

Vergleichbarkeit von Viskositätsmessungen.

Warum bewährte Messvorschriften nicht umgeschrieben werden müssen!

Lothar Gehm, Jutta Schelske-Gehm; proRheo GmbH

In der täglichen Praxis ist die Messung der Viskosität unterschiedlichster Substanzen mit einfachen Viskositätsmessgeräten ein wichtiges Mittel zur Qualitätskontrolle. Da die Viskosität jedoch keine stoffspezifische Konstante ist, sondern von verschiedenen Faktoren wie z. B. Scherbelastung oder Messsystemgeometrie abhängt, ist die Frage nach der Vergleichbarkeit von Messergebnissen nicht einfach zu beantworten. Möchte man ein anderes Viskositätsmessgerät verwenden, stellt sich die Frage, ob dieses die gleichen Ergebnisse liefern kann und, wenn ja, unter welchen Voraussetzungen. Der **Rheomat R 180** der Firma proRheo ermöglicht, alle gängigen Messsystemtypen und auch Sondermesssysteme zu adaptieren und Messergebnisse mit einer Genauigkeit besser 99% zu erhalten.

Die physikalischen Grundlagen sind für alle gleich.

Zur Messung der Viskosität mit einem Rotationsrheometer wird ein Messkörper in die zu vermessende Substanz eingetaucht und rotiert mit einer vorgegebenen Drehzahl n . Die Kraft M , die benötigt wird, um diese Drehzahl konstant zu halten, ist ein Maß für die dynamische Viskosität η .

Gleichung 1

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{M \cdot K_{\tau}}{n \cdot K_{\dot{\gamma}}}$$

τ : Schubspannung

$\dot{\gamma}$: Schergeschwindigkeit

K_{τ} und $K_{\dot{\gamma}}$: Geometrie-Faktoren eines Meßsystems

Dies ist zunächst einmal sehr einfach betrachtet und wird nun abhängig von der verwendeten Messsystemgeometrie, d. h. Form des Messkörpers und des Messbechers, komplizierter.



Die Berechnung der Viskosität erfolgt bei moderneren Geräten unter Kenntnis des verwendeten Messsystems und Gl. 1 automatisch. Die Maßeinheit ist die Pas (Pascal Sekunde) oder mPas (milli Pascal Sekunde), wobei gilt:

$$1 \text{ Pas} = 1000 \text{ mPas.}$$

Werden Messgeräte verwendet, die die kinematische Viskosität ν bestimmen, dies sind z.B. Auslaufbecher, Kapillarrheometer oder alle Arten der Kugelfallviskosimeter, so ist der Zusammenhang zwischen den beiden Viskositätswerten die Dichte ρ .

Gleichung 2
$$\eta = \frac{\nu}{\rho}$$

Bei älteren Geräten, die nicht über die Möglichkeit verfügen, intern Berechnungen auszuführen, erfolgt die Anzeige der Viskosität in Skalenteilen, z. B. 0 bis 100%. Diese Skalenteile können dann mittels Tabellen oder Diagrammen in einen Viskositätswert umgerechnet werden.

Oft wird hausintern jedoch diese Umrechnung nicht durchgeführt. Diese Messvorschriften basieren nicht auf der Viskosität in Pas sondern geben direkt den Wert in Skalenteilen an, ohne deren Umrechnung. Hieraus entsteht dann bei der Neubeschaffung eines Messgeräts die Anforderung, dass dieses neue Messgerät nicht Viskositätswerte sondern die gleichen Skalenteile anzeigt. So kann der Anwender die gewohnten Messwerte beibehalten und es müssen keine neuen Vorschriften, Datenblätter usw. erstellt werden.

Folgender wesentlicher Punkt ist festzuhalten: **Die Viskosität ist keine stoffspezifische Konstante sondern abhängig von der Scherbelastung.** Das kennt jeder, der z. B. beim Frühstück ein Joghurt zunächst rührt oder schüttelt, bevor er es isst. Durch die Scherung wird es deutlich dünnflüssiger. Es gibt nur sehr wenige Substanzen, bei denen die Viskosität konstant, d. h. unabhängig von der Scherbelastung ist, z. B. reine Öle oder Wasser. Diese Stoffe werden als newtonsche Stoffe bezeichnet.

Die Abhängigkeit der Viskosität von der Scherbelastung bedeutet, dass bei einem Wechsel des Messgeräts darauf geachtet werden muss, dass die Viskosität weiterhin bei der gleichen Drehzahl und mit dem gleichen Messsystem bestimmt wird.

Messungen gemäß DIN 53 018 / DIN 53 019

Setzt man zunächst einmal eine Messsystemgeometrie gemäß DIN 53 019 voraus, so ist die Berechnung der Viskosität durch die in dieser Norm hergeleiteten Formeln eindeutig festgelegt. Die am häufigsten verwendete Messsystemgeometrie ist schematisch in Abb. 1 dargestellt. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass ein zylindrischer Messkörper in einem ebenfalls zylindrischen Gefäß rotiert.

Bei koaxialen Meßsystemen gilt für den Zusammenhang zwischen dem Messmoment M und der Schubspannung τ

Gleichung 3
$$\tau = \left(\frac{1 + \delta^2}{2 \cdot \delta^2} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot L \cdot R_i^2 \cdot C_L} \right) \cdot M$$

Gleichung 4 d.h. $\tau = K_\tau \cdot M$

und für den Zusammenhang zwischen der Umdrehungsgeschwindigkeit n und der Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma}$

Gleichung 5
$$\dot{\gamma} = \left(\frac{1 + \delta^2}{\delta^2 - 1} \cdot \frac{\pi}{30} \right) \cdot n$$

Gleichung 6 d.h. $\dot{\gamma} = K_\gamma \cdot n$

mit R_a = Radius des zylindrischen Meßbechers

R_i = Radius des zylindrischen Meßkörpers

$$\delta = \frac{R_a}{R_i}$$

L = Länge des zylindrischen Meßkörpers

C_L = Korrekturfaktor abhängig vom Öffnungswinkel des Zylinders

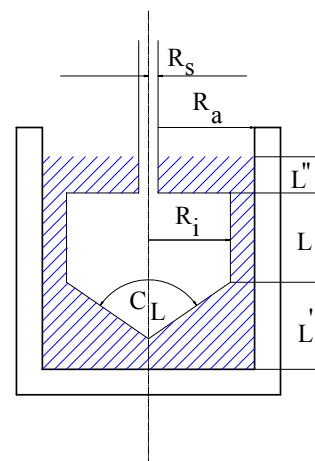


Abb. 1 koaxiales Meßsystem

Die Berechnungen basieren darauf, dass der Messspalt zwischen Messkörper und Messbecher im Verhältnis zum Durchmesser des Messkörpers klein ist. Dann, und nur dann gelten diese Berechnungsformeln für die Schubspannung und Schergeschwindigkeit.

Leider können die DIN Messsystem-Radienverhältnisse nicht für alle Substanzen verwendet werden. Der Messspalt ist sehr eng. Ist die zu untersuchende Substanz zu zähflüssig, um den Spalt blasenfrei zu füllen oder handelt es sich um eine Substanz mit Partikeln, so ist diese Messsystemgeometrie ungeeignet.

Berechnung der Viskosität mit dem Rheomat R 180

Der Rheomat R 180 berechnet

- die dynamische Viskosität η in Pas oder
- die kinematische Viskosität ν in $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ oder
- Skalenteile in % oder
- jede andere beliebige Einheit, je nach Programmierung.

Als Vorgabe für die Messung der Viskosität erwartet der Rheomat R 180 die Vorgabe der gewünschten Schergeschwindigkeit und die Messsystemnummer. Unter der entsprechenden Messsystemnummer sind intern die Parameter K_τ und K_γ gespeichert.

Nach dem Start der Messung dreht der Messkörper. Aus dem sich durch die Bremswirkung der Substanz einstellenden Messmoment am Messkörper wird nun entsprechend Gleichung 1 die Viskosität berechnet.

Standardmäßig sind im Rheomat alle gängigen Messsystemtypen voreingestellt. Dies bedeutet, dass, wenn DIN- Messsysteme (koaxial oder Kegel-Platte), Ankerrührer, Spindeln gemäß ISO 2555 oder handelsübliche glockenförmige Messsysteme verwendet werden, keine weiteren Eingaben vom Anwender notwendig sind.

Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, eigene Messsysteme zu definieren. Hierzu sind einige Vorüberlegungen notwendig. Dies soll später noch einmal näher erläutert werden.

Viskosität in Skalenteilen

Wie bereits oben beschrieben werden bei älteren Geräten Skalenteile, d.h. relative Werte abgelesen. Die Berechnung von K_{τ} erfolgt nach:

Gleichung 7
$$100 = \frac{M_{\max}}{n} \cdot \frac{K_{\tau}}{K_{\gamma}}$$

Beispiel:

Hatte das bisher verwendete Messgerät einen Drehmomentbereich von 0 bis 4 mNm, arbeitete bei einer Drehzahl von 50 min^{-1} und hatte eine Anzeigeskala von 0 bis 100 %. Da die Berechnung der Schergeschwindigkeit im Allgemeinen nicht möglich ist, setzt man $K_{\gamma} = 1$. In diesem Beispiel wäre also:

$$100 = K_{\tau} * 4 / 50 \quad \text{d.h.} \quad K_{\tau} = 1.250$$

Die Eingabe von $K_{\gamma} = 1$ und $K_{\tau} = 1250$ am Rheomat R 180 führt also dazu, dass man einen Anzeigewert zwischen 0 und 100 %, entsprechend 0 bis 4 mNm erhält. Somit müssen bisherige Messvorschriften, z. B. mit dem Messgerät Contraves TV, die jetzt mit einem Rheomat R180 durchgeführt werden sollen, nicht umgearbeitet werden.

Da der Rheomat jedoch auch die Möglichkeit hat, mit dem gleichen Messsystem die Viskosität in Pas anzuzeigen, kann so sukzessiv auf eine objektivere Angabe der gemessenen Viskositäten umgestellt werden.



Definition von kundenspezifischen Messsystemen

Bei der Definition spezieller Messsysteme sind, wie oben beschrieben, die Parameter K_{γ} und K_{τ} zu bestimmen. Dazu wird das

zu vermessende Messsystem adaptiert und dann Messungen ausgeführt. Hier zeigt sich der Vorteil des Rheomat 180, der nicht nur die berechnete Viskosität anzeigt sondern gleichzeitig das gemessene Drehmoment.

Für die Voruntersuchungen empfiehlt es sich, eine newtonsche Flüssigkeit (z. B. ein handelsübliches Kalibrieröl) zu verwenden. Die Berechnung der Schergeschwindigkeit kann in Anlehnung an Gleichung 5 erfolgen oder man setzt $K_{\dot{\gamma}} = 1$ bei großem Messspalt.

Man erhält so die Wertepaare Drehzahl n_1 und Moment M_1 . Die Viskosität eines Kalibrieröls ist bekannt, so dass sich folgende Gleichung, aus der K_{τ} ermittelt werden kann, ergibt:

Gleichung 8
$$\eta = K_{\tau} * M_1 / K_{\dot{\gamma}} * n_1$$

Natürlich ist diese Vorarbeit nur einmal durchzuführen. Die Messsystemparameter werden im Rheomat gespeichert und sind dann immer verfügbar.

Der Rheomat R 180 ermöglicht die Verwendung verschiedener Messsysteme und kann so universell eingesetzt werden.

proRheo GmbH
Bahnhofstr. 38
75 382 Althengstett
www.prorheo.de
office@prorheo.de