

Rheologische Eigenschaften von Schmierfett gemäß DIN 51810-2

Claire Strasser



Einleitung

Die rheologischen Eigenschaften von Materialien sind hilfreich, um deren Verhalten im Prozess zu verstehen und vorherzusagen. So spielen sie zum Beispiel eine Rolle in Zusammenhang mit der Schmierfähigkeit, Pumpfähigkeit und Fließgrenze von Schmierfetten.

In unserem AN 222 [1] wird die Scherviskosität eines Schmierfetts gemäß DIN 51810-1 beschrieben [1]. Im Folgenden wird die Fließgrenze dieses Material mit dem

Kinexus pro+ unter den in DIN EN 51810-2 festgelegten Messbedingungen bestimmt.

Messbedingungen

In Tabelle 1 sind die in dieser Norm festgelegten Prüfparameter zusammengefasst [2]. Es werden zwei unterschiedliche Methoden beschrieben: Der Amplitudensweep kann dehnungs- oder spannungsgeregelt sein, was den beiden Methoden A bzw. B entspricht, die in der vorliegenden Application Note auch beide Anwendung finden.

Table 1. Messbedingungen

Meassart	Oszillation
Geometrie	Platte/Platte, Durchmesser: P25
Temperatur	25 °C (±0,1 °C)
Spaltgröße Trimmposition	1,025 mm
Messspalt	1 mm
Frequenz	1,59 Hz (entspricht einer Winkelfrequenz $\omega = 10 \text{ rad/s}$)
Methode A: Amplitude Dehnungssweep	0,01 bis 100 %
Methode B: Amplitude Spannungssweep	0 to 1.000 Pa

Messergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Kurven der elastischen und viskosen Schubmodule G' und G'' zusammen mit dem Phasenwinkel δ während des Amplituden-Dehnungssweeps. Bei geringen Deformationen befindet sich das Schmierfett im linearen viskoelastischen Bereich (LVB), wie aus dem Plateau der Kurven des Schubmoduls hervorgeht. Hier sind die Werte für G' und G'' konstant, da Schubspannung und Scherdehnung proportional sind; die aufgebrachten Dehnungen führen nicht zum Zusammenbruch der Probenstruktur. In diesem Bereich ist die elastische Komponente höher als die viskose, sodass die feststoffartigen Eigenschaften die flüssigkeitsartigen Eigenschaften des Schmierstoffs unter den ausgewählten Messbedingungen dominieren. Dieses Verhalten lässt sich auch an der Kurve des Phasenwinkels mit Werten $>45^\circ$ ableiten.

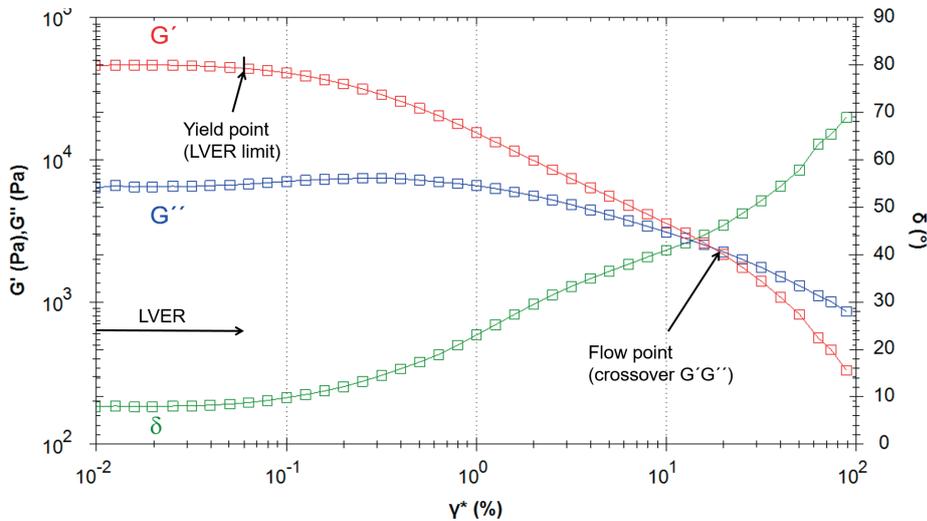
Ab einer Deformation von 0,1 % beginnt die Kurve des Elastizitätsmoduls abzunehmen. Dieser Effekt steht in Zusammenhang mit dem Beginn des Zusammenbruchs der zugehörigen (inneren) Struktur der Probe und zeigt das Ende des LVB-Bereichs (Linear Viskoelastischer Bereich) an. Die Grenze dieses Bereichs wird als

Phasenwinkel
 Der Phasenwinkel ist ein relatives Mass der viskosen und elastischen Eigenschaften eines Materials. Er reicht von 0° für ein vollständig elastisches Material bis hin zu 90° für ein vollständig viskoses Material.

Nachgiebigkeitsgrenze definiert, bei der die Scherdehnung (γ_Y) und die Schubspannung (σ_Y) bestimmt werden können (siehe Tabelle 2).

Ein weiterer Anstieg der Dehnung führt zu einem Übergang von G' und G'' . Dieser Punkt kann als Fließpunkt des Schmierfetts definiert werden. Werden auf das Material Dehnungen angewandt, die höher als der Fließpunkt sind, so beginnt es unter den gewählten Bedingungen, d.h. bei der verwendeten Frequenz, zu fließen.

Der Fließfähigkeitsindex ist definiert als σ_F/σ_Y . Dieser Wert gibt Aufschluss über die Sprödigkeit des Schmierfetts. In diesem Fall ist er weitaus höher als 1, was zeigt, dass das Schmierfett ein beständiges Verhalten aufzeigt. In Tabelle 2 sind alle während der Messung ermittelten Werte zusammengefasst.



1 Amplitudendehnungssweep des Schmierfetts

Tabelle 2. Auswertung der Messung

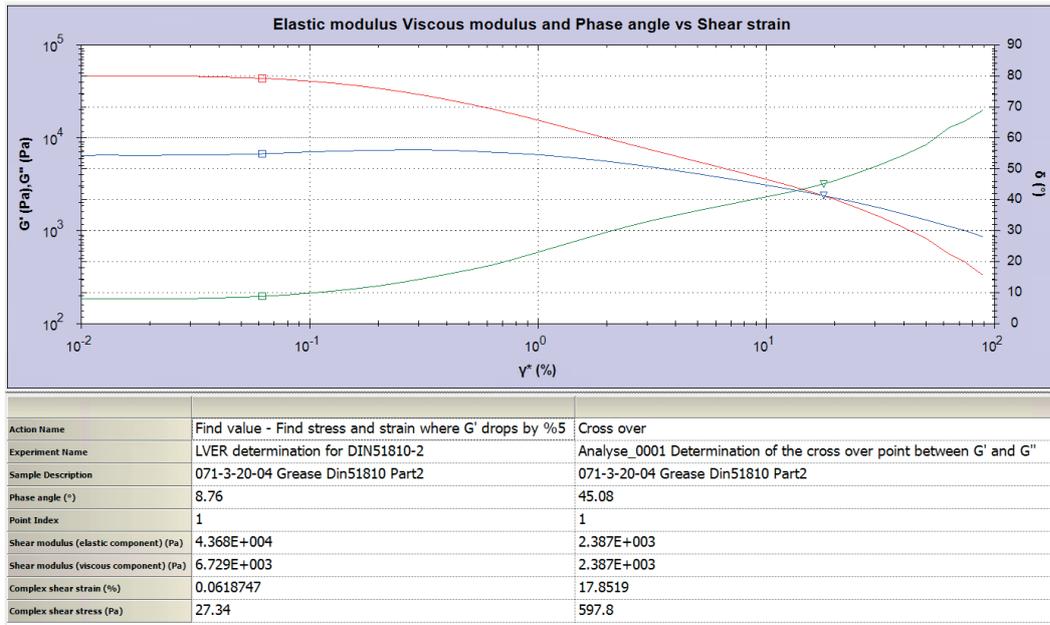
Fließpunkt = Übergangspunkt der G' und G'' -Kurve	Wert für die komplexe Schubspannung	σ_F	597 Pa
	Wert für die Scherdehnung	γ_F	17,8 %
Fließgrenze = Grenze des LVB-Bereichs	Wert für die komplexe Schubspannung	σ_Y	27,3 Pa
	Werte für die Scherdehnung	γ_Y	0,06%
Fließfähigkeitsindex	σ_F/σ_Y		22
	Elastischer Schermodul	G'	$4,37 \cdot 10^4$ Pa
LVB	Viskoser Schermodul	G''	$6,73 \cdot 10^3$ Pa
	Phasenwinkel	δ	8,76

APPLICATIONNOTE Rheologische Eigenschaften von Schmierfett gemäß DIN 51810-2

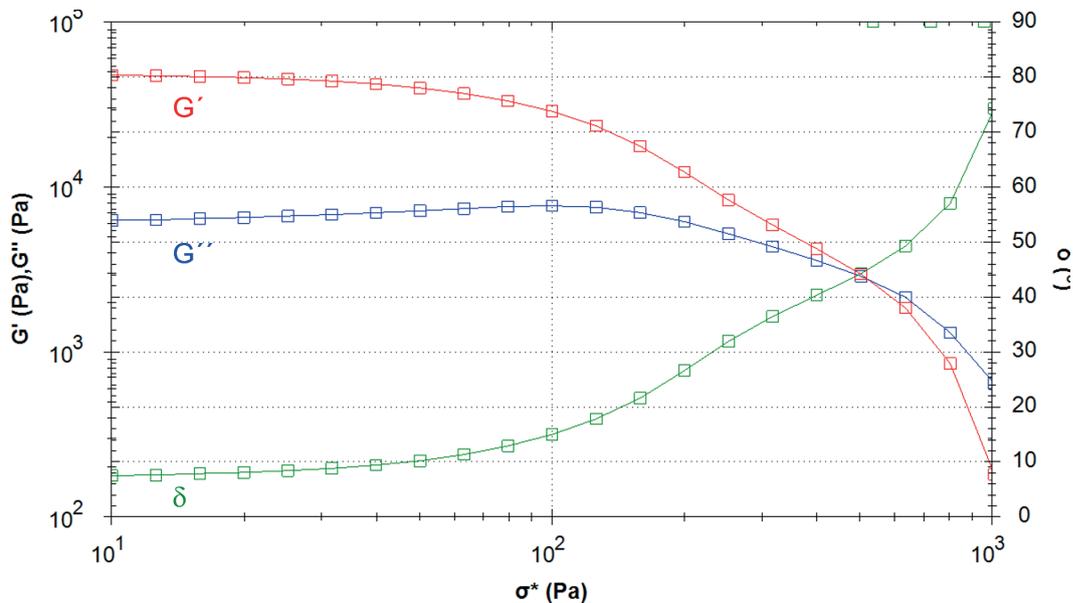
Wie in Abbildung 2 dargestellt, wertet die rSpace-Software die erforderlichen Werte automatisch aus.

Abbildung 3 zeigt die Kurven, die sich aus der Messung der Spannungsamplitude ergeben (Methode B gemäß DIN 51810-2).

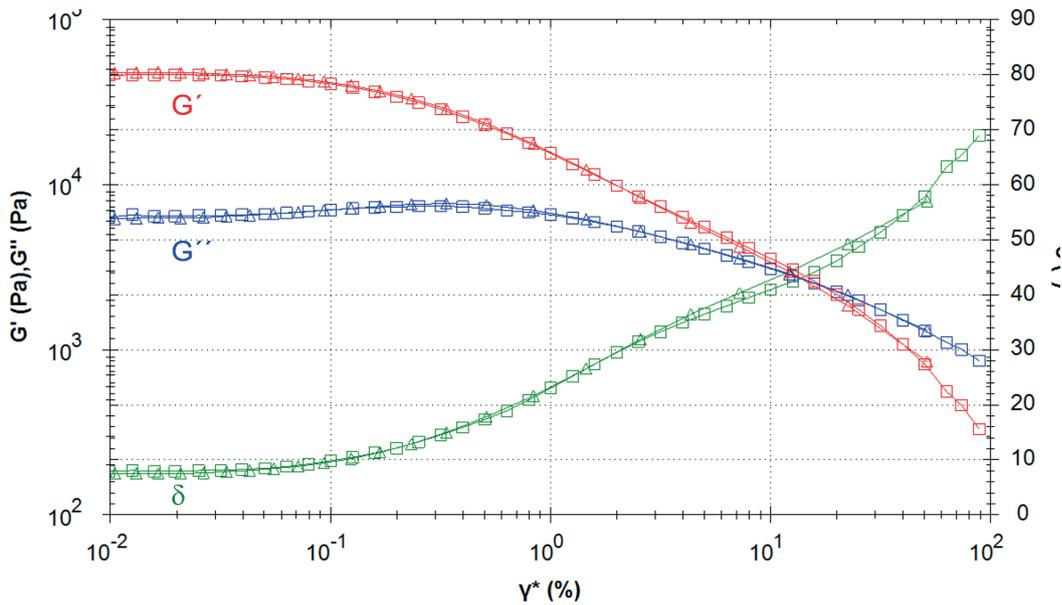
Für einen besseren Vergleich der Kurven kann auch die durch die aufgebrauchte Schubspannung induzierte Dehnung auf der X-Achse dargestellt werden (Abbildung 4). Sie deutet auf die gute Reproduzierbarkeit der Messungen hin.



2 Amplitudendehnungssweep von Schmierfett mit automatischer Auswertung der LVB-Grenze für die Bestimmung der Fließgrenze und des Übergangs für die Bestimmung der Fließpunktes (blau: G'' , rot: G' , grün: δ)



3 Amplitudenspannungssweep des Schmierfetts



4 Vergleich des Amplitudendehnungssweeps, spannungsgeregelt (Dreiecke) und dehnungsgeregelt (Vierecke) (blau: G'' , rot: G' , grün: δ)

Zusammenfassung

Es wurden Untersuchungen an einem Schmierfett gemäß des zweiten Teils der DIN 51810-2 durchgeführt. Die anschließende Auswertung zur Bestimmung der Fließgrenze und des Fließpunktes erfolgte automatisch mit der rSpace-Software.

Literaturverzeichnis

- [1] NETZSCH Application Note AN 222 – Rheologische Eigenschaften von Schmierfett gemäß DIN 51810-1
- [2] Testing of lubricants – Testing rheological properties of lubricating greases – Part 2: Determination of flow point using an oscillatory rheometer with a parallel-plate measuring system