

[ZURÜCK](#)

Folienfolge zum Vortrag

[PowerPoint-Datei](#)

Anwendung von Methoden der Thermischen Analyse zur Charakterisierung von Werkstoffen im Automobilbau

Martin Dohn

BMW AG, Sparte Labor, SL-23

Postfach 1120

D-84122 Dingolfing

Tel.: +49 (0)8731 764595, E-mail: Martin.Dohn@bmw.de

Vortrag zur Verleihung des
TA Instruments-Preises

Preisvortrag, GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim
GEFTA-Jahrestagung Weinheim 1999

Folie 1

1

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

TA-Methoden zur Charakterisierung von Werkstoffen im Automobilbau



- Bruchursachenermittlung an einer Türverkleidung
- Reaktionsverhalten eines Konstruktionsklebers
- Bestimmung des Prozeffensters eines pigmentierten Pulverlackes
- Ermittlung des Quellverhaltens von Automobillackaufbauten
- Risikoabschätzung der Zündfähigkeit von Filterstäuben

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 2

2

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Bruchursachenermittlung optisches Erscheinungsbild



Abb. 1: Türverkleidung
(Übersichtsaufnahme)

Abb. 2: ausgebrochener Türspiegel
(Detailaufnahme)



Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 3

3

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Bruchursachenermittlung TG-Untersuchung

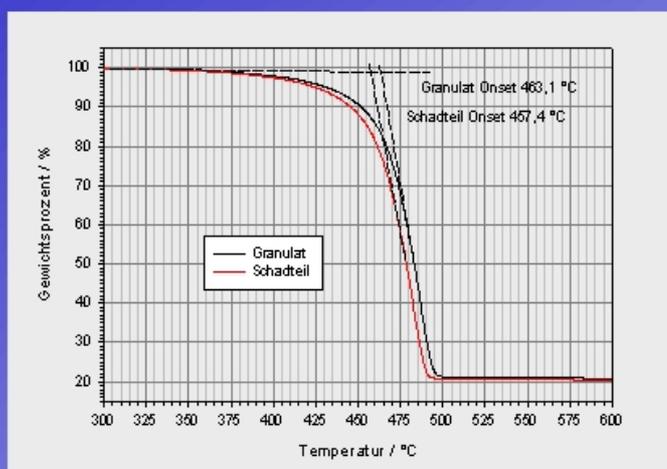


Abb. 4: Bestimmung des thermischen Abbauverhaltens
mittels Thermogravimetrie

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 4

4

[zurück](#)

Bruchursachenermittlung

Ergebniszusammenfassung



- Schadtteil kristallisiert im Vergleich zum Granulat bei geregelter Abkühlung bei höheren Temperaturen →
- Thermischer Abbau des Schadtteils beginnt früher als bei Granulat →
- REM-Aufnahmen zeigen ausgeprägte Fließlinien, Porosität und partielle EPDM-Ausscheidungen →
- Fließlinien deuten auf zu geringe Werkzeugtemperatur hin
- Porosität weist auf zu hohe Temperatur in der Plastifizierungszone des Extruders hin bzw. auf zu niedrige Werkzeugtemperatur
- EPDM-Ausscheidung charakteristisch für Einwirken hoher Scherkräfte
- Thermische Schädigung durch Scherkräfte erklärt Verhalten des Polymers bei DDK- und TG-Untersuchung

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 5

5

[zurück](#)

Bruchursachenermittlung

Bruchmorphologie (REM)



Abb. 5: REM-Aufnahmen der Bruchfläche

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 6

6

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Konstruktionskleber

isotherme Reaktionsvoraussage



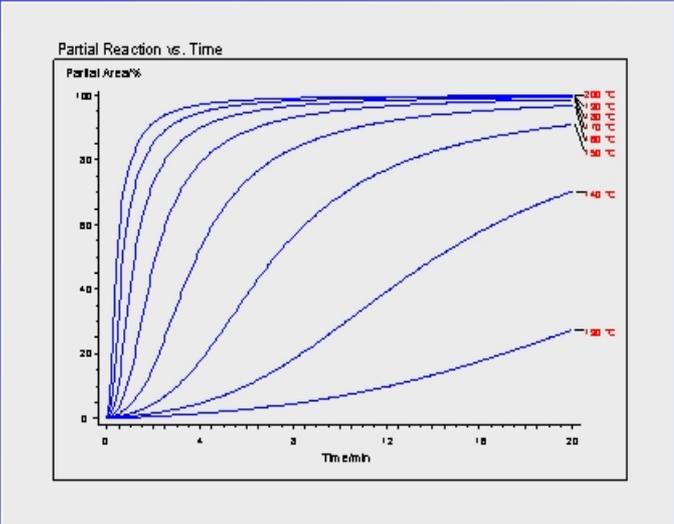


Abb. 7: Partial Area-Voraussage nach Kinetik Anpassung

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 7

7

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Konstruktionskleber

DDK-Messung und Kinetikmodell



- Konstruktionskleber auf Epoxidharz-Basis
- gewünschte Vernetzung soll während erstem Laktrocknerdurchlauf erfolgen
- einfache Überprüfung der Prozeßtauglichkeit mittels DDK-Messung und Kinetik Anpassung

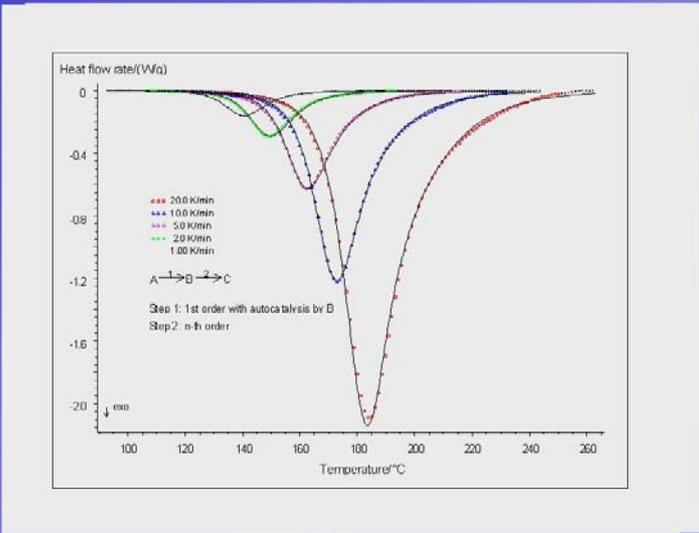


Abb. 6: Wärmestromkurven für Heizraten von 1, 2, 5, 10, 20 K/min, gemessen und berechnet

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 8

8

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Konstruktionskleber isotherme Reaktionsvoraussage

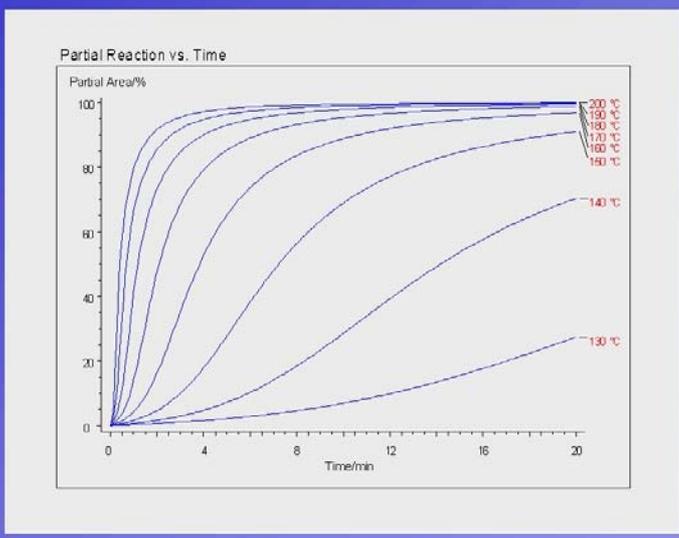


Abb. 7: Partial-Area-Voraussage nach Kinetikanpassung

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 9

9

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Konstruktionskleber Simulation einer Lacktrocknerkurve

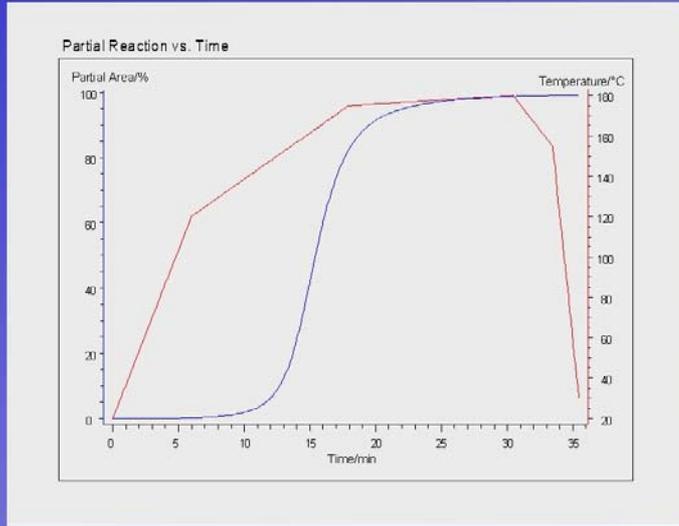


Abb. 8: Reaktionsverhalten bei einer nachgeahmten, realen Objekttemperaturkurve aus dem Lacktrockner

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 10

10

[zurück](#)

Konstruktionskleber Korrelation $T_g = f(\text{Umsatz})$

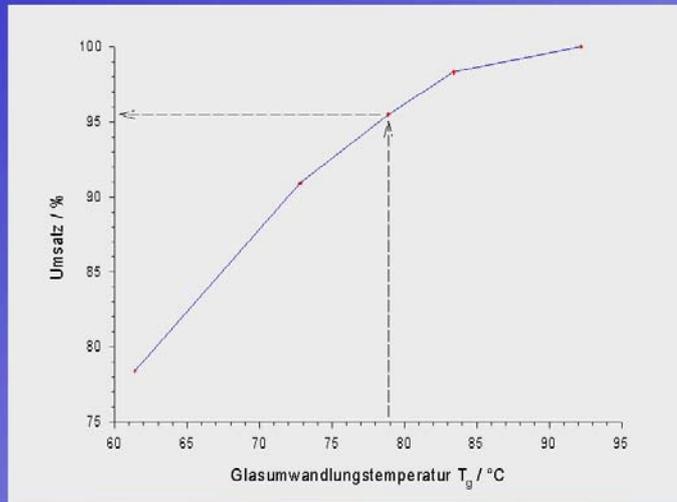


Abb. 9; Korrelation der erhaltenen Partial-Area-Werte mit zusätzlich bestimmten Glasumwandlungstemperaturen

Prozeßfenster ESL Charakterisierung mittels DDK-Messung



- Pigmentierter Pulverlack zur Einschichtlackierung (ESL)
- Zusammensetzung basierend auf Terephthal-Isophthalsäure-Copolyestern

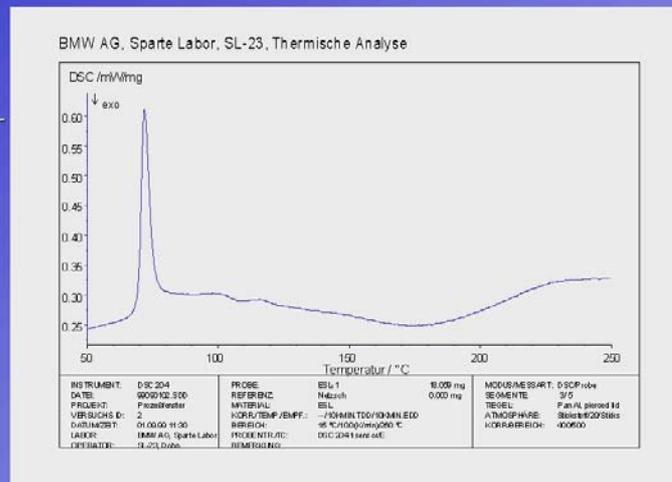


Abb. 10: Wärmestromkurve des ESL-Pulverlackes bei $\beta=10$ K/min

Prozeßfenster ESL Relaxation

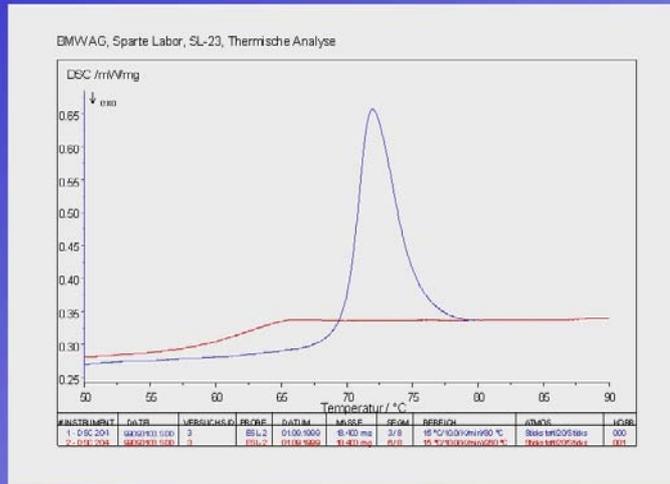


Abb. 11: 1. Aufheizung im Vergleich zu 2. Aufheizung nach raschem Abkühlen von 80 °C

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 13

13

[zurück](#)

Prozeßfenster ESL Kinetikanpassung Vernetzung

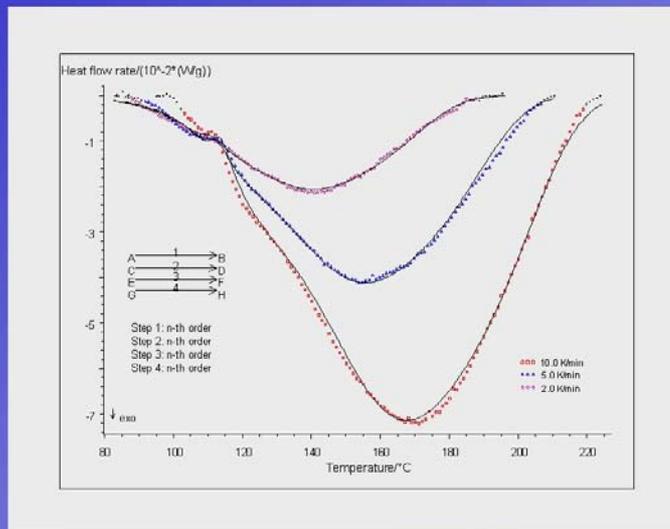


Abb. 12: Wärmestromkurven gemessen und berechnet für 2, 5, 10 K/min Heizrate

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 14

14

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Prozeßfenster ESL

T_g-Bestimmung an Testeinbränden



- Kinetikmodell ergibt möglichen Temperaturbereich von 180 °C bis 220 °C und dazugehöriges Zeitfenster von 5 min - 15 min für Vernetzungsreaktion
- Überprüfung der idealen Prozeßparameter durch Bestimmung der Glasumwandlungstemperatur an Testeinbränden

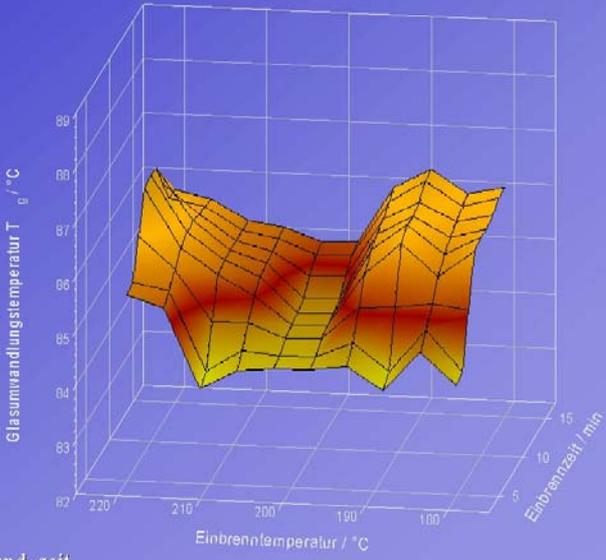


Abb. 13: T_g als Funktion von Einbrenntemperatur und -zeit

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 15

15

[zurück](#)

BMW AG
Sparte Labor
16.09.1999

Prozeßfenster ESL

Thermogravimetrie



- Bei hohen Einbrenntemperaturen ist ein erhöhter Masseverlust während des Einbrands feststellbar
- Thermogravimetrie-Untersuchungen an Testeinbränden zur Absicherung des Temperaturfensters von oben her
- bei hohen Einbrenntemperaturen ist ein früherer Abbaubeginn zu detektieren

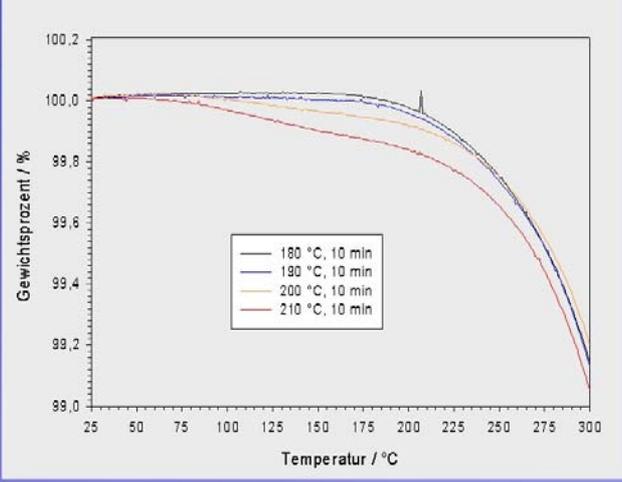


Abb. 14: Beginn des thermischen Abbaus

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 16

16

[zurück](#)

Prozeßfenster ESL Kinetik des thermischen Abbaus

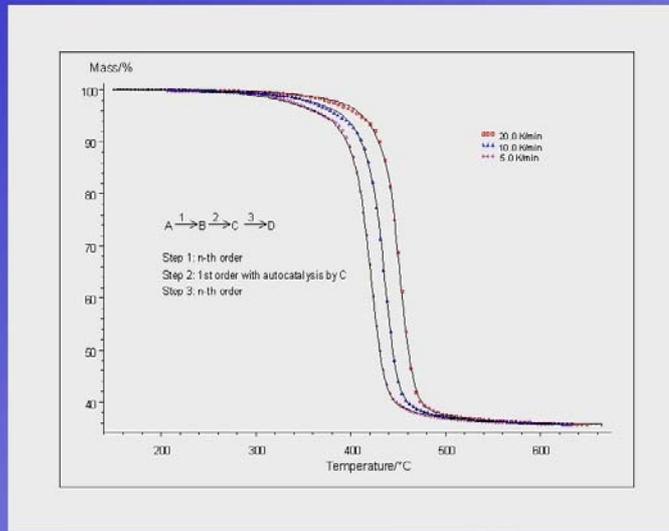


Abb. 15: Abbauverhalten eines Teststeinbrandes (190 °C, 10 min) bei 5, 10, 20 K/min Heizrate

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 17

17

[zurück](#)

Prozeßfenster ESL Voraussage thermischer Abbau

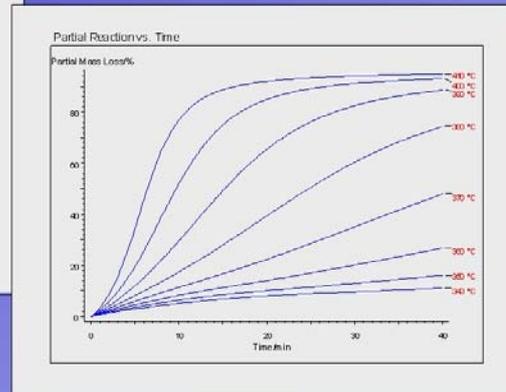
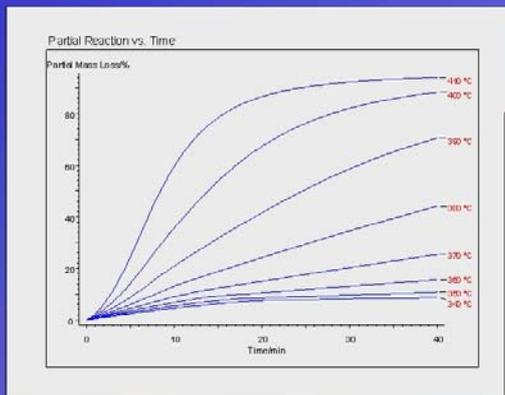


Abb. 16: Isoumsatz-Kurven aus Kinetikmodell für Teststeinbrände bei 180 °C und 210 °C (jeweils 10 min isotherm)

Preisvortrag GEFTA-Jahrestagung 1999, Weinheim

Folie 18

18

[zurück](#)

Prozeßfenster ESL

Ergebniszusammenfassung



- **Kinetikmodell liefert mögliche Einbrenntemperaturen von 180 °C - 220 °C bei Isothermzeiten von 5 min - 15 min**
- **Überprüfung der Voraussagen durch T_g -Messung an Testeinbränden**
- **Thermogravimetrie-Untersuchung und Abbaukinetik beschränken Einbrenntemperatur auf maximal 190 °C, da oberhalb thermische Schädigung des Lackes eintritt**

Quellverhalten von Automobillackierungen



- Zur Bestimmung des Quell- und Wasseraufnahmeverhaltens werden Komplettlackierungen (KTL, Füller, Basislack, Klarlack) auf Stahl in Wasser gelagert und nach unterschiedlichen Zeiträumen mittels TMA vermessen

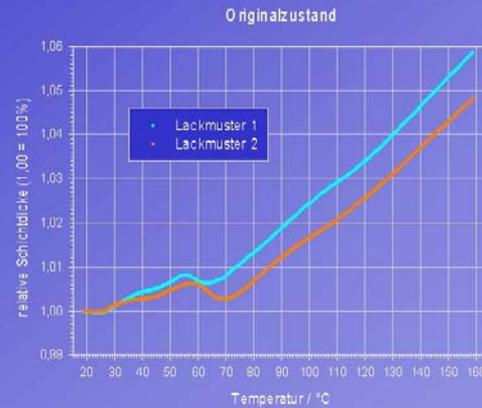
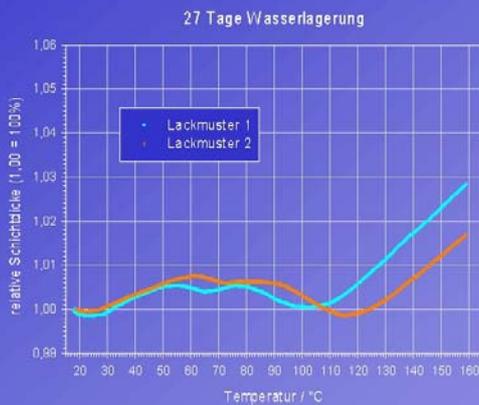


Abb. 17: TMA-Messung zweier Lackaufbauten mit $\beta=10 \text{ K/m}$ in im Originalzustand und nach 27 Tagen Wasserlagerung

Risikoabschätzung der Zündfähigkeit von Filterstäuben



- Untersuchungen mittels Thermogravimetrie dienen zu einer ersten Risikoabschätzung der Zündfähigkeit von Filterstäuben, um entsprechende Vorsichtsmaßnahmen einleiten zu können
- die Messungen erfolgen mit der gerätetechnisch maximal möglichen Heizrate in Sauerstoff-Atmosphäre

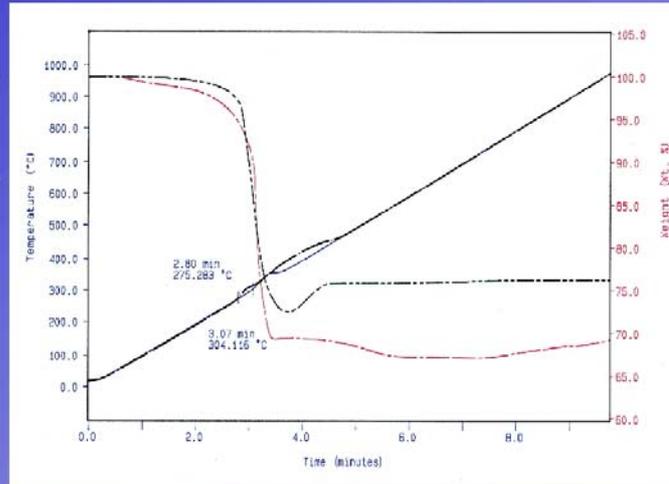


Abb. 18: Thermogravimetrie-Untersuchung an Filterstäuben

Zukunftsperspektiven



- **Entwicklung eines virtuellen Lacktrockners**
 - Bestimmung der Wärmeleitfähigkeiten und Wärmekapazitäten der beteiligten Werkstoffe
 - Vernetzungskinetik des Lackes aus DDK-Messungen
 - Aufzeichnung der Temperaturentwicklung auf der Karosserie
 - Erstellung eines Gesamtmodells des Lackeinbrandes aus obigen Teilergebnissen mit Hilfe von CAD-Tools
- **Optimierung gegenwärtiger Werkstoffuntersuchungen im Hinblick auf Langzeitstabilität**
 - Korrelation der Materialcharakteristiken aus Feldversuchen, Freibewitterung und zeitgeraffter Sonnensimulation mit Hilfe der thermischen Analyse
 - daraus resultierend eine Verkürzung der Entwicklungszeiten verbunden mit detaillierter Werkstoffkenntnis