

Viskosität

veröffentlicht im Internet unter aufgabomat.de

Inhalte: Fluid, dynamische Viskosität, Kugelfallviskosimeter, Stokes-Reibung

Gliederung:

1 Viskosität	1
2 Kugelfallviskosimeter.....	2

1 Viskosität

Ein **Fluid** (eine Flüssigkeit oder ein Gas), das ein Rohr ausfüllt, beginne zu strömen (Abbildung 1). Man stellt sich vor, dass sich dabei Fluidschichten infinitesimaler Dicke gegeneinander verschieben. Die unmittelbar an die Rohrwand angrenzende Fluidschicht haftet an dieser an und ruht daher. Mit zunehmendem Abstand von der Wand, d. h. zum Zentrum des durchströmten Querschnitts hin, steigt die Strömungsgeschwindigkeit v an.

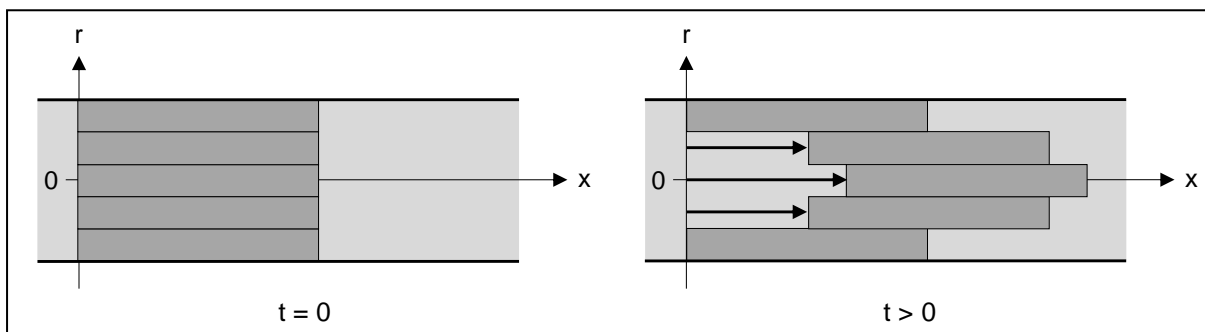


Abbildung 1: Laminare Strömung eines Fluids in einem Rohr.

Bei dieser Scherung des Fluids bzw. Verschiebung der Fluidschichten gegeneinander ist die innere Reibung des Fluids zu überwinden. Die entsprechende Kraft ist proportional zur Fläche A der Fluidschichten. Sie ist außerdem proportional zum Betrag $|dv/dr|$ der Geschwindigkeitsänderung über den Strömungsquerschnitt: Gäbe es in dem Fluid keine Reibung, wäre die Strömungsgeschwindigkeit über den gesamten Strömungsquerschnitt ein und dieselbe, d. h. $|dv/dr| = 0$. Je größer die innere Reibung ist, desto größer ist dagegen $|dv/dr|$. Es ist $F \sim A |dv/dr|$ bzw.

$$F = \eta A \left| \frac{dv}{dr} \right| \quad (1)$$

mit der Proportionalitätskonstante η , die als die **dynamische Viskosität** (Zähflüssigkeit) des Fluids bezeichnet wird (Einheit: 1 Pa s).

2 Kugelfallviskosimeter

Da die Viskosität beispielsweise im Zusammenhang mit der Verarbeitung und dem Transport fluider Substanzen von großer Bedeutung ist, gibt es eine Vielzahl von unterschiedlich konstruierten Geräten zu ihrer Messung, von so genannten **Viskosimetern**. Das einfachste dieser Messgeräte ist das in Abbildung 2 schematisch dargestellte **Kugelfallviskosimeter**: Ein kugelförmiger Körper des Radius r wird in eine Flüssigkeit eingebracht. Der Körper sei so beschaffen, dass er eine vertikal nach unten gerichtete Beschleunigung erfährt. Es sei außerdem angenommen, dass dabei keine Turbulenz auftritt bzw. keine Wirbel in der Flüssigkeit entstehen. Man spricht in diesem Fall davon, dass der Körper **laminar** umströmt wird.

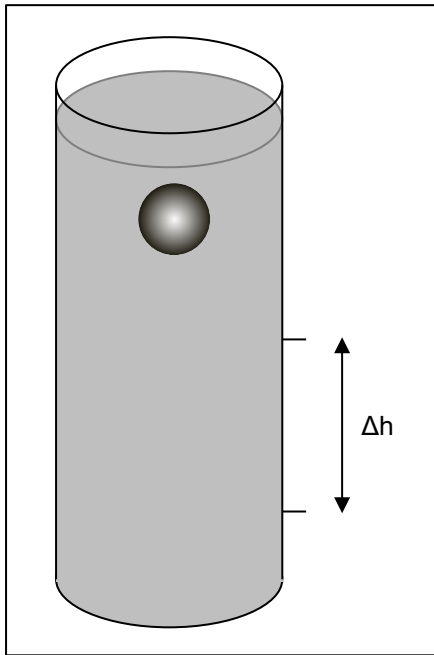


Abbildung 2: Prinzipieller Aufbau eines Kugelfallviskosimeters.

An dem Fallkörper greifen drei Kräfte an: die nach unten gerichtete Gewichtskraft mit dem Betrag $F_G = m g$, die aufwärts gerichtete Auftriebskraft mit dem Betrag $F_A = 4/3 \pi r^3 \rho g$ und eine Reibungskraft, die der Fallbewegung entgegen und damit ebenfalls aufwärts gerichtet ist. Im Fall eines laminar mit der Geschwindigkeit v umströmten kugelförmigen Körpers ist der Betrag der Reibungskraft

$$F_R = 6 \pi \eta r v. \quad (2)$$

Dies ist die so genannte **Stokes-Reibung**.

Der Fallkörper wird aus dem Zustand der Ruhe heraus nach unten beschleunigt. Steigt die Geschwindigkeit v des Körpers, so nimmt die Reibungskraft gemäß Gleichung 2 zu. Ab einem gewissen Zeitpunkt wird die Summe der Beträge von aufwärts gerichteter Auftriebskraft und Reibungskraft ebenso groß wie der Betrag der abwärts gerichteten Gewichtskraft. Damit ist ein Kräftegleichgewicht erreicht. Nach dem ersten Newtonschen Axiom bewegt sich der Körper ab jetzt geradlinig gleichförmig fort. In diesem Zustand wird die Zeit Δt gemessen, die er zum Durchfallen der Strecke Δh benötigt. Es ergibt sich die Gleichung

$$4/3 \pi r^3 \rho g + 6 \pi \eta r \Delta h / \Delta t = m g, \quad (3)$$

aus der sich die Viskosität η berechnen lässt.