



### Technisches Thema

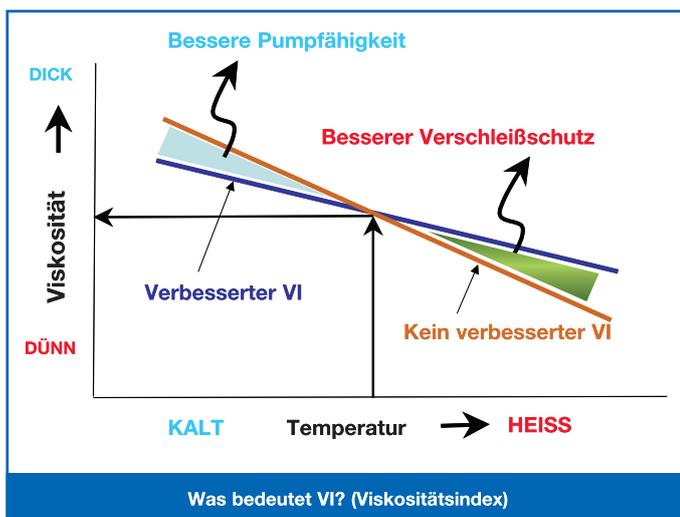
# Scherstabilität von Hydraulikflüssigkeiten

Maschinen und die Schmierstoffe, die sie schützen, sind häufig sehr unterschiedlichen Umgebungs- und Betriebstemperaturen ausgesetzt. Schmierstoffe müssen daher oft bei niedrigen Temperaturen eine gute Pumpfähigkeit behalten, bei hohen Temperaturen hingegen eine ausreichende Filmfestigkeit. Ein gutes Beispiel sind Hydraulikflüssigkeiten, die bei sehr unterschiedlichen Umgebungs- und Betriebstemperaturen in industriellen und mobilen Anlagen eingesetzt werden. Es ist nicht schwer, einen Schmierstoff zu finden, der diese Anforderungen erfüllt, dennoch kann es Probleme mit der Leistung geben, wenn die Flüssigkeit nicht ordnungsgemäß formuliert wurde. Flüssigkeiten mit einem breiten Betriebstemperaturspektrum werden oft mit Additiven zur Verbesserung der Viskosität formuliert, die die viskosimetrischen Eigenschaften sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Temperaturen verbessern sollen, und diese Additive unterliegen Scherkräften, die ihren Wirkungsgrad beim Einsatz vermindern können.

## Die Beziehung zwischen Viskosität und Temperatur

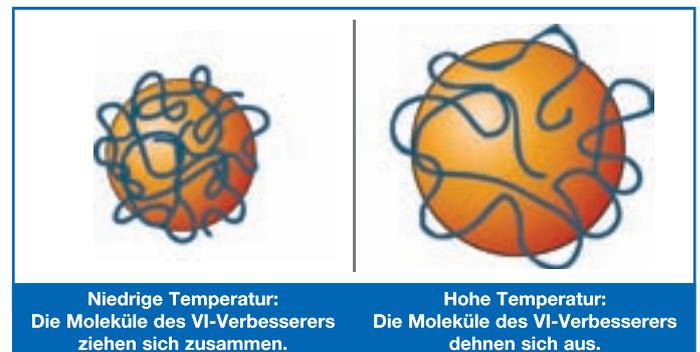
Die Viskosität von Schmierstoffen ändert sich mit ihrer Temperatur. Bei steigenden Temperaturen nimmt die Viskosität ab, bei fallenden Temperaturen nimmt sie zu. Das gemessene Verhältnis zwischen Viskositätsänderung und Temperatur wird als Viskositätsindex oder VI der Flüssigkeit bezeichnet.

Der Viskositätsindex ist eine empirisch ermittelte Zahl ohne Einheit, die die Viskositätsänderung in Abhängigkeit von der Temperatur beziffert. Bei einer Flüssigkeit mit hohem VI ändert sich die Viskosität nicht so schnell mit der Temperatur wie bei einer Flüssigkeit mit einem niedrigeren VI. Bei mineralölbasischen Hydraulikflüssigkeiten liegt der VI normalerweise zwischen 90 und 110.



## Viskositätsindexverbesserer

Der VI einer Flüssigkeit kann durch den Einsatz besonderer Additive, der Viskositätsindexverbesserer, erweitert werden. Diese Additive sind normalerweise Polymere mit einem hohen Molekulargewicht, die die Auswirkungen der Temperatur auf die Viskosität verringern sollen. Bei steigender Temperatur schwellen VI-Verbesserer an und gleichen so die abnehmende Viskosität des Grundöls aus. Das führt dazu, dass die Flüssigkeit auch bei hohen Temperaturen einen ausreichend festen Ölfilm behält. Bei niedrigen Temperaturen schrumpfen die VI-Verbesserer und die Eigenschaften des Grundöls bestimmen die Viskosität der Flüssigkeit.



## Messung der Scherstabilität

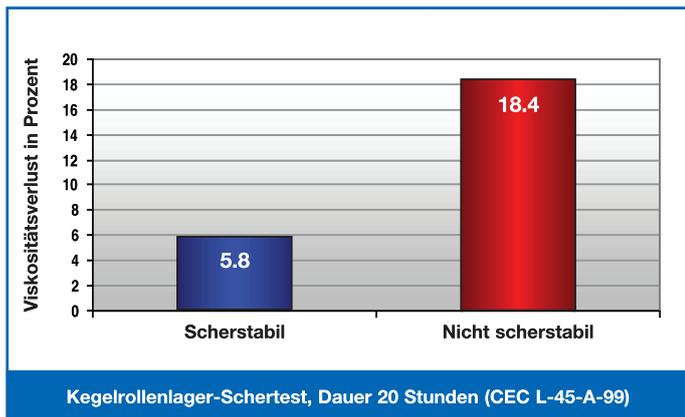
Für die Bestimmung der Scherstabilität einer Flüssigkeit mit einem hohen VI gibt es gemeinhin drei Methoden.

**DIN 51382** – Der Bosch-Einspritztest gilt als die anforderungsärmste dieser Methoden. Das Testöl durchläuft 250 Zyklen bei 2 550 psi, danach wird die Veränderung der Viskosität gemessen.

**ASTM D5621** – Beim Ultraschall-Schertest wird die Probe einer Hydraulikflüssigkeit 40 Minuten lang in einem Ultraschall-Oszillator geschert, danach wird die Veränderung der Viskosität gemessen. Dieser Test wird von einigen OEM aus den USA bevorzugt, jedoch zunehmend durch den Kegelrollenlager-Schertest (CEC L45-A-99 KRL) ersetzt.

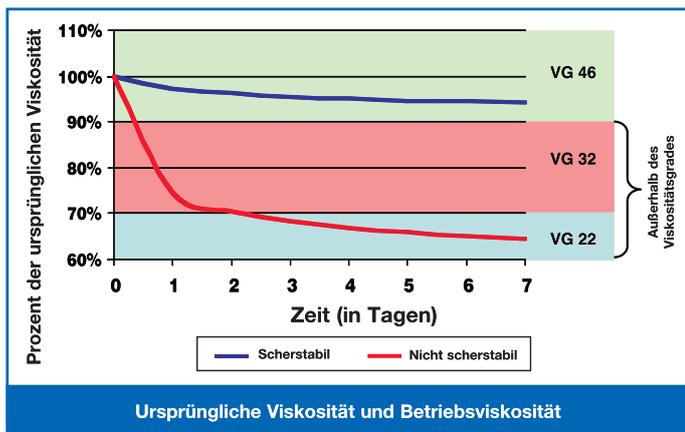
**CEC L45-A-99** – Der Kegelrollenlager-Schertest (KRL) wird zunehmend von OEMs weltweit gewählt, da er als die strengste Testmethode gilt und den Zusammenhang mit den tatsächlichen Objektverhalten am besten wiedergibt. Dazu wird das Testöl auf ein montiertes Kegelrollenlager aufgebracht und läuft 20 Stunden lang unter der festgelegten Versuchslast. Vor und nach dem Test werden die Viskosität bestimmt und ihr prozentualer Verlust ermittelt.

Die unten stehende Grafik zeigt im Kegelrollenlager-Schertest bei einem nicht scherstabilen Öl eine um 12,6 Prozent verminderte Viskosität durch Abscheren im Vergleich zu einem scherstabilen Öl.



## Methode zum Testen der Scherstabilität in der Anwendung: Hydraulikpumpen

Während Laborversuche nützliche Daten über die Scherstabilität von Hydraulikflüssigkeiten liefern, kann die Messung der Scherstabilität in einer Hydraulikpumpe in Betrieb vorgenommen werden. Der Test auf einer Hydraulikpumpe gibt die Kräfte und Bedingungen aus den täglichen Einsatz wieder. In dem unten stehenden Beispiel wurden auf einem Teststand mit einer Flügelzellenpumpe vom Typ 25 VQ im Vickers-Pumpentest bei 139 bar (2 000 psi) und 52 °C über 168 Stunden Daten von zwei Flüssigkeiten gesammelt.



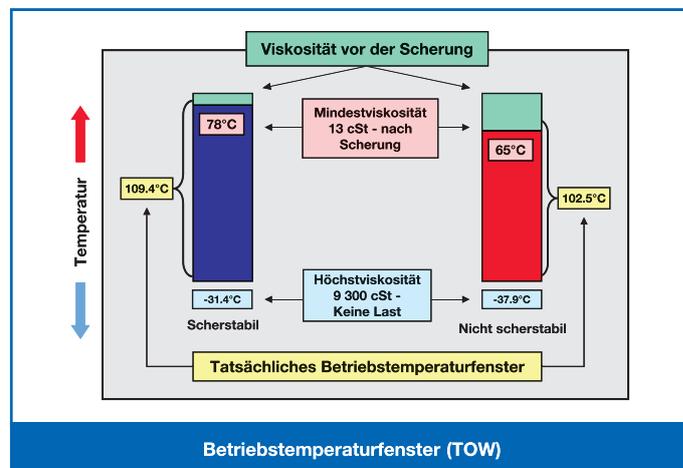
In diesem Beispiel verlor die nicht scherstabile Flüssigkeit mit einem hohen VI in nur zwei Tagen fast 30 Prozent ihrer Viskosität und fiel damit nach weniger als einem Tag Pumpbetrieb unter die Viskositätsklasse. Andererseits zeigte eine Rezeptur mit besserer Scherstabilität während der gesamten Versuchsdauer gleichbleibende Viskositätswerte. Diese Unterscheidung ist von wesentlicher Bedeutung für Schmierung und Betrieb eines kritischen Hydrauliksystems.

## Auswirkungen der Scherstabilität: Betriebstemperaturfenster (TOW) und „Leistungseinbruch am Nachmittag“ („afternoon fade“)

Zu hohes ständiges Abscheren hat, wie oben gezeigt, schwerwiegende Auswirkungen auf ein Hydrauliksystem. Bei steigender Scherung wird das Betriebstemperaturfenster (TOW) kleiner.

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

Das TOW einer Hydraulikflüssigkeit ist der Bereich zwischen den gemessenen Tiefst- und Höchsttemperaturen. Das TOW einer Hydraulikflüssigkeit hängt von ihrer ursprünglichen Viskosität und ihrem VI ab. Das im Betrieb tatsächlich bestehende TOW wird also durch die Scherstabilität beeinflusst, wie unten dargestellt, wo eine scherstabile Flüssigkeit ein größeres TOW hat als eine Flüssigkeit mit geringerer Scherstabilität und einem höheren VI.



Zunehmende Scherung vermindert die Hochtemperatureigenschaften der Flüssigkeit durch Verminderung der Viskosität. Hier werden beide Flüssigkeiten im Pumpentest verglichen. Der OEM empfiehlt angesichts der zu erwartenden Betriebstemperaturen eine Hydraulikflüssigkeit mit einer Viskositätsklasse von ISO VG 46. Auf dem Flügelzellenpumpenteststand fällt die nicht scherstabile Flüssigkeit innerhalb eines Tages von ISO VG 46 auf ISO VG 32 ab; in weniger als zwei Tagen fällt das Öl sogar unter ISO VG 32. Dieser Viskositätsverlust würde wahrscheinlich den Verschleiß bei erhöhten Temperaturen beschleunigen und damit zu Schäden an der Ausrüstung führen.

Darüber hinaus könnte die geringere Viskosität zu dem führen, was manche Bediener als „Leistungseinbruch am Nachmittag“ („afternoon fade“) bezeichnen. Steigende System- und Umgebungstemperaturen treten üblicherweise auf, wenn eine Maschine noch spät am Tag läuft. Bei steigenden Temperaturen sinkt die Viskosität und der volumetrische Wirkungsgrad der Systempumpen nimmt ab. Das Ergebnis ist eine Verminderung des Fördervolumens der Pumpen, wodurch die Stellglieder im System langsamer ansprechen. Bei Flüssigkeiten mit hohem Scherverlust kann vergleichsweise häufiger ein „Leistungseinbruch am Nachmittag“ auftreten als bei Flüssigkeiten mit höherer Scherstabilität, wodurch letztendlich die Produktivität der Maschine vermindert wird.

## Zusammenfassung

Die Fähigkeit eines Hydrauliköls zu gleichbleibender optimaler Viskosität innerhalb eines großen Temperaturfensters kann durch eine scherstabile Hydraulikflüssigkeit mit hohem VI erreicht werden. Gut formulierte, scherstabile Hydraulikflüssigkeiten mit hohem VI wurden darauf getestet, ob sie optimale Schmierungsviskosität innerhalb eines großen Temperaturfensters beibehalten können und so einer Verminderung des volumetrischen Wirkungsgrades vorbeugen können.