



TG 209 *F3 Tarsus*®

Thermogravimetrische Analyse – TG
Methode, Technik, Applikationen

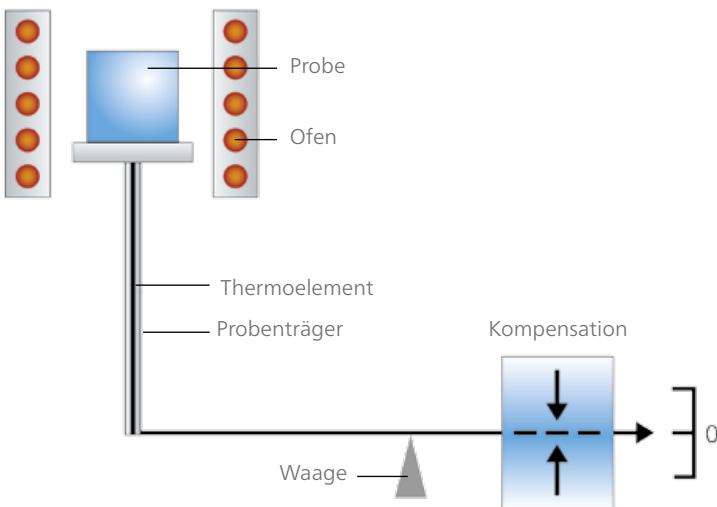
Thermogravimetrie



- Wie ist die thermische Stabilität des Materials?
- Ist die Probe tatsächlich das spezifizierte gefüllte Granulat?
- Ist die Probe mit einer zusätzlichen Komponente verunreinigt?
- Ist der Füllstoff im Bauteil homogen verteilt?
- Aus wie vielen individuellen Komponenten besteht die Gummidichtung?
- Wie hoch ist der Anteil des von der Gummimischung freigesetzten Lösemittels oder Weichmachers?
- Wie hoch ist der zugesetzte Rußanteil?
- Wie hoch ist der Aschegehalt der Polymermischung?
- Wie verändert sich die thermische Stabilität unter Einfluss einer oxidierenden Atmosphäre?
- Ist das Schmelzen der Thermoplaste bereits durch den Zersetzungsbeginn überlagert?
- Wie viel Restlösemittel enthält die Beschichtung?
- Wie hoch ist der Gewichtsverlust beim Trocknen?

Die Thermogravimetrie (TG) oder thermogravimetrische Analyse (TGA) ist eine etablierte Methode zur Beantwortung dieser oder ähnlicher Fragen. Sie wird insbesondere in der polymerverarbeitenden Industrie zunehmend in der Qualitätskontrolle und -sicherung von Rohmaterialien sowie in der Schadensanalyse von Bauteilen eingesetzt.

NETZSCH Analysieren & Prüfen ist seit vielen Jahrzehnten Hersteller von Thermo-Mikrowaagen. Der vertikale Aufbau mit oberhalbiger Probenanordnung stellt nicht nur eine einfache Bedienbarkeit, sondern auch eine Gasführung in natürlicher Strömungsrichtung sicher. Dies ist vorteilhaft für die direkte Kopplung von Emissionsgasanalysatoren wie FT-IR-Spektrometer.



Funktionsprinzip

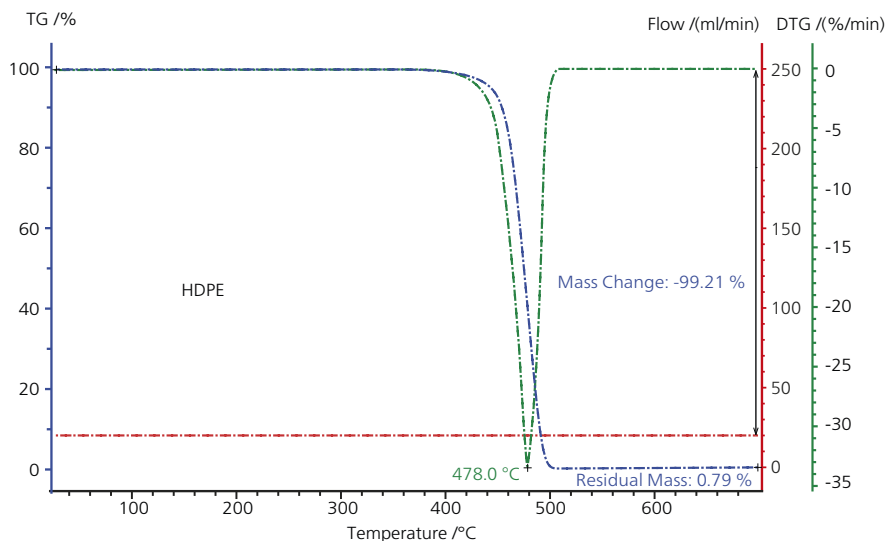
Eine Thermowaage wird eingesetzt zur Messung von Massenänderungen in Abhängigkeit von der Temperatur oder Zeit unter kontrollierten Umgebungsbedingungen wie Heizrate, Gasatmosphäre, Flussrate, Tiegelart usw.

Verschiedene internationale Normen beschreiben die allgemeinen Prinzipien der Thermogravimetrie für Polymere (ISO 11358) oder anderer spezifischer Applikationen wie z. B. die Analyse der Zusammensetzung von Gummimischungen (ASTM D6370) und den Verdampfungsverlust von Schmierstoffen (ASTM D6375).

Messergebnisse

Diese TG-Messung zeigt die Zersetzung eines schwarzen Polyethylens hoher Dichte (HDPE). In Stickstoffatmosphäre wurde nur eine einzige Massenverluststufe detektiert, die die nahezu vollständige Zersetzung widerspiegelt. Die geringe Restmasse von 0,8 % entspricht dem Rußgehalt. Die 1. Ableitung der TG-Kurve, DTG, liefert die Zersetzungsrate. Die DTG-Peaktemperatur (478 °C) wird als Wert zur Charakterisierung des Temperaturbereichs der entsprechenden Stufe herangezogen.

Die Zersetzungsprodukte von PE sind wachsähnlich. Durch eine Modifikation des Auslasses der TG 209 **F3 Tarsus**® (Option) sind Routinemessungen an PE möglich.



Zersetzungsverhalten von Polyethylen in Stickstoffatmosphäre, gezeigt anhand der TG-, DTG- und Gasflusskurven; Heizrate: 10 K/min

TG 209 *F3 Tarsus*®

Überzeugende Technologie –
kontrolliert durch intelligente Software



Made by NETZSCH

Robust – Oberschaliges Design

Die einzigartige oberschalige Waagenanordnung garantiert ein geringes Driftverhalten unter isothermen und dynamischen Messbedingungen über den gesamten Temperaturbereich. Die Thermostatisierung sorgt für eine konstante Temperatur und schließt Umgebungseinflüsse auf die Leistungsfähigkeit der Waage aus.

Flexibel – Probenträger

Unterschiedliche Probenträger, darunter korrosionsbeständige, speziell für große Probenmassen konzipierte sowie hoch empfindliche *c-DTA*[®]-Probenträger zur verbesserten Aufzeichnung endo- und exothermer Effekte, sind erhältlich.

Betriebsbereit – *SmartMode* und *ExpertMode*

Die vereinfachte Benutzeroberfläche *SmartMode* besticht durch ein unkompliziertes Navigationskonzept, das dem Benutzer die einfache Anwendung der Software erlaubt, ohne ein Experte in der Thermogravimetrie zu sein. Der *ExpertMode* bietet Zugang zum gesamten Befehlsumfang für weitere Optionseinstellungen oder zur Definition neuer Methoden.

Intelligent – *AutoEvaluation* und *Identify*

Das einzigartige Software-Feature *AutoEvaluation* bietet selbstständige Detektion und anwenderunabhängige Auswertung aller thermogravimetrischen Effekte. Die ausgewerteten Kurven werden von *Identify* zur Materialerkennung und -klassifizierung herangezogen.

VERTIKALES,
OBERSCHALIGES DESIGN

PRÄZISE ULTRA-
MIKROWAAGE

GASDICHTER AUFBAU

AUSTAUSCHBARE
PROBENWECHSLER

AUTOMATISCHER
PROBENTRÄGER
FÜR BIS ZU 20 PROBEN

MIKRO-OFEN

SMARTMODE

C-DTA[®]

AUTOEVALUATION

KOPPLUNG AN FT-IR

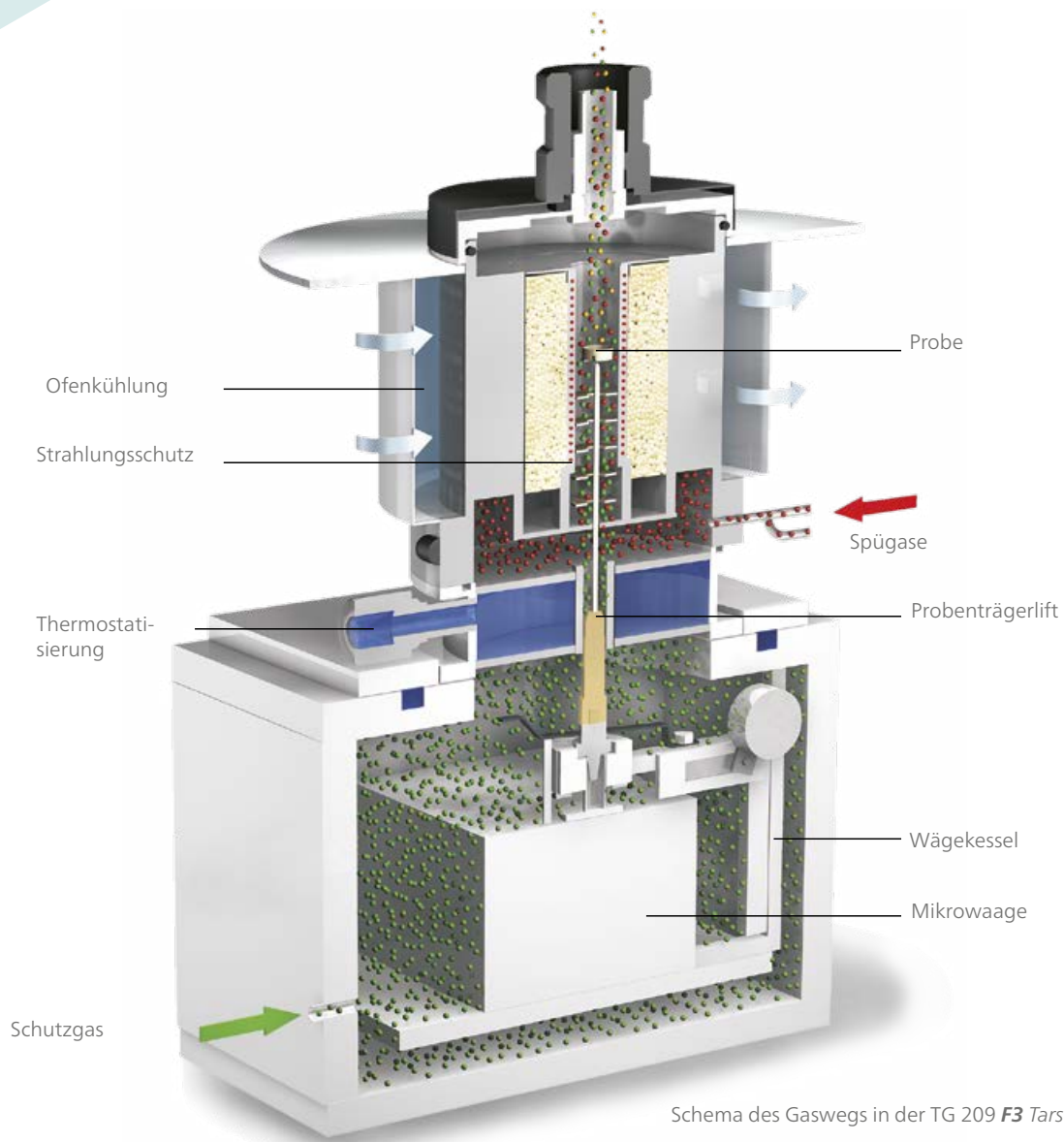
IDENTIFY

AUTOCYCLE-
EVAKUIERUNG

TG 209 **F3** Tarsus®

Mehr als nur eine TG!

*Für effektives Arbeiten in Ihrem Labor –
mit allem, was Sie benötigen*





Mikro-Ofen für mehr Dynamik in Ihrem Laboralltag

Der kleine Ofen der gasdichten NETZSCH TG 209 **F3 Tarsus**[®] besteht aus einem SiO₂-beschichteten monolithischen metallischen Heizer mit integrierter Luftkühlung. Für einen hohen Probendurchsatz kann eine Heizrate von 200 K/min zwischen Raumtemperatur und 1000 °C erreicht werden. Sichere Handhabung ist durch diverse Sicherheitsfunktionen gegeben. Dies schließt das Spülen der Waagenkammer mit Schutzgas ein.

Präzise Bestimmung der Proben temperatur

Die Proben temperatur wird von einem Thermo element in direktem Kontakt mit dem Proben tiegel detektiert. Dies sorgt für eine genaue Erfassung der Proben temperatur und schließt die Abhängigkeit von Atmosphäre, Gasfluss oder Heizrate nahezu aus.

Mehr als nur eine TG! Aufzeichnung kalorischer Effekte ohne Massenverlust

Das berechnete DTA-Signal, *c-DTA*[®], ist ideal für eine bequeme Temperaturkalibrierung ohne zusätzlichen Magneten oder Demontage der Apparatur. Es liefert Informationen zu endo- und exothermen Prozessen (z. B. Schmelzen ohne Massenverlust oder Verdampfen mit Massenverlust).

Autocycle-Evakuierung – Schneller Gaswechsel und Einsparung von Spül gas

Die drei Gaseinlässe der Apparatur erlauben einen schnellen Gaswechsel bei Änderung der Atmosphäre (z.B von inerte r zu oxidierende r Atmosphäre). Zusätzlich zu den zwei Spül gasen kann zu Schutzzwecken ein Inertgas in die Waage eingeführt werden. Das zeitgesteuerte Autocycle-Feature vor der Messung evakuiert und befüllt das System automatisch. Es sorgt für eine kürzere Spülzeit vor dem Messstart und somit auch für einen geringeren Gasverbrauch.



Automatischer Probenwechsler (ASC) – Erleichtert Routinearbeit

Der ASC für bis zu 20 Proben gestattet für jede Probe im Magazin die Benutzung vordefinierte r Methoden. Abhängig von der jeweiligen Methode lässt sich die Auswertung der Probenmessungen automatisch durchführen. Für Qualitätsprüfungen können für vorge merkte Effekte Temperaturgrenzen definiert werden.



PROTEUS®

Unkomplizierte und schnelle Messstarts

SmartMode – Tests professionell in nur wenigen Minuten starten

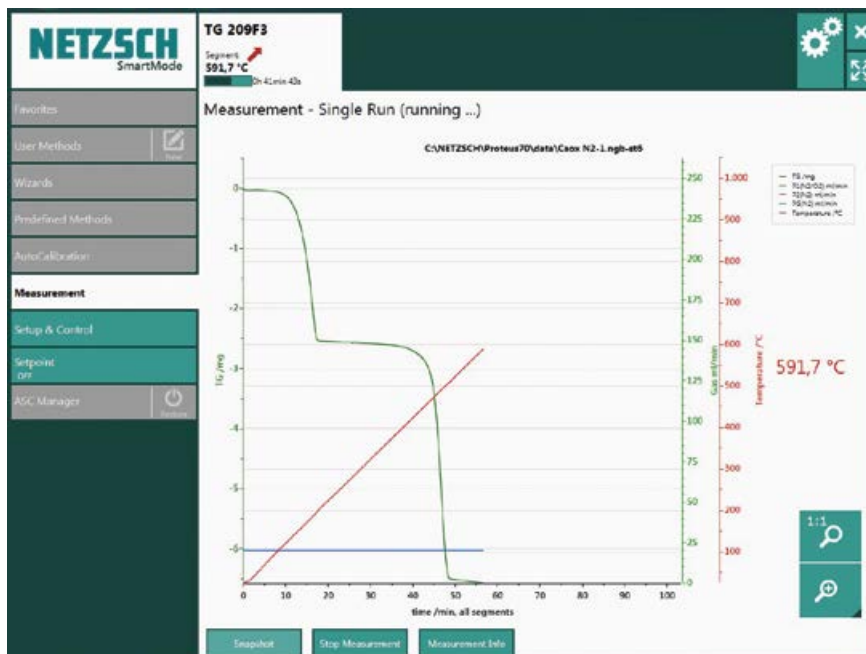
SmartMode besticht durch eine klare Struktur, ein konsistentes Navigationskonzept und leicht zugängliche Schaltflächen. Über Wizards (Messvorlagen) kann eine Messung mit nur wenigen Eingaben gestartet werden. Alternativ können kundenspezifische oder vordefinierte Methoden für eine Messung gewählt werden. Die vordefinierten Methoden basieren auf unterschiedlichen Normen oder Messungen unter reduziertem Druck. Selbst Anwender, die nur wenig Erfahrung mit der Software haben, finden sich sofort zurecht.

ExpertMode – Perfekt für Anfänger und Profis

Für diejenigen, die sich eingehender mit der Software beschäftigen möchten, z. B. für spezifische Einstellungen oder der Definition von Methoden, ist das Wechseln von *SmartMode* in den *ExpertMode* die Lösung. Hier hat der Anwender Zugriff auf die bewährte Funktionalität der *Proteus®*-Software einschließlich Dutzender Eigenschaften und Einstellmöglichkeiten.

AutoCalibration – Volle Konzentration auf die Messaufgaben

Kalibriervorgänge sollten einfach und schnell und – idealerweise – ganz nebenbei möglich sein. *AutoCalibration* ist eine automatische Erstellungsroutine für die Temperaturkalibrierkurve, automatisches Laden der aktuellen Kalibrierung (unter Einbeziehung der gewählten Messbedingungen) und Überprüfung ihrer Gültigkeitsdauer (Watchdog-Funktion).



SmartMode –
Sie müssen kein
Experte in TG sein,
um eine Messung
zu starten!

bis hin zur selbstständigen Auswertung

AutoEvaluation* – Selbstständige Auswertung

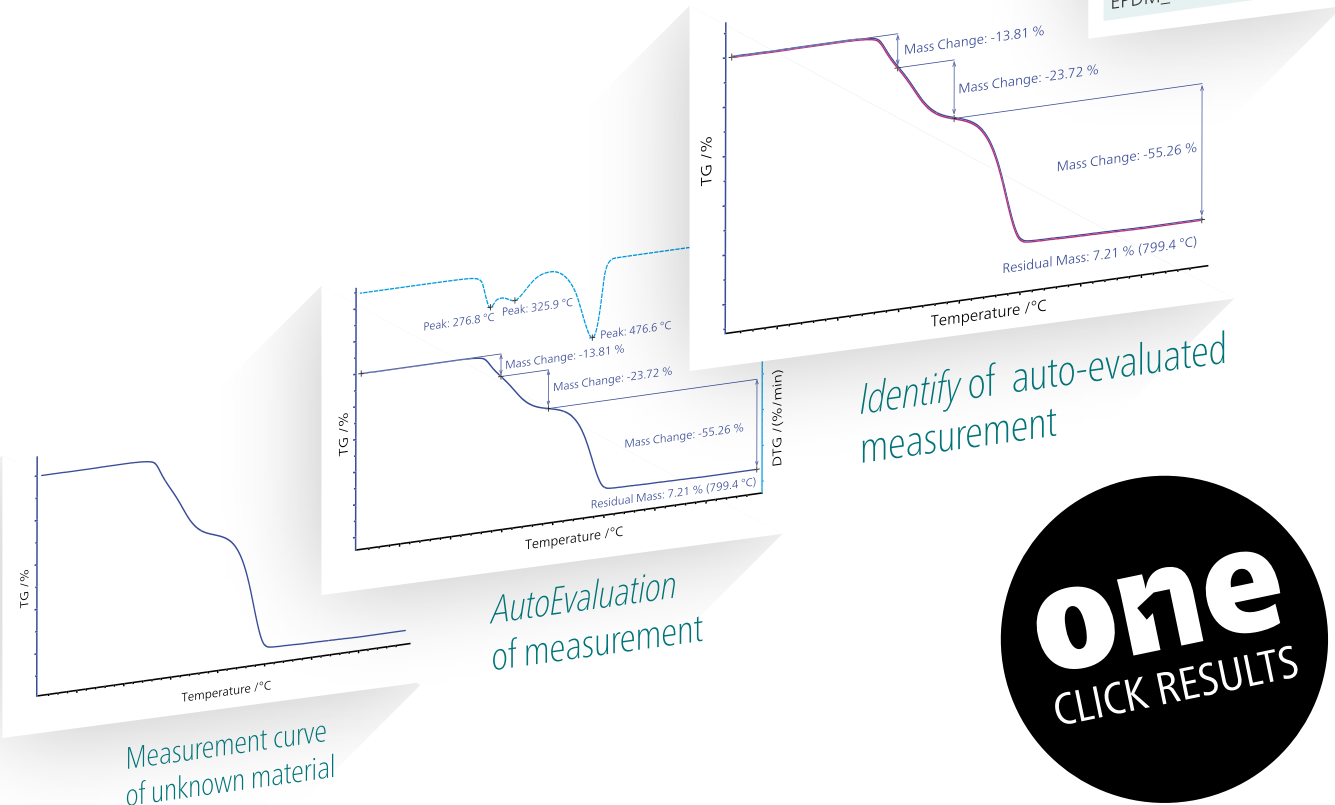
AutoEvaluation ist ein selbstständig agierendes Softwarepaket, das thermogravimetrische Effekte wie Massenänderungen (Zersetzungsreaktionen) ohne Verwendung gespeicherter Auswertemakros auswertet. Selbst bei der Untersuchung unbekannter Materialien arbeitet AutoEvaluation die Kurven unabhängig ab – ohne Mitwirkung des Anwenders. Diese zukunftsweisende Methode erlaubt erstmals anwenderunabhängige und somit objektive Testanalysen. Falls gewünscht, kann die Auswertung auch manuell durchgeführt werden.

Identify* – mit der Datenbank einen Schritt voraus

Die Software Identify sucht nach ähnlichen, in Bibliotheken gespeicherten Ergebnissen und liefert somit unmittelbar eine Interpretation der vorliegenden Messkurve. Mit dem Softwarepaket Identify sind 1:1-Vergleiche mit individuellen Kurven oder Literaturdaten aus ausgewählten Bibliotheken möglich. Ebenso kann geprüft werden, ob eine bestimmte Kurve zu einer gewissen Klasse gehört. Diese Klassen können Datensätze unterschiedlichen Typs des gleichen Materials beinhalten

(z. B. mehrere PE-Typen für Polymere), aber auch Kurven, die im Rahmen der Qualitätskontrolle als PASS oder FAIL eingestuft wurden. Sowohl die Bibliotheken als auch die Klassen sind in ihrem Umfang unbegrenzt und können vom Anwender mit eigenen Messungen und eigenem Wissen erweitert werden.

*optionale Softwareerweiterungen



APPLIKATIONEN

Applikationsbereiche

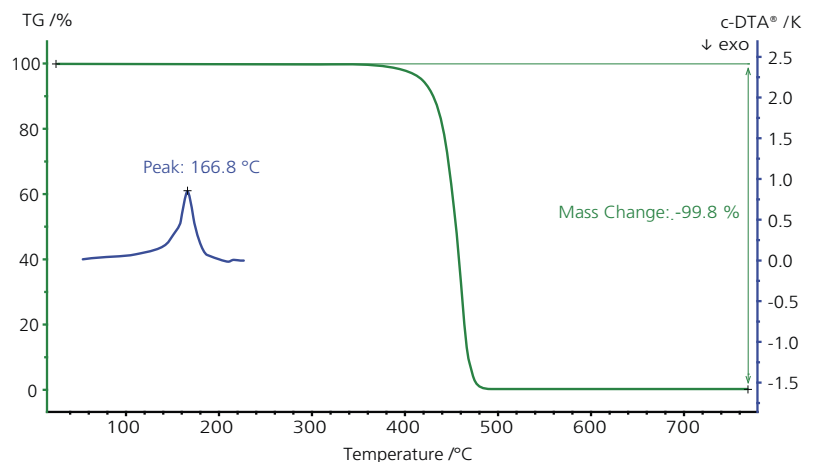
Die TG 209 **F3 Tarsus**[®] dient zur Charakterisierung einer Vielzahl an Materialien und Applikationen einschließlich Polymere, Pharmazeutika, Textilien, Lebensmittel, Kosmetika und weiteren organischen und anorganischen Materialien. Für Forscher im Automobil-, Pharma- und Textilbereich etc. stellt diese Methode ein schnelles und zuverlässiges Untersuchungswerkzeug dar. Die einfache Anwendung, kurze Analysezeiten und standardisierte Auswerteprozesse machen die TG 209 **F3 Tarsus**[®] zum idealen Gerät für Anwendungen in der Qualitätskontrolle und Schadensanalyse.

Informationen aus TG-Messungen

- Massenänderungen
- Identifizierung
- Analyse der Zusammensetzung
- Zersetzung
- Oxidation
- Thermische Stabilität
- Abbauverhalten
- Korrosionsstudien
- Bestimmung des Füllgehalts
- Alterungseinfluss
- Bestimmung des Weichmachergehalts und anderer Additive
- Bestimmung des Feuchtegehalts
- Bestimmung von zugesetztem Ruß
- Bestimmung des Aschegehalts
- Curie-Temperaturen
- Reaktionskinetik
- *Purity Determination*

Mehr Informationen durch kalorische Effekte – c-DTA[®]

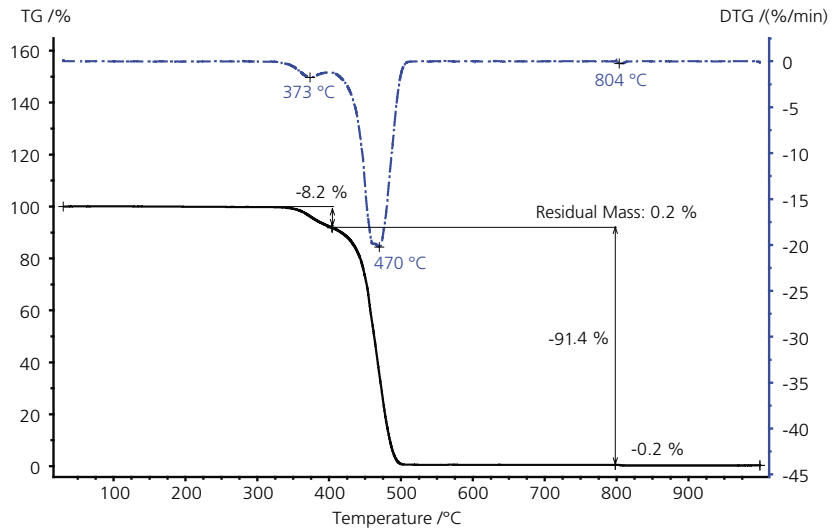
Zusätzlich zu der TG-Kurve zeigt dieser Plot einen mittels des berechneten DTA-Signals, c-DTA[®], detektierten endothermen Effekt in einem Bereich ohne Massenverlust. Die TG-Messung stellt die Zersetzung von PP in Stickstoffatmosphäre dar. Der c-DTA[®]-Peak bei 167 °C entspricht dem Schmelzpeak des Polymers.



Polymer-Identifizierung leicht gemacht – selbst für komplexe Elastomere

Charakterisierung von Butadienkautschuk (BR)

Der Plot zeigt die zweistufige Zersetzung von BR bei 373 °C (DTG-Peak) und 470 °C (DTG-Peak) in Stickstoffatmosphäre (N₂). Die erste Stufe ist auf ungesättigte Alkane, die zweite auf das Aufbrechen der Polymerstruktur zurückzuführen. Beide Zersetzungsstufen zusammen genommen, zersetzt sich die Probe nahezu vollständig. Die geringe Menge an Restmasse in N₂-Atmosphäre besteht vermutlich aus Pyrolyseruß, was sich aufgrund der Tatsache erklären lässt, dass nach Umschalten von Stickstoff auf synthetische Luft bei 800 °C ein Massenverlust von 0,2 % auftritt.

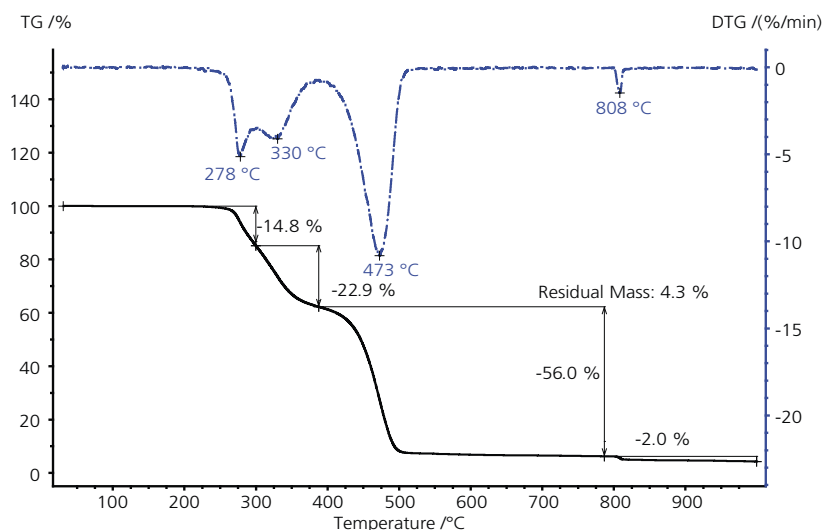


TG-Messung an BR mit einer Heizrate von 10 K/min in Stickstoff (40 ml/min) bis 800 °C; Probeneinwaage: 9,90 mg; Tiegel: Aluminiumoxid.

Einfache Darstellung des komplexen Zersetzungsverhalten von CM mittels TG

Der Messplot illustriert das komplexe Zersetzungsverhalten von CM in Stickstoffatmosphäre bis 800 °C und den anschließenden singularen Massenverlust in synthetischer Luft bis 1000 °C.

Charakteristisch für chlorhaltige Polymere ist die Freisetzung von chlorierten Bestandteilen in der zweistufigen Zersetzung mit DTG-Peaks bei 278 °C und 330 °C. Die Hauptzersetzungsstufe bei 473 °C (DTG-Peak) zeigt den Abbau von PE mit einem Massenverlust von 56 %. Nach Umschalten auf synthetische Luft verbrennt der Pyrolyseruß zu 2 %. Der Aschegehalt beträgt 4,3 %.



TG-Messung an CM mit einer Heizrate von 10 K/min in Stickstoff (40ml/min) bis 800 °C; Probeneinwaage: 9,94 mg; Tiegel: Aluminiumoxid.

Bestimmung des Glasfasergehalts – Polyamid 66

Diese PA66/GF-Probe wurde bis 800 °C mit einer Heizrate von 20 K/min in Inertgasatmosphäre aufgeheizt. Bereits zwischen 70 °C und 250 °C konnte ein deutlicher Massenverlust von 0,8 % bestimmt werden (Bild-in-Bild-Darstellung). Bei ungefähr 360 °C beginnt die Zersetzung (68,8 %) mit einer maximalen Zersetzungsrate bei 418 °C (DTG-Peak). Nach Umschalten auf eine oxidierende Atmosphäre bei 800 °C verbrennt der Pyrolyseruß (1,0 %). Der verbleibende Rückstand entspricht dem Glasfasergehalt (29,4 %).

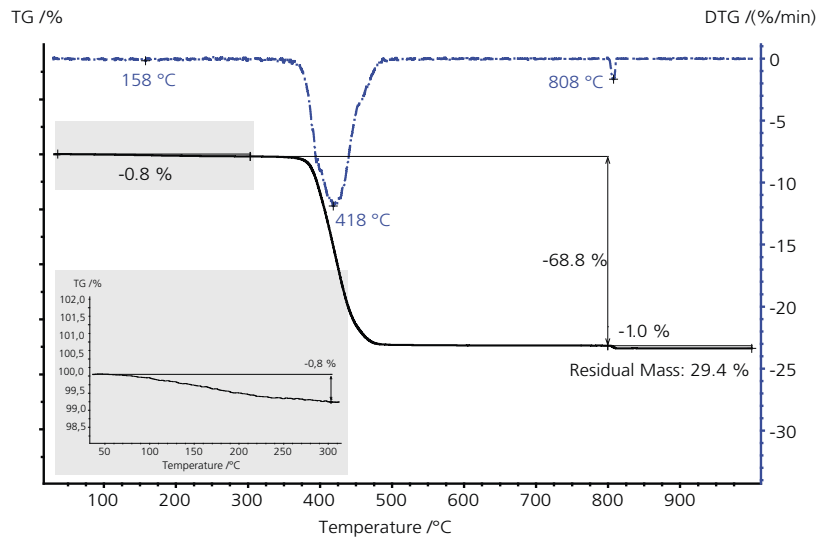
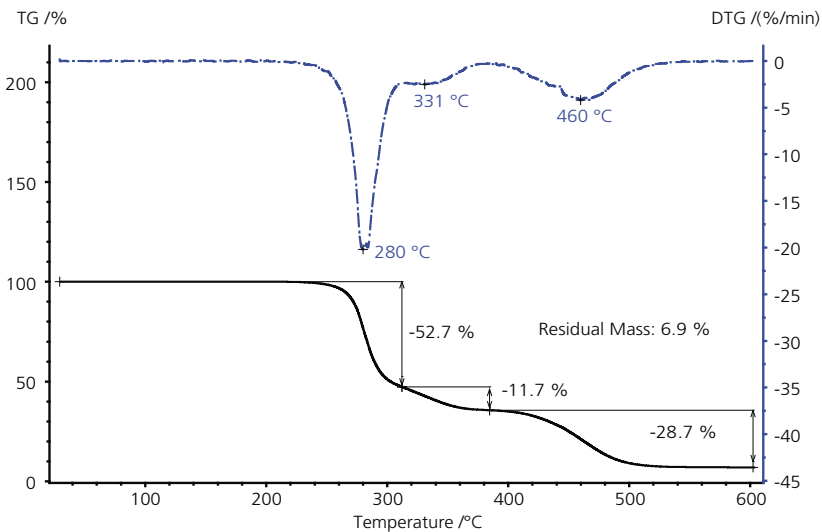


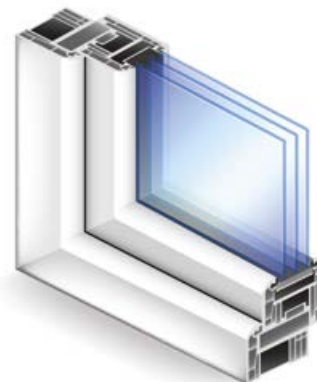
Bild-in-Bild-Darstellung (picture-in-picture) der Messung an PA66/GF, Heizrate von 20 K/min in Stickstoffatmosphäre (40 ml/min); die Messung wurde von 800 °C bis 1000 °C in synthetischer Luft fortgesetzt; Probeneinwaage: 10,47 mg, Tiegel: Aluminiumoxid.

Thermische Stabilität eines modifizierten PVC-U-Profiles



Zersetzungsverhalten von gefülltem PVC-U in Stickstoffatmosphäre (40ml/min) bis 600 °C mit einer Heizrate von 10 K/min; Probeneinwaage: 10,08 mg, Tiegel: Aluminiumoxid

Die Zersetzung einer PVC-U-Probe kann mittels TG-Messung in N₂-Atmosphäre verfolgt werden. Dieser Plot zeigt mehrere Massenverluststufen zwischen Raumtemperatur und 600 °C. Die ersten zwei Massenänderungen (DTG-Peaks bei 280 °C und 331 °C) sind auf die Freisetzung chlorierter Komponenten zurückzuführen. Das anschließende Aufbrechen der Kohlenwasserstoffstruktur findet bei 460 °C (DTG-Peak) statt. Der Rückstand von 6,9 % bei 600 °C besteht aus Pyrolyseruß und einem anorganischen Füllstoff.



ZUBEHÖR



Für jede Applikation der passende Probenträger

Die NETZSCH TG 209 **F3 Tarsus**[®] bietet vielfältige Probenträger – einige mit spezieller Beschichtung für einen hohen Widerstand gegen korrosive Gase, andere für große Proben und weitere hoch empfindliche Probenträger für kombinierte *c-DTA*[®]. Dank des Probenträgerlifts lassen sich alle Probenträger innerhalb weniger Sekunden sicher und einfach herausnehmen.

Austauschbare Probenträger¹

Applikation	Probenträgermaterial	Sensortyp	mögliche Tiegeltypen
Standard-TG	Al ₂ O ₃	Typ P	Ø 7 mm bis 9 mm, 85 µl bis 350 µl
Ideal für <i>c-DTA</i> [®]	Platinel [®]	Typ P (Scheibe)	Ø 7 mm bis 9 mm, 85 µl bis 350 µl
Für korrosive Medien	Al ₂ O ₃	Typ P, geschützt	Ø 7 mm bis 9 mm, 85 µl bis 350 µl

¹ Für ASC: max. Tiegeldurchmesser: 8 mm

Tiegeltypen für unterschiedliche Applikationen^{2,3}

Applikation	Material	Durchmesser / Höhe	Volumen
Standard-TG-Tests	Al ₂ O ₃	6,8 mm/4 mm	85 µl
Standard-TG-Tests, hohe Einwaage oder großes Volumen	Al ₂ O ₃	8,0 mm/8 mm; 9,0 mm/7 mm	300 µl; 350 µl
Speziell für <i>c-DTA</i> [®] , hohe Einwaage oder großes Volumen	Pt/Rh (80/20)	6,8 mm/2,7 mm; 6,8 mm/6 mm	85 µl; 190 µl
Speziell für <i>c-DTA</i> [®] , bis max. 600 °C	Al (99.5 %)	6,7 mm/2,7 mm	85 µl

² Weitere Tiegel aus anderen Materialien sind lieferbar

³ Bitte Verträglichkeit Tiegel-Probe beachten

Technische Daten

TG 209 **F3** Tarsus®

Design	Oberschalig
Temperaturbereich	RT bis 1000 °C
Heizrate	0,001 K/min bis 200 K/min
Kühlzeit	Ca. 25 min (freie Abkühlung in Inertatmosphäre); 12 min in He*
Max. Probeneinwaage/ Messbereich	2 g
TG-Auflösung	0,1 µg
Motorisierter Sensorlift	für einfache und sichere Handhabung beim Sensorwechsel
Auswechselbare Sensortypen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Proben mit hohem Volumen/großer Masse ■ Hohe Empfindlichkeit (c-DTA®) ■ Korrosionsbeständig
Gasatmosphären	Inert, oxidierend, statisch und dynamisch
Gasflussregelung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Integrierte Fritten ■ Massendurchflussregler, frei stehendes Gasregelungssystem (Option)
Zeitgeregelte automatische Evakuierung	Vor der Messung
Temperaturkalibrierung	c-DTA®, auch zur Detektion von endo- und exothermen Effekten; Curie-Standards
Massekalibrierung	Automatisierte Routine über integrierte Masse von 2 g ± 0,006 mg
Kalorische Effekte	Endotherme und exotherme Effekte mittels c-DTA®
Tiegel	Pt, Al ₂ O ₃ , Au, SiO ₂ , Ag, ZrO ₂ , Al etc., weitere auf Anfrage.
Automatischer Proben- wechsler (ASC)	Bis zu 20 Proben (Option)
Tiegel für Betrieb im ASC	Unterschiedliche Typen in einem Probenlager
Software	<ul style="list-style-type: none"> ■ Umfangreiche Auswerteroutinen einschließlich <i>SmartMode</i>, <i>ExpertMode</i>, <i>AutoCalibration</i> ■ <i>AutoEvaluation</i> und <i>Identify</i> (Option)

* Bei 22 °C Umgebungstemperatur; 23 °C Thermostattemperatur





Der Name NETZSCH steht weltweit für umfassende Betreuung und kompetenten, zuverlässigen Service – vor und nach dem Gerätekauf. Unsere qualifizierten Mitarbeiter aus den Bereichen Applikation, Technischer Service und Beratung freuen sich darauf, Ihre Fragen im direkten Gespräch persönlich zu beantworten. In speziellen, auf Sie und Ihre Mitarbeiter zugeschnittenen Trainingsprogrammen lernen Sie, die Möglichkeiten Ihres Gerätes auszuschöpfen.

Zur Erhaltung Ihrer Investition begleitet Sie unser sachverständiges Serviceteam während des gesamten Lebenszyklus' Ihres Analysengerätes.

Expertise in SERVICE

TECHNISCHER SERVICE



Wartung und
Reparatur



Software-
Updates



Austausch-
Service



IQ/OQ-
Dokumente



Kalibrier-
Service



Ersatzteil-
Service



Umzugs-
Service

SCHULUNG



Individualschulung/
Grundlagenseminare

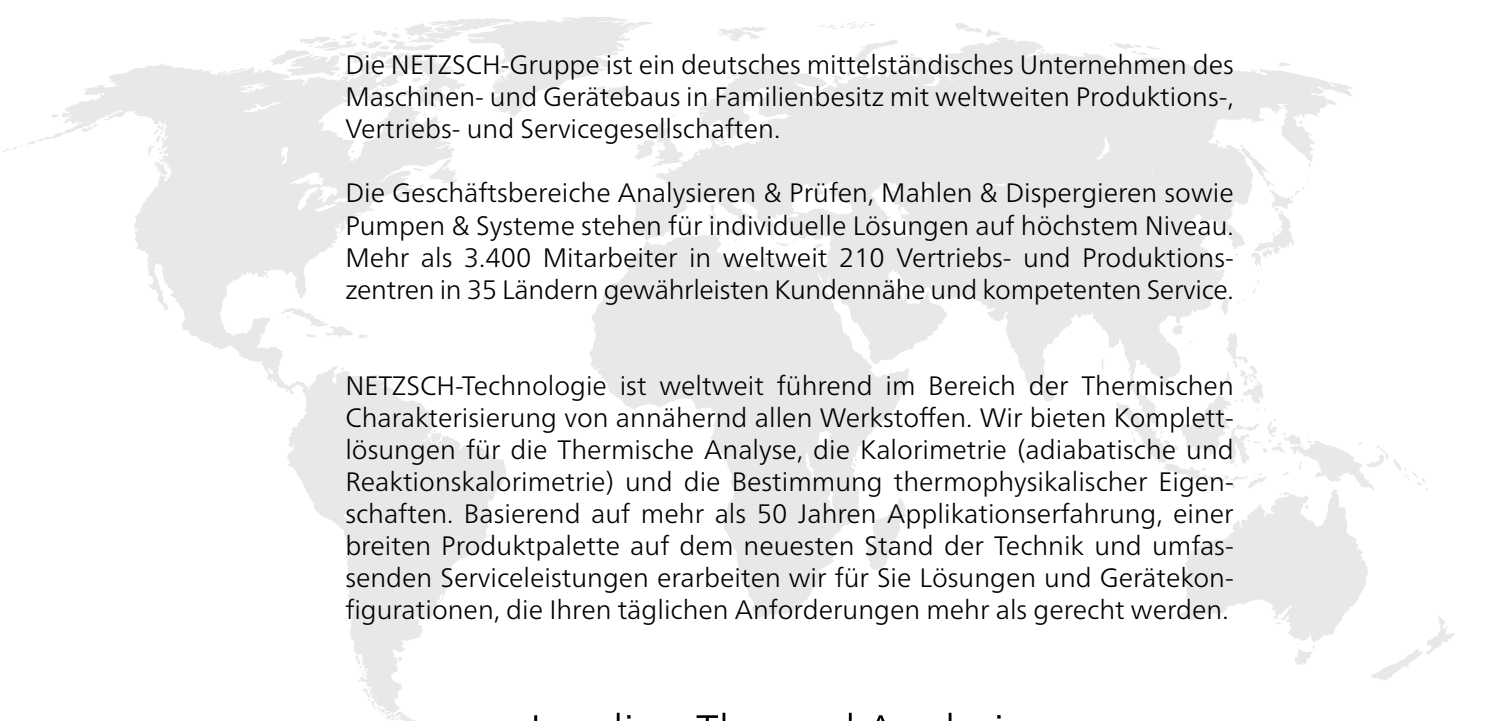


Individualschulung
und Anwenderseminare

LABOR



Applikationsservice
und Auftragsmessungen



Die NETZSCH-Gruppe ist ein deutsches mittelständisches Unternehmen des Maschinen- und Gerätebaus in Familienbesitz mit weltweiten Produktions-, Vertriebs- und Servicegesellschaften.

Die Geschäftsbereiche Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme stehen für individuelle Lösungen auf höchstem Niveau. Mehr als 3.400 Mitarbeiter in weltweit 210 Vertriebs- und Produktionszentren in 35 Ländern gewährleisten Kundennähe und kompetenten Service.

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

Leading Thermal Analysis ■

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

 Prager
Elektronik

Traunstraße 21, A-2120 Wolkersdorf
T: +43 2245 6725 F: +43 2245 559633
office@prager-elektronik.at
www.prager-elektronik.at

NETZSCH®

www.netsch.com