

Bestimmung der Viskosität

Allgemeine Grundlagen

DIN
51 550

Viscometry; determination of viscosity; general principles
Viscosimétrie; détermination de la viscosité; éléments généraux

Zusammenhang mit dem vom Comité Européen de Coordination des Normes (CEN) aufgestellten CEN-Koordinierungsdokument CEN 19/U3-1969 sowie mit der Internationalen Norm ISO 3104-1976 siehe Erläuterungen.

Die vorliegende Norm wurde gegenüber der Ausgabe Januar 1972 auf die durch das „Gesetz über Einheiten im Meßwesen“ vom 2. Juli 1969 festgesetzten Einheiten umgestellt, ohne den sachlichen Inhalt zu ändern.

1 Anwendungsbereich

Mineralöle, Kohlenwasserstoffe und andere durchsichtige oder undurchsichtige Flüssigkeiten, die sich wie newtonsche Flüssigkeiten verhalten.

Anmerkung: Dunkle Öle, z. B. Heizöle, verhalten sich oft nicht wie newtonsche Flüssigkeiten. Die gemessene (scheinbare) Viskosität ist dann nicht mehr unabhängig von den bei der Messung auftretenden Schubspannungen und Deformationsgeschwindigkeiten (vergleiche DIN 1342). Für Flüssigkeiten, die dem newtonschen Ansatz nicht gehorchen, ist die Viskosität keine physikalische Konstante, die nur von Temperatur und Druck beeinflusst wird. Die gemessenen scheinbaren Viskositäten sind von den Abmessungen der benutzten Viskosimeter abhängig.

2 Mitgeltende Normen

DIN 1342	Viskosität newtonscher Flüssigkeiten
DIN 51 848 Teil 1	Prüfung von Mineralölen; Prüffehler; Allgemeines, Begriffe und ihre Anwendung auf Lieferbedingungen
DIN 53 012	Viskosimetrie; Kapillarkviskosimetrie newtonscher Flüssigkeiten, Fehlerquellen und Korrekturen

3 Zweck

Diese Norm dient zur Bestimmung der Viskosität der im Abschnitt 1 angegebenen Flüssigkeiten.

Die Viskosität gibt Aufschluß

- über die Vorgänge beim Strömen von Flüssigkeiten in Rohrleitungen, Düsen usw.
- über die bei hydrodynamischer oder hydrostatischer Schmierung auftretenden Verluste durch Reibung sowie über die Vorgänge bei der Schmierung in Lagern jeder Art.

4 Begriffe und Einheiten

Viskosität (Zähigkeit) ist die Eigenschaft einer Flüssigkeit, der gegenseitigen laminaren Verschiebung zweier benachbarter Schichten einen Widerstand (innere Reibung) entgegenzusetzen (siehe DIN 1342).

Dynamische Viskosität η

Die SI-Einheit der dynamischen Viskosität ist die Pascalsekunde ($\text{Pa} \cdot \text{s}$).

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$$

Das Newton (N) ist die SI-Einheit der Kraft; das Pascal (Pa) ist die SI-Einheit des Druckes ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$).

Gebräuchliche dezimale Teile

In der Praxis werden überwiegend folgende dezimale Teile angewandt:

$$0,1 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = 1 \text{ dPa} \cdot \text{s} \text{ (Dezipascalsekunde)}^1)$$

$$0,001 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s} \text{ (Millipascalsekunde)}^1)$$

Anmerkung: Damit Mißverständnisse, insbesondere Verwechselungen mit der kinematischen Viskosität, verhütet werden, soll der Zusatz „dynamisch“ nicht weggelassen werden.

Kinematische Viskosität ν

Der Quotient aus der dynamischen Viskosität η und der Dichte ρ (Viskosität-Dichte-Verhältnis) wird kinematische Viskosität genannt.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (1)$$

Die SI-Einheit der kinematischen Viskosität ist m^2 / s .

Gebräuchliche dezimale Teile

In der Praxis werden überwiegend folgende dezimale Teile angewandt:

$$1 \text{ cm}^2 / \text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} \text{ (siehe Fußnote 2)}$$

$$1 \text{ mm}^2 / \text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s} \text{ (siehe Fußnote 2)}$$

Anmerkung: Damit Mißverständnisse, insbesondere Verwechselungen mit der dynamischen Viskosität, verhütet werden, darf der Zusatz „kinematisch“ nicht weggelassen werden.

¹⁾ Bisher Poise (P); $1 \text{ P} = 1 \text{ dPa} \cdot \text{s}$.
 $1 \text{ Zentipoise (cP)} = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$

²⁾ Bisher Stokes (St); $1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 / \text{s}$.
 $1 \text{ Zentistokes (cSt)} = 1 \text{ mm}^2 / \text{s}$.

Fortsetzung Seite 2 bis 4
Erläuterungen Seite 4

Fachnormenausschuß Materialprüfung (FNM) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Fachausschuß Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des FNM

5 Basis der praktischen Viskosimetrie

Die Gerätekonstanten der meisten Viskosimeter werden mit Hilfe von Normalflüssigkeiten bekannter Viskosität ermittelt. Die Viskosität der Normalflüssigkeiten wird experimentell an die Viskosität von reinem Wasser bei 20 °C angeschlossen³⁾. Reines luftfreies Wasser hat bei 20 °C

die dynamische Viskosität $\eta = 1,002 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
und die kinematische Viskosität $\nu = 1,0038 \text{ mm}^2/\text{s}$

Zur Bestimmung der Gerätekonstanten von Viskosimetern müssen Normalflüssigkeiten (Standardflüssigkeiten, Referenzflüssigkeiten) verwendet werden, deren Durchflußzeiten bei der Prüftemperatur größer sind als die zulässige Minstdurchflußzeit. Zweckmäßig wählt man eine Durchflußzeit, die einer Viskosität in der Mitte des Meßbereiches des Viskosimeters entspricht.

Will man den ganzen in Frage kommenden Viskositätsbereich überdecken, muß man einen Satz von Normalflüssigkeiten verwenden. Die Viskositäten aufeinanderfolgender Normalflüssigkeiten sollen sich um nicht mehr als den Faktor 3 unterscheiden.

6 Geräte

6.1 Viskosimeter

Es dürfen alle Viskosimeter benutzt werden, die die Viskosität in physikalischen Einheiten zu messen gestatten und den jeweils gestellten Anforderungen an die Meßgenauigkeit genügen, siehe auch Tabelle 1.

Tabelle 1. Viskosimeter

Viskosimeter	Meßbereich	DIN
Ubbelohde-Viskosimeter	0,35 bis 50 000 mm ² /s	51 562 Teil 1
Cannon-Fenske-Viskosimeter für undurchsichtige Flüssigkeiten	0,4 bis 20 000 mm ² /s	51 366
BS/IP-U-Rohr-Viskosimeter für undurchsichtige Flüssigkeiten	0,6 bis 300 000 mm ² /s	51 372
Vogel-Ossag-Viskosimeter	2 bis 20 000 mm ² /s 10 bis 100 000 mPa · s	51 561 51 569
Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler	0,6 bis 250 000 mPa · s	53 015
Der angegebene Meßbereich erfordert jeweils einen Satz von mindestens vier bis sechs Viskosimetern mit verschiedenen Gerätekonstanten bzw. beim Höppler-Viskosimeter einen Satz mit verschiedenen großen Kugeln.		

6.2 Thermometer

Da die Viskosität sehr stark von der Temperatur abhängt, muß die Temperatur genau bekannt sein. Für die Temperaturmessung dürfen im Bereich von - 58 bis + 110 °C nur Thermometer verwendet werden, deren Skalenwert 0,1 °C oder kleiner ist. Die Thermometer müssen ganz eintauchend geeicht sein. Die im Eichschein angegebenen Korrekturen sind zu berücksichtigen.

Zweckmäßig werden Thermometer verwendet, die eine Hilfsteilung beim Eispunkt haben, wodurch eine Nachprüfung der im Eichschein angegebenen Korrekturen möglich wird.

Wird vorwiegend bei einer einzigen Temperatur gemessen, z. B. + 20 °C, so empfiehlt es sich, Thermometer mit einem Bereich von $\pm 1,5$ °C um den Bezugspunkt zu benutzen, deren Skalenwert 0,01 °C beträgt. Derartige Thermometer sollen stets eine Hilfsteilung bei 0 °C haben.

Die Skalenwerte der benutzten Thermometer sollen den Vorschriften der Deutschen Eichordnung entsprechen. Danach sind für Thermometer mit nichtbenetzender thermometrischer Flüssigkeit entsprechend den Skalenwerten die in Tabelle 2 angegebenen Verwendungsbereiche zulässig.

Tabelle 2. Verwendungsbereiche der Thermometer in Abhängigkeit vom Skalenwert

Skalenwert °C	Verwendungsbereich °C
0,01 0,02 0,05	- 10 bis + 110
0,1	- 58 bis + 110
0,2	+ 110 bis + 210

Anmerkung: Beim Vogel-Ossag-Viskosimeter nach DIN 51 561 und DIN 51 569 sowie beim Kugelfall-Viskosimeter DIN 53 015 ist das Thermometer Bestandteil des Viskosimeters. Diese Thermometer müssen den Anforderungen nach DIN 12 785 entsprechen und geeicht sein.

6.3 Thermostat

Als Thermostaten sollen automatisch geregelte Flüssigkeitsthermostaten verwendet werden. Sie müssen so groß sein, daß das untere Ende des Viskosimeters sich mindestens 2 cm über dem Boden befindet. Das Viskosimeter muß so weit eintauchen, daß die Badflüssigkeit mindestens 2 cm höher steht als der Flüssigkeitsmeniskus im Viskosimeter bei seiner höchsten Stellung. Beim Höppler-Viskosimeter ist der Thermostatenmantel Bestandteil des Viskosimeters.

Die Prüftemperatur soll im Bereich zwischen + 15 und + 100 °C auf $\pm 0,03$ °C konstant gehalten werden und darf längs des Viskosimeters kein Gefälle aufweisen. Außerhalb des angegebenen Temperaturbereichs wird man größere Temperaturschwankungen nicht immer vermeiden können; doch sollten auch diese $\pm 0,05$ °C nicht übersteigen.

Die für den Thermostaten geforderte Konstanz der Temperatur ist auf normale Arbeitsbedingungen ausgerichtet, damit der apparative Aufwand nicht zu groß wird. Ist in besonderen Fällen äußerste Präzision erforderlich, so wird empfohlen, die Prüftemperatur im Bereich zwischen + 15 und + 100 °C auf $\pm 0,01$ °C und außerhalb dieses Bereiches auf $\pm 0,03$ °C konstant zu halten.

Das Flüssigkeitsbad und besonders das Thermometer ist vor direkter Bestrahlung (Sonne oder Lichtquelle) zu schützen, da diese die angezeigte Temperatur verfälschen kann. Zur Beleuchtung des Thermostaten nimmt man daher wärmestrahlungsarme Leuchtstoffröhren.

6.4 Zeitmeßgerät

Die Durchflußzeit wird mit Stoppuhren gemessen, deren Skalenwert nicht größer ist als 0,1 s. Die Uhren sind von Zeit zu Zeit mit einer bis auf 15 Sekunden in 24 Stunden richtig gehenden Normaluhr zu vergleichen. Sie sollen bei nicht zu schwach gespannter Feder gebraucht werden. Es empfiehlt sich, geeichte Stoppuhren zu verwenden.

³⁾ Siehe Erdöl u. Kohle 6 (1953), S. 623