

Kolben- und Strömungsmaschinen

Seminar 6

Entwurf und Tragflügeltheorie

Bedeutung:

- Erstausslegung
- Umrechnung Modell- auf Großausführung
- Vergleich Auslegung / Rechnung / Messung
- Grundlage für Beurteilung der erreichten Güte

Druckzahl:

$$\psi = \frac{2 g H}{u_2^2} = \frac{2 Y}{u_2^2}$$

- Druckzahl ist unabhängig von Drehzahl und Laufraddurchmesser

Durchflusszahl:

$$\varphi = \frac{c_m}{u} = \frac{Q}{u A}$$

H... Förderhöhe einer Stufe

Q... Volumenstrom

Y... spezifische Nutzförderarbeit

u... mittlere Umfangsgeschwindigkeit
(Pumpe: Austritt, Turbine: Eintritt)

Spezifische Drehzahl (Radformkennzahl)

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

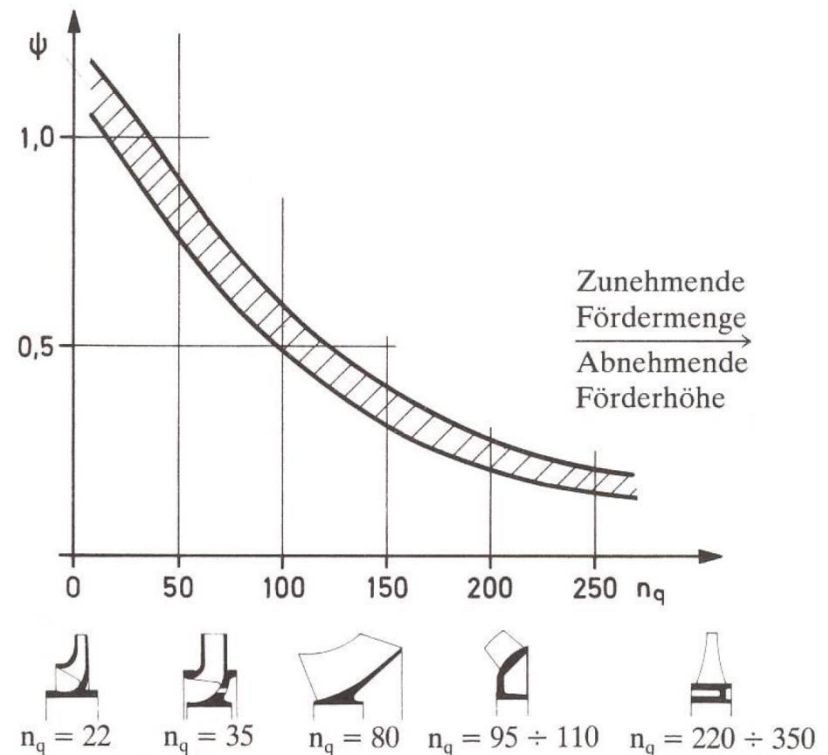
H... [m]

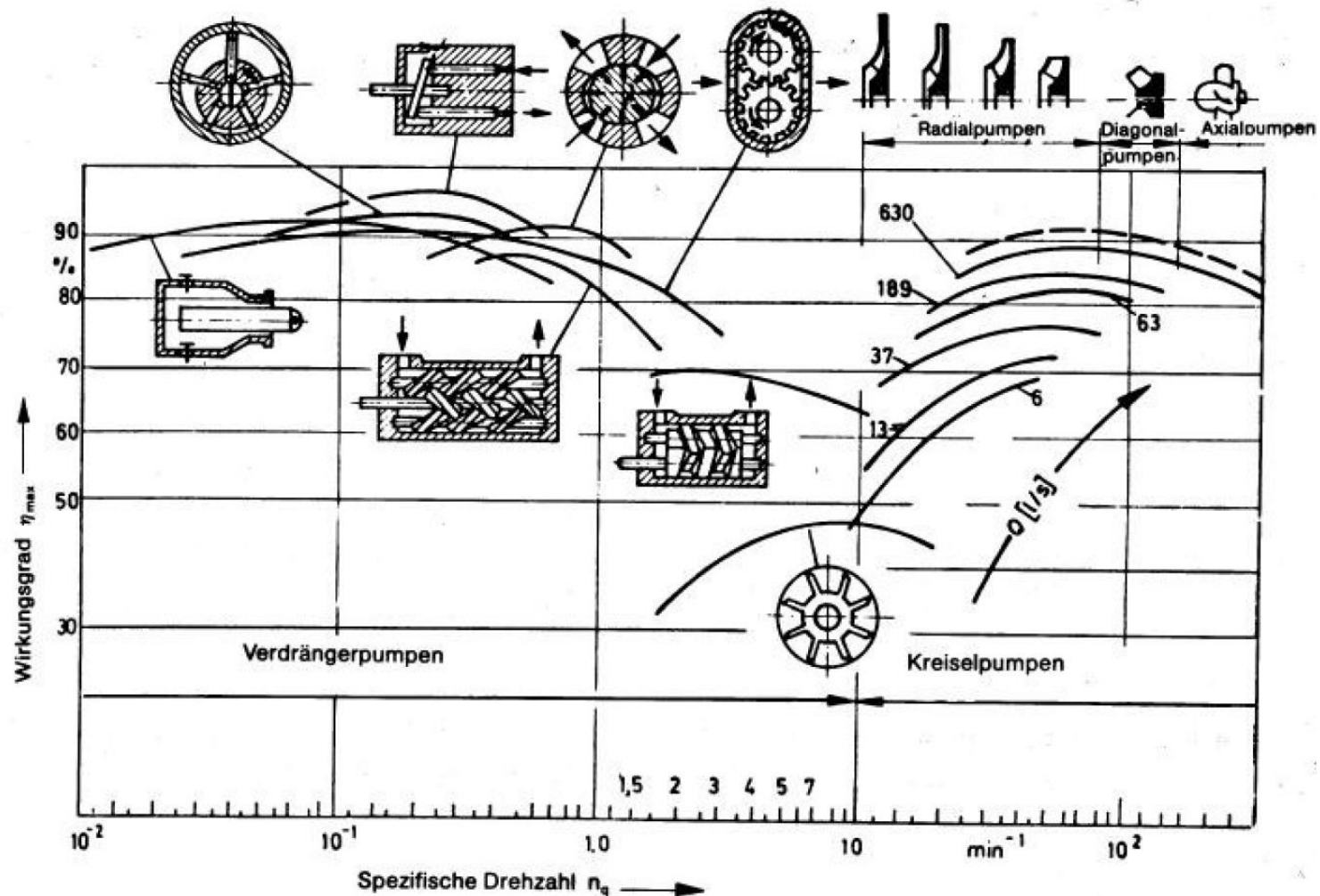
Q... [m³/s]

n... [1/min] je nach Einheit im Diagramm

- Kennzahl für die Bauform des Laufrades

Druckziffer als Funktion der spezifischen Drehzahl





Wirkungsgrad und Bauform in Abhängigkeit von der spezifischen Drehzahl

Durchmesserzahl

$$\delta = \frac{\psi^{1/4}}{\sqrt{\varphi}} = \frac{1}{2} \sqrt{\pi \sqrt{2}} \cdot D_x \cdot \frac{Y^{1/4}}{\sqrt{Q_x}}$$

x... Pumpe: Austritt; Turbine: Eintritt

D... Laufraddurchmesser

Q... Volumenstrom

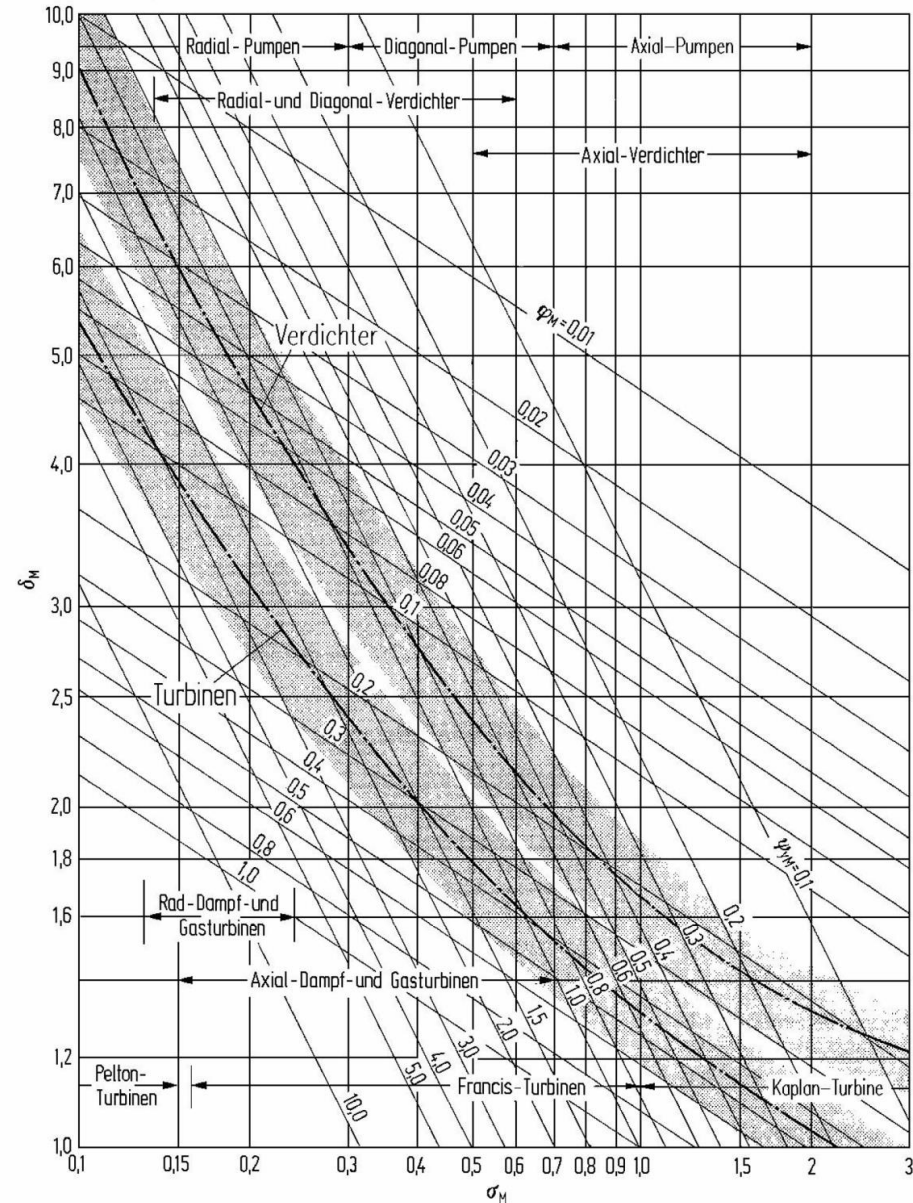
Y... spezifische Nutzförderarbeit

Schnellaufzahl

$$\sigma = \frac{\varphi^{1/2}}{\psi^{3/4}} = \sqrt{\pi \sqrt{2}} \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q_x}}{Y^{3/4}}$$

Auslegung:

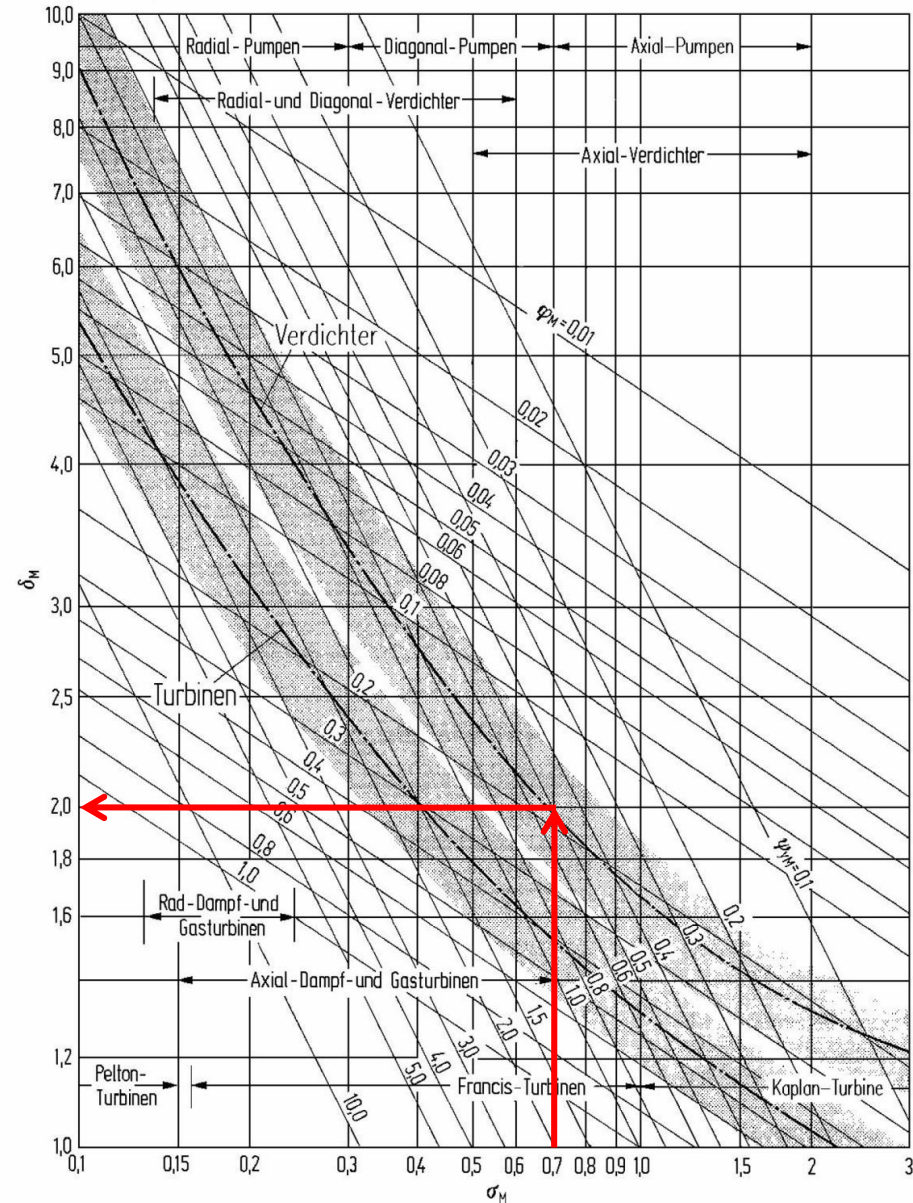
1. Berechnung der Kennzahlen
Durchmesserzahl oder Schnelllaufzahl
aus den gegebenen Größen Volumen
strom, Förderhöhe und maximaler
Durchmesser oder Drehzahl
2. Ermittlung der fehlenden Größe über
die Bestimmung der Kennzahlen
Durchmesserzahl oder Schnelllaufzahl
mittels Cordier-Diagramm
3. Ermittlung der
Umfangsgeschwindigkeit am
Lauferraddurchmesser D



Cordierdiagramm

Beispiel:

1. Aus gegebenen Größen $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $Y = 165,3 \text{ m}^2/\text{s}^2$ und $n = 750 \text{ 1/min}$ wird Schnelllaufzahl $s = 0,7$ für eine Pumpe errechnet
2. Durchmesserzahl $d = 2,0$ aus Cordier-Diagramm ablesen und über Definition für d den Durchmesser ermitteln
→ $D = 0,65 \text{ m}$
3. Ermittlung der Umfangsgeschwindigkeit am Laufrad-durchmesser D : $u = 25,5 \text{ m/s}$



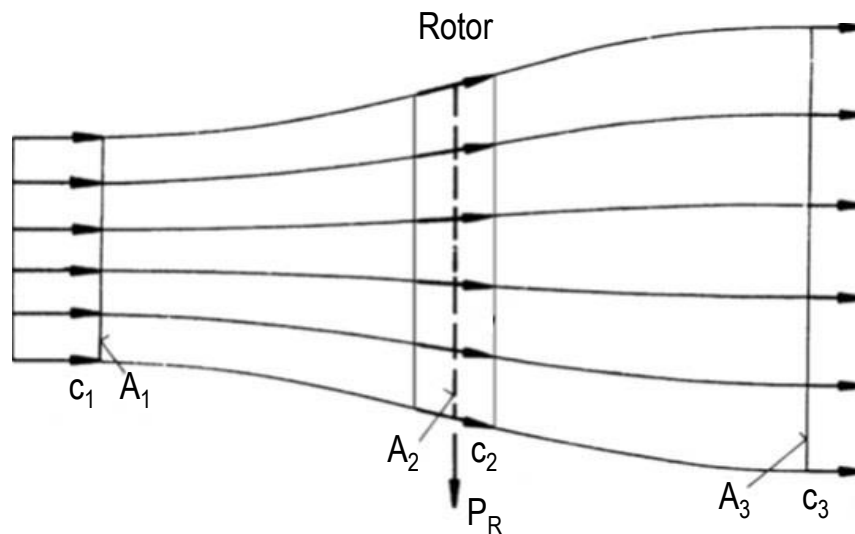
Cordierdiagramm

Vereinfachte Strahltheorie

Windleistung:

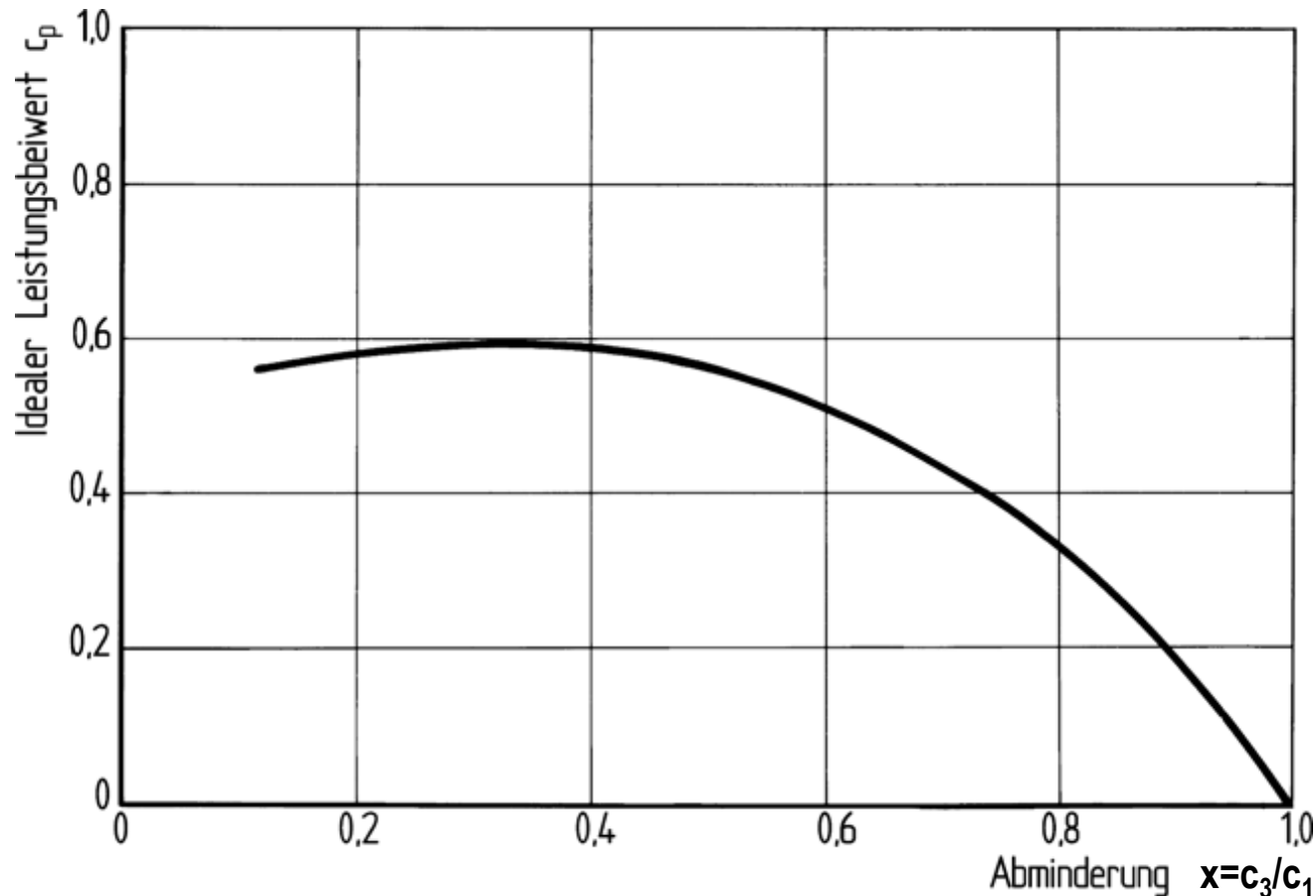
$$P_W = \frac{\dot{m}}{2} c_1^2 = \frac{1}{2} \rho A c_1^3$$

$$c_2 = \frac{c_1 + c_3}{2}$$



Maximaler Leistungsbeiwert eines idealen Windrades

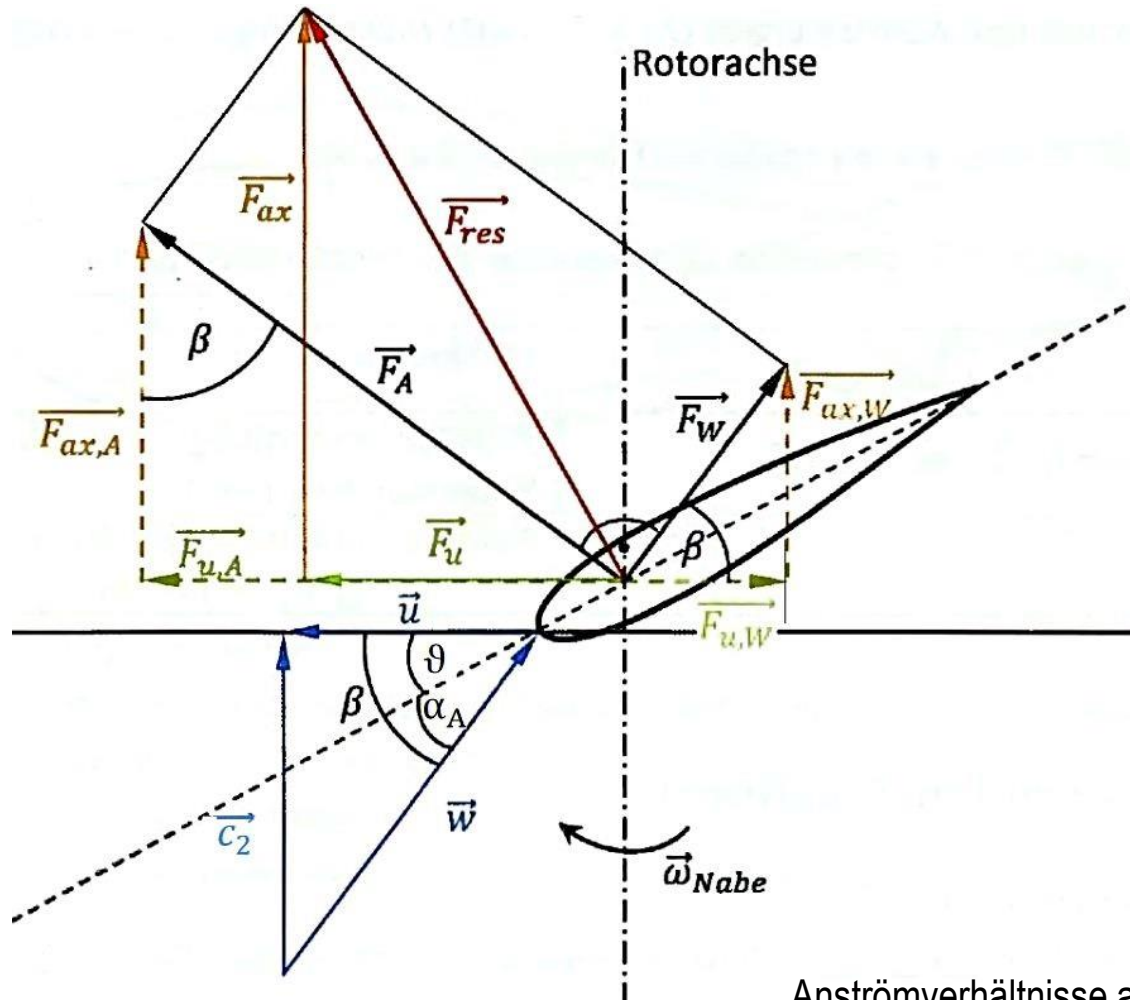
$$c_{Pmax,Betz} = \frac{16}{27} = 0,59 \quad \text{für} \quad x = \frac{c_3}{c_1} = \frac{1}{3}$$



Verlauf des Leistungsbeiwertes
über dem
Geschwindigkeitsverhältnis vor und
hinter dem
Energiewandler

Quelle: Windkraftanlagen, Erich
Hau

Geschwindigkeitsdreieck am Rotoreintritt



Anströmverhältnisse am Rotor

Quelle: Seminarunterlagen „Windturbinen und alternative Energiequellen“

Aufgabe 6 Kräfteparallelogramm am Tragflügel

In einer flachen, offenen Landschaft wurde eine 90 m hohe Windkraftanlage errichtet. Der Rotordurchmesser beträgt 86 m. Die Umfangsgeschwindigkeit an den Blattspitzen soll 100 m/s nicht übersteigen. Windmessungen am Standort ergaben eine Windgeschwindigkeit von 8,44 m/s in 10 m Höhe bei einer Luftdichte von $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Nach der Betz-Theorie wird ein Ringschnitt mit der Breite $dr = 1 \text{ m}$ und einem Radius $r = 20 \text{ m}$ von Nabenmitte aus betrachtet. Der Blattverstellwinkel $\vartheta = 4^\circ$.

Das Profil am Schnitt ist gegeben durch dessen Länge $l = 3 \text{ m}$ und Profildaten in folgender Tabelle.

Ermitteln Sie die Kräfte am Blattschnitt F_A, F_W, F_U, F_S

α_A	c_A
2,5	0,828
3	0,888
3,5	0,948
4	0,996
4,5	1,046
5	1,095
5,5	1,145