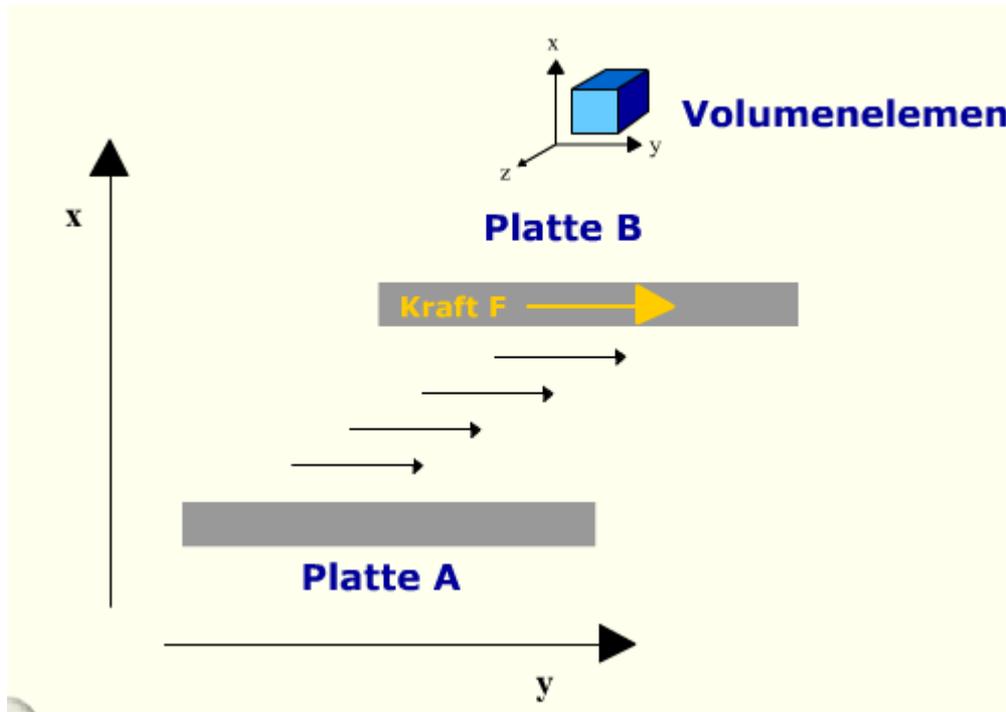


Viskosität

Die innere Reibung von Fluiden wird durch ihre dynamische Viskosität η beschrieben. Die dynamische Viskosität η eines Fluids stellt dessen Widerstand gegen einen erzwungenen, irreversiblen Ortswechsel seiner Volumenelemente dar.

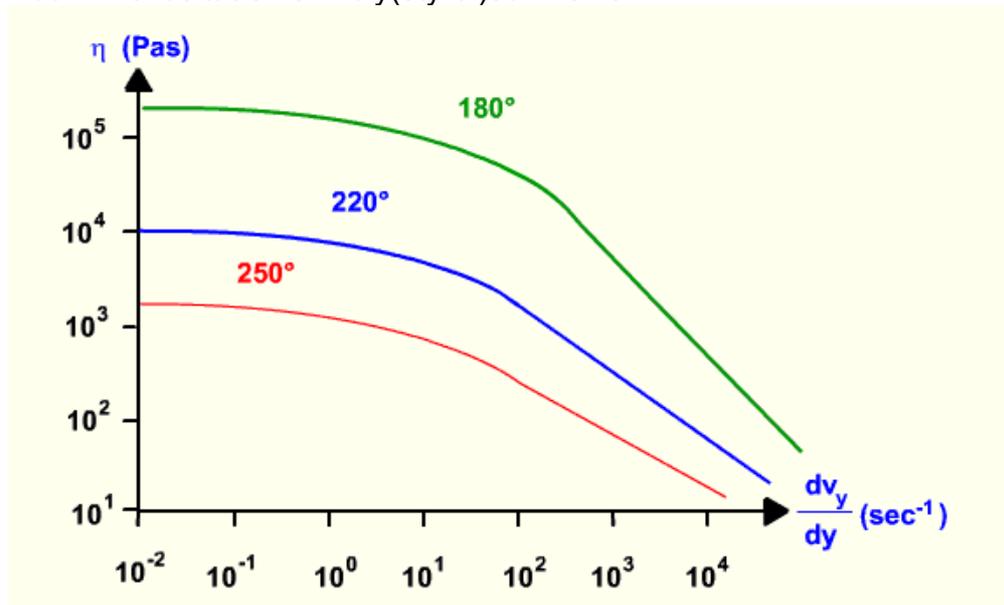
Abb.1 Zur Veranschaulichung: Scherung eines Fluids zwischen zwei Platten



Bei Newton'schen Flüssigkeiten ist die dynamische Viskosität η also unabhängig von der Schergeschwindigkeit dv/dy .

Die dynamische Viskosität von Fluiden ist außer vom Strömungszustand nur von der Temperatur und vom Druck abhängig. Bei Gasen nimmt sie mit der Temperatur zu (η proportional $T^{1/2}$), weil der Impulstransport zwischen den Molekülen mit der Temperatur ansteigt. Dagegen nimmt sie bei Flüssigkeiten ab (η proportional zu $e^{1/T}$), weil die Wechselwirkungskräfte zwischen Molekülen mit steigender Temperatur geringer werden. Die Abhängigkeit vom Druck ist weniger ausgeprägt und kann meistens vernachlässigt werden.

Abb.2 Viskosität einer Poly(styrol)schmelze



In der makromolekularen Chemie trifft man im Regelfall auf so genannte reale bzw. Nicht-Newton'sche Fluide, d.h. es tritt keine lineare Beziehung zwischen der Schubspannung τ und dem Geschwindigkeitsgradienten dv/dy auf. Damit ist die Viskosität keine Stoffkonstante mehr, sondern hängt von der Schergeschwindigkeit dv/dy ab.

Rheologie

Lehre von der Verformung und dem Fließverhalten der Materie (von griechisch rheo = fließen und logos = Wissenschaft).

Das Fließverhalten von Stoffen ist von deren physikalisch-chemischen Eigenschaften abhängig. Es wird durch die Form und Anordnung der Moleküle, die Konzentration, die Temperatur, die Micellenanordnung und die Vernetzung bestimmt. Parameter zur Charakterisierung der rheologischen Eigenschaften eines Stoffes sind die Viskosität η , die Schubspannung τ und die Schergeschwindigkeit dv/dy .

Fluide werden folgendermaßen nach ihrem Fließverhalten eingeteilt:

- * Newton'sche Fluide
- * Dilatante Fluide
- * Pseudoplastische (strukturviskose) Fluide
- * Plastische Fluide:
 - Bingham-Körper
 - Fließverhalten nach Casson
- * Scherzeitabhängige Fluide:
 - Thixotrope Fluide
 - Rheopexe Fluide

Kurvenverlauf bei Newton'schen, dilatanten und pseudoplastischen Fluiden (Geschwindigkeitsgradient dv/dy gegen Schubspannung τ)

Abb.1 Kurvenverlauf mit Erklärung

Pseudoplastisches Fluide

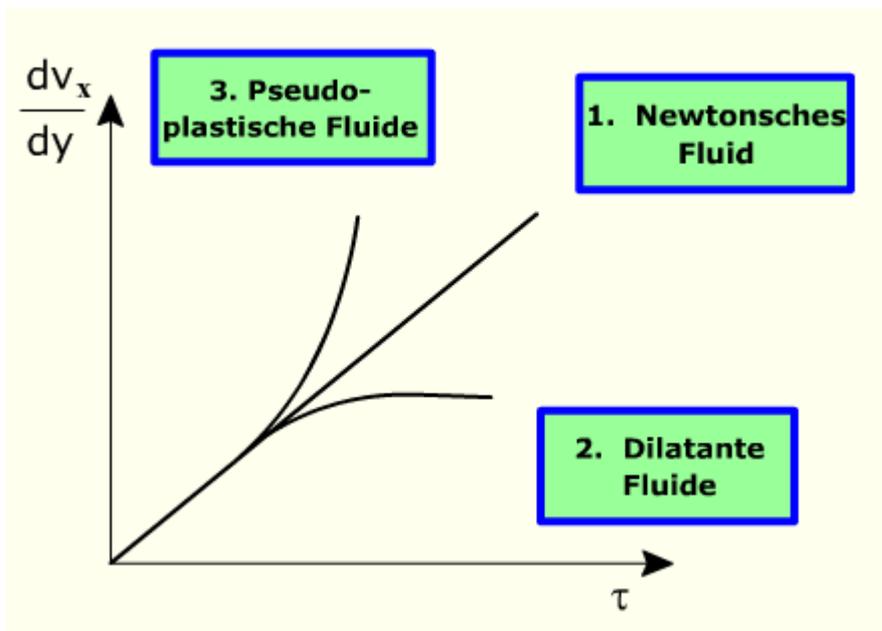
(auch strukturviskos genannt):
bei steigendem Geschwindigkeitsgefälle nimmt die Viskosität η ab
Ein Beispiel sind Polymerlösungen.

Dilatante Fluide:

Bei steigendem Geschwindigkeitsgefälle erhöht sich die Viskosität.
Stärkesuspensionen sind ein Beispiel hierfür.

Newtonsches Fluid:

Im Ostwald-de-Waele-Gesetz ist $n=1$ und damit ist die Viskosität η eine Materialkonstante.
Ein Beispiel für ein Newtonsches Fluid ist Wasser.



Kurvenverlauf bei plastischen Fluiden (Geschwindigkeitsgradient dv/dy gegen Schubspannung τ)

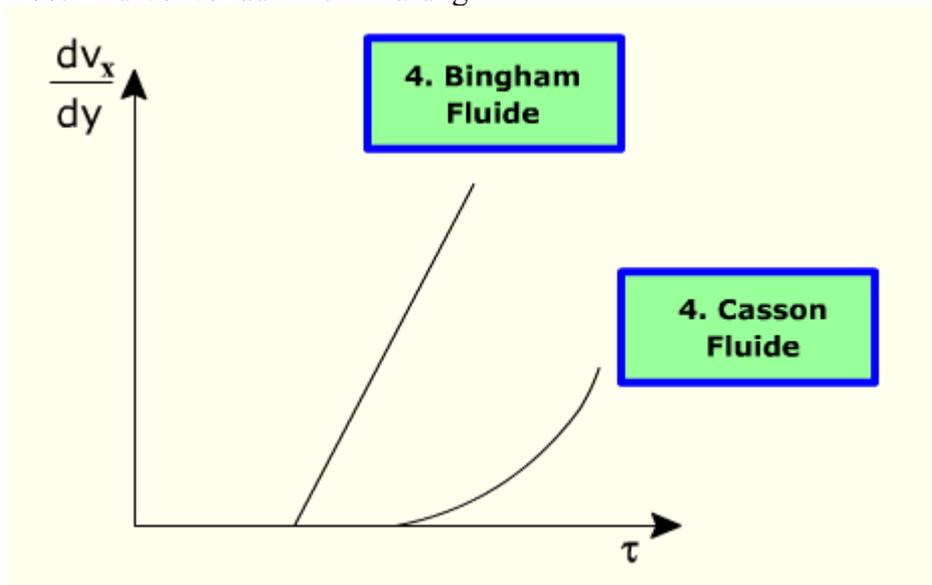
Bingham Fluide:

Erst ab einer bestimmten Schubspannung beginnt die Flüssigkeit zu fließen. Es besteht aber **ein linearer** Zusammenhang zwischen Schubspannung und Geschwindigkeitsgradient.

Casson Fluide:

Erst ab einer bestimmten Schubspannung beginnt die Flüssigkeit zu fließen. Es besteht aber **kein** linearer Zusammenhang zwischen Schubspannung und dem Geschwindigkeitsgradienten.

Abb.2 Kurvenverlauf mit Erklärung



Newton'sche Fluide

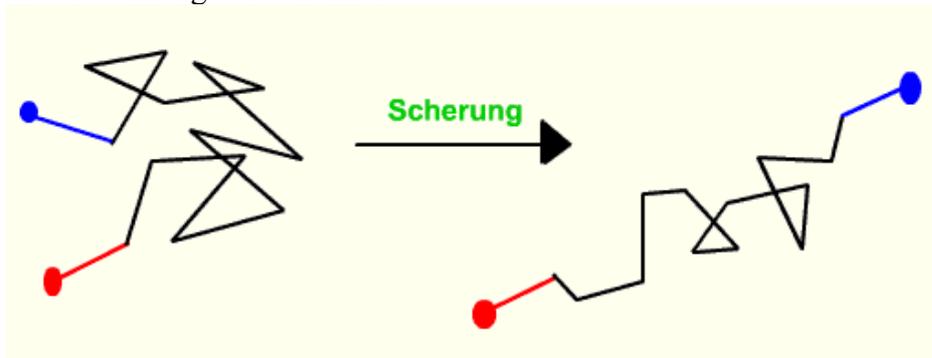
Hier besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Schubspannung τ und der Schergeschwindigkeit dv/dy . Das klassische Beispiel ist Wasser.

Tab.1 Typische Viskositätswerte bei Raumtemperatur und Normaldruck:

Stoff	η in Pa s
Benzin	0,65
Wasser	1,0
Ethylalkohol	1,2
Motoröl	150 bis 400
Glyzerin	1500
Kunststoffschmelzen	104 bis 108
Teere, Asphalte	108 bis 1014

Makromoleküle sind meistens sehr beweglich aufgrund der freien Drehbarkeit der Atomgruppen um ihre Bindungen. Daher können sie verschiedene Formen annehmen. Werden Makromoleküle der Scherkraft unterworfen, so bewirken die angreifenden Kräfte eine Orientierung des Moleküls in Strömungsrichtung und eine Entknäuelung des Moleküls. Außerdem wird so Lösemittel frei, das vorher im Molekül "eingelagert" war. Dies hat zur Folge, dass die Viskosität in Abhängigkeit von der Schubspannung abnimmt.

Abb.1 Wirkung der Scherkraft



Dilatante Fluide

(von lateinisch dilatare = ausbreiten, aufschieben)

Man spricht von dilatantem Verhalten, wenn mit steigender Schergeschwindigkeit dv/dy die Viskosität zunimmt, d.h. das Fluid dickflüssiger wird. Dilatanz tritt bei eng gepackten, wenig solvatisierten, dispersen Substanzen auf. Beispiele hierfür sind Stärkesuspensionen, Sandaufschlämmungen in Wasser und der Bodensatz von Ölfarben.

Pseudoplastische (strukturviskose) Fluide

Bei kleinen Schergeschwindigkeiten dv/dy verhält sich das pseudoplastische Fluid wie ein Newton'sches Fluid. Ab einer bestimmten (kritischen) Schergeschwindigkeit nimmt die Viskosität ab und es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen Schergeschwindigkeit und Viskosität mehr. Pseudoplastisches Fließverhalten beobachtet man bei Polymerlösungen und bei Stoffen, die energetische Wechselwirkungen, z.B. durch Wasserstoffbrücken oder ionische Interaktionen aufbauen können.

Plastische Fluide (Bingham- oder Casson-Fluide)

Beginnt ein Fluid erst ab einer bestimmten Schubspannung zu fließen, spricht man von plastischen Fluiden. Unterhalb der Fließgrenze verhält sich die Substanz wie ein Feststoff. Es handelt sich hierbei um disperse Systeme, die stark über Van-der-Waals-Kräfte, Wasserstoffbrückenbindungen und Dipol-Dipol-Kräfte wechselwirken. Bei plastischen Substanzen findet man zwei Arten von Fließverhalten:

Bingham-Körper

Wenn nach Überschreiten der Fließgrenze eine Proportionalität zwischen der Schergeschwindigkeit dv/dy und der Schubspannung τ vorliegt, so handelt es sich um ein ideal-plastisches Verhalten. Beispiele hierfür sind Zahnpasta, Lacke, Farben, Mayonnaise und Vaseline.

Fließverhalten nach Casson

Liegt nach Überschreiten der Fließgrenze keine Proportionalität zwischen Schergeschwindigkeit und Schubspannung vor, spricht man von einem Fließverhalten nach Casson.

Scherzeitabhängige Fluide

Neben schergeschwindigkeitsabhängigem Verhalten kann die Viskosität auch von der Scherzeit abhängen: Wenn ein Fluid mit vorgegebener Geschwindigkeit gerührt wird, so ändert sich je nach Dauer des Rührvorganges die Viskosität η .

Thixotrope Fluide

Nimmt die Viskosität eines Fluids bei gegebener Schergeschwindigkeit mit der Zeit ab, so spricht man von thixotropem Verhalten.

Rheopexe Fluide

Bei rheopexen Fluiden nimmt die Viskosität bei konstanter Schergeschwindigkeit mit der Zeit zu. Es gibt hierfür nur wenige Beispiele. Vanadinoxid-Suspensionen, Seife-Sole, eine 40%ige Suspension von Gips in Wasser sowie eine 5%ige Polymethacrylsäure-Lösung in Wasser weisen dieses Fließverhalten auf.

a) Was versteht man unter dem Begriff Viskosität?

Zähigkeit, Koeffizient der inneren Reibung
Flüssigkeiten und Gase haben die Eigenschaft, keinen Widerstand gegen Formänderungen zu zeigen, wenn diese genügend langsam erfolgen. Für rasche Formänderungen ist dagegen eine Kraft erforderlich. Der gegen eine Formänderung auftretende Widerstand hat seine Ursache in einer Stoffeigenschaft, der Viskosität. Sie beruht auf der inneren Reibung der Flüssigkeitsteilchen.

b) Erklären Sie kurz die dynamische und die kinematische Viskosität.
Dynamisch wie a), materialspezifischer Koeffizient, der zur Berechnung der Reibungskraft nötig ist (dynamisch, weil in der Formel die Geschwindigkeit vorkommt). Kinematisch siehe PAL 1690

c) Welche andere physikalische Größe beeinflusst die Viskosität wesentlich?
Temperatur (in Flüssigkeiten bei steigender Temperatur ist Viskosität abnehmend, in Gasen zunehmend)

PAL - Fragen zum Thema Viskosität

1689 Welche Einheit hat die dynamische Viskosität?

1. $m \cdot s \cdot N^{-1}$
2. $N \cdot m \cdot s^{-1}$
3. $N \cdot m \cdot s^{-2}$
4. $N \cdot s \cdot m^{-2}$
5. $N \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$

1690 Wie ist die kinematische Viskosität definiert?

1. Produkt aus dynamischer Viskosität und Dichte
2. Quotient aus Dichte und dynamischer Viskosität
3. Quotient aus dynamischer Viskosität und Dichte
4. Produkt aus Schubspannung und Geschwindigkeitsgefälle
5. Quotient aus Kraft und Fläche

1691 Eine Nicht-Newtonsche Flüssigkeit zeigt Dilatanz. Welchen Verlauf nimmt die Viskositätskurve mit steigender Schubspannung?

1. Die Schubspannung hat keinen Einfluss auf die Viskositätskurve
2. Die Viskosität fällt zunächst und steigt dann stark an
3. Die Viskosität fällt rasch
4. Die Viskosität steigt
5. Die Viskosität ändert sich nicht