

Thermogravimetrische Analyse – TG

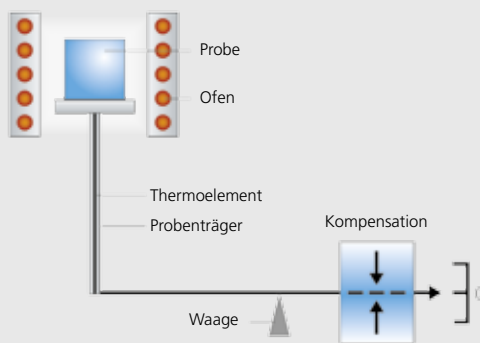
Methode, Technik, Anwendungen



TG – Methode

Die Thermogravimetrie (TG) oder Thermogravimetrische Analyse (TGA) ist eine etablierte thermoanalytische Messmethode. Sie wird in der Forschung & Entwicklung für verschiedene Materialien – fest oder flüssig – eingesetzt, um Informationen über deren thermische Stabilität und Zusammensetzung zu erhalten. In den letzten Jahrzehnten wurde die TG insbesondere in der polymerverarbeitenden Industrie zunehmend in der Qualitätskontrolle und -sicherung von Rohmaterialien sowie in der Schadensanalyse von Bauteilen eingesetzt. Verschiedene internationale Normen beschreiben die allgemeinen Prinzipien der Thermogravimetrie für Polymere (ISO 11358) oder beinhalten andere spezifische Applikationen, wie z. B. die Analyse der Zusammensetzung

von Gummimischungen (ASTM D 6370) oder die Analyse des Verdampfungsverlusts von Schmierstoffen (ASTM D 6375). NETZSCH Analysieren & Prüfen ist seit vielen Jahren Hersteller von Thermo-Mikrowaagen. Der vertikale Aufbau mit oberhalbiger Probenanordnung gewährleistet nicht nur eine einfache Bedienbarkeit, sondern auch eine Gasführung in natürlicher Strömungsrichtung. Neben dem reduzierten Risiko von Kontaminationen können Emissionsgasanalysemethoden wie Massenspektrometrie, FT-IR-Spektroskopie und/oder GC-MS (Gaschromatografie-Massenspektrometrie) optimal gekoppelt werden, um die freigesetzten Gase zu identifizieren. Für Routinemessungen rund um die Uhr kann der automatische Probenwechsler (ASC) eingesetzt werden.



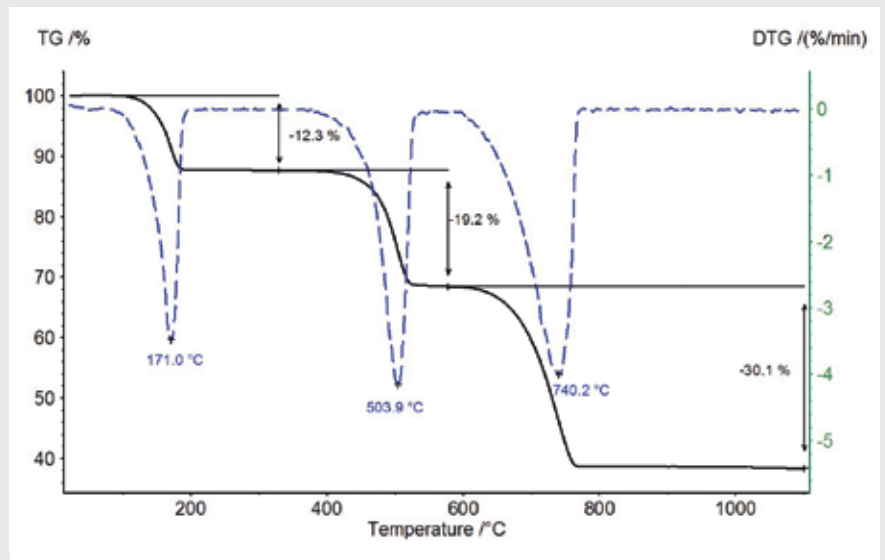
Messprinzip

Eine Thermowaage wird eingesetzt zur Messung von Massenänderungen in Abhängigkeit von der Temperatur oder Zeit unter kontrollierten Umgebungsbedingungen, wie Heizrate, Gasatmosphäre, Flussrate, Tiegel, etc.

Messergebnis

Die Zersetzung von Kalziumoxalatmonohydrat, $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, wurde in Luft mit einer Heizrate von 10 K/min gemessen. Die Zersetzung erfolgt in drei Massenverluststufen mit der Abgabe von Wasser (12,3 %), Kohlenstoffmonoxid (19,2 %) und Kohlenstoffdioxid (30,1 %).

Die entsprechende 1. Ableitung der TG-Kurve (DTG) liefert die Zersetzungsrate und ist hilfreich für die exakte Auswertung der Massenverluststufen.



TG- und DTG-Kurven der Kalziumoxalatzersetzung



TG 209 **F1** *Libra*® mit automatischem Probenwechsler (ASC)

Auf einen Blick

- **BeFlat®**: keine lästige Basislinienmessung mehr
- **c-DTA®**: kalorische Effekte sichtbar gemacht
- Korrosionsbeständiger Ofen aus Keramik
- Vakuumdichtes Design
- Präzise Ultra-Mikrowaage
- Vertikaler, oberhalbiger Aufbau
- Kopplung an Gasanalysensysteme
- Automatischer Probenwechsler (ASC) für bis zu 64 Proben
- Integrierte Gasversorgungseinheit mit 3 Massendurchflussreglern

TG 209 **F1** *Libra*[®] – Zukunftsweisende Technologie



Sichere und einfache Handhabung

Ein Vorteil der neuen TG 209 **F1** *Libra*[®] ist ihr vertikaler, oberhalbiger Aufbau, der freien und sicheren Zugang zum Tiegel garantiert. Der Probenträger wird beim Einbringen der Probe mittels der automatischen Hubvorrichtung vom Wägesystem abgehoben. Somit hat das Platzieren des Tiegels keinen Einfluss auf die Mikrowaage und eine problemlose und sichere Handhabung ist stets gewährleistet.

Hohe Temperatur bei schnellen Heizraten mit neuem Keramikofen

Die maximale Probentemperatur beträgt im korrosionsbeständigen Mikro-Ofen bis 1100 °C. Es sind hohe lineare Heizraten bis zu 200 K/min erreichbar. Damit ist die TG 209 **F1** *Libra*[®] ideal für die schnelle Materialidentifizierung (Wareneingangskontrolle). Der wassergekühlte Mantel gewährleistet eine schnelle Abkühlung des Keramikofens und erlaubt somit einen hohen Probendurchsatz.

Optimale Stabilität aufgrund thermostatisierter Waage

Die präzise, thermostatisierte Ultra-Mikrowaage bietet eine hohe Auflösung von 0,1 µg im gesamten Messbereich von 2000 mg. Proben mit großer Massenänderung können ohne Umschalten der Messbereiche mit hoher Genauigkeit analysiert werden.

c-DTA[®] für zusätzliche Informationen über kalorische Effekte

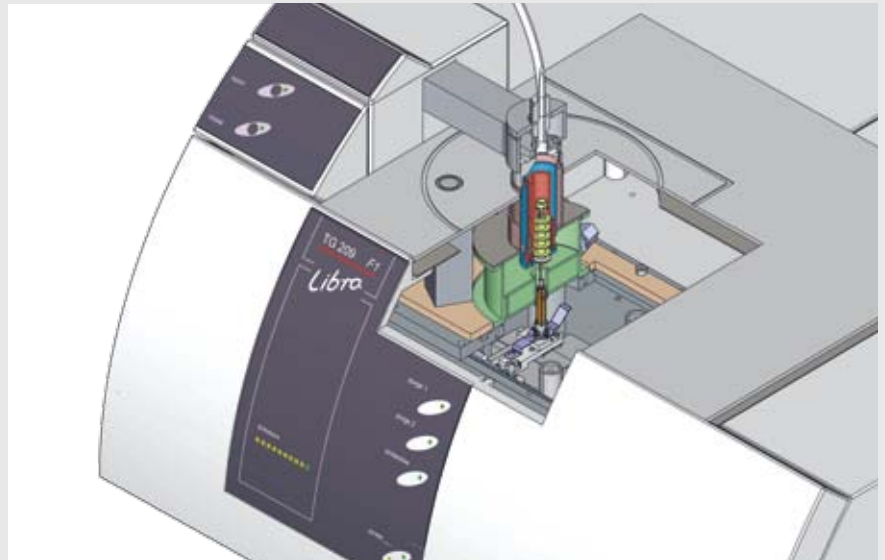
Der Probenträger Typ P (Platine[®]) garantiert höchste Empfindlichkeit für das c-DTA[®]-Signal, das zur Aufzeichnung endo- und exothermer Effekte über die berechnete DTA-Kurve dient – ähnlich der DSC (Dynamische Differenzkalorimetrie).

Definierte Gasbedingungen für reproduzierbare Messungen

Das vakuumdichte Design erlaubt eine reine und definierte Inertgasatmosphäre, die eine Pyrolyse der Probe ermöglicht. Eine überlagerte Oxidation durch Restluft tritt nicht auf. Die integrierte Gasversorgungseinheit hat Massendurchflussregler (MFCs) für zwei Spülgase und ein Schutzgas. Diese können über die Software geregelt, aufgezeichnet und ausgewertet werden. Ein automatischer Gaswechsel ist unter reproduzierbaren Bedingungen möglich.

AutoVac™ und Vakuumtechnik für genauere und reproduzierbarere Ergebnisse

Die optionale AutoVac™-Funktion für ein programmierbares automatisches Evakuieren und Wiederbefüllen der Thermowaage mit einem definierten Gas garantiert optimale Messbedingungen – Grundvoraussetzung für reproduzierbare TG-Ergebnisse. Aufgrund des vakuumdichten Designs der Thermowaage sind Messungen im Vakuum möglich. So wird bei Polymermischungen eine Siedepunktniedrigung leicht flüchtiger Bestandteile (z. B. Weichmacher oder Lösemittel) und dadurch eine bessere Abtrennung von der Polymerzersetzung erreicht.



Aufbau der TG 209 **F1** Libra®

Technische Spezifikationen

Temperaturbereich	(10 °C) 20 °C bis 1100 °C
Heiz- und Kühlraten	0,001 K/min bis 200 K/min
Kühlzeit (1100 °C bis 100 °C)	12 min
Messbereich	2000 mg
Auflösung	0,1 µg
Atmosphären	inert, oxidierend, statisch, dynamisch
Vakuumdichtes Design	<10 ⁻² mbar
Integrierte Gasversorgungseinheit mit 3 Massendurchflussreglern	
Austauschbare Probenträgersysteme mit Fast-Fix-Verbindung	
BeFlat® für die automatische Korrektur äußerer Einflüsse	
c-DTA® für das berechnete DTA-Signal	
AutoVac™ für automatisches Evakuieren und Wiederbefüllen (Option)	
Super-Res® für umsatzratengesteuerte Temperaturführung (Option)	
Automatischer Probenwechsler (ASC) für 64 verschiedene Tiegel (Option)	
Kopplung an MS, GC-MS, FTIR für Gasanalyse (Option)	

TG 209 **F1** *Libra*[®] – Automatischer Probenwechsler und Zubehör

Der automatische Probenwechsler (ASC) ist konzipiert für Routinemessungen in der Qualitätskontrolle und -sicherung. Das Karussell arbeitet bis zu 64 Proben ab, sogar mit verschiedenen Tiegelarten mit unterschiedlichen Geometrien. Die Tiegel werden sicher und zuverlässig rund um die Uhr gewechselt. Dies sorgt für eine höhere Effizienz der Thermo- waage bei niedrigeren Kosten.

Jeder Probe kann ein unterschiedliches Mess- und Auswerteprogramm zugewiesen werden. Der Makrorekorder zeichnet sich durch leicht verständliche Eingabefelder aus. Auch ungeplante Analysen können in eine vorprogrammierte, bereits laufende Testreihe eingeschoben werden. Für instabile Substanzen, Proben mit flüchtigen Anteilen oder sauerstoffempfindlichen Komponenten ist eine automatische Anstechvorrichtung erhältlich, die die verschlossenen Aluminiumtiegel erst kurz vor Messbeginn perforiert.

Weiterführende Informationen

www.netzsch.com/tg209f1



TG 209 **F1** *Libra*[®] mit ASC

Standardtiegel für verschiedene Applikationen¹

Applikation	Material	Durchmesser/Höhe	Volumen
Standard-TG-Tests, nicht für Salze und Gläser	Al ₂ O ₃	6,8 mm/4 mm	85 µl
Standard-TG-Tests, nicht für Salze und Gläser, hohe Probeneinwaage	Al ₂ O ₃	8,0 mm/8 mm	300 µl
Standard-TG-Tests, nicht für Salze und Gläser, hohe Probeneinwaage	Al ₂ O ₃	9,0 mm/7 mm	350 µl
Speziell für c-DTA®, nicht für Metalle	Pt/Rh (80/20)	6,8 mm/2,7 mm	85 µl
Speziell für c-DTA®, nicht für Metalle, großes Volumen	Pt/Rh (80/20)	6,8 mm/6 mm	190 µl
Speziell für c-DTA®, bis zu max. 600 °C	Al (99,5%)	6,7 mm/2,7 mm	85 µl

¹ Für spezielle Applikationen sind auch Tiegel aus anderen Materialien erhältlich

Austauschbare Probenträgersysteme²

Applikation	Material der Probenauflage	Sensortyp	Tiegel/Tiegelvolumen
Standard-TG	Al ₂ O ₃	Typ P	6,7 mm bis 9 mm Durchmesser, 85 µl bis 350 µl
Ideal für c-DTA®	PdPtAu/AuPd (Platinel®)	Typ P (Scheibe)	6,7 mm bis 9 mm Durchmesser, 85 µl bis 350 µl
Für korrosive Medien	Al ₂ O ₃	Typ P, geschützt	6,7 mm bis 9 mm Durchmesser, 85 µl bis 350 µl

² Für ASC: max. Durchmesser des Tiegels beträgt 8 mm



Al₂O₃-Probenträger für korrosive Gase

Probenträger mit Platinel®-Thermoelement

Proteus® Software – benutzerfreundlich und vielseitig

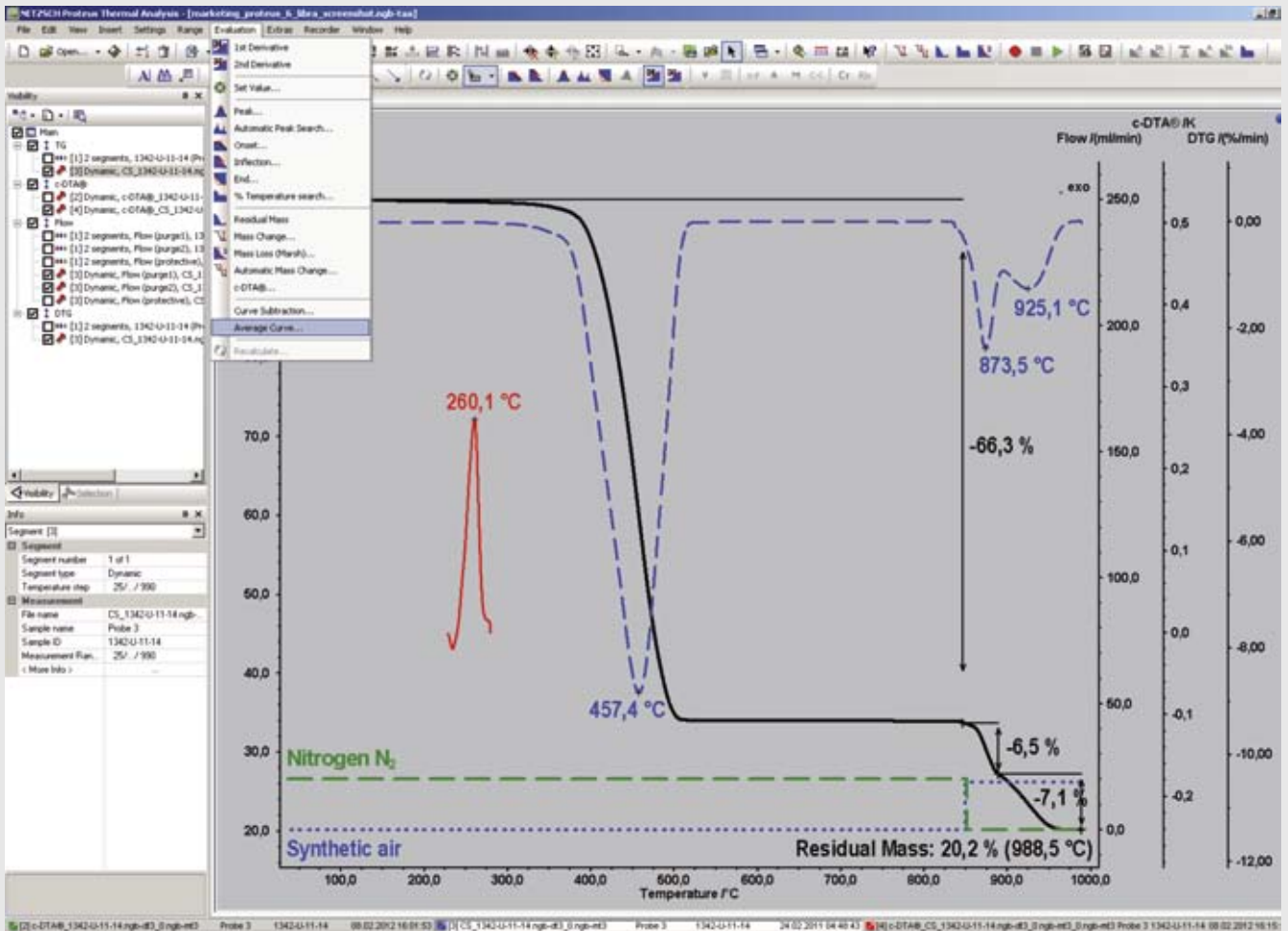
Die TG 209 **F1 Libra**® läuft mit der **Proteus**®-Software auf der Benutzeroberfläche **Windows**®. **Proteus**® beinhaltet alle Funktionen, die für die Durchführung von Messungen und unabhängig davon für die Auswertung der Messdaten erforderlich sind. Durch die Kombination von einfacher Menüführung und automatisierten Routinen konnte ein Werkzeug geschaffen werden, das selbst bei komplizierten Analysen eine einfache und übersichtliche Bedienung zulässt. **Proteus**® wird mit einer Gerätelizenz geliefert und kann selbstverständlich auch auf weiteren Rechnersystemen installiert werden. Die damit verbundene Datensicherheit und absolute Qualität sind Voraussetzungen für die Anwendung gemäß GLP und GMP.

Allgemeine Merkmale

- Für **Windows**® XP und **Windows**® 7 Betriebssysteme
- Multitasking: Simultanes Messen und Auswerten
- Multimoduling: für bis zu 4 verschiedene Apparaturen
- Multimethoden-Analyse: zum Kurvenvergleich und Auswertung verschiedener Methoden
- Snapshot: Online-Auswertung der laufenden Messung
- Bild-in-Bild-Darstellung (PIP und FLIP)
- Grafik- und Datenexport
- Abspeichern und Wiederherstellung des Analysezustands
- Kontextbezogenes Hilfesystem
- Makrorekorder (Option)

TG-spezifische Merkmale

- Massenänderung in % oder mg
- Automatische Auswertung der Massenänderungsstufen und charakteristischen Temperaturen
- Extrapolierter Onset und Endpunkt
- Peaktemperaturen und Werte der 1. und 2. Ableitungen
- Mehrpunkt-Temperaturkalibrierung mittels **c-DTA**®; berechnete DTA-Kurve
- **c-DTA**® für die Auswertung endo- und exothermer Effekte
- **BeFlat**®: Automatische Korrektur von Auftrieb und Drift für schnelle TG-Ergebnisse



Hauptmerkmale der Advanced Software

Feature	Vorteil	Nutzen
BeFlat®	Automatische Korrektur äußerer Einflüsse	Ideal für Routineanwendungen; höherer Probendurchsatz
c-DTA®	Berechnetes DTA-Signal für endo- und exotherme Effekte	Informationsgewinn und dadurch bessere Interpretation der Messkurve durch DSC-ähnliches Signal
Super-Res®	Umsatzratengesteuerte Temperaturführung	Zusätzliche Erhöhung der Auflösung und Auftrennung überlagerter Massenänderungsstufen
Peak Separation	Auftrennung von nahe aufeinander folgenden DTG-Peaks	Genauere quantitative Bestimmung der Einzelkomponenten bei überlagerten Massenänderungsstufen
Thermokinetics	Prozessvorhersage über z. B. Lebensdauer und Zersetzungsverhalten mittels multivariater, nicht linearer Regression	Prozessoptimierung durch frei wählbare Zeit-/Temperaturprogramme, zeit- und kosteneffektiv

TG 209 **F1 Libra**[®] – intelligente Funktionen integriert

BeFlat[®] für schnellere Messergebnisse

Keine Notwendigkeit einer Basislinienmessung

Die Basislinie berücksichtigt Einflüsse durch das Gerät und den Auftrieb. Daher wird bei herkömmlichen Verfahren die Basislinie unter identischen Versuchsbedingungen, wie z. B. Heizrate, Spül- und Schutzgas, Gasflussrate, Tiegel und Geometrie, etc. gemessen. Diese wird von der Probenmessung abgezogen, um korrekte Massenänderungswerte zu garantieren. Durch *BeFlat*[®] findet jetzt eine automatische Auftriebs- und Gerätekorrektur statt und liefert dadurch schnell sichere TG-Ergebnisse.

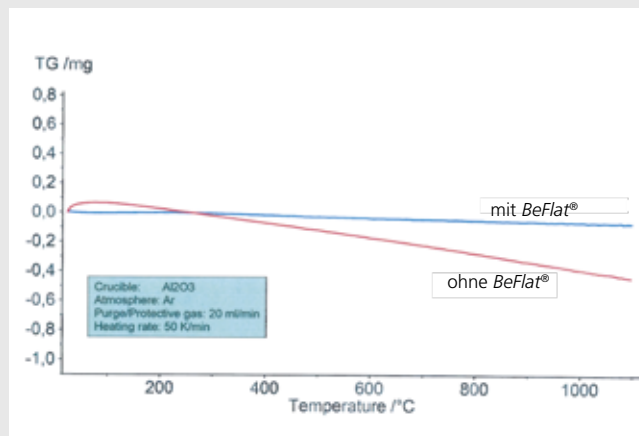


Abb. 1: Stabile Basislinie mit *BeFlat*[®] (blau) aufgrund automatischer Korrektur externer Einflüsse

Intelligente TG – automatische Korrektur äußerer Einflüsse

Im Gegensatz zu konventionellen Modellen benötigt die TG 209 **F1 Libra**[®] typischerweise keine separate Basislinienmessung mehr. Dies vereinfacht besonders Routinemessungen in der industriellen Qualitätskontrolle erheblich. Die TG 209 **F1 Libra**[®] berücksichtigt die Physik hinter den externen Einflüssen und korrigiert diese Effekte automatisch (siehe Abbildung 1). Die Software speichert sowohl die *BeFlat*[®]-Daten als auch die gemessenen Rohdaten.

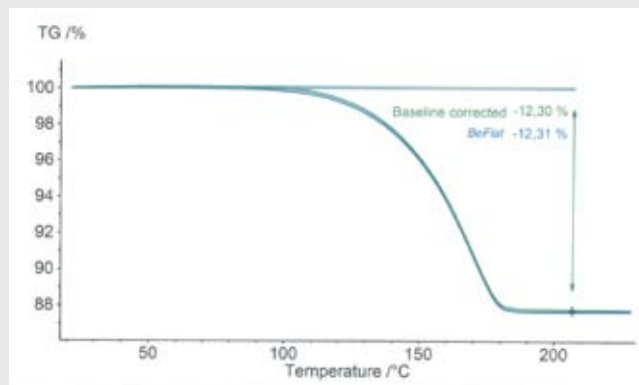


Abb. 2: Bestimmung des Wasserverlusts einer Probe

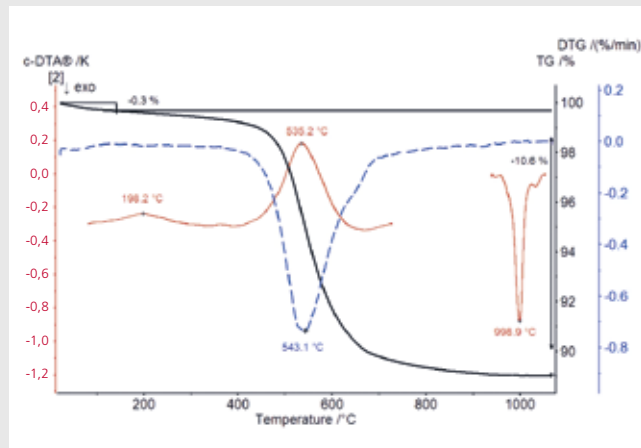
Abbildung 2 zeigt den Verlust von Wasser einer Probe von 50 °C bis 250 °C. Die grüne Kurve zeigt die Daten mit konventioneller Korrektur mit separater

Basislinie; die blaue Kurve repräsentiert die mittels automatischer *BeFlat*[®]-korrigierten Daten. Die Ergebnisse sind in guter Übereinstimmung.

Berechnetes DTA-Signal für endo- und exotherme Effekte

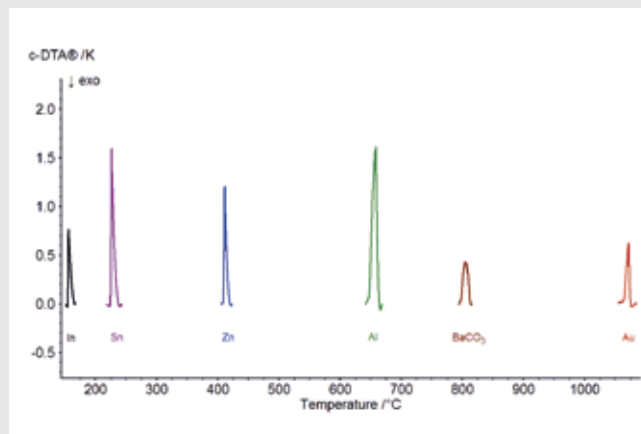
Mehr Informationen durch kalorische Effekte

Zusätzlich zu den TG- und DTG-Kurven zeigt dieser Plot die mittels des c-DTA®-Signals detektierten endo- und exothermen Effekte.



Einfache und zuverlässige Temperaturkalibrierung

Die mittels c-DTA® durchgeführte Mehrpunkt-Temperaturkalibrierung entspricht den standardisierten Methoden und kann deshalb problemlos zur Validierung herangezogen werden. Dafür werden die Onset-Temperaturen des Schmelzens von hochreinen Referenzmaterialien im gesamten Temperaturbereich der TG 209 **F1 Libra**® bestimmt. Dieser Plot zeigt das Schmelzen von In, Sn, Zn, Al, BaCO₃ und Au bei einer Heizrate von 10 K/min.



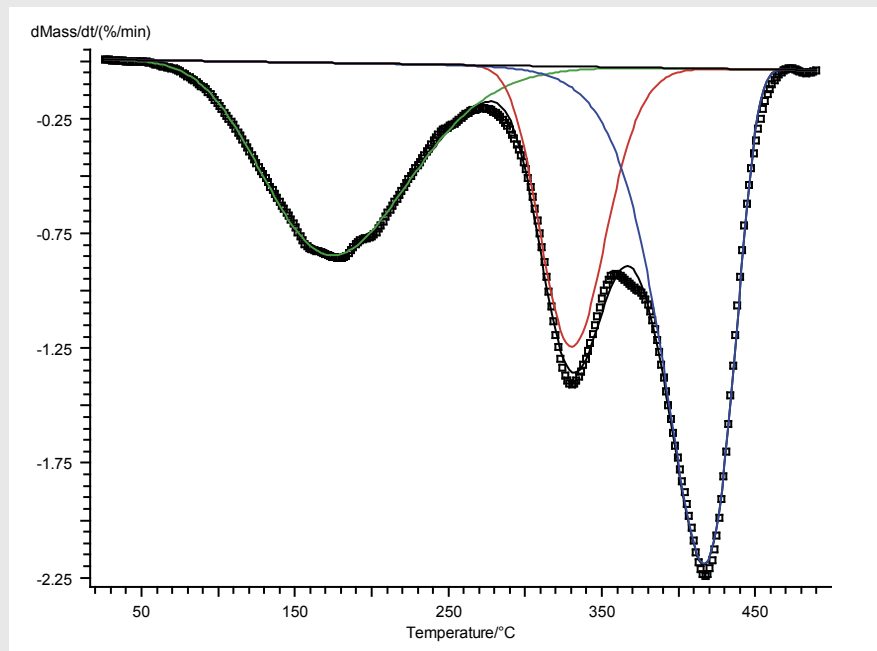
Super-Res[®] zur umsatzratenges- teuerten Temperaturführung

Normalerweise wird zur Untersuchung des Zersetzungsverhaltens eine definierte, konstante Heizrate für die Probe eingesetzt. Mit *Super-Res[®]* wird die Temperaturerhöhung in Abhängigkeit des Reaktionsumsatzes gesteuert.

Der Bediener gibt bestimmte Schwellwerte mit Hilfe der Massenverlustrate (DTG-Kurve) vor. Dies hat oftmals eine wesentlich bessere Auftrennung der überlappenden Massenverluststufen zur Folge.

Peak Separation für genauere Massenänderungsstufen

Durch Anwendung der *Peak Separation* für DTG-Peaks können die zur quantitativen Bestimmung erforderlichen Massenverluststufen klarer aufgetrennt werden. Der Plot zeigt das TG-Ergebnis für eine Gummimischung (NR/SBR) für Reifen. Die Messung fand unter Vakuum (ca. 10^{-2} mbar) statt. Die Symbole zeigen die gemessenen Rohdaten, die farbigen Linien repräsentieren die aufgetrennten Peaks und die durchgezogenen schwarzen Linien sind die Summenkurven der farbigen Kurven. Die drei aufgetrennten Massenverluststufen betragen 34.1 % (Weichmacher), 22.3 % (NR) und 43.6 % (SBR).



Thermokinetics für die Prozessoptimierung

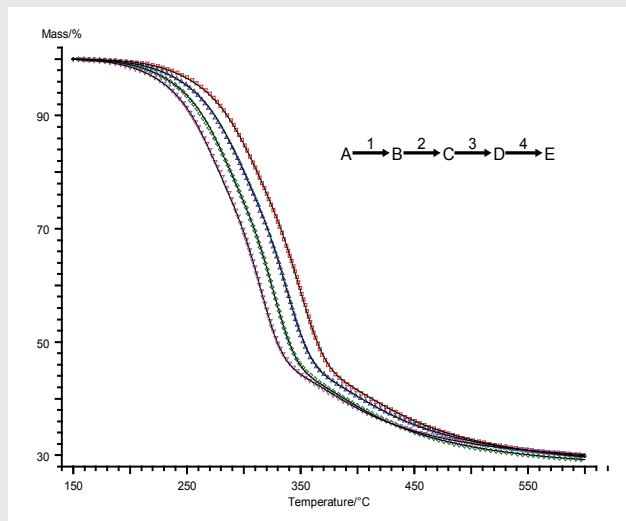


Abb. 1: Vergleich der TG-Rohdaten (Symbole) und der auf der Basis eines 4-stufigen Reaktionsmodells berechneten Kurven (durchgezogene Linien)

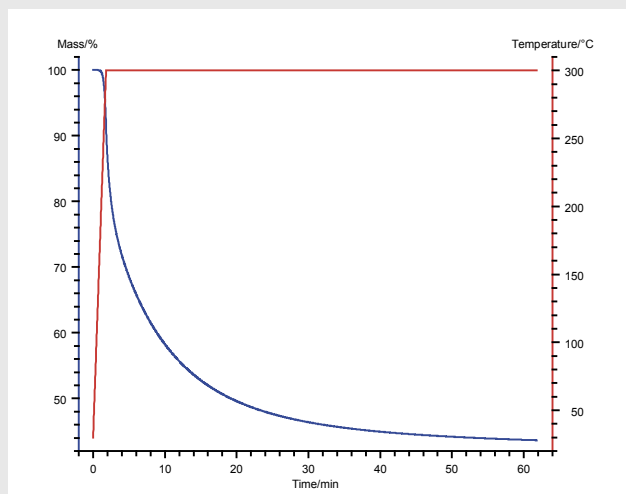


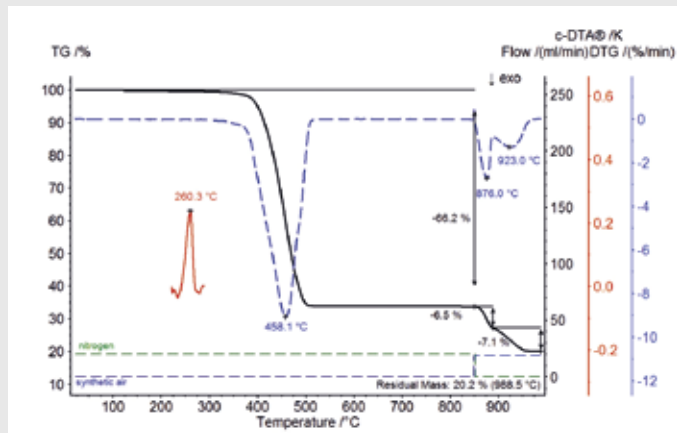
Abb. 2: Vorhersage der Massenänderung für ein gegebenes Temperatur-/Zeit-Programm

Mit der einzigartigen NETZSCH-Thermokinetics-Software kann annähernd jeder Prozess modelliert werden. Dieses Software-Paket bestimmt die kinetischen Parameter, wie Aktivierungsenergie, Präexponentialfaktor und Reaktionsordnung.

Abbildung 1 zeigt den TG-Plot einer Biomasse. Die Messung wurde mit vier verschiedenen Heizraten (5 K/min bis 40 K/min) in Inertgasatmosphäre durchgeführt. Mit zunehmenden Heizraten sind die Kurven zu höheren Temperaturen verschoben. Dies ist ein typisches Verhalten für solche Effekte, die auf kinetischen Prozessen basieren. Die TG-Rohdaten (Symbole) und die berechneten Kurven (durchgezogene Linien) liegen in guter Übereinstimmung. Das verwendete formale Modell besteht aus vier aufeinander folgenden Reaktionen. Für die erste Reaktion wurde ein 3-dimensionales Diffusionsmodell ausgewählt; die folgenden drei sind Reaktionen n-ter Ordnung.

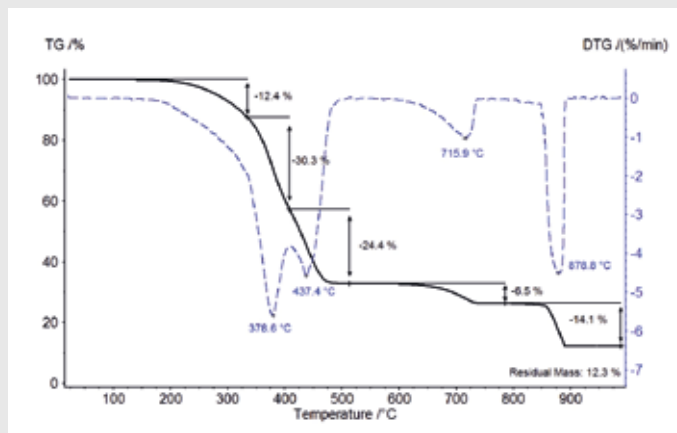
Basierend auf diesem Modell wurde eine Vorhersage für folgendes Temperaturprogramm errechnet: Bei 30 °C Beginn der Aufheizung bis 300 °C mit einer Heizrate von 150 K/min und anschließendes einständiges Isothermsegment bei 300 °C. Die resultierende Massenänderungskurve ist in Abbildung 2 gezeigt. Mit Hilfe der Berechnung kann unter dem gegebenen Temperaturprogramm nach 62 Minuten eine Restmasse von 45 % erwartet werden.

TG 209 **F1 Libra**® für eine Vielzahl von Applikationen



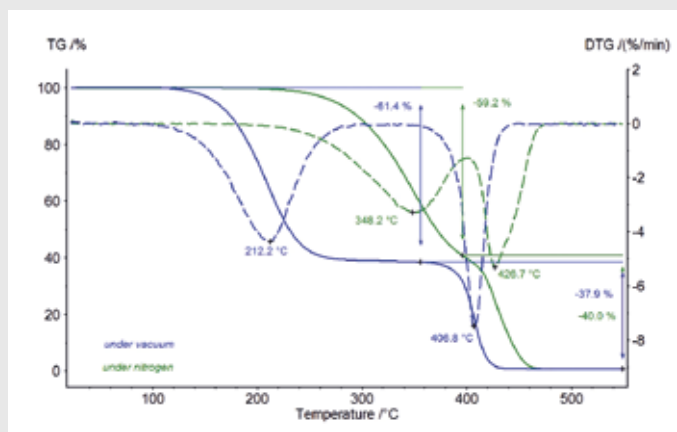
Polyamid

Polyamid 66 ist ein teilkristalliner Thermoplast, der in zahlreichen technischen Teilen Verwendung findet. Die Formsteifigkeit von PA66 lässt sich durch Füllstoffe, wie z. B. Glasfasern, erhöhen. Mittels TG kann nicht nur die Zersetzung des Polymers, sondern auch dessen Glasfasergehalt neben den beiden Anteilen an pyrolytischem und zugesetztem Ruß bestimmt werden. Die c-DTA®-Kurve liefert den Schmelzpeak bei 260 °C.



NR/SBR-Gummimischung

Die TG-Analyse gilt für Gummimischungen als Standardmethode zur Bestimmung des Weichmachergehalts und der einzelnen Gummikomponenten. Das Beispiel zeigt eine NR/SBR-Gummimischung mit einem Weichmachergehalt von 12,4 %. Die zweistufige Zersetzung der Gummikomponenten NR und SBR wurde zwischen 300 °C und 500 °C gemessen. Das Gemisch weist einen Kreideanteil als anorganischen Füllstoff auf, da 6,5 % CO₂ entweichen. Durch Umschaltung auf eine oxidierende Atmosphäre bei 850 °C findet das Verbrennen von Ruß (14,1 %) statt.

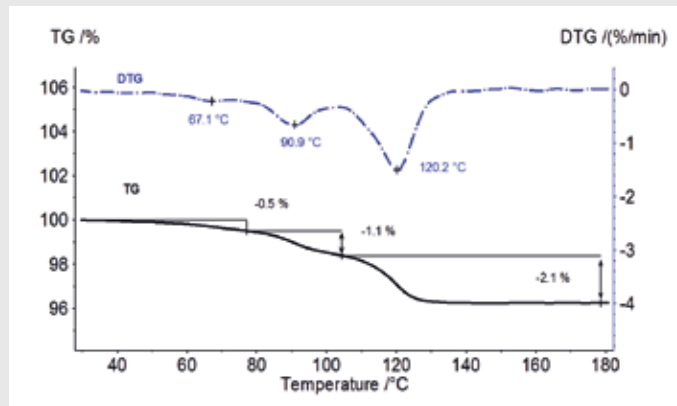


SEBS+PP

Thermoplastische Elastomere gehören zur Klasse der Copolymere oder polymeren Mischungen mit thermoplastischen, aber auch elastomeren Eigenschaften. Sie können leicht im Verarbeitungsprozess, z. B. in der Spritzgießtechnik eingesetzt werden. Für die Bestimmung des Weichmachergehalts sind Messungen unter Vakuumbedingungen äußerst vorteilhaft. Der Dampfdruck des Weichmachers wird deutlich reduziert, wodurch zwei klar aufgetrennte Massenverluststufen erhalten werden (blaue Kurven).

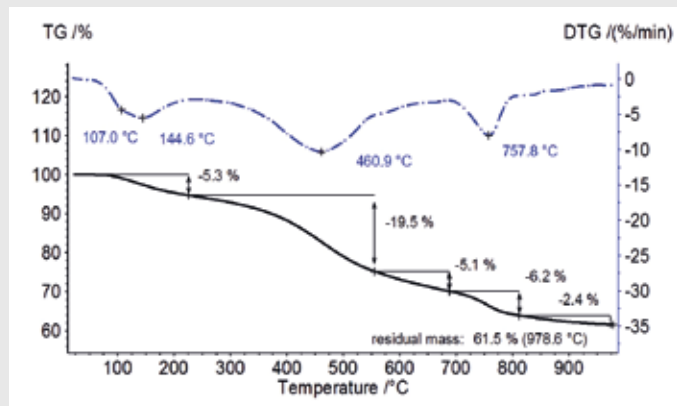
Magnesiumstearat

Handelsübliches Magnesiumstearat, ein weit verbreiteter Arzneiträgerstoff für pharmazeutische Rezepturen, ist eine Mischung aus mehreren Fettsäuresalzen, die sich proportional verändern können. Das hier untersuchte Magnesiumstearat zeigt drei Massenverluststufen von 0,5 %, 1,1 % und 2,1 % im Temperaturbereich bis 180 °C. Im entsprechenden TG-FTIR-Experiment (hier nicht dargestellt) war es möglich, alle flüchtigen Komponenten als Wasser zu identifizieren.



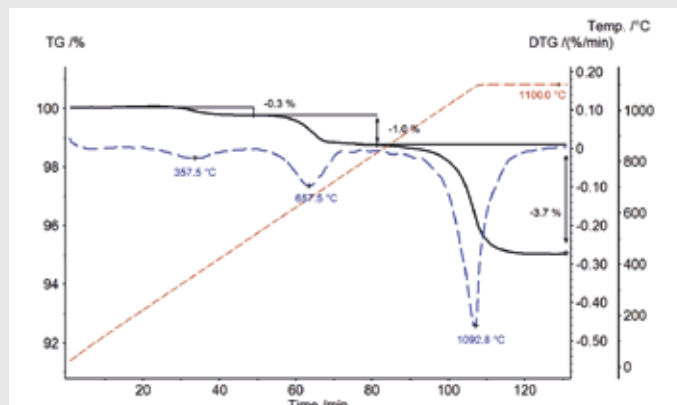
Kohle

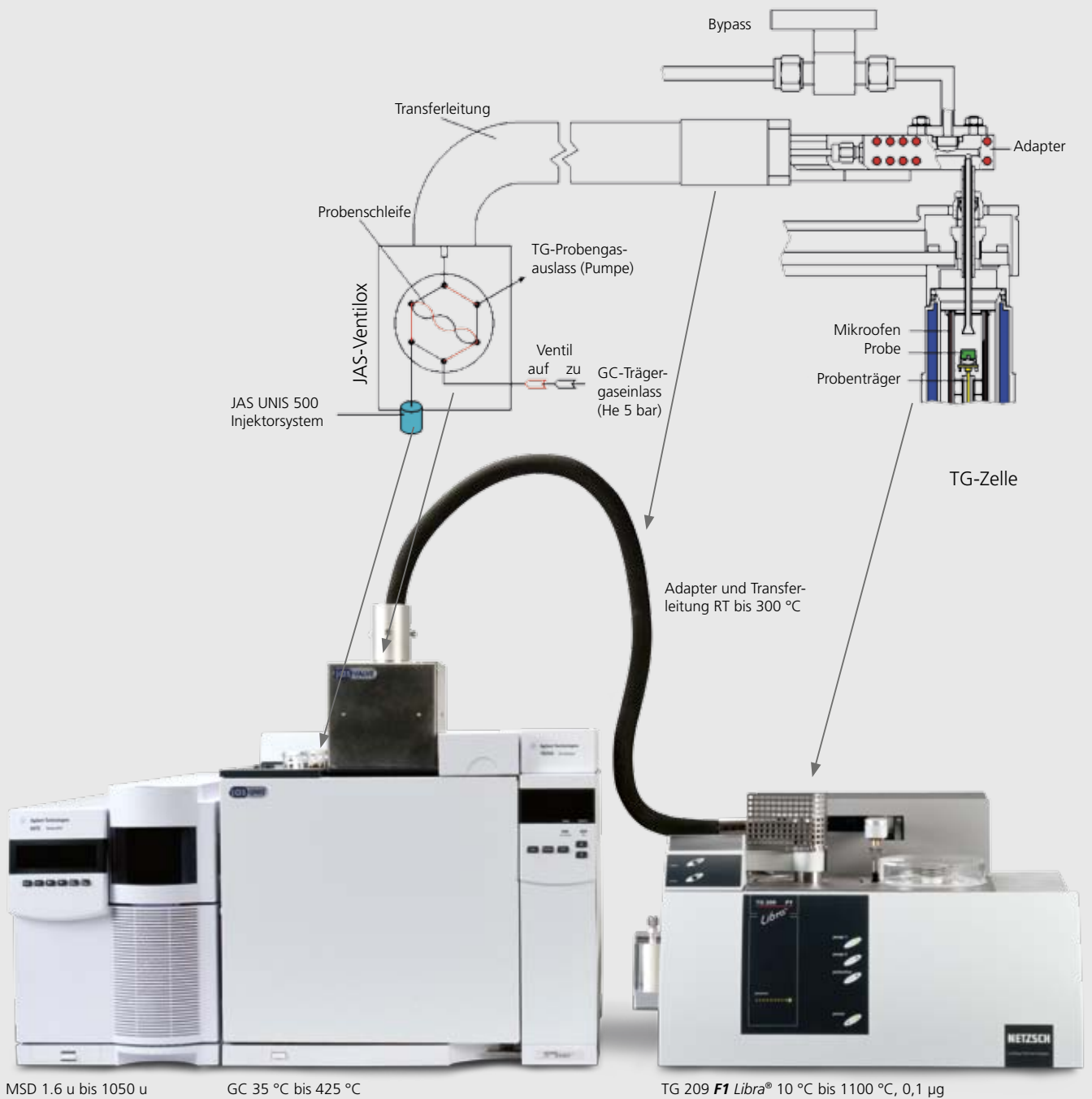
Die Pyrolyse von Kohle ist ein komplexer, viele chemische Reaktionen auslösender Prozess. Während der Aufheizung entstehen hauptsächlich flüchtige Anteile, wie Gase und Teer sowie fester Kohlenstoff (Koks). Die Messung erfolgte an einer 10 mg Kohlenprobe mit einer Heizrate von 100 K/min unter Stickstoffatmosphäre. Der erste Massenverlust (unterhalb 210 °C) ist höchstwahrscheinlich auf die Freisetzung von Feuchtigkeit zurückzuführen, während die anderen Stufen hauptsächlich auf flüchtige organische Anteile zurückzuführen sind.



Glimmer

Die TG-Analyse zeigt die bei niedrigen Temperaturen einsetzenden Massenverluststufen für die Dehydratation und Dehydroxylation des Materials. Zusätzlich konnte eine charakteristische Massenverluststufe bei 1093 °C beobachtet werden. Diese Massenverluststufe ist erst durch den neuen Keramikofen der TG 209 **F1 Libra**[®], der Messungen bis 1100 °C Proben temperatur erlaubt, experimentell zugänglich.





Die Funktionselemente der TG-GC-MS-Kopplung

TG 209 **F1 Libra**[®] mit Emissionsgasanalyse (EGA)

Kopplung mit MS

Materialforschung und –charakterisierung auf höchstem Niveau wird durch Kopplung der TG 209 **F1 Libra**[®] an unser Quadropol-Massenspektrometer, QMS 403 *Aëolos*[®], erzielt. Sämtliche austretende Gase werden über eine bis 300 °C beheizbare Quarzglas-Kapillare direkt in die Elektronenstoßionenquelle des Massenspektrometers geführt.

Kopplung mit FT-IR

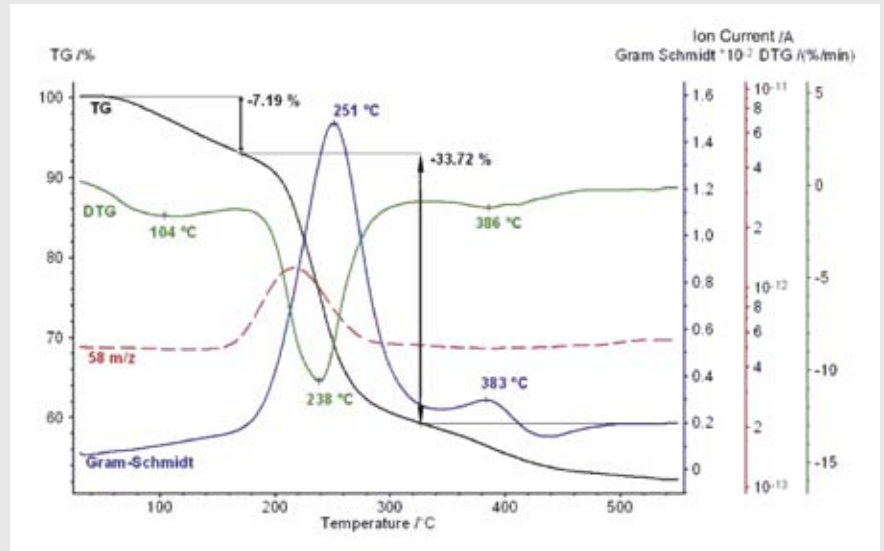
“Mehr als nur die Summe der einzelnen Komponenten” ist das Motto für unsere umfangreichen Kopplungssysteme, die auch ein FT-IR (Fourier-Transform-Infrarot) Spektrometer, hergestellt von unserem Kooperationspartner, Bruker Optik, beinhaltet. Der Spülgasfluss durch die vakuumdichte Thermo-Mikrowaage führt die flüchtigen Anteile durch eine kurze, beheizbare Transferleitung in die ebenfalls vakuumdichte Gaszelle des FT-IR. Alle austretenden Gase mit einem sich ändernden Dipolmoment werden anhand ihres typischen Absorptionsspektrums identifiziert, wodurch selbst komplexe Gasmischungen spektroskopisch aufgetrennt werden können.



Simultane TG-MS-FTIR-Kopplung und *PulseTA*®

Der einzigartige, beheizbare Kopplungsadapter erlaubt simultane TG-MS-FTIR-Messungen – sogar mit automatischem Probenwechsler. Dafür ist nur eine Betriebssoftware auf einem PC notwendig. Umfangreiche Auswertungen können in einem Plot angezeigt werden.

Die Kalibrierung und Quantifizierung der austretenden Gaskomponenten wird mit der anspruchsvollen *PulseTA*®-Technik erzielt. Nutzen Sie den Vorteil von fast 40 Jahren unserer Kopplungserfahrung und fragen Sie nach unseren speziellen Broschüren zu Kopplungstechniken.



Umfangreiche Auswertung von TG, DTG, FTIR (Gram-Schmidt) und QMS (u) gegen die Temperatur



Kopplung des Tensor 27, externe Gaszelle, TG 209 *F1 Libra*® und QMS 403 C *Aëolos*®

Weiterführende Informationen

www.netzsch.com/ftir

Die NETZSCH-Gruppe ist ein inhabergeführtes, international tätiges Technologieunternehmen mit Hauptsitz in Deutschland.

Die Geschäftsbereiche Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme stehen für individuelle Lösungen auf höchstem Niveau. Mehr als 2.500 Mitarbeiter in weltweit 130 Vertriebs- und Produktionszentren in 23 Ländern gewährleisten Kundennähe und kompetenten Service.

NETZSCH-Technologie ist weltweit führend im Bereich der thermischen Charakterisierung von annähernd allen Werkstoffen. Wir bieten Komplettlösungen für die Thermische Analyse, die adiabatische Reaktionskalorimetrie und die Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften. Basierend auf mehr als 50 Jahren Applikationserfahrung, einer breiten Produktpalette auf dem neuesten Stand der Technik und umfassenden Serviceleistungen erarbeiten wir für Sie Lösungen und Gerätekonfigurationen, die Ihren täglichen Anforderungen mehr als gerecht werden.

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

www.netsch.com