

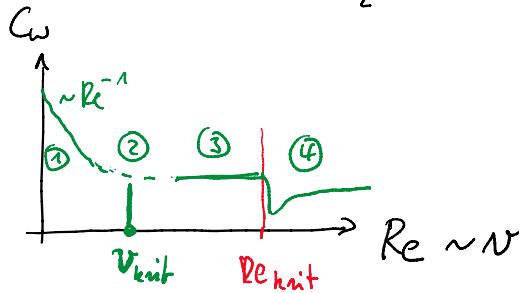
$C_w$  - Wert

$$F_R = c_w \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot A$$

Bereich mit trägheitsbestimmter Reibung

Hydrodynamik:  $c_w := \frac{F_R}{\frac{1}{2} \rho v^2 \cdot A}$

Widerstandsbeiwert



hängt nur von Körper ab.

① Stokes'scher Bereich :  $F_R \sim v$  laminae mit fester Grenzschicht ( $\nu=0$ )

$$\Rightarrow c_w \propto \frac{F_R}{v^2} \sim v^{-1}$$

② Übergangsbereich trägheitsbestimmt  $\Rightarrow$  trägheitsbestimmt  
 stationäre Wirbel  
 laminare Umschichtung laminare  
 teilweise Ablösung der Grenzschicht  
 ("Strömungsabriss")

③ trägheitsbestimmte Bereich  $F_R \sim v^2$

unterkritisch

$$c_w \propto \frac{F_R}{v^2} = \text{konstant}$$

$$Re < Re_{krit}$$

Ablösen des Wirbel

$\rightarrow$  Kármán'sche Wirbelstraße

keine stationäre Strömung

Abstrahfrequenz

$$\nu = St \frac{v}{l}$$

$l =$  Dimension in Strömrichtung

empirische Strouhalzahl ( $\sim 0.2$  Zylinder)

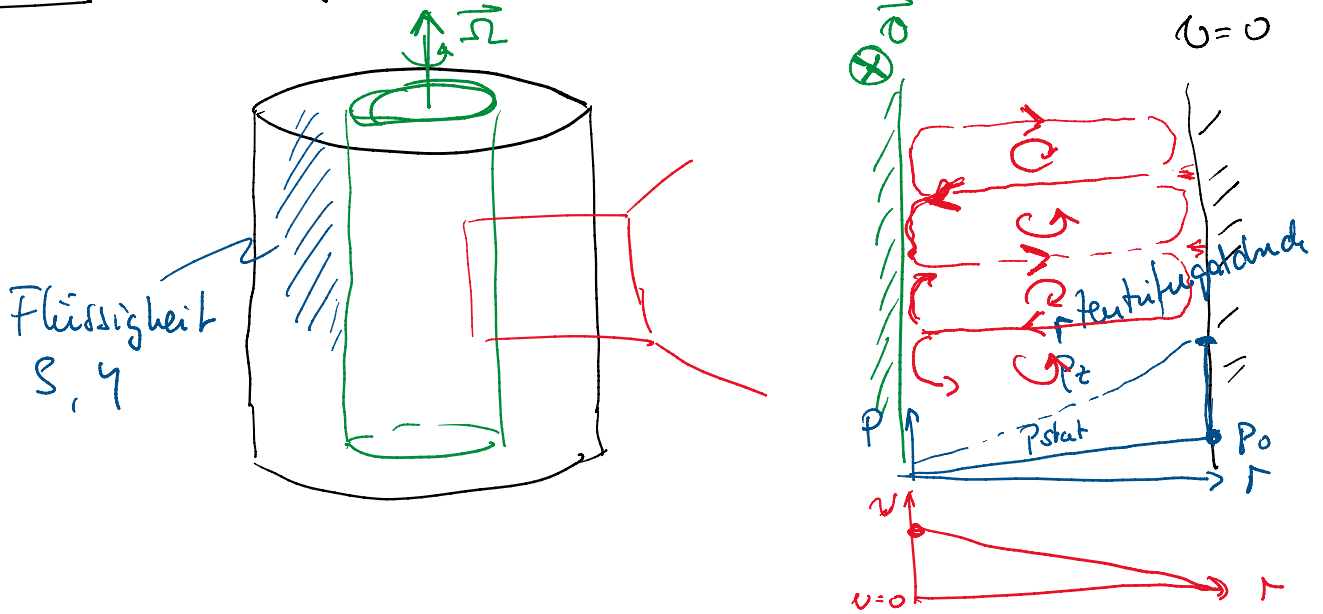
④

überkritisch turbulent

$C_w$ -Wert fällt ab  
Strömung instabil (chaotisch)

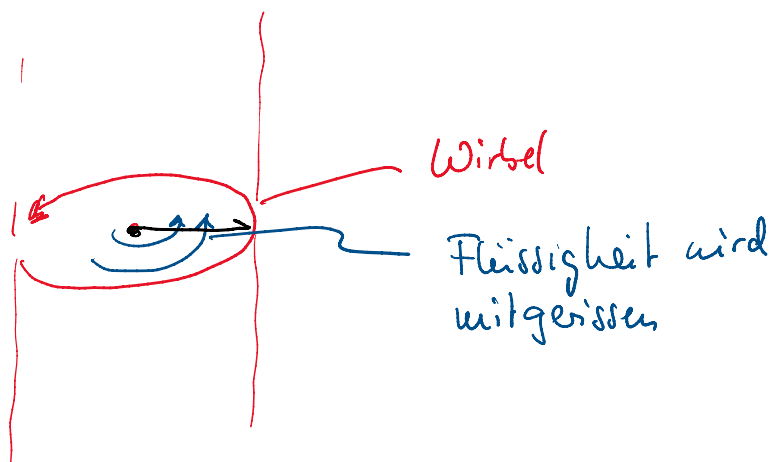
Demo:

Taylor - Wirbel



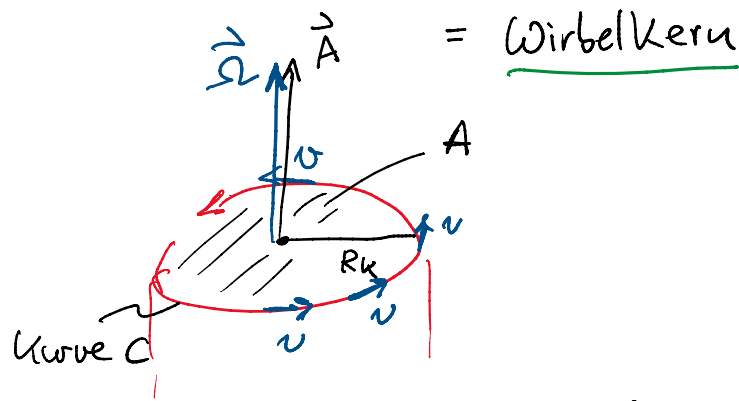
### Beschreibung eines Wirbels

stationäre Strömung  $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$  mit Reibung  $\eta$



Für lange Leiten nach Entstehung: = starrer Körper  
= rotierender Vollzylinder

$\vec{\Omega}_M \vec{A} = \underline{\text{Wirbelkern}}$



Zirkulation: 
$$\Gamma = \oint_C \vec{v} \cdot d\vec{s} = v \cdot \underbrace{\oint_C ds}_{2\pi R_k} = 2\pi R_k v$$

Stokes II

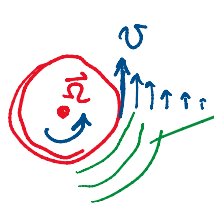
$$\iint_A \text{rot } \vec{v} \cdot d\vec{A} = \iint_A 2\vec{\Omega} \cdot d\vec{A} = 2\Omega \pi R_k^2$$

Wirbelvektor  $\vec{\Omega} = \frac{1}{2} \text{rot } \vec{v} \Rightarrow \boxed{\Omega R_k = v}$

$|\vec{\Omega}|$  ist Winkelgeschwindigkeit

Def: Wirbelstärke := 
$$\Gamma = \oint_C \vec{v} \cdot d\vec{s} = 2\Omega A$$

Zirkulationsgebiet



laminares Strömungsgebiet

Zirkulationsgebiet trägt nicht zur Wirbelstärke bei

$r > R_k$ :  $\Gamma = \text{konstant} = 2\Omega \cdot A$

$$L = 2\pi r \cdot v(r) \Rightarrow v(r) = \frac{\Gamma}{2\pi r} \propto r^{-1}$$

Geschwindigkeit fällt hier mit  $\frac{1}{r}$  ab.

Geschwindigkeit fällt hier mit  $\frac{1}{r}$  ab.