

Prüfung von Schmierstoffen
**Bestimmung der scheinbaren Viskosität von Getriebe-
ölen bei niedriger Temperatur mit dem Brookfield-
Viskosimeter (Flüssigkeitsbadmethode)**

DIN
51 398

Testing of lubricants; procedure for measurement of low temperature apparent viscosity by means of the Brookfield viscometer (liquid bath method)

Essais des lubrifiants; détermination de la mesure de la viscosité apparente des lubrifiants à basses températures au moyen du viscosimètre Brookfield (méthode à bain liquide)

Zusammenhänge mit den Normen

CEC L-18-A-79

herausgegeben von Co-Ordinating European Council (CEC)

und

ANSI/ASTM D 2983-80

herausgegeben von der American Society for Testing and Materials (ASTM),

siehe Erläuterungen.

Maße in mm

1 Anwendungsbereich

Getriebeöle, Öle für automatische Getriebe und andere Öle, bei denen das Tieftemperaturverhalten unter niedrigen Geschwindigkeitsgefällen von praktischer Bedeutung ist.

2 Zweck

Das Verfahren nach dieser Norm dient zur Bestimmung der scheinbaren Viskosität im Bereich von 1 bis 200 Pa · s bei niedrigen Temperaturen (– 40 °C bis 0 °C) unter niedrigen, jedoch nicht definierten Geschwindigkeitsgefällen mit dem Brookfield-Viskosimeter.

Die ermittelte scheinbare Viskosität läßt Rückschlüsse auf das praktische Verhalten der in Abschnitt 1 genannten Öle bei niedrigen Temperaturen zu und dient bei Getriebeölen zur Einstufung in die SAE-Viskositätsklassen.

3 Begriff

Scheinbare Viskosität im Sinne dieser Norm ist die unter den festgelegten Prüfbedingungen erhaltene Viskosität in Pascalsekunden (Pa · s).

Viele Getriebeöle sind im interessierenden Temperaturbereich keine newtonschen Flüssigkeiten (siehe DIN 1342 und DIN 51 550). Ihre scheinbare Viskosität ist vom Geschwindigkeitsgefälle in der Flüssigkeit abhängig. Es ist deshalb nicht zu erwarten, daß die nach diesem Verfahren gewonnen, speziellen Ergebnisse mit den nach anderen Verfahren (z. B. nach DIN 51 569 und DIN 51 377) ermittelten Werten übereinstimmen.

4 Einheit

Pascalsekunde (Pa · s)

mPa · s

10^{-3} Pa · s = 1 mPa · s (Millipascalsekunde)

= 1 cP (Zentipoise)

5 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Die zu untersuchende Probe wird in einem Flüssigkeitsbad nach vorgegebener Abkühlrate 1 °C/min auf die Prüftemperatur abgekühlt. Nach der Abkühl- und Temperierzeit wird die Viskosität direkt mit dem Brookfield-Viskosimeter gemessen.

6 Bezeichnung

Bezeichnung des Verfahrens zur Bestimmung der scheinbaren Viskosität von Getriebeölen bei niedriger Temperatur mit dem Brookfield-Viskosimeter (A):

Prüfung DIN 51 398 – A

7 Geräte

7.1 Brookfield-Viskosimeter mit isolierter Spindel 1)

Die isolierte Spindel wird in Bild 1 gezeigt. Zur zusätzlichen Isolierung ist ein Gummiring auf dem Griffteil angebracht. Es sind nur Spindeln zu verwenden, die einen Spindelschlag von maximal 0,15 mm aufweisen.

Anmerkung: Bestimmung des Spindelschlages an einer Drehbank

7.2 Prüfgläser, Stopfen, Prüfglasabdeckung, Spindelhalter (siehe Bild 2)

7.3 Prüfglashalter

7.4 Dewar-Gefäß (siehe Bild 3)

Durchsichtiges Dewar-Gefäß, flache Form, mit einem Mindestinhalt von 6 l. Als Kühlmedium kann Methanol oder Ethanol verwendet werden. Das Gefäß ist mit einem

1) Über die Bezugsquellen gibt Auskunft:

DIN-Bezugsquellen für normgerechte Erzeugnisse im
DIN Burggrafenstraße 4–10, 1000 Berlin 30

Fortsetzung Seite 2 bis 8

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

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Deckel aus isolierendem Material versehen, der das Einsetzen von maximal 12 Prüfgläsern gestattet.

7.5 Temperaturüberwachungseinrichtung und -regeleinrichtung

Diese Vorrichtung muß in der Lage sein, das Kühlbad mit einer Abkühlgeschwindigkeit von $(1 \pm 0,1) ^\circ\text{C}/\text{min}$ auf die Prüftemperatur herunterzukühlen. Die Temperatur muß auf $\pm 0,05 ^\circ\text{C}$ eingehalten werden.

Anmerkung: Die Einhaltung der vorgeschriebenen Abkühlrate von $1 ^\circ\text{C}/\text{min}$ ist äußerst wichtig. Unterschiedliche Abkühlraten führen zu deutlich unterschiedlichen Viskositätswerten.

7.6 Thermometer ¹⁾

Für die Temperaturen von $-18 ^\circ\text{C}$ bis $-40 ^\circ\text{C}$ sind die in der Tabelle 1 aufgeführten geeichten Thermometer zu verwenden.

Tabelle 1. Thermometer

Thermometer	Meßbereich in $^\circ\text{C}$	Skalenteilungswert in $^\circ\text{C}$	Eintauchtiefe
IP 94 C	über -15 bis -5	0,05	ganz eintauchend
IP 95 C	über -25 bis -15		
IP 96 C	über -35 bis -25		
IP 97 C	-45 bis -35		

Zur Ermittlung der Temperatur im Prüfglas ist ein mit geeichten Thermometern zu prüfendes Stabthermometer mit einem Bereich von 0 bis $-40 ^\circ\text{C}$ zu verwenden. Neben der sich aus der Kalibrierung ergebenden Temperaturabweichung vom richtigen Wert ist auch eine Fadenkorrektur vorzunehmen.

8 Probenahme

nach DIN 51 750 Teil 1 und Teil 2

9 Vorbereitung der Prüfung ²⁾

Die Apparatur wird mindestens jährlich mit folgenden Bezugsölen ¹⁾ überprüft:

Brookfield Viscosity Standards
Reference Oil N 27 B und N 115 B

10 Durchführung

10.1 Drei Prüfgläser werden bis zur Markierung (etwa 27 ml) mit dem zu prüfenden Öl gefüllt.

Anmerkung: das erste Prüfglas dient zur Ermittlung der maximal möglichen Spindeldrehzahl bei der Prüftemperatur, während die anderen für die Viskositätsmessung verwendet werden.

10.2 In die Prüfgläser werden die Stopfen eingesetzt und danach die Spindeln eingebracht.

10.3 Die Prüfgläser im Prüfglasständer werden 30 min in einem Wärmeschrank einer Temperatur von $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ausgesetzt und danach 30 min auf Raumtemperatur (18 bis $28 ^\circ\text{C}$) nach DIN 50 014 abgekühlt.

10.4 Die Prüfgläser werden in das auf $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ eingestellte Dewar-Gefäß eingesetzt und mit der Prüfglasabdeckung abgedeckt. Das Kühlmittelniveau muß sich min. 30 mm oberhalb des Ölniveaus befinden.

10.5 Ein Thermometer zur Beobachtung der Abkühlrate wird in das Kühlbad gehängt. Danach wird das zur Messung der Prüftemperatur zu verwendende Thermometer in ein zusätzliches, ölfülltes Temperaturprüfglas anstelle der Spindel eingesetzt und in das Kühlbad eingehangen.

10.6 Bis zur Prüftemperatur wird das Bad mit einer Abkühlgeschwindigkeit von $(1 \pm 0,1) ^\circ\text{C}/\text{min}$ heruntergekühlt (siehe hierzu Anmerkung zum Abschnitt 7.5).

10.7 Nach Erreichen der Prüftemperatur auf $\pm 0,3 ^\circ\text{C}$ im Temperaturprüfglas wird zwei Stunden temperiert.

10.8 Durch kurzzeitiges Einschalten des in der Waage befindlichen Viskosimeters wird die Spindel befestigt. Es ist darauf zu achten, daß das zu prüfende Öl sowenig wie möglich bewegt wird. Danach wird die Eintauchtiefe bis zur Niveaumarkierung eingestellt.

10.9 Die Spindel im Prüfglas wird zentriert.

10.10 Von der niedrigsten Drehzahl ausgehend wird die für die Probe höchstmögliche Spindeldrehzahl ermittelt. Sofern die Anzeige bei einer Drehzahl noch unterhalb 70 liegt, ist zu prüfen, ob eine Messung bei der nächsthöheren Drehzahl möglich ist. Gemäß der sich ergebenden Drehzahl wird bei den anderen beiden Prüfgläsern nach a), b), c) oder d) verfahren.

- a) Für eine Spindeldrehzahl von 60 min^{-1} :
Nachdem sich die Spindel 15 bis 20 s gedreht hat, wird sie angehalten. Die Anzeige wird auf 0,1 gerundet abgelesen. Dieser Vorgang wird dreimal wiederholt und der arithmetische Mittelwert dieser drei Werte eingetragen (wenn die Differenzen unter 0,5 liegen). Bei einer Spindeldrehzahl von 60 min^{-1} sind vom arithmetischen Mittelwert der drei Anzeigen 0,4 Skalenteile abzuziehen.
- b) Für eine Spindeldrehzahl von 30 min^{-1} :
Nachdem sich die Spindel 20 bis 30 s gedreht hat, wird wie unter a) beschrieben verfahren, jedoch ohne Abzug von 0,4 Skalenteilen.
- c) Für Spindeldrehzahlen von 12 bis 3 min^{-1} :
Nachdem sich die Spindel maximal 2 min gedreht hat, wird der Maximalwert der Skalanzeige eingetragen.
- d) Für Spindeldrehzahlen unter 3 min^{-1} :
Die Spindel so lange drehen lassen, bis sich die Skalanzeige vollständig stabilisiert hat. Eingetragen wird der Maximalwert.

¹⁾ Siehe Seite 1

²⁾ Siehe auch CEC-L-18, Anhang 1

Aus der nachstehenden Tabelle 2 sind die für die einzelnen Spindeldrehzahlen anzustrebenden Bereiche für die Skalanzeige zu entnehmen:

Tabelle 2.

Spindel- drehzahl min^{-1}	Anzustrebende Bereiche für die Skalanzeige Skalenteile (SkT)	Bereich für die scheinbare Viskosität $\text{Pa} \cdot \text{s}$
3,0	50 bis 100	über 100 bis 200
6,0	50 bis 100	über 50 bis 100
12,0	40 bis 100	über 20 bis 50
30,0	49 bis 100	über 9,8 bis 20
60,0	10 bis 98	1,0 bis 9,8

Die Messung der scheinbaren Viskosität nach der Temperaturzeit hat innerhalb von 60 min zu erfolgen.

10.11 Nach jeder Einzelmessung wird die Temperatur im Temperaturprüfglas ermittelt. Während der Meßzeit von maximal 60 min soll sich die Temperatur nicht mehr als 0,1 °C verändern.

10.12 Für Viskositätsmessungen bei anderen Temperaturen sind neue Proben des zu prüfenden Öles zu verwenden.

11 Auswertung

11.1 Die scheinbare Viskosität η_{ap} in $\text{Pa} \cdot \text{s}$ wird für jede Messung nach Gleichung (1) berechnet:

$$\eta_{ap} = A \cdot K \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

A Skalanzeige

K Faktor für die Funktion der Spindeldrehzahl

Tabelle 3. Faktoren als Funktion der Spindeldrehzahl

K-Faktor	Spindeldrehzahl in min^{-1}
20	0,3
10	0,6
4	1,5
2	3
1	6
0,5	12
0,2	30
0,1	60

Die Viskositätswerte der Messungen der beiden Prüfgläser werden gemittelt.

11.2 Die gemessenen Viskositäten werden über die Temperatur auf halblogarithmischem Papier oder – zur Erzielung eines genaueren Ergebnisses – auf einen vergrößerten Teil eines Bogens nach Bild 4 aufgetragen. Die Daten sind aufzutragen, auch wenn die Prüftemperaturen die gleichen sind wie die Nenntemperaturen.

Durch die aufgetragenen Punkte ist dann die günstigste Linie zu ziehen und die scheinbare Viskosität η_{ap} in $\text{Pa} \cdot \text{s}$ bei der jeweiligen Nenntemperatur anzugeben.

11.3 Sofern eine lineare Abhängigkeit der Kurve, aufgetragen im Bild 4, zu erkennen ist, ist die rechnerische Auswertung der optimalen Geraden mit der einfachen linearen Korrelation nach der Gleichung (2) vorzuziehen.

$$y = a + b x \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

$$y \ln \ln \left(\frac{\eta_{ap}}{10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} \right)$$

$\left. \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} \right\}$ Faktoren aus der Korrelationsrechnung

$x \ln T$

T Temperatur in Kelvin

$\ln$ Logarithmus zur Basis e (natürlicher Logarithmus)

12 Angaben des Ergebnisses

Unter Hinweis auf diese Norm ist als Ergebnis der Bestimmung die scheinbare Viskosität η_{ap} in $\text{Pa} \cdot \text{s}$, gerundet nach der folgenden Tabelle 4, anzugeben. Mit dem Ergebnis ist die jeweils verwendete Spindeldrehzahl mit anzugeben.

Tabelle 4.

Scheinbare Viskosität η_{ap} in $\text{Pa} \cdot \text{s}$	
Ergebnis	gerundet auf
unter 10	0,01
10 bis 100	0,1
über 100	1

Beim Runden auf die letzte anzugebende Stelle ist DIN 1333 Teil 2 zu berücksichtigen:

Beispiel einer Ergebnisangabe:

Temperatur = $-34 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Spindeldrehzahl = 30 min^{-1}

errechnetes

Ergebnis = $12,380 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

Scheinbare Viskosität η_{ap} nach DIN 51 398 bei $-34 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$\eta_{ap} (30 \text{ min}^{-1}, -34 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 12,4 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

13 Präzision (nach DIN 51 848 Teil 3)

Zum Beurteilen der Zuverlässigkeit von Ergebnissen werden folgende Merkmale benutzt: