das Koppeln eines thermischen Analysegerätes mit einem Quadrupol-Massenspektrometer (QMS), einem Infrarotspektrometer (FT-IR) oder einem Gaschromatographen mit nachgeschaltetem Massenspektrometer (GC-MS), können die ausgasenden Reaktionsprodukte der Probe genauer bestimmt werden. Das Signal aus allen angekoppelten Geräten kann dabei über die Zeitachse mit dem des thermischen Analysegerätes korreliert werden wobei auch ereignisgesteuerte Analysen möglich sind. Mit der optionalen Pulse-Untersuchung können die Ausgasprodukte auch mithilfe von QMS, FTIR oder GCMS quantifiziert werden.



# Evolved Gas Analysis In-Situ EGA

## Ausgasanalyse

Die Kombination eines LINSEIS Thermo-Analysators mit einem FT-IR-Spektrometer, QMS und GC-MS ist bei allen Anwendungen interessant, bei denen während der Zersetzung unbekannte Gase entweichen, wie z.B. Polymere, Lebensmittel, Pharmaprodukte, Farben, Lacke usw. Die Kopplung ist dabei mehr als nur die Summe der Einzelteile. Profitieren Sie hierbei von LINSEIS-Kopplungstechnik und -wissen, sowie von ausgereiften Hard- und Softwarelösungen profitieren.

<b>MS-Kopplung</b>	
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)
<b>FT-IR-Kopplung</b>	
Wellenzahlenbereich	7500 bis 370cm <sup>-1</sup>
Auflösung	1cm <sup>-1</sup>
Heizung	Transferleitung und Adapter bis zu 230°C
Material für Transferleitung	PTFE (austauschbar)
<b>GC-MS Kopplung</b>	
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

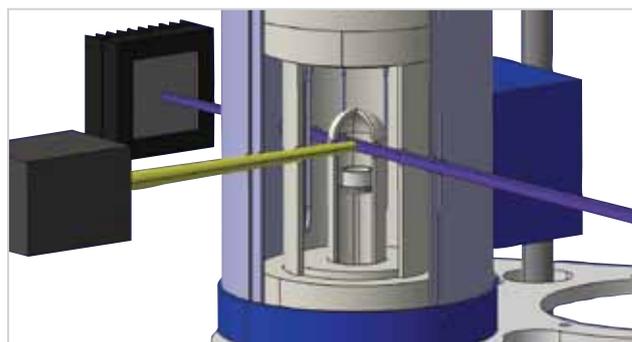
Die LINSEIS EGA bietet zwei verschiedene Ankopplungsmethoden: für die meisten Anwendungen wird die Standard-Kopplung mit einer beheizten Kapillare an einem offenen Ofen genutzt. Jedoch gibt es für höchste Auflösung, Empfindlichkeit und Genauigkeit auch die Möglichkeit, den LINSEIS Sniffer zu benutzen. 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.

### 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<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S
- Raman-Spektroskopie  
Messung von Standardgasbestandteilen, unpolaren Molekülen wie H<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub>
- ELIF: Laser induzierte Fluoreszenz- Spektroskopie  
Fluoreszenz- UV-Laser basierte Methode zur Messung von gasförmigen Alkaliverbindungen wie NaCl, NaOH, KCl oder KOH



## Temperaturleitfähigkeit Wärmeleitfähigkeit

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 gut bekannte Laser- oder Light-Flash Verfahren (LFA). Hierbei wird eine Probe mit einem kurzem elektromagnetischen Impuls ausgestrahlt (Laser- oder Xenon-Blitzlampe) und ein Infrarot-Detektor auf der gegenüberliegenden Seite misst die zeitabhängige Temperaturerhöhung der Probe. Aus den erhaltenen Daten kann dann die Temperaturleitfähigkeit direkt berechnet werden. Sind zusätzlich die Dichte und Wärmekapazität der Probe bereits bekannt, kann daraus auch die Wärmeleitfähigkeit berechnet werden. Die Light- und Laserflash-Methode kann in einem sehr großen Temperaturbereich (-125 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 weniger als einer Minute die Wärmeleitfähigkeit, 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.

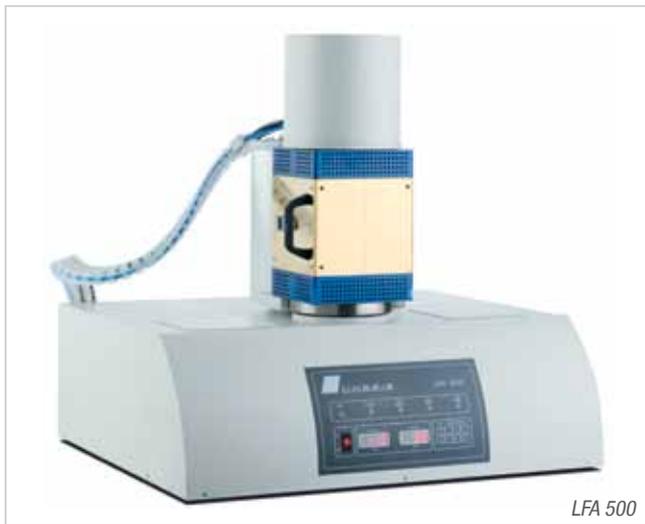
Das Heat Flow Meter (HFM) ist ein klassisches Plattengerät, das überwiegend für die Qualitätskontrolle von Dämmstoffen eingesetzt wird. Die Wärmeleitfähigkeit kann mit dem HFM mit der höchstmöglichen Genauigkeit bestimmt werden.

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



## Laser Flash Analysator

LINSEIS bietet eine Vielzahl an Messinstrumenten zur Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit. Der LFA 500 bietet hierzu eine kosteneffektive Lösung für den Temperaturbereich von RT bis zu 500 / 1000 / 1100°C. Das modulare Design erlaubt hierbei jederzeit eine Erweiterung zum LFA- 1000-System, wenn die Messanforderungen es benötigen und das Budget es erlaubt. Das LFA-1000-System liefert unübertroffene Probendurchsatzraten, mit bis zu 18 gleichzeitig gemessenen Proben in einem Messzyklus. Dazu bietet



LFA 500

es eine modulare Bauweise, zwei verschiedene, vom Anwender leicht austauschbare Öfen (-125°C bis 1600°C) und zwei Detektoren, sowie ein auf Hochvakuum von bis zu 10<sup>-4</sup>mbar ausgelegtes Design.

### System Design

LINSEIS bietet ein einzigartiges modulares Systemdesign für die LFA-Geräte. Es ist jederzeit möglich, die Temperaturreichweite 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  $\alpha$**

**verschiedene Öfen/Ofenwechsler**

**Probenwechsler**

	LFA 500	LFA 1000	LFA 2000
<b>Probenabmessungen</b>	ø 3 / 6 / 10 / 12,7 / oder 25,4mm quadratische Proben 10x10 oder 20x20mm	ø 6 - 25,4mm Höhe 0,1 - 6,0mm	
<b>Max. Probenzahl</b>	bis zu 18 Proben	bis zu 18 Proben	bis zu 3 Proben
<b>Temperaturbereich</b>	-50 bis 500°C RT bis 500°C RT bis 1000 / 1100°C	-125 bis 500°C RT bis 2000 / 2800°C	-125 bis 500°C RT bis 2000 / 2800°C
<b>Vakuum</b>	optional	bis zu 10 <sup>-4</sup> mbar	bis zu 10 <sup>-4</sup> mbar
<b>Atmosphäre</b>	inert, oxid.	inert, vak.	inert, vak.
<b>Temperaturleitfähigkeit</b>	0,01 bis 2000mm <sup>2</sup> /s	0,01 bis 2000mm <sup>2</sup> /s	0,01 bis 2000mm <sup>2</sup> /s
<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	0,1 bis 4000 W/mK	0,1 bis 4000 W/mK	0,1 bis 4000 W/mK
<b>Pulsquelle</b>	Light Flash variable Pulsenergie: softwaregesteuert	Nd: YAG Laser variable Pulsenergie: softwaregesteuert	Nd: YAG Laser variable Pulsenergie: softwaregesteuert
<b>Pulsenergie</b>	10/15 J/Puls	25 J/Puls	25 J/Puls

# Dünnschicht Laser Flash – TF-LFA

## Hochgeschwindigkeits-Laser-Flash-Methode

Aufgrund der Tatsache, dass sich die thermischen Eigenschaften dünner Schichten sehr stark von denen makroskopischer Proben unterscheiden, gibt es eine steigende Nachfrage nach einer Analysetechnik, welche die Begrenzungen der klassischen Laser-Flash-Methode überwindet. Dabei handelt es sich um die „Hochgeschwindigkeits-Laser-Flash-Methode“ oder auch Thin Film Laser Flash Analyzer.

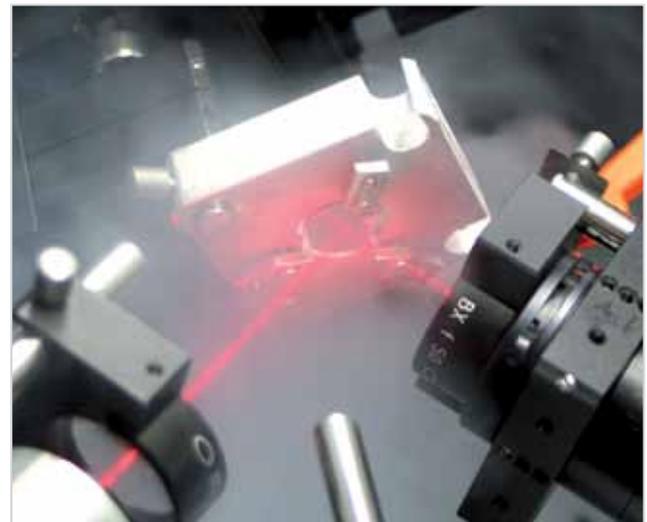
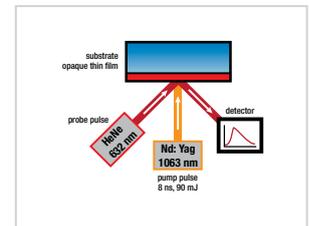
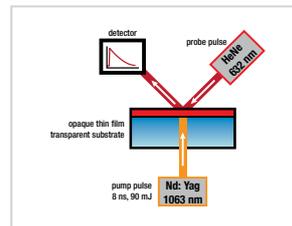
Der Versuchsaufbau kann dabei der gleiche sein wie bei der normalen Laser-Flash-Technik: Detektor und Laser können sich auf gegenüberliegenden Probenseiten befinden. Weil jedoch die Infrarotdetektoren für Messungen an dünnen Schichten zu langsam sind, erfolgt die Detektion über die Thermoreflektions-Methode. Die Reflexion des Detektionslasers hängt von der Dielektrizitätskonstante des Probenmaterials ab. Diese wiederum ist temperaturabhängig, so dass Temperaturänderungen dadurch sehr gut messbar sind. Während mit klassischen Infrarot-Detektoren maximal 2 Millionen Datenpunkte pro Sekunde erfasst werden können, zeichnet der Thermoreflektions-Detektor 200 Millionen Datenpunkte pro Sekunde auf. Dies ermöglicht das Messen von dünnen Schichten bis zu 10 nm.



TF-LFA

## Frontseiten-Heizung- und Frontseiten-Detektions-Aufbau

Es gibt 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 ist sehr hilfreich bei nicht durchsichtigen Substraten, bei denen die so genannte RF-Methode („rear heating, front detection“) nicht anwendbar ist.

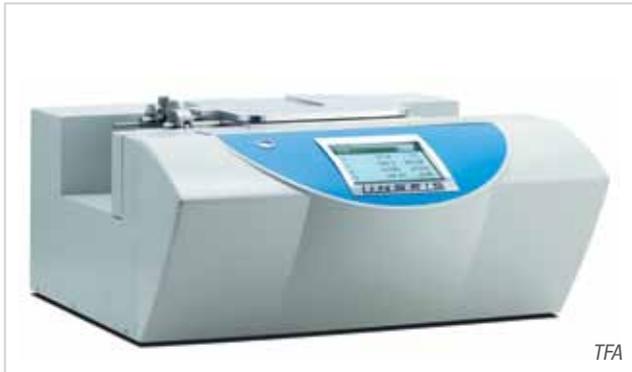


**10 nm bis zu 200 µm**

TF-LFA	
<b>Probengeometrie</b>	rund, mit Durchmesser 10 bis 20 mm; quadratisch mit Kantenlänge von 10 bzw. 17mm
<b>Probendicke</b>	10 nm bis zu 200 µm
<b>Temperaturbereich</b>	RT, RT bis 500°C, -100 bis 500°C
<b>Heizraten</b>	0,01 bis 10°C/min Heizen und Kühlen
<b>Atmosphären</b>	inert, oxid., red.
<b>Messbereich</b>	bis zu 10 <sup>-5</sup> mbar
<b>Messbereich der Temperaturleitfähigkeit</b>	0,01mm <sup>2</sup> /s bis 1000mm <sup>2</sup> /s

# Thin Film Analyzer – TFA

## Thin Film Analyzer – TFA



Der Dünnschicht-Analysator oder Thin Film Analyzer (TFA) ist ein chip-basiertes Messverfahren, bei dem die zu untersuchende Probe auf einen Messchip durch PVD, CVD oder andere Verfahren aufgebracht wird. Je nachdem welche physikalischen Größen gemessen werden sollen, stehen verschiedene Chip-Layouts zur Verfügung (siehe Foto unten). Mit dem sigma-Chip ist es beispielsweise möglich, alle relevanten Größen für die ZT-Bestimmung thermoelektrischer Materialien zu messen.

Der große Vorteil dieses Systems ist die zeitgleiche Bestimmung sämtlicher relevanter physikalischer Eigenschaften in nur einer einzigen Messung an nur einer Probe. Dies hat zur Folge, dass alle Ergebnisse vergleichbar sind und Fehler aufgrund von unterschiedlichen Messbedingungen, Probengeometrien, Zusammensetzungen oder Temperaturprofilen vermieden werden. Ein weiterer großer Vorteil ist das modulare Systemdesign. Wenn man nur einen Teil der möglichen Werte messen möchte, kann man mit dem Basisgerät einsteigen und dieses problemlos jederzeit erweitern.

Das System kann außerdem eine große Anzahl von verschiedenen Materialien messen. Es ist beispielsweise möglich, Proben mit metallischem Charakter zu untersuchen, ebenso wie organische Substanzen, Keramiken oder Polymere. Aus diesem Grund sind viele verschiedene Substrat-Aufbringungsmethoden möglich, wie zum Beispiel Dispersionsstechniken wie PVD, CVD, aber auch Spin coating und andere.



## Folgende Varianten sind für den LINSEIS TFA erhältlich:

### 1. Basisgerät

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

- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (steady state / in plane)
- Elektrischer Widerstand  $\rho$
- Elektrische Leitfähigkeit  $\sigma$
- Seebeck-Koeffizient  $S$
- Emissionsgrad  $\varepsilon$

### 2. Transient-Paket

Bestehend aus einem systemintegrierten Verstärker, Elektronik und Auswertesoftware für die  $3\Omega$ -Methode. Dieses Design ist für die Bestimmung folgender Parameter optimiert:

- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (steady state / in plane)
- Spezifische Wärme  $C_p$

### 3. Magnet-Paket

Eine Auswahl an integrierten Elektromagneten, abhängig von den Anforderungen der jeweiligen Anwendung, ergänzt das System in dieser Variante. Dies erweitert es um die Messmöglichkeiten für folgende Parameter:

- Hall Konstante  $A_H$
- Mobilität  $\mu$
- Ladungsträgerkonzentration  $n$

### 4. Tieftemperaturoption für kontrolliertes Kühlen bis zu 100K

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

**Dünnschichtanalysen**

**$3\Omega, c_p, \lambda, \rho, \sigma, S, \varepsilon$**

**$A_H, \mu, n$**

# HFM 300 / 600

## LINSEIS HFM 300 / 600

Das Heat-Flow-Meter HFM ist ein einfach zu nutzendes Platten-Messgerät, mit dem die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen mit höchster Genauigkeit gemessen werden können. 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.



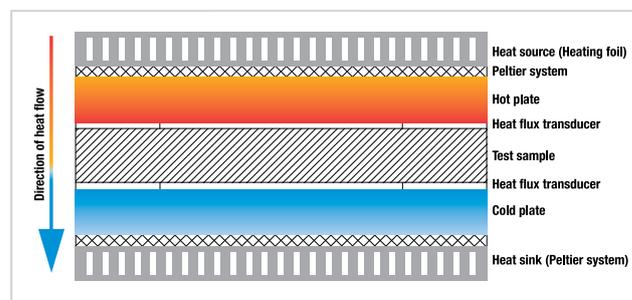
HFM 300/600

## Wartung und Service

Das ausgesprochen robuste Design und die einzigartige „zero maintenance“ Peltier Heiz- und Kühltechnik sichern hier ein absolutes Kostenminimum.

## Testzyklen

Die doppelte Wärmeflussensor-Konfiguration sichert die kürzest mögliche Messzyklendauer. Die typische Messung der meisten Proben kann innerhalb von 15 bis 45 Minuten realisiert werden. Lediglich die Stabilisierung des Temperaturgradienten muss abgewartet werden. Anschließend messen die beiden Wärmeflussensoren den Wärmestrom.



**Bauindustrie**

**0,002 bis 2,0W/mK**

	HFM 300/1	HFM 300/2	HFM 300/3	HFM 600/1
<b>Temperaturbereich*</b>	0 bis 40°C	0 bis 100°C / -20 bis 75°C	-30 bis 90°C	-20 bis 70°C
<b>Kühlsystem</b>	externer Kühler	externer Kühler	externer Kühler	externer Kühler
<b>Heizer</b>	Peltier	Peltier	Peltier	Peltier
<b>Messdatenpunkte</b>	1	15	15	15
<b>Probengröße</b>	300 x 300 x 100mm	300 x 300 x 100mm	300 x 300 x 100mm	600 x 600 x 200mm
<b>Messbereich therm. Widerstand</b>	0,1 bis 8,0m <sup>2</sup> K/W			
<b>Messbereich Wärmeleitfähigkeit</b>	0,002 bis 1,0 W/m·K Erweiterung: 2,0 W/m·K*			
<b>Reproduzierbarkeit</b>	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%
<b>Genauigkeit</b>	+/- 1 bis 3%			
<b>Variabler Anpressdruck**</b>	0 bis 25kPa	0 bis 25kPa	0 bis 25kPa	0 bis 25kPa

\*abhängig vom Kühler  
\*\*optional

# Transient Hot Bridge – THB

## Transient Hot Bridge – THB

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

Je nach Anwendungsbereich wurden spezielle Messsensoren entwickelt, die nach dem Transient Line oder Transient Plane Verfahren arbeiten. Es können sowohl isotrope, als auch anisotrope Proben im Temperaturbereich von -150 bis 700°C vermessen werden. Der neuentwickelte Hot Point Sensor ermöglicht außerdem das Messen von kleinen Prüfkörpern mit Abmessungen bis 3x3x1 mm.

Der Messbereich erstreckt sich von Dämmstoffen bis zu Keramiken und Metallen oder Legierungen. Spezielle von LINSIES entwickelte Öfen ge-

statten Messungen unter definierten Atmosphären, Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten oder in einem großen Druckbereich vom Hochvakuum bis zu 50 bar Überdruck, was bei Schaumstoffen, Ölen, Polymeren, hygroskopischen Materialien usw. von Interesse ist.

Da die Messungen nur maximal eine Minute 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 LINSEIS Platinum Software ist eine äußerst einfache Bedienung des THB-Instruments und ein hoher Probendurchsatz gewährleistet.



THB 100

**Ergebnis in 1 Minute**

**Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ ,  $c_p$**

**Vakuum und Drck bis 100 bar**

Messbereiche	THB 1	THB 100	THB 500
<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	0,01 bis 1 W/(m·K)	0,01 bis 100 W/(m·K)	0,01 bis 500 W/(m·K)
<b>Temperaturleitfähigkeit</b>	0,05 bis 10 mm <sup>2</sup> /s	0,05 bis 10 mm <sup>2</sup> /s	0,05 bis 10 mm <sup>2</sup> /s
<b>Spezifische Wärmekapazität</b>	100 bis 5000 kJ/(m <sup>3</sup> ·K)	100 bis 5000 kJ/(m <sup>3</sup> ·K)	100 bis 5000 kJ/(m <sup>3</sup> ·K)
<b>Messgenauigkeit</b>			
<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	besser als 2%	besser als 2%	besser als 2%
<b>Temperaturleitfähigkeit</b>	besser als 5%	besser als 5%	besser als 5%
<b>Wärmekapazität</b>	besser als 5%	besser als 5%	besser als 5%
<b>Dauer der Messung</b>	< 1min	< 1min	< 1min
<b>Service Temperatur</b>			
<b>Sensor</b>	-150 bis 200°C oder -100 bis 700°C	-150 bis 200°C oder -100 bis 700°C	-150 bis 200°C oder -100 bis 700°C
<b>Sensortyp</b>	Kapton- Folien- u. Isolationskeramiksensoren	Kapton- Folien- u. Isolationskeramiksensoren	Kapton- Folien- u. Isolationskeramiksensoren
<b>Probenabmessungen</b>			
<b>kleinste Probe</b>	2 x 4 mm	3 x 3 x 3 mm	3 x 3 x 3 mm
<b>Probenbeschaffenheit</b>	fest, flüssig, Gel, Schüttgüter	fest, flüssig, Gel, Schüttgüter	fest, flüssig, Gel, Schüttgüter

# LSR-4 ZT-Meter

## LSR-4 ZT-Meter (Seebeck-Effekt/ Elektrischer Widerstand/ZT über die Harman-Methode)

Die thermoelektrische Kraft, bzw. der Seebeck-Koeffizient eines Materials bestimmen den Wert einer induzierten thermoelektrischen Spannung in Reaktion mit der Temperaturänderung des Materials. Der Seebeck Koeffizient hat die Einheit (V/K).

In den letzten Jahren wuchs das Interesse an der direkten Umwandlung von Wärme in Elektrizität. Wenn Abwärme von Motoren und Verbrennungssystemen aufgefangen und durch thermoelektrische Bauteile in Elektrizität umgewandelt werden könnte, würde dies Milliardenbeträge einsparen. Um dazu beitragen zu können, diese Herausforderung zu anzunehmen, entwickelte LINSEIS das LSR-4-Seebeck & Electric Resistivity Testgerät.



LSR-4 Seebeck

### Eigenschaften

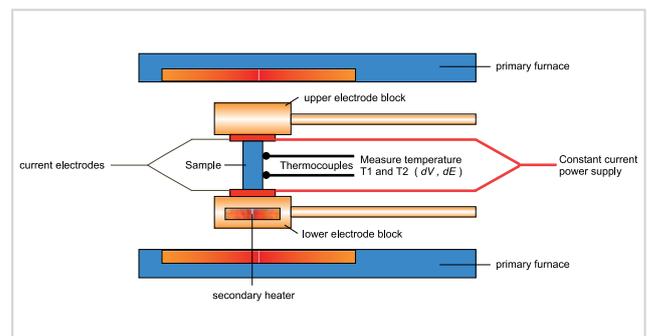
Das LSR-4 kann gleichzeitig Seebeck-Koeffizient und den elektrischen Widerstand messen

- Prismenförmige oder zylindrische Proben mit einer Länge von 6 bis 23 mm können analysiert werden (prismenförmige Proben werden für die Harman-Methode benötigt)
- Drähte und Folien werden anhand eines einzigartigen Messadapters untersucht
- Vier unterschiedliche, austauschbare Öfen decken den Temperaturbereich von -100 bis 1500°C ab
- Das Design der Probenhalter garantiert höchste Reproduzierbarkeit
- Modernste Software ermöglicht automatische Messabläufe

Vier verschiedene, austauschbare Öfen decken den Temperaturbereich von -100°C bis 1500°C ab. Zusätzlich ermöglicht ein Infrarotofen sehr hohe Heiz- bzw. Kühlraten und den Vorteil einer hochpräzisen Temperaturregelung des jeweils benötigten Temperaturprofils.

### Messprinzip

Eine prismenförmige oder zylindrische Probe wird vertikal zwischen zwei Elektroden platziert. Der untere Elektrodenblock hat einen Heizkörper, um einen Temperaturgradienten über die Probe zu erzeugen, wobei sich die gesamte Messanordnung in einem Ofen befindet. Dieser Ofen erhitzt die Probe auf eine bestimmte Temperatur. Bei dieser Temperatur erzeugt der zweite, im unteren Elektrodenblock befindliche Heizkörper einen definierten Temperaturgradienten über die Probe. Zwei Thermoelemente messen die Temperaturen und den Potentialabfall. Ein spezieller Kontaktmechanismus der Thermoelemente sorgt dabei für höchste Messgenauigkeit der Temperatur und der elektromotorischen Kraft  $\Delta E$  an jeweils einem Draht der beiden Thermoelemente. Die dc-Vierpunkt-Methode wird zur Messung des elektrischen Widerstands angewendet. Man legt einen konstanten Strom (I) an beide Enden der Probe an und misst schließlich die Änderung der Spannung ( $\Delta V$ ) an einem Draht der beiden Thermoelemente.



### LSR 4

<b>Temperaturbereich</b>	-100 bis 500°C; RT bis 800/1100/1500°C
<b>Messmethode</b>	Seebeck Koeffizient: statische DC-Methode elektrischer Widerstand: Vier-Punkt-Messung ZT-Harman-Methode
<b>Einzelprobenhalter</b>	zwischen zwei Elektroden eingelegt
<b>Atmosphäre</b>	inert, oxid., red., vac.
<b>Probengröße</b>	2 bis 4 mm breit und tief x 6 bis 23 mm hoch
<b>runde Probengröße (scheibenförmig)</b>	10, 12,7, 25,4 mm
<b>Messabstand</b>	4, 6, 8 mm
<b>Wasserkühlung</b>	im Lieferumfang enthalten

# LZT-Meter (kombinierte LSR/LFA)

## Das innovative Konzept des LZT-Meters

Das LZT-Meter ist weltweit das erste kommerziell verfügbare Instrument, das die sog. „Figure of Merit“ in einer Messung bewerkstelligen 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.

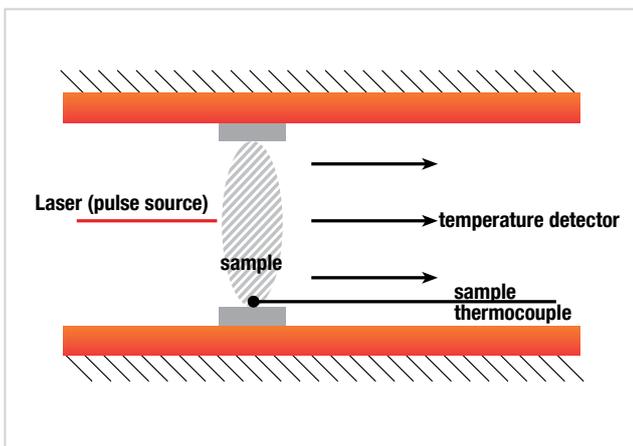
Das Gerät ist mit vier verschiedenen Öfen erhältlich: ein neuer Infrarotofen (für exakte Temperaturregelung bei sehr hohen und niedrigen Heizraten), sowie einen Tieftemperatur- und einen Hochtemperaturofen. Das mitgelieferte Softwarepaket bietet die Möglichkeit, benutzerfreundlich alle Messdaten auszuwerten, sowie das Harman-ZT-Modell zu nutzen.

### Vorteile der kombinierten Messung:

- gleiche Probe
- gleiche Form
- identische Umgebungsbedingungen (Feuchtigkeit, Atmosphäre, Temperaturprogramm)
- Widerstandsmessungen hochohmischer Proben möglich



LZT-Meter



### LZT-Meter

<b>Temperaturbereich</b>	-150 bis 500°C; RT bis 600/1100/1500°C
<b>Einzelprobenhalter</b>	zwischen zwei Elektroden eingelegt
<b>Atmosphäre</b>	inert, oxid., red., vac.
<b>Probengröße</b>	2 bis 4mm Durchmesser x 6 to 23mm lang
<b>runde Probengröße (scheibenförmig)</b>	ø10, 12,7, 25,4mm / Dicke, Stärke 4mm
<b>Messabstand</b>	4, 6, 8mm
<b>Wasserkühlung</b>	erforderlich
<b>Seebeck</b>	
<b>Seebeck-Koeffizient</b>	statische DC Methode
<b>Elektrischer Widerstand</b>	4-Punkt-Messung
<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	
<b>Pulsquelle</b>	<b>Xenon Puls:</b> (10 Joule) RT bis 600°C <b>Laser Puls:</b> (25 Joule) -125 bis 600/1100/1500°C
<b>Pulsdauer</b>	0,01 bis 5ms
<b>Detektor</b>	Thermoelement oder InSb/MCT
<b>Temperaturleitfähigkeit</b>	
<b>Messbereich</b>	0,01 bis 1000mm <sup>2</sup> /s

**Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ , Seebeck-Koeffizient und elektrischer Widerstand**

**LFA und LSR kombiniert**

# Hall-Effekt

## L79/HCS-Hall Characterization System

Das L79/HCS ermöglicht die Charakterisierung von Halbleiter-Materialien. Es misst Mobilität, Widerstand, Ladungsträger, Konzentration und den Hall-Koeffizienten. Die Desktop-Grundeinheit bietet verschiedene Probenhalter für unterschiedliche Probengeometrie- und Temperaturanforderungen. Eine optionale Tieftemperaturerweiterung für flüssigen Stickstoff sowie eine Hochtemperaturversion bis zu 700°C garantieren, dass alle denkbaren Anwendungsbereiche abgedeckt sind. Verschiedene Permanent- und Elektromagneten liefern dabei Magnetfelder bis zu einem Tesla. Die zugehörige, umfassende und Windows®-basierte Software ermöglicht I-V und I-R Auftragungen.

Das L79/HCS kann damit verschiedenste Materialien vermessen, unter

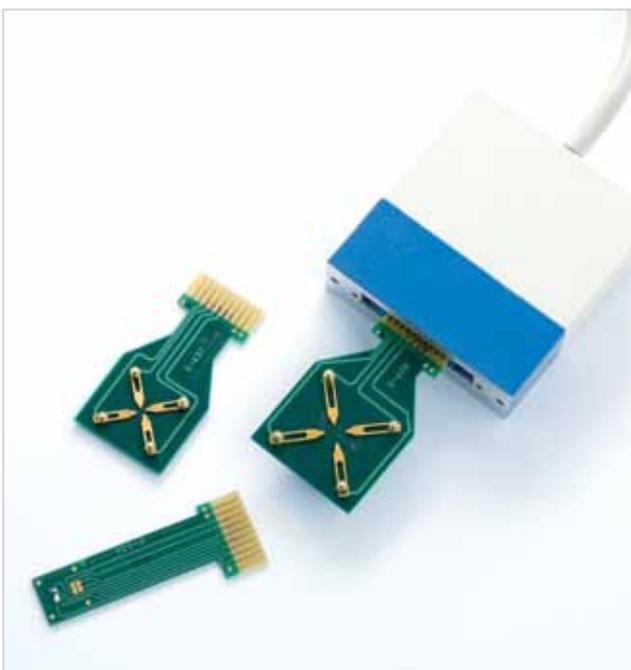
anderem Si, SiGe, SiC, GaAs, InP, GaN (n-Typ und p-Typ), Metallschichten, Metalloxide etc.

### Funktionen

- Bestimmung des Hall-Koeffizienten
- Ladungsträger-Konzentrationsbestimmung
- Widerstandsmessung
- Mobilitätsmessung
- Leitfähigkeitsmessung
- Bestimmung von Alpha (horizontales / vertikales Widerstandsverhältnis)
- Messung des magnetischen Widerstands



L79/HCS-Hall Characterization System



## Hall-Koeffizient

## Mobilitätsmessung

## Ladungsträgerkonzentration

	L79/HCS-Hall
Eingangsstrom	500nA bis 10mA (500nA Schritte)
Hall Spannung	0,5V bis 4,5V
Maximale Auflösung	65pV
Probengeometrie	15 x 15, 20 x 20, 25 x 25mm bis zu 5mm Höhe
Magnetfeld	bis zu 1T
Messtemperatur	Flüssigstickstoff bis 240°C

# Software

## LINSEIS TA-WIN

Die leistungsfähige TA-WIN Software übernimmt heute bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von thermoanalytischen Experimenten die wichtigste Funktion neben der eingesetzten Hardware. Eine umfassende Softwarelösung, welche die gesamten gerätespezifischen Einstellungen, Steuerungsfunktionen, Datenspeicherung und Auswertungen in einem einzigen Paket beinhaltet, wurde von unseren Softwarespezialisten und Applikationsexperten entwickelt und erprobt.

### LINSEIS TA-WIN Mess- und Auswertesoftware

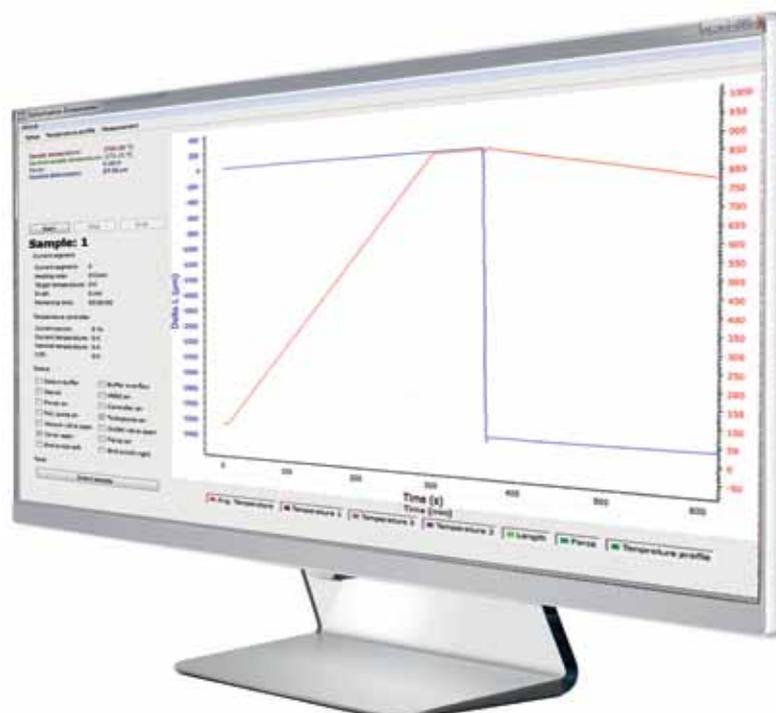
- benutzerfreundlich
- Multi-Tasking fähig
- Zoom-Funktion
- Online Hilfe Menü
- Report Generator
- Excel & ASCII Export
- Integrierte SQL Datenbank (optional)
- Umfangreiche Auswertung
- Umfangreiche Kalibrieremenüs
- Löschen von Messpunkten
- Markieren von Messpunkten

- Auswertung laufender Messungen
- Glätten mit wählbaren Intervallen
- Kompatibel mit anderen Windows® Anwendungen
- Gleichzeitige Darstellung von bis zu 32 Kurven
- Mehrzeilige Texteingabe mit Korrekturmöglichkeit
- Tangenten (automatisch und manuell) mit Schnittpunktbestimmung
- Mathematische Operationen (z.B. Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren, Dividieren, 1. u. 2. Ableitung)

Die Informationsausbeute aus thermoanalytischen Messungen lässt sich durch das breite Angebot von spezialisierter Software weiter steigern.

### Weitere Software-Optionen

- Spezifische Wärme,  $C_p$
- Ratenkontrolliertes Sintern (RCS)
- Kalkulierte-DTA
- Umform-/Abschreck -Dilatometer Software  
TTT-, CHT- und CCT-Diagrammerstellung
- Thermokinetik
- Thermal Safety



**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 France**

Bureaux Paris  
52 Boulevard Sébastopol  
75003 Paris  
Tel.: (+33) 1 73.02.82.72

**LINSEIS Poland**

ul. Dabrowskiego 1  
05-800 Pruszków  
Tel.: (+48) 692-773-795

Bureaux Lyon  
2A Chemin des Eglantines  
69580 Sathonay Village  
(+33) 04.26.68.70.85

[www.linseis.com](http://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

03/18

**LINSEIS**