

**Prüfung an Kunststoffen  
z.B. PETP oder PBTP**



## Prüfung von Kunststoffen

### Messproblem

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal für Kunststoffe ist das mittlere Molekulargewicht der Polymermoleküle. Das Molekulargewicht kennzeichnet die Kettenlänge der Polymermoleküle, welche entscheidenden Einfluss auf die Verarbeitbarkeit eines Kunststoffes hat.

Die Beanspruchung des Kunststoffes durch den Verarbeitungsprozess kann zu Veränderungen der Polymerketten (in der Regel Kettenabbau) führen. Dadurch können die Eigenschaften des Fertigteiles unter Umständen so stark verändert werden, dass es für seinen Einsatzzweck nicht mehr geeignet ist.

In der Polymerforschung und –entwicklung werden neue Polymere entwickelt und hergestellt. Auch hier ist zur Charakterisierung des Endproduktes die Kettenlänge von entscheidender Bedeutung.

### Daraus resultieren folgende Messaufgaben:

#### Polymer-Forschung und –Entwicklung

- Ermittlung von mittlerer Kettenlänge bzw. mittlerem Polymerisationsgrad der Polymermoleküle
- Ziele:
  - Charakterisierung des Endproduktes
  - Optimierung seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften
  - Auslegung von Polymerisationsanlagen
  - Festlegung von Prozessparametern

#### Polymerchemie (Polymerherstellung)

- Ermittlung von mittlerer Kettenlänge bzw. mittlerem Polymerisationsgrad des Endproduktes (Rohgranulat)
- Ziele:
  - Charakterisierung des Endproduktes
  - Qualitätssicherung
  - Optimierung der Prozessparameter
  - Verhinderung der Produktion von Fehlchargen

#### Polymerverarbeitung

- Charakterisierung der Eigenschaften und der Verarbeitung des Ausgangsstoffes
- Ziele:
  - Auslegung von Anlagen zur Polymerverarbeitung
  - Festlegung optimaler Prozessparameter
- Ermittlung der Chemischen und physikalischen Eigenschaften des Fertigteils
- Ziele:
  - Qualitätssicherung
  - Optimierung der Prozessparameter

## Lösung:

Die Ermittlung von Kettenlänge, Verarbeitbarkeit und Qualität eines Kunststoffes erfolgt durch Viskositätsmessungen an Lösungen des Kunststoffes in geeigneten Lösemitteln mittels Kaillarviskosimetern (Lösungviskosimetrie). Über Lösemittel, Viskosimeter sowie zur Anwendung kommende Normen informiert die folgende Tabelle.

Polymer	Abkürzung	Lösemittel	Kapillare	DIN
Polyamid	PA	Ameisensäure (90%) Schwefelsäure (96%) m-Kresol	I, Mikro Ic II, Micro Iic II	53 727 53 727 53 727
Polycarbonat	PC	Dichlormethan	Oc	7744, Teil 2
Polyethylenterephthalat Polybutylenterephthalat	PET PBT	Phenol / 1,2-Dichlorbenzol (1:1 Gewichtsteile) 2-Chlorphenol m-Kresol Dichloressigsäure	Ic  Ic II II, Mikro IIc	53 728, Teil 3
Polyvinylchlorid	PVC	Cyclohexanon Tetrahydrofuran	I Ic	53 726
Polyethylen Polypropylen	PE PP	Decahydronaphthalin (Decalin)	I	53 728, Blatt 4
Polystyrol	PS	Toluol o-Xylol 1,2-Dichlorbenzol	I I I	7741, Teil 2
Polymethylmethacrylat	PMMA	Chloroform Acetophenon	Oc I	7745, Teil 2
Celluloseacetat	CA	Dichlormethan/ Methanol (9:1 Volumenteile)	Oc	53 7228, Blatt 1

Weitere Informationen zum Thema Viskosimetrie erhalten Sie über unsere Broschüre "Theorie und Praxis der Kapillarviskosimetrie".

Die **Viskositätszahl** (zur Definition siehe die nachfolgende Tabelle) gibt Auskunft über die Verarbeitbarkeit eines Kunststoffes. Sie spielt somit eine entscheidende Rolle bei der Qualitätskontrolle des Granulates. Weiterhin ist es wichtig, die Viskositätszahl des fertigen Kunststoffteiles zu überprüfen.

Meist ist die Angabe der Viskositätszahl oder der **relativen Viskosität** (siehe nachfolgende Tabelle) als Qualitätskriterium bei eingefahrenen Anlagen ausreichend. Hierzu ist die Ermittlung der Viskosität des Lösemittels sowie der Kunststofflösung (Konzentration meist 0,5 g/100 ml) notwendig.

Anstelle der Viskositätszahl wird auch oft der **K-Wert nach Fikentscher** bestimmt.

Die Ermittlung des mittleren Molekulargewichtes der Polymermoleküle erfolgt über die **Grenzviskositätszahl** (siehe nachfolgende Tabelle). Sie besondere Bedeutung in Bereichen der Forschung und Entwicklung von Polymeren sowie von Verfahren und Anlagen zu ihrer Herstellung und Verarbeitung. Weiterhin ist sie ein wichtiges Merkmal zur Qualitätssicherung bei speziellen Applikationen, wie beispielsweise der Kunststoff-Wiederverwertung sowie der Verarbeitung von Kunststoff-Rezyklaten.

Zur Ermittlung der Grenzviskositätszahl werden Polymerlösungen unterschiedlicher Konzentrationen hergestellt (sog. Verdünnungsreihen). Die Grenzviskositätszahl ergibt sich aus der Extrapolation der Viskositätszahlen auf die Konzentration = 0.

## Bezeichnungen und deren mathematische Größen

Größe	Bezeichnung
$\eta$	dynamische Viskosität
$\nu = \eta / \rho$	kinematische Viskosität
$\eta_r = \eta / \eta_s$	relative Viskosität, Viskositätsverhältnis
$(\eta - \eta_s) / \eta_s = \eta_r - 1$	relative Viskositätsänderung, spezifische Viskosität
$J_v = 1 / c \cdot (\eta - \eta_s) / \eta_s$	Staudinger-Funktion, Viskositätszahl
$\text{Ln} (\eta / \eta_s) / c$	inhärente Viskosität
$J_g = \lim_{c \rightarrow 0} [1 / c \cdot (\eta - \eta_s) / \eta_s]$	Staudinger-Index, Grenzviskositätszahl, intrinsische Viskosität

## Erforderliche Grundausrüstung



Die Grundausrüstung sollte den Anforderungen eines modernen chemischen Labors entsprechen. D.h., die Arbeitsflächen sollten lösemittelfest sein und es sollte ggf. eine Absaugvorrichtung (Laborabzug) für ev. entstehende Lösemitteldämpfe vorhanden sein.

Das Bild zeigt einen AVSPro-Probenautomaten zur Bestimmung der Lösungs-Viskosität an hochpolymeren Kunststoffen von SCHOTT Instruments GmbH in einer dafür geeigneten Umgebung.

## Erforderliche Ausrüstungs-Gegenstände

ViscoSystem	Typ: AVS 360, AVS 370 oder AVS 470
Durchsichtthermostat	Typ: CT 53/ CT 54
Durchflusskühler	Typ: CK 300
eichfähiges Kontrollthermometer	Typ: VZ 7101 (für 25°C)
Messstativ	Typ: AVS/SK (PVDF)
PTFE-Schlauch-Kabel-Kombination	Typ: VZ 5622
Überlaufsicherung	Typ: VZ 6245 (AVS 360), VZ 8552 (AVS 370 oder AVS 470)
Ubbelohde-Viskosimeter (Normalausführung)	Typ: 530 20 oder passend gem. der Applikation
Mikro-Ubbelohde-Viskosimeter	Typ: 538 23 oder passend gem. der Applikation
Software	Typ: WinVisco 370
Datenkabel	Typ: TZ 1599 (AVS 360), VZ 7116 (AVS 370)
als Option:	halbautomatische Absaugung (Bitte fordern Sie hierfür ein detailliertes Angebot an.)

## Benötigte Laborgeräte:

(angegebene Bestellnummern lt. SCHOTT Laborglas-Katalog)

**Analysenwaage** (Auflösung min. 1 mg)

**Magnetrührer** und/oder **Schüttelgerät**

**Wasserstrahl-** oder eine andere **Vakuumpumpe** mit Anschluss an eine Saugflasche

**Wäggläschen** (Nr.: 24 210 ..)

**Glastrichter**, versch. Durchmesser (Nr.: 21 331 ..)

**Spatel, Pinzetten**

**Messkolben** 50 ml, 100 ml (Nr.: 21 678 17, 21 678 24)

**Saugflaschen** (250 ml) mit passenden Gummikonus (Nr.: 21 201 36, 29 202 27)

**Filtertiegel** 30 oder 50 ml, z.B. der Porosität 2 (Nr.: 25 851 22, 25 851 32) mit passenden Vorstößen (Nr.: 24 316 26, 24 316 32) und Gummimanschetten (29 201 26, 29 201 31)

**Flaschen** aus Glas mit Gewinde 100 ml (Nr.: 21 801 24)

**Pasteur-Pipetten**

verschiedene **Magnetrührstäbchen (PTFE-beschichtet)**

**pH-Papier/ pH-Stäbchen**

verschiedene **Bechergläser** (Nr.: 21 106 .. oder 21 116 ..)

**Abfallbehälter** für Säuren

## Benötigte Chemikalien:

konzentrierte Schwefelsäure, m-Kresol, Dichlorbenzol-Phenol, Dichlor-Essigsäure (gem. Applikation)  
(siehe hierzu die Beispiel-Tabelle auf Seite 3)

destilliertes oder entionisiertes Wasser

Aceton (p.a.) zum schnellen trocknen der Viskosimeter

Die Probenvorbereitung sollte nicht ohne z.B. Analysenwaage, beheizbaren Magnetrührer oder Schüttelgerät usw. durchgeführt werden.

Grund:

Nur eine exakte Lösungs-Konzentration garantiert zuverlässige Messwerte!



## Probenvorbereitung:

In der Praxis werden zwei unterschiedliche Arten der Probenvorbereitung angewandt.

### Zum Beispiel – Polyester (PETP / PBTP):

1. Eine Probe von  $(0,25 \pm 0,002)$  g des zu untersuchenden PETP oder PBTP wird auf 0,1 mg gewogen und quantitativ in einen 50-ml-Messkolben eingefüllt. Anschließend werden 25 ml Lösemittel hinzugefügt und die Probe darin im Wasserbad mit einer Temperatur von etwa  $80^\circ\text{C}$  unter Erwärmen und Schütteln vollständig gelöst. Dabei ist zu beachten, dass langes Erwärmen einen thermischen Abbau des PETP oder PBTP verursachen kann. Um extrem lange Lösezeiten zu vermeiden, kann die Lösetemperatur unter Verwendung eines Ölbades etwas heraufgesetzt werden. Jedoch ist von Fall zu Fall durch Versuchsreihen festzustellen, welche Kombination von Lösetemperatur und -zeit – möglichst ohne thermischen Abbau zu verursachen – anzuwenden ist. Für Schiedsfälle ist die Lösezeit und -temperatur zu vereinbaren.  
Nach Abkühlen der Lösung auf  $(20 \pm 0,1)^\circ\text{C}$  wird der 50-ml-Messkolben bis zur Messmarke mit Lösemittel der gleichen Temperatur aufgefüllt und die fertige Lösung durch Schütteln gut gemischt.



Die vier Schritte einer konventionellen Probenvorbereitung mittels „kalibrierter Messkolben.“

2. In jüngerer Zeit werden zur Probenvorbereitung immer häufiger Kolbenbüretten zur Dosierung des Lösemittels verwendet (siehe z.B. unsere verfügbare T 110 plus). Hierbei wird die Probe meist in ein beliebiges Gefäß eingewogen und entsprechend der Einwaage die erforderliche Lösemittelmenge zudosiert. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass hier zum Lösen der Probe ein beheizbarer Magnetrührer oder ein Thermoblock verwendet werden kann.  
**Der Vorteil ist klar erkennbar!**  
**Die umständliche und zum Teil gefährliche manuelle Handhabung von aggressiven oder korrosiven Lösemitteln entfällt fast vollständig!**  
Für die weitere Bearbeitung der Probe gilt das Gleiche wie unter 1. beschrieben.

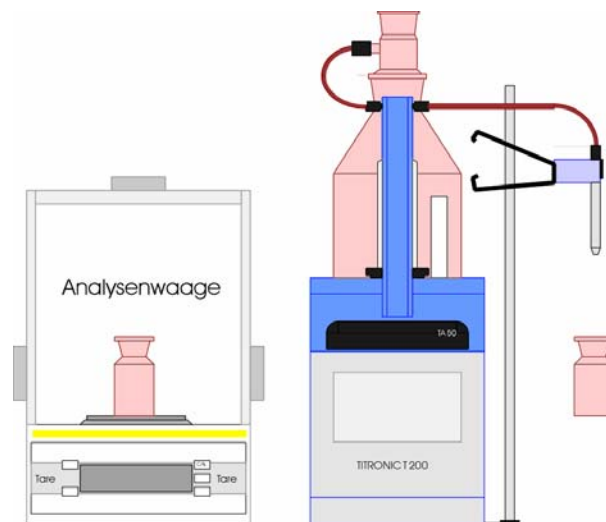


Das folgende Bild zeigt die modernste Art der Probenvorbereitung.  
Bei dieser Verfahrensweise werden die in der Praxis größten Fehlerquellen bei der Probenvorbereitung weitgehend minimiert.

Über eine Analysenwaage werden die Einwiegedaten direkt an ein Probenvorbereitungssystem (intelligente Bürette oder PC-System) übermittelt.  
Das Probenvorbereitungssystem berechnet die erforderliche Lösemittelmenge entsprechend der Polymer-Einwaage und schließt somit einen Fehler in der Probenvorbereitung (exakte Lösungs-Konzentration) weitgehend aus.

Grund:

Eine sehr zeitaufwendige und schwierige Einwaage der erforderlichen Polymermenge (sie sollte auf **1 mg [0,001 g]** genau sein) kann somit entfallen.



Erfahrungswerte aus der industriellen Praxis bestätigen, dass die Verwendung von Kolbenbüretten bei der Probenvorbereitung den möglichen Fehler einer abweichenden Lösungskonzentration auf ein Minimum reduzieren.

## **Die nachfolgende Verfahrensanweisung ist authentisch und dient als Beispiel.**

### **Zweck**

Diese Anweisung dient zur Bestimmung der konzentrationsbezogenen, relativen Viskositätsänderung von PBT und PET in einer verdünnten Lösung.

### **Geltungsbereich**

Die Arbeitsanweisung gilt für die T... Electronics A.. GmbH, Standort D..... Kunststoff-Labor ab dem Ausgabedatum und ersetzt die Arbeitsanweisung QA/A..-KSL-001-D/11-00, Ausgabedatum 04.02.2003.

### **Änderungsdienst**

Zuständig ist der Leiter des Kunststofflabors.

### **Probennahme**

### **Polymerspritzgussteile**

Siehe Arbeitsanweisung zur fertigungsbegleitenden Prüfung an Polymerspritzgussteilen und Polymerrohstoffen AA / QA 6.003 / 18-04.

### **Polymerrohstoffe**

Siehe Arbeitsanweisung zur fertigungsbegleitenden Prüfung an Polymerspritzgussteilen und Polymerrohstoffen AA / QA 6.003 / 18-04 und Arbeitsanweisung zur Prüfung von Polymerwerkstoffen des Wareneinganges AA / QA 6.002 / 18-04.

## Prüfgeräte

- 50 ml Erlenmeyerkolben mit NS 19 Vollglas Schliffstopfen
- Rührmagnet (20mm) mit PTFE Überzug
- Heizplatte mit Magnetrührer
- Dosiergerät z.B. Fortuna Optifix 3 - 30 ml
- Laborzentrifuge mit ca. 80 ml Zentrifugengläser
- Durchsichtthermostat mit Wasserfüllung und Kontrollthermometer
- Ubbelohde-Kapillarviskosimeter mit Kapillare Ic bzw. Ia
- Automatischer Viskositätsmessplatz AVS 360 und Messstativ AVS/S, Fa. SCHOTT
- Glasfiltertiegel Porosität 1 D2
- Analysenwaage, Messgenauigkeit 0,0001 g
- Auswerteeinheit (PC)
- Auswertprogramm WinVisco, Ausgabedatum 05.02.2003.

## Prüfmittel

### Lösungsmittel

Mischung aus 50 Gew. % Phenol und 50 Gew. % 1,2 - Dichlorbenzol ( zur Extraktionsanalyse) z.B. von Fa. Baker Bestellnummer.: 7227;

Die Mischung ist in braunen, gut verschließbaren Glasflaschen bei 18 - 28 °C aufzubewahren. Nach längerem Stehen Flaschen gut schütteln.

Bei tiefen Temperaturen kann Phenol auskristallisieren; durch Erwärmen im Wasserbad kann das Phenol wieder in Lösung gebracht werden.

## Durchführung

### Blindwertermittlung

**Von jeder neu geöffneten Flasche Lösungsmittel ist mit jeder eingesetzten Kapillare der Lösungsmittelblindwert bei den geltenden Temperaturen zu ermitteln.**

Ca. 16 ml des Lösungsmittels mittels Dosiergerät in das saubere, trockene Kapillarviskosimeter einfüllen (Füllhöhe siehe Abb. Seite 6). Anschließend die Kapillare in das Messstativ einklemmen und überprüfen ob die Badtemperatur der geforderten Temperatur entspricht. Anschließend den Schlauch mit rotem Gummihut auf Rohr Nr. 2 und den Schlauch mit schwarzem Gummihut auf Rohr Nr. 1 stecken (siehe Abb. Seite 6).

Anschließend starten des Messplatzes mittels Auswertprogramm WinVisco 1.1 D.

Vorgehensweise und Einprogrammierung der einzelnen Prüfparameter siehe Handbuch (Hardcopy) Hilfsprogramm WinVisco 1.1 D.

### Probe / Probenvorbehandlung

Bei Granulaten findet keine Vorbehandlung statt. Es werden die vorliegenden Granulatkörner zur Bestimmung eingesetzt. Formteile werden mittels Seitenschneider (entspr. DIN 53733) auf Granulatgröße zerkleinert.

Es wird immer aus den einzelnen Musterschüssen bzw. eines Musters ein Blend des als kritisch eingestuftes Bereiches gebildet. Kritische Bereiche sind bei Muster aus laufender Produktion oder Neuabmusterungen:

Filmscharniere, Rasthaken, ggf. dünne Wandungen, oder Bereiche bei denen es bereits zu Reklamationen kam.

Bei Reklamationsmuster: Reklamationsbereiche;



## Probenvorbereitung / Durchführung der Messung

### Intrinsic viscosity

200 mg (+/- 20 mg) des ungefüllten Polymers bzw. eine solche Menge der Zuschlagstoffe enthaltenen Probe, das sie 200 mg Polymer enthält, in den 50 ml Erlenmeyerkolben einwiegen.  
20 ml Lösungsmittel zudosieren, Rührmagnet zugeben, Kolben verschließen mittels NS Stopfen und auf dem 140 °C (+/-10) warmen Magnetrührer stellen. Die Probe unter ständigem Rühren lösen. Sobald das Polymer vollständig gelöst ist (Lösezeit: 20 - 40 Minuten) den Kolben sofort vom Magnetrührer nehmen und im kalten Wasser auf RT abkühlen.  
Die Lösung – wenn erforderlich – durch Zentrifugieren von Glasfasern oder anderen Additiven trennen, durch einen 1 D2 Glasfiltertiegel in die saubere, trockene Kapillare filtrieren.  
Anschließend die Kapillare in das Messstativ einklemmen und wie unter 8.1 beschrieben ans AVS 360 anschließen und den Messvorgang starten.

### Viskositätszahl

100 mg (+/- 0,1 mg) des ungefüllten Polymers bzw. eine solche Menge der Zuschlagstoffe enthaltenen Probe, das sie 100 mg Polymer enthält, in den 50 ml Erlenmeyerkolben einwiegen.  
Weitere Vorgehensweise siehe 8.3.1 → 20 ml Lösungsmittel.....

### Messung

Start der Messungen erfolgt über die Auswerteinheit unter dem Auswertprogramm WinVisco 1.1 D (siehe Punkt 8.1).

### Messwerte

Anzahl der Messungen Blindwertbestimmung:  
je Kapillare 8 Messungen, maximale Abweichung der Durchflusszeiten  $\leq 0,2 \%$

### Von jeder Probe ist eine Einfachbestimmung durchzuführen.

Je Probe sind 3 Messungen durchzuführen, maximale Abweichung der Durchflusszeiten  $\leq 0,2 \%$

### Berechnung

**Die Berechnung der einzelnen Lösungsviskositäten erfolgt automatisch mittels Auswertprogramm WinVisco 1.1. D**

**Es liegen folgende Berechnungen zu Grunde:**

### Ermittlung der Rel. Viskosität ( $\mu_{rel}$ )

Division der korrigierten Durchflusszeiten der Probenlösung durch die korrigierte Durchflusszeit des Lösungsmittels (= Blindwert) ergibt die Rel. Viskosität (Hagenbachkorrektur erfolgt automatisch durch WinVisco 1.1 D).

### Ermittlung der Viskositätszahl (VZ) in ml/g

$$(\text{Ermittelte Rel. Viskosität} - 1) \times 200 = \text{VZ}$$

### Ermittlung der intrinsic viscosity (i.v.) in dl/g

**Zur Ermittlung der intrinsic viscosity gilt die Billmeyer-Gleichung:**

$$1,725 \times \text{Log}(\text{Rel. Viskosität}) + 0,25 \times (\text{Rel. Viskosität} - 1) = (\text{i.v.}) \times c$$

Konzentration  $c = \text{Einwaage (g)} \times (100 - \% \text{ Korrekturfaktor Polymer}) / \text{dl Lösungsmittel} \times 100 \%$

**Korrekturfaktor Polymer siehe Punkt 11**

### Dokumentation der Analysen

#### Analysenprotokoll

Siehe Handbuch (Hardcopy) Hilfsprogramm WinVisco 1.1 D → Bericht

#### Analysenwerte

Dokumentation der Analysenwerte der einzelnen Prüfungen zur fertigungsbegleitenden Prüfung an Polymerspritzgussteilen und Polymerrohstoffen siehe Arbeitsanweisung AA / QA 6.003 / 18-04.  
Dokumentation der Analysenwerte zur Prüfung von Polymerwerkstoffen im Wareneingang siehe Arbeitsanweisung AA / QA 6.002 / 18-04.

## Häufig auftretende Fehler bei der Verwendung von Glas-Kapillarviskosimetern

Fehlererscheinung	Fehlerursachen	Möglichkeiten zur Fehlerbeseitigung
Systematischer Messfehler: Durchflusszeit zu <b>groß</b> bei kurzen Durchflusszeiten	Nachlauffehler, Hagenbach-Korrektion zu gering	experimentelle Bestimmung der Hagenbach-Korrektion mit Substanzen, die eine ähnliche Viskosität und Oberflächenspannung wie das Messgut haben
Systematischer Messfehler: Durchflusszeit zu <b>gering</b> bei kurzen Durchflusszeiten	Nachlauffehler, Hagenbach-Korrektion zu groß	wie oben, besser: Viskosimeter mit geringerem Kapillardurchmesser wählen
Systematischer Messfehler: Durchflusszeit zu <b>gering</b> (Ostwald-, CANNON- FENSKE- oder BS/IP-U-Rohr- Viskosimeter)	eingefüllte Substanzmenge zu gering	Viskosimeter entleeren, reinigen und neu füllen
Systematischer Messfehler: Durchflusszeit zu <b>groß</b> (Ostwald-, CANNON- FENSKE- oder BS/IP-U-Rohr- Viskosimeter)	eingefüllte Substanzmenge zu groß	wie oben
Systematischer Messfehler: Durchflusszeit zu <u>gering</u> bei kurzen Durchflusszeiten (UBBELOHDE Viskosimeter)	Störung des hängenden Niveaus	Viskosimeter mit geringerem Kapillardurchmesser wählen
Systematischer Messfehler: Durchflusszeit zu gering	Temperatur der Badflüssigkeit zu hoch	Temperatur überprüfen; ggf. Thermostat nachregeln
Systematischer Messfehler: Durchflusszeit zu groß	Verunreinigungen in der Kapillare	Viskosimeter entleeren und reinigen, Messung wiederholen
	Temperatur der Badflüssigkeit zu gering	Temperatur überprüfen, ggf. Thermostat nachregeln
Drift der Durchflusszeiten	Drift der Badtemperatur	Thermostat vor direkter Strahlung schützen, ggf. Thermostat austauschen
	Temperierung der Messsubstanz nicht abgeschlossen	Temperierung fortsetzen bis die Zeitwerte konstant sind
	Verdampfung einer leichtflüchtigen Komponente; Reaktion des Messgutes mit der Luft	Anwendung der drückenden Arbeitsweise
erhöhte stochastische Streuungen der Messwerte	Verunreinigungen im Viskosimeter	Viskosimeter entleeren und reinigen; Messung wiederholen

<b>Fehlererscheinung</b>	<b>Fehlerursachen</b>	<b>Möglichkeiten zur Fehlerbeseitigung</b>
erhöhte stochastische Streuungen der Messwerte	Verunreinigungen im Messgut	Viskosimeter entleeren und reinigen; Messung mit filtrierter Probe wiederholen; ggf. Filter mit kleinerer Porenweite verwenden
	Luftblasen im Viskosimeter	bei reinen Stoffen mit chemischer und physikalischer Hitzebeständigkeit Austreiben durch kurzzeitige Temperaturerhöhung
	Luftblasen im Viskosimeter	Viskosimeter entleeren und reinigen; bei Neufüllung auf Blasenfreiheit achten
sehr starke stochastische Streuungen bei automatischen Messungen mit Lichtschranken (ggf. völlige Fehlfunktion)	Verschmutzung der optischen Sensoren	Viskosimeterstativ aus Thermostatenbad entfernen; Optiken mit unvergälltem Alkohol getränktem, weichen Tuch säubern
	Fehlauslösungen der Lichtschranken durch Blasen-, Schaum- oder Flüssigkeitslamellen - Bildung	TC-UBBELOHDE-, Ostwald- oder CANNON-FENSKE-Routine Viskosimeter verwenden
sehr starke stochastische Streuungen bei automatischen Messungen mit TC-Viskosimeter (ggf. völlige Fehlfunktion)	Inkrustation der Sensoren (bei thermisch instabilen Medien)	durchsichtige Medien: optische Durchflusszeitmessung verwenden undurchsichtige Medien: Steigrohrviskosimeter verwenden
	Verschleiß der Sensoren	Viskosimeter wechseln
erhöhte stochastische Streuungen bei kurzen Durchflusszeiten (UBBELOHDE Viskosimeter)	beginnende Verformung des hängenden Niveaus	Viskosimeter mit geringerem Kapillardurchmesser wählen
periodisch schwankende Durchflusszeiten	Aufheiz- und Abkühlphasen des Thermostaten zu lang	Heizung und Kühlung des Thermostaten so einstellen, dass während eines Viskositätsmesszyklus mindestens zwei vollständige Temperaturzyklen ablaufen
	keine zeitliche Konstanz der Badflüssigkeits-Temperatur (Thermostat defekt)	Thermostat austauschen
Fehlfunktion durch Luftblasen während des Einsaugens der Flüssigkeit in das Auslaufgefäß	eingefüllte Substanzmenge zu gering	UBBELOHDE Viskosimeter: Nachfüllen von Messsubstanz; andere: Viskosimeter entleeren und reinigen; Messung wiederholen

**Bezugsquelle für Normen:**

Die in dieser Beschreibung genannten Normen können Sie beim Beuth Verlag über das Internet beziehen.

**Die Internetadresse ist folgende:**

**[www2.beuth.de](http://www2.beuth.de)**

Quellennachweis:   DIN 51 562, Teil 1 – 4  
                          DIN 53 727;  
                          DIN 53 728, Teil 3  
                          DIN 53 733;  
                          ASTM D 445  
                          ASTM D 446  
                          ISO 3105  
                          ISO 3106  
                          div. Dokumentationen von SCHOTT Instruments GmbH  
                          div. Produktinformationen von O. Hofbeck

Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn wir Ihre Nachfragen nach Duplikaten von Normen oder fremden veröffentlichten Dokumentationen ablehnen müssen.

Leider ist es gesetzlich nicht erlaubt, derartige Duplikate zu erstellen und weiter zu geben.

Eine Weitergabe dieser Dokumentation ist lediglich in unveränderter Form erlaubt.

Falls Sie mehr über unser Labor-Programm erfahren möchten, besuchen Sie unsere Website oder fordern Sie unseren Gesamtkatalog an. Dort finden Sie ausführliche Beschreibungen über unser Viskosimetrie-, Titrations-, pH-Elektroden und pH-Messgeräte-Programm und dessen Zubehör.

Ottmar Hofbeck  
Produkt Management Viskosimetrie  
[ottmar.hofbeck@schottinstruments.com](mailto:ottmar.hofbeck@schottinstruments.com)  
050201

**SCHOTT Instruments GmbH**

Hattenbergstr. 10

**D – 55122 Mainz**

[www.schottinstruments.com](http://www.schottinstruments.com)