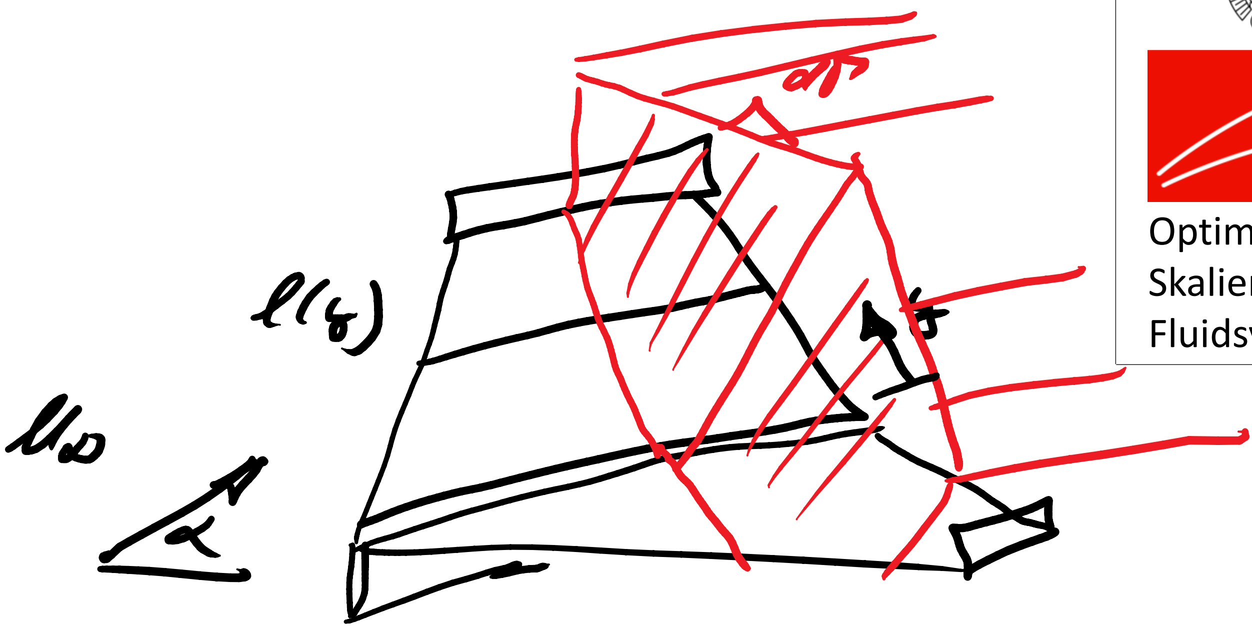
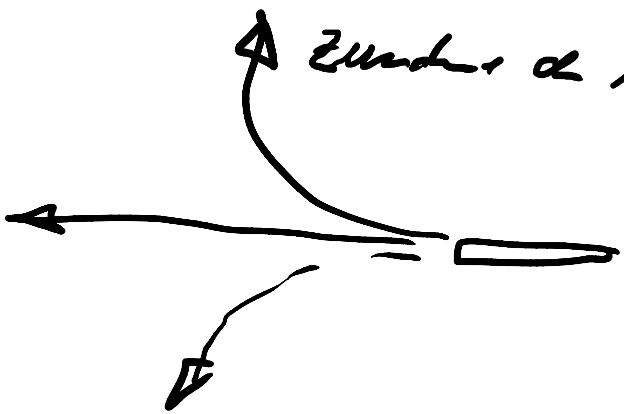
$$c_A = 2\pi\alpha$$

$$\begin{cases} A = c_A \frac{\rho}{2} u_\infty^2 \, l(y) \\ A = -\rho \, \Gamma \, u_\infty \end{cases}$$

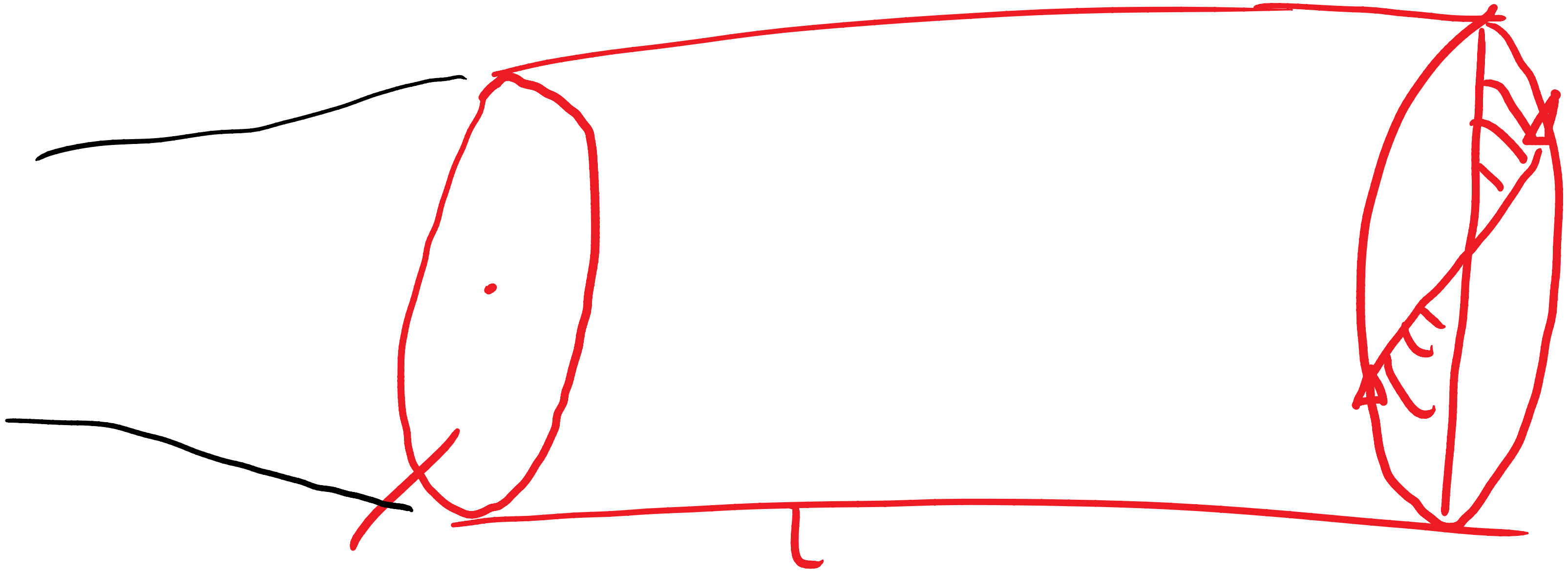
$$\Gamma = -u_\infty \, l(y) \frac{1}{2} c_A$$

$$= -u_\infty \, l(y) \, \pi \alpha$$



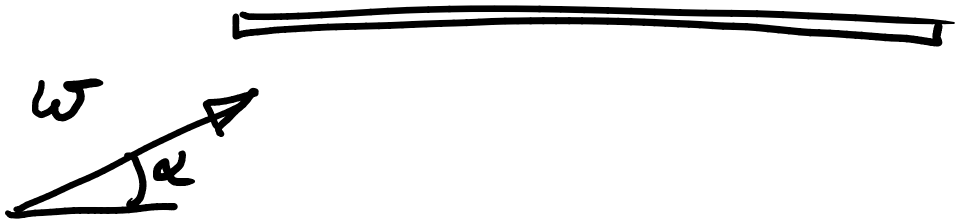


Zunahme α Anstellwinkel und instationäre Wirbelablösung.



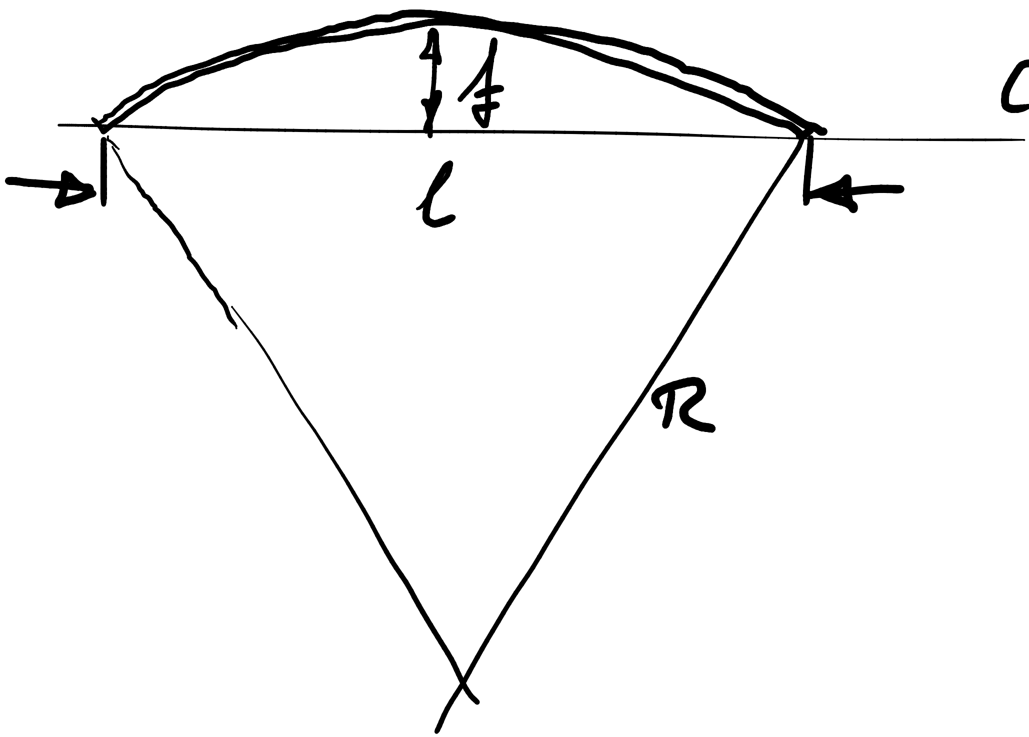
Wirbelscheibe
gebundener Wirbel

Wirbelmantel
abschwimmender Wirbel.



$$c_A = 2\pi \sin\alpha$$

$$\approx 2\pi\alpha$$

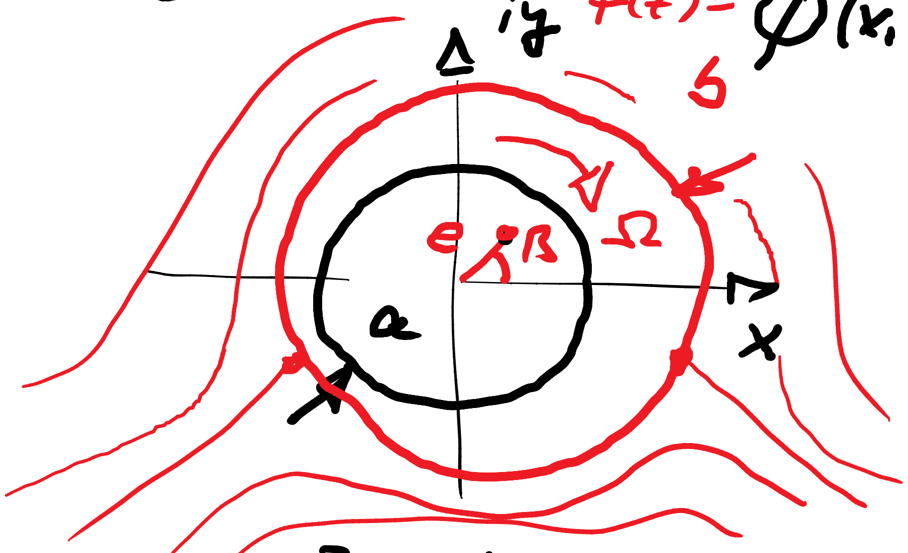


$$c_A = 2\pi\left(\sin\alpha + \frac{2f}{l}\right)$$

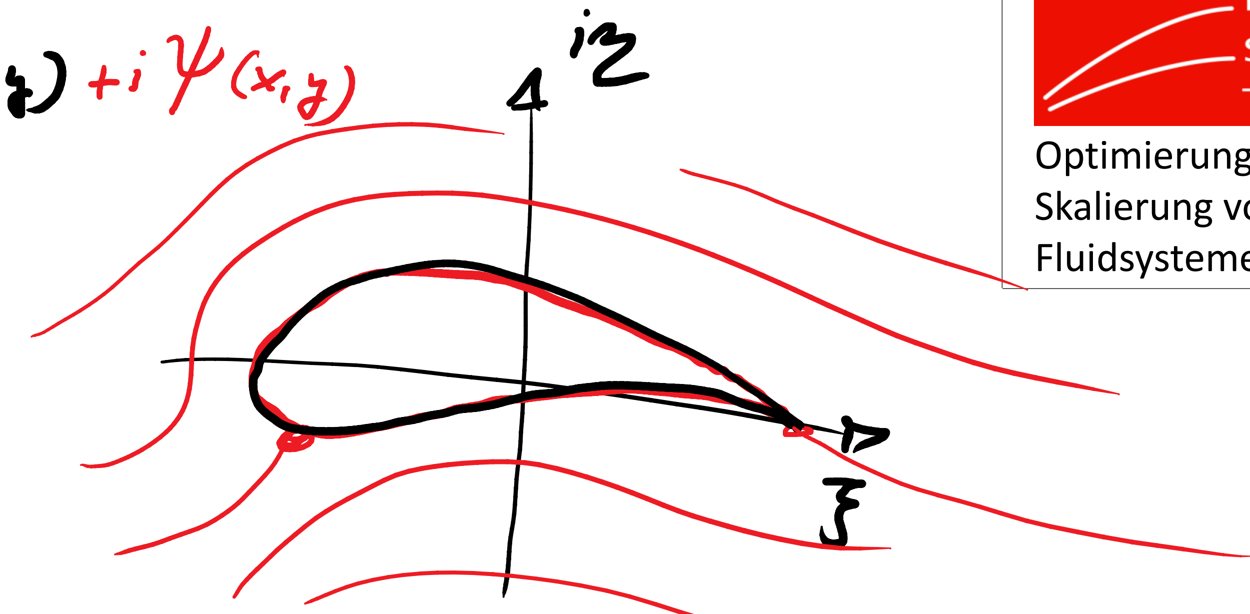
$\Gamma = \Omega b^2 2\pi$

Joukowsky-Profil

$F(z) = \Phi(x,y) + i\Psi(x,y)$



$z = x + iy$



$\zeta = \xi + i\eta$

$$\boxed{f(z) = z + \frac{a^2}{z} = \zeta}$$

Joukowskiabbild. Konforme Abbildung

↳ Spurk Kap 10.2

NACA - Profile

Eppler - Profile

TU-Delft $\rightarrow$

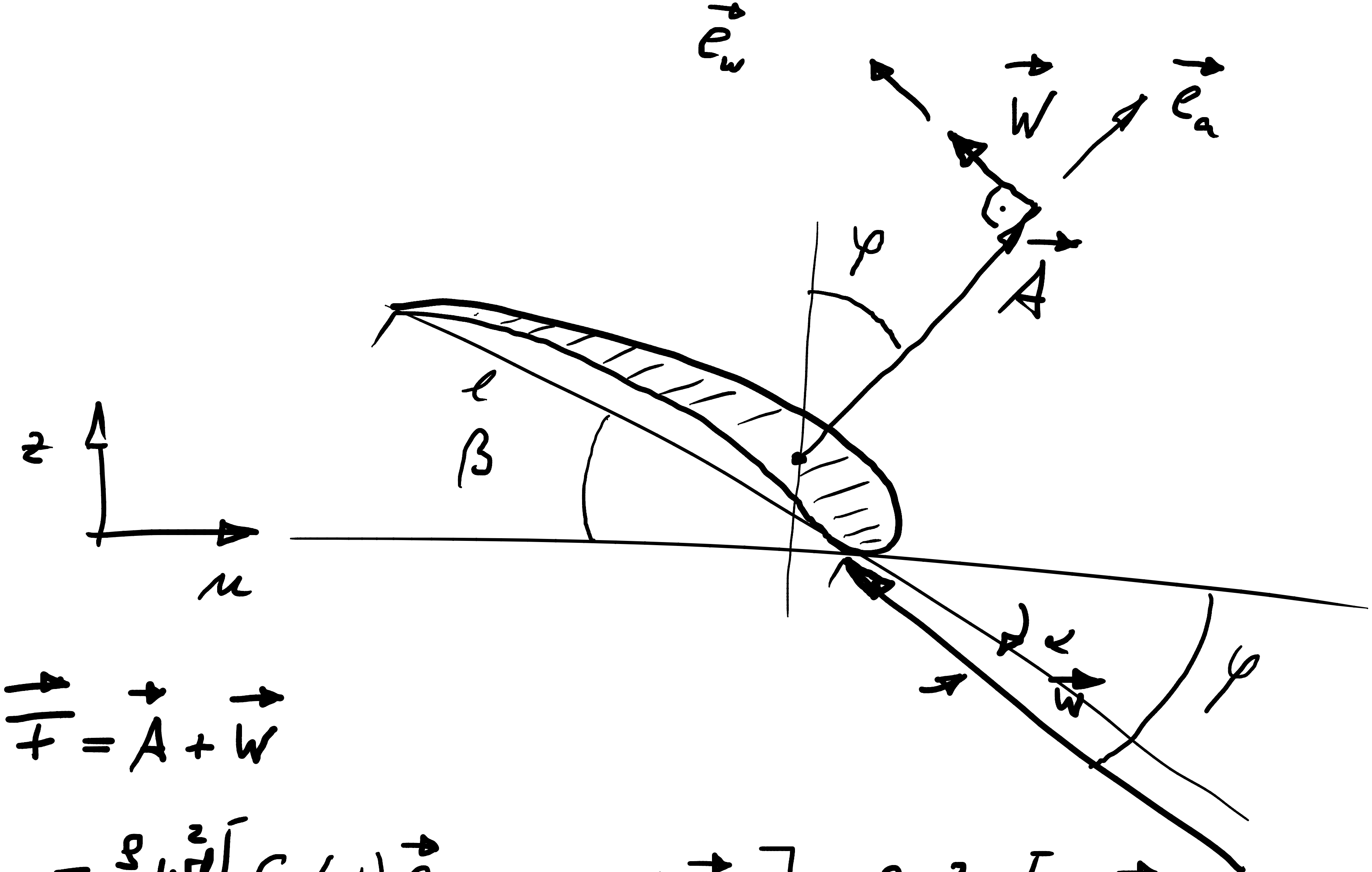
} Profilkataloge

c_A

c_W

} Profilpolare.

<u>Literaturempfehlung</u>: Theory of Wing sections



$$\vec{F} = \vec{A} + \vec{W}$$

$$= \frac{\rho}{2} w^2 \ell \left[c_A(\alpha)\, \vec{e}_a + c_W(\alpha)\, \vec{e}_w \right] = \frac{\rho}{2} w^2 \ell \left[c_z\, \vec{e}_z + c_u\, \vec{e}_u \right]$$

φ ist der Drehwinkel für die Koordinatentransformation.

$$c_z = c_A \cos\varphi - c_W \sin\varphi$$

$$c_u = c_A \sin\varphi + c_W \cos\varphi$$

Transformation für d. Komponente.

$$t_i = a_{ij}\, t_j'$$

a_{ij} ist die Transformationsmatrix

$$a_{ij} = \vec{e}_i \cdot \vec{e}_j'$$

vgl. Skript Anhang

Herleitung $\vec{t}_g = t_i \vec{e}_i = t_j' \vec{e}_j' \quad \Big| \cdot \vec{e}_j'$

$$\boxed{t_i\, \vec{e}_i \cdot \vec{e}_j' = t_j'}$$

Blattanzahl i (z.B. $i=3$)

Schub S

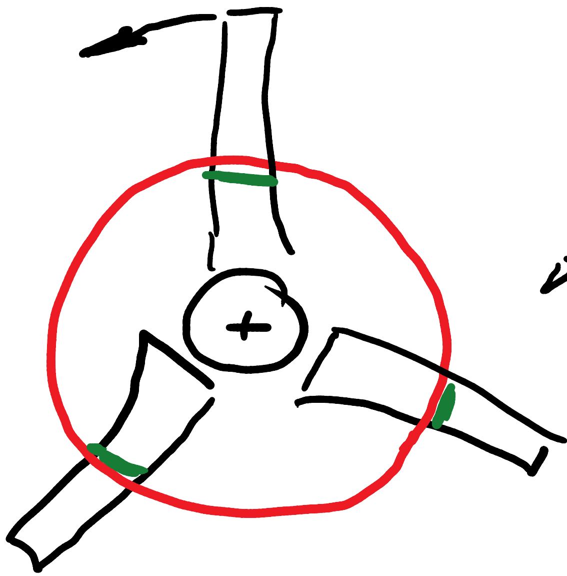
Moment M_z

Völligkeitsgrad $\sigma := \dfrac{i\,l}{2\pi r}$

klein bei schnellläufiger Maschine:

$$\lambda = \frac{\Omega R}{c_0}$$

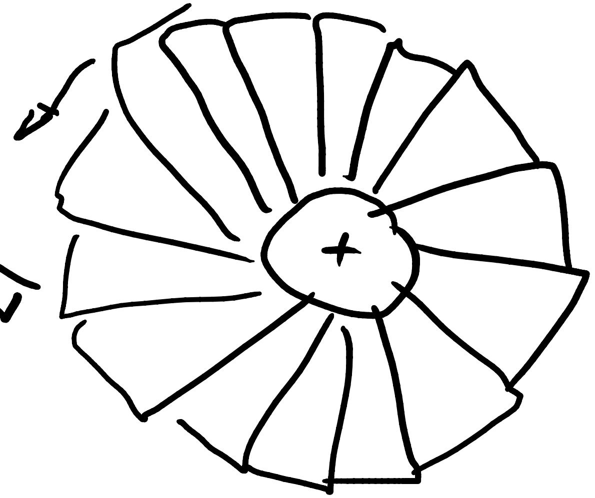
$u = \Omega R$



$\lambda \approx 5$

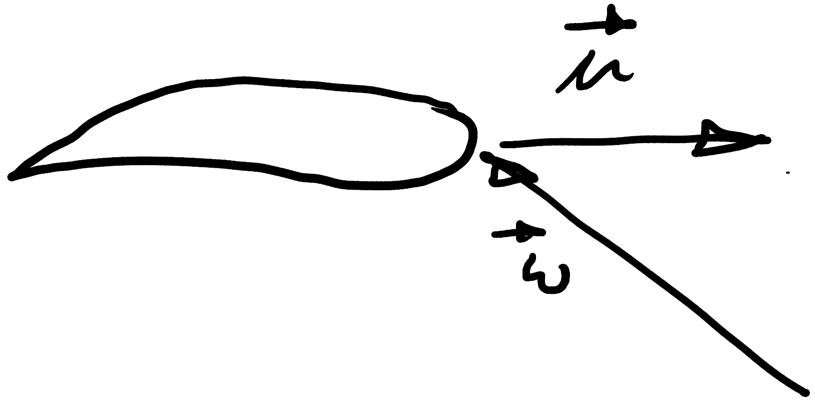
schnellläufige Maschine

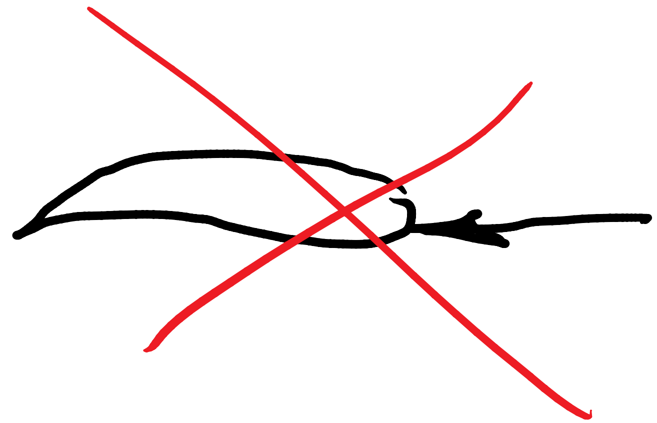
Western mill



$\lambda \sim 2$

langsamläufige Maschine





Zum Begriff Schnellläufigkeit

Schnelllaufzahl $\lambda = \frac{\Omega R}{c_0}$ Windturbinen, ...

Durchflusszahl $\varphi = \frac{c_0}{\Omega R} = \frac{1}{\lambda}$

Schnelllaufzahl im Cordier diagramm

$$\sigma = 2n(2gH)^{-3/4}\dot{V}^{\frac{1}{2}}\pi^{1/2}$$

Drehzahl $n = \Omega / 2\pi$

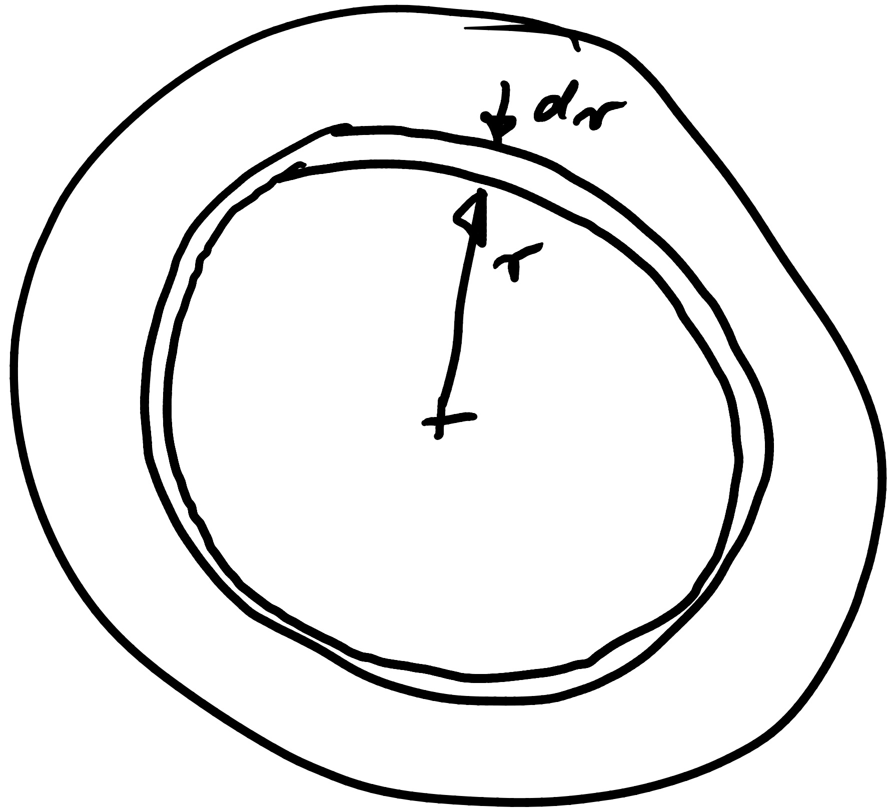
$\Delta p = \rho g H$

$\dot{V} = \bar{c} A$

Fortschrittsgrad

$\lambda = \frac{c_0}{\Omega R}$

Schub eines Segments der Fläche $2\pi r\,dr$



$$P_S = \int_0^R dM_z\,\Omega$$

$$S = \int_0^R dS$$

Turbine

Propeller

$$\frac{dS}{2\pi r\,dr} = \frac{\rho}{2} w^2 \varkappa\, c_z = \frac{\rho}{2} w^2 \varkappa \left[c_A \cos\varphi - c_W \sin\varphi \right]$$

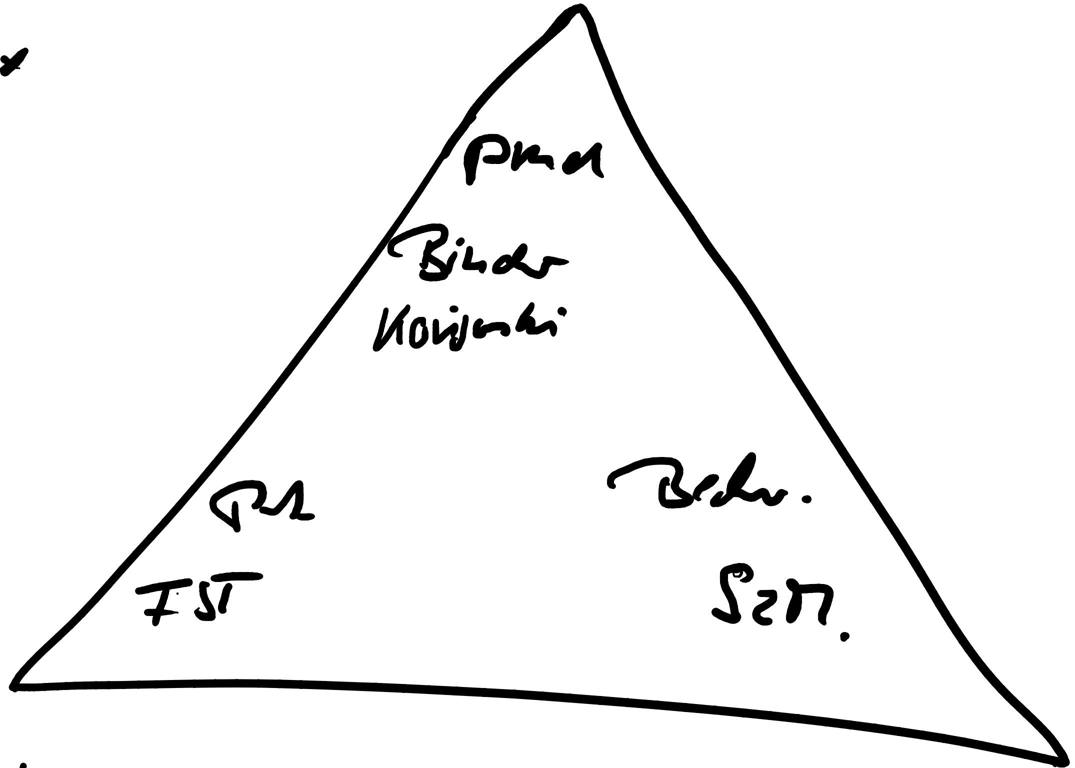
$$\frac{dM_z}{2\pi r^2\,dr} = \frac{\rho}{2} w^2 \varkappa\, c_u = \frac{\rho}{2} w^2 \varkappa \left[c_A \sin\varphi + c_W \cos\varphi \right].$$

$$\varphi = \beta - \kappa$$

Herausforderung:

Zielkonflikt

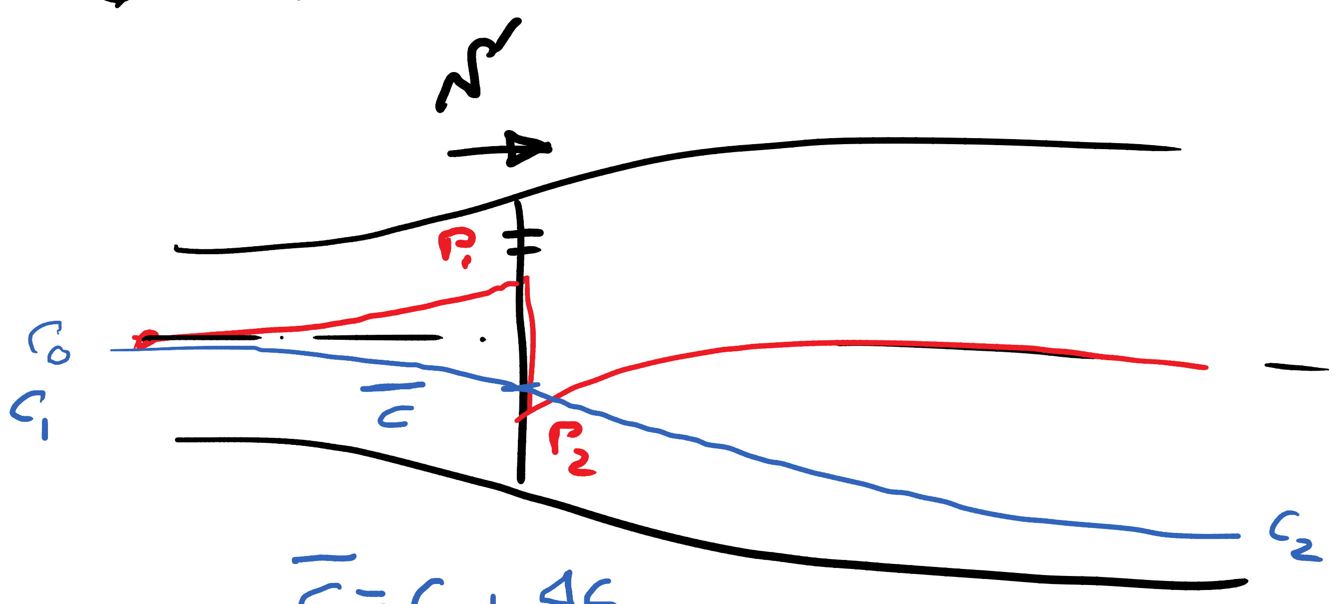
Kosten/Aufwand.



Funktion

Verfügbarkeit

Zum induzierten Axialschub



$$\bar c = c_0 + \frac{\Delta c}{2}$$
$$= c_0(1+2a)$$

a ist der Induktionsfaktor.

1.) Schub über Bernoulli:
2.) Schub über Impulssatz.

1.) $\frac{D\rho}{Dt} = 0$

$$\frac{c_0^2}{2}\rho = p_1 + \rho\frac{\bar c^2}{2}$$

$$p_2 + \rho\frac{\bar c^2}{2} = c_2^2/2\,\rho$$

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \left(\frac{c_1^2}{2} - \frac{c_2^2}{2}\right)\rho$$

$$S = \Delta p A$$

2.) $S = \dot m (c_1 - c_2)$
$= \rho \bar c A (c_1 - c_2)$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

Optimierung und Skalierung von Fluidsystemen

$$\left.\begin{aligned} S &= \frac{\rho}{2}\left(c_1^2 - c_2^2\right)A \\ S &= \rho \bar{c} A \left(c_1 - c_2\right) \end{aligned}\right\} \quad \bar{c} = \frac{c_1 + c_2}{2}$$

$$c_1 = c_0 \; ; \quad c_2 = c_0 + \Delta c \rightarrow \bar{c} = c_0 + \frac{\Delta c}{2}$$

Jede Freistrommaschine wird mit dem arithmetischen Mittel von Zu- und Abstromgeschwindigkeit durchströmt.

↳ Betzsches Gesetz.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Optimierung und Skalierung von Fluidsystemen