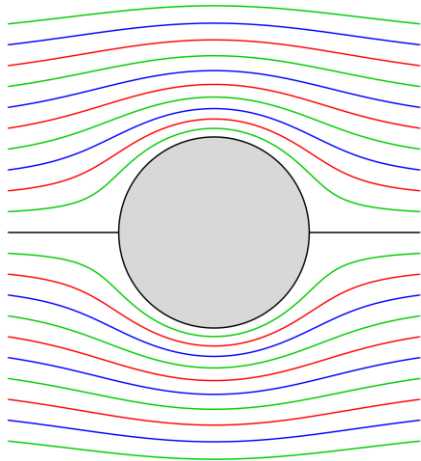


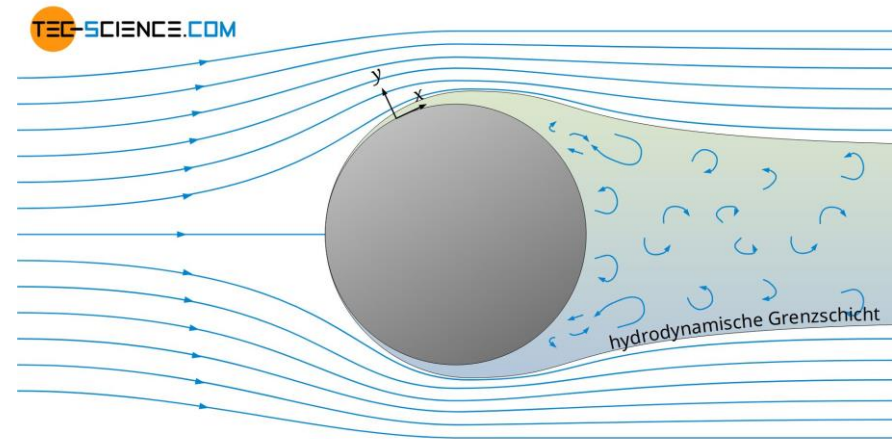
Widerstandskräfte  
in einem Medium

# Strömungswiderstand

Wenn sich ein Körper in einem Medium bewegt, erfährt dieser eine Widerstandskraft entgegen seiner Bewegungsrichtung. Diese Kraft wird als Strömungswiderstand bezeichnet. Ist das Medium Luft wird von Luftwiderstand oder Luftreibung gesprochen.



laminare Strömung



turbolente Strömung

# Stokes Reibung

Ursache des Strömungswiderstandes ist hauptsächlich die Reibung zwischen Teilchen des Mediums und dem Körper.

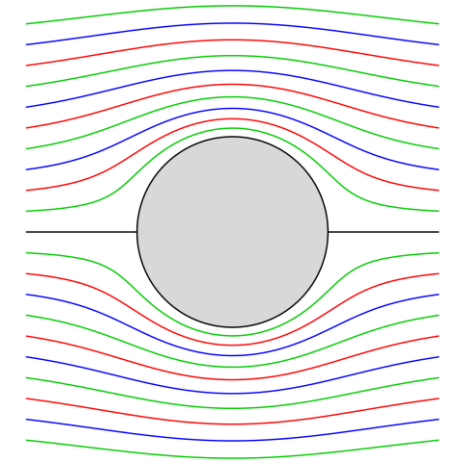
- gilt für kugelförmige Körper
- gilt nur, wenn laminare Strömung auftritt
- geeignet zur Beschreibung der Strömungsreibung für kleine Körper (Tröpfchen, Staubpartikel, Pollen, usw.)

Widerstandskraft:  $F_W = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$

$\eta$  – Viskosität (Zähigkeit)

$v$  – Geschwindigkeit des Teilchens

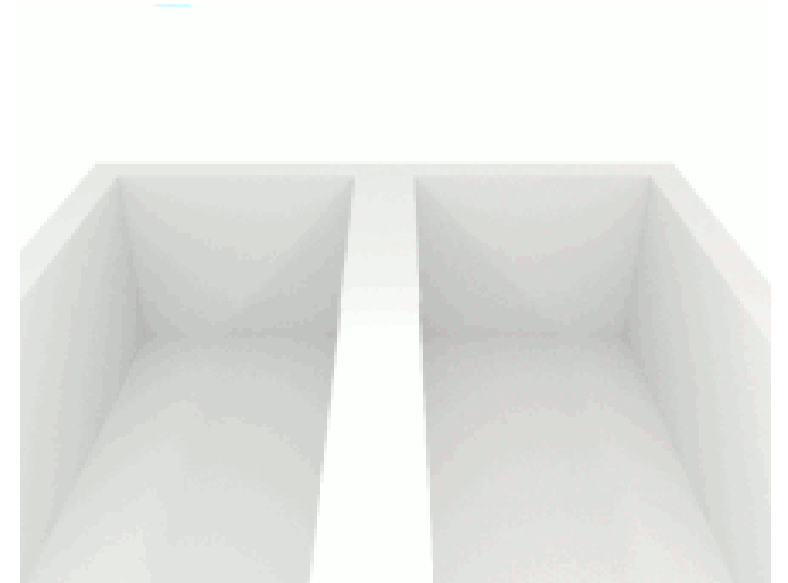
$r$  – Teilchenradius



laminare Strömung

# Viskosität

Medium	$\eta$ [ $10^{-3}$ kg/(m s) ]
Wasser (5 °C)	1,52
Wasser (20 °C)	1,00
Blut (37 °C)	3 bis 25
Traubensaft	2 bis 5
Kaffeesahne	$\approx 10$
Olivenöl	$\approx 10^2$
Honig	$\approx 10^4$

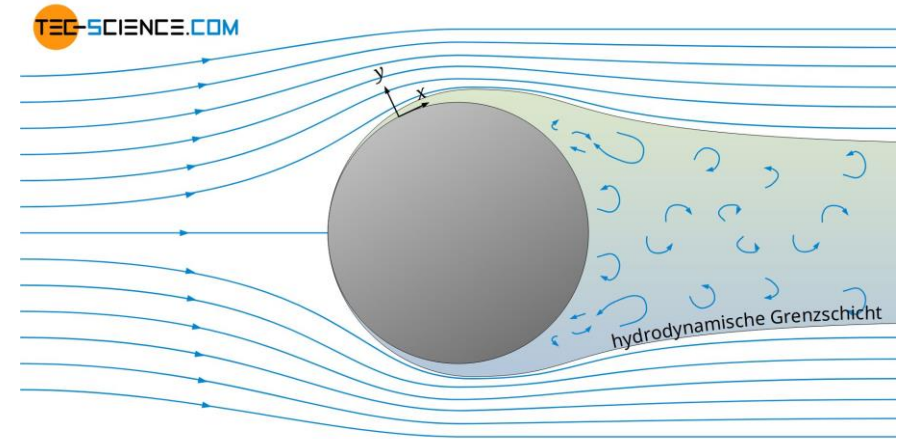


# Newton Reibung

Zusätzlich zur Reibung zwischen Teilchen des Mediums und dem Körper ist die Ursache des Strömungswiderstandes die Verwirbelungen hinter dem Körper. Durch die Verwirbelungen ist der Druck hinter dem Körper kleiner als vor dem Körper. Dieser Druckunterschied ergibt einen zusätzlichen Strömungswiderstand.

- gilt nur, wenn turbulente Strömung auftritt

$$\text{Widerstandskraft: } F_W = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$



turbulente Strömung

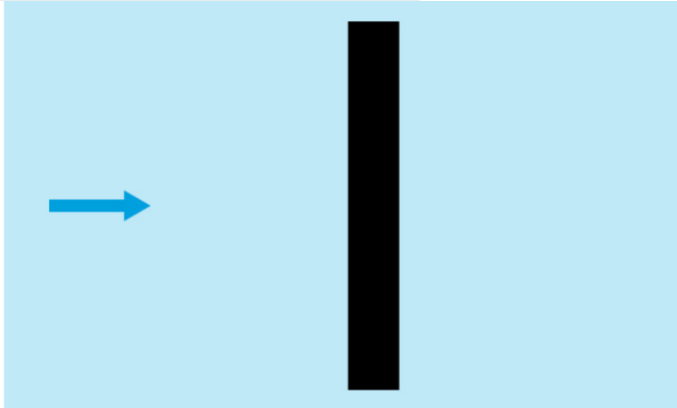
$c_w$  – Strömungswiderstandszahl

$v$  – Geschwindigkeit

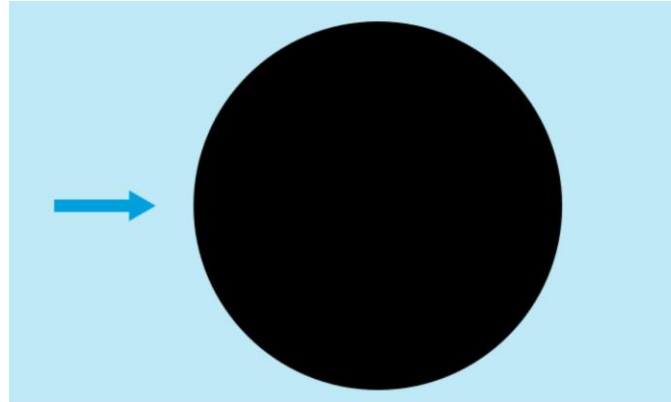
$\rho$  – Dichte des Mediums

$A$  – effektive Querschnittsfläche

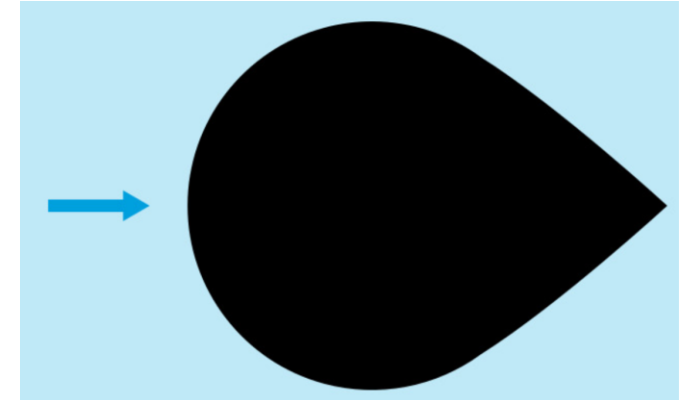
# Strömungswiderstandszahl



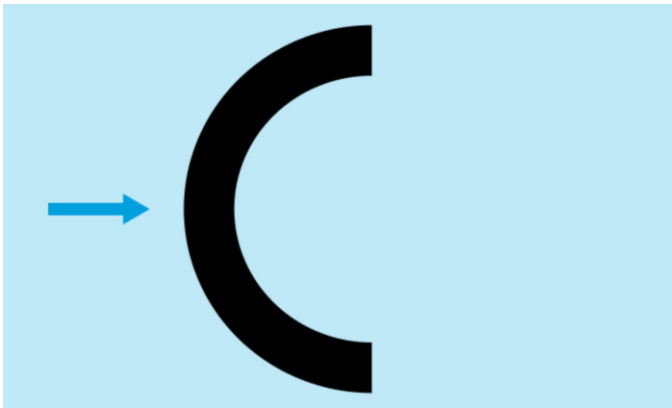
runde oder quadratische  
Platte:  $c_w = 1,1$



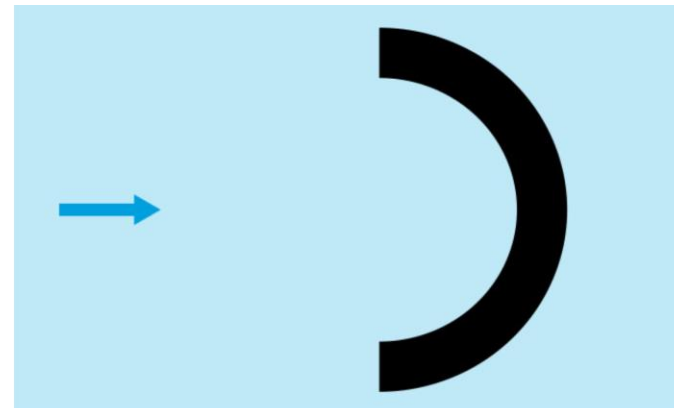
Kugel:  $c_w = 0,3 - 0,5$



Stromlinienform:  
 $c_w = 0,04 - 0,06$



konvexe hohle Halbkugel:  
 $c_w = 0,34$

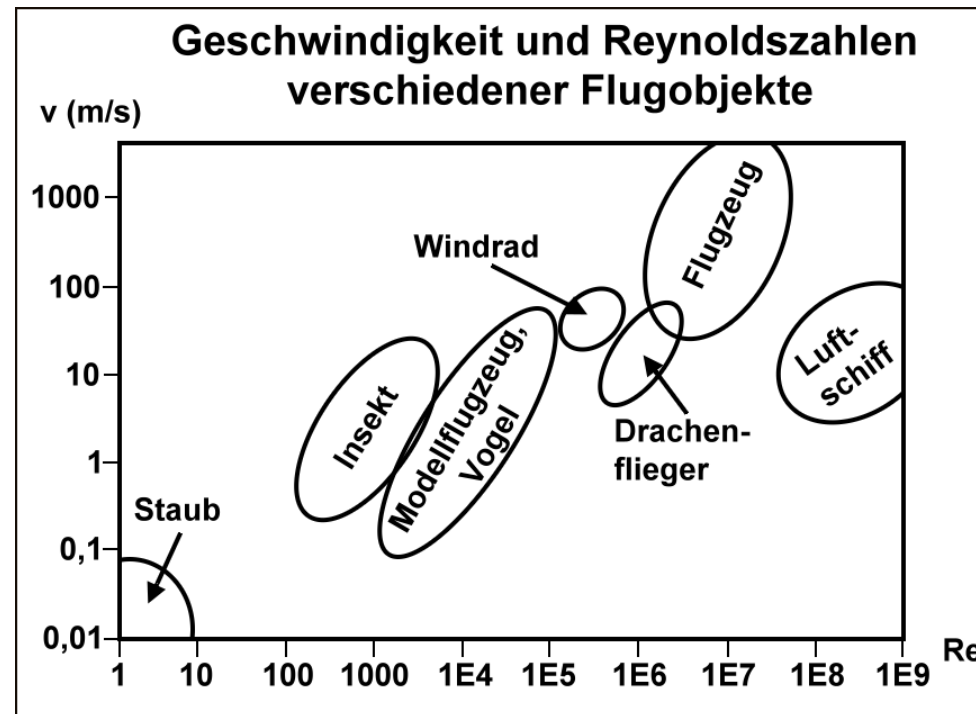
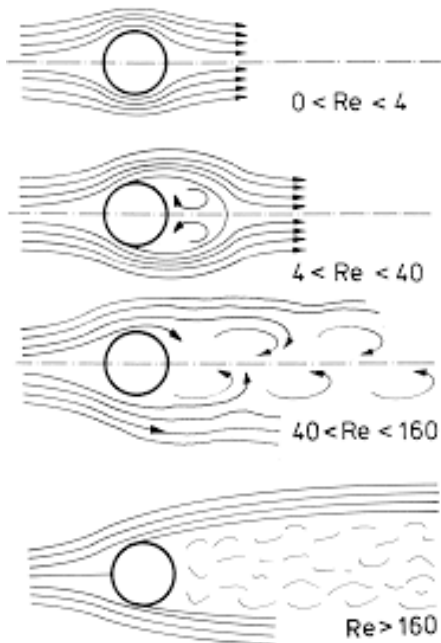


konkave hohle Halbkugel:  
 $c_w = 1,33$



# Reynolds-Zahl

Überschreitet die Reynolds-Zahl  $Re$  einen (problemabhängigen) kritischen Wert findet ein Umschlag von laminarer in turbulente Strömung statt.



Körper	Widerstand	
	Druck	Reibung
	100%	0%
	90%	10%
	60%	40%
	10%	90%
	0%	100%