

Grundlagen der Strömungsmaschinen und Windturbinen

Übung 5

Bestimmung der Hauptabmessungen von Turbomaschinen

Vorgaben:

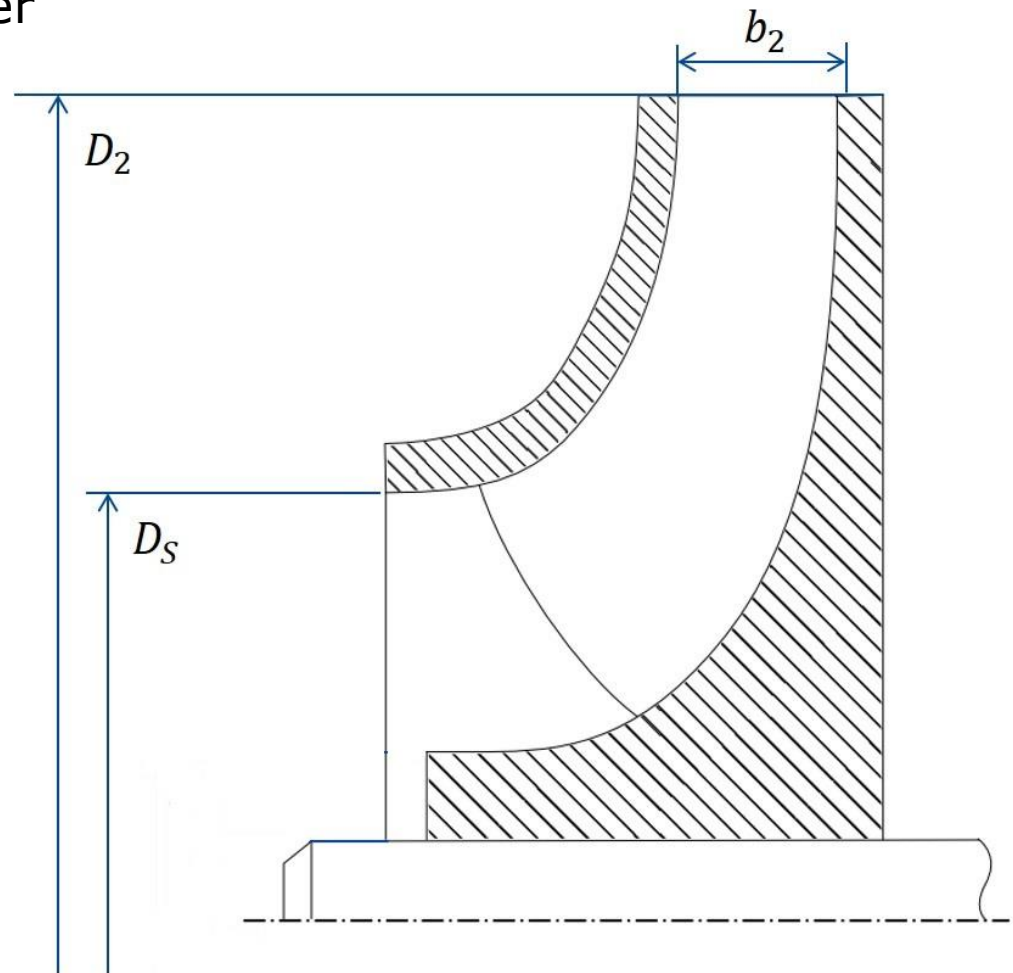
- Volumenstrom
- Enthalpieänderung bzw. Druckänderung
- bei Pumpen und Wasserturbinen: NPSH_A
- Drehzahl n in vielen Fällen durch Antrieb gegeben

Vorgehensweise:

1. Bestimmung des Maschinentyp und der Hauptabmessungen
2. Bestimmung der Schaufelwinkel
3. Konstruktion der hydraulischen Konturen aufgrund bestimmter Regeln und Methoden
4. strömungstechnische (CFD) und strukturmechanische (FEM) Optimierung
5. Werks- oder Modellversuche zur Überprüfung und – soweit nötig – Nachoptimierung

zu ermitteln:

- D_2 Laufradaußendurchmesser
- D_s Saugmunddurchmesser
- b_2 Austrittsbreite des Meridianschnittes
- z Schaufelzahl

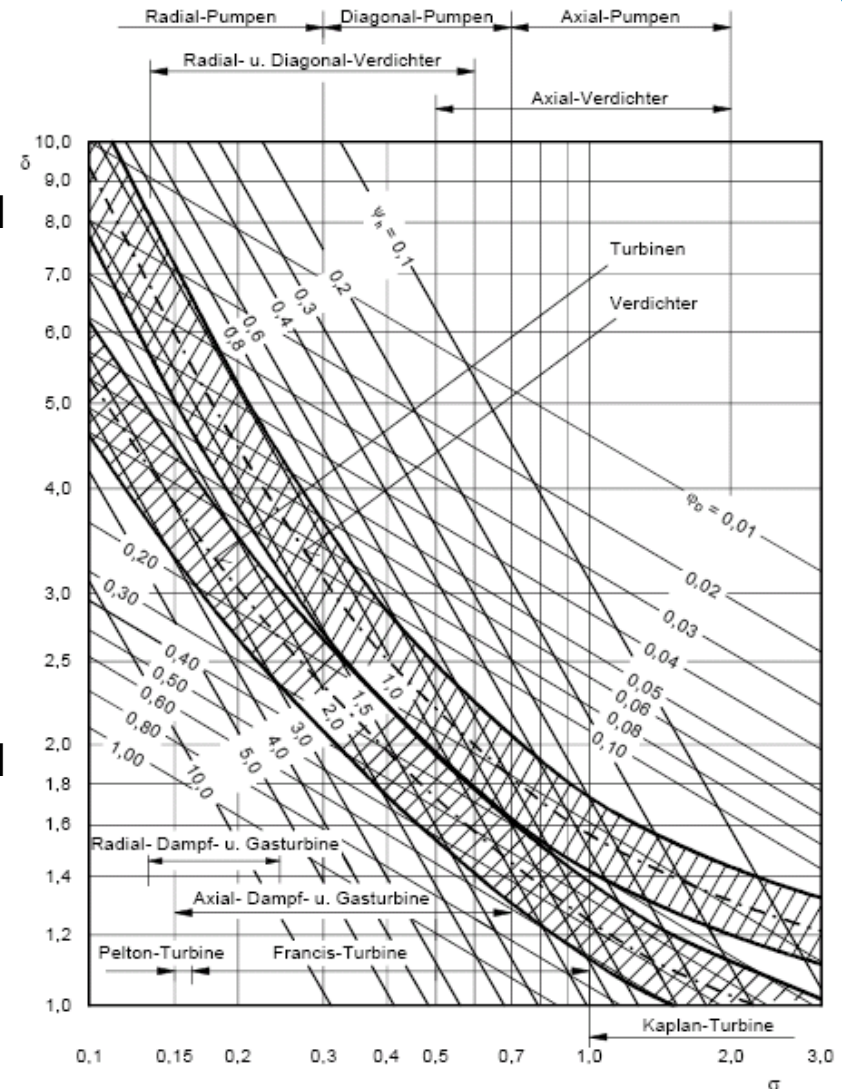


Vorgehensweise

- Nutzung von
 - **dimensionslosen Kennzahlen** (Lieferzahl φ , Druckzahl ψ , Schnelllaufzahl σ , Spezifische Drehzahl n_q , Durchmesserzahl δ)
 - **Empirische Korrelationen**, Erfahrungswerte, statistische Datensammlungen, „Auslegungs-Systematiken“ → Cordier-Diagramm
- **Cordier-Diagramm:**
 - Betriebsdaten (Q_{opt} , Y_{opt}), Laufradaußendurchmesser D , Drehzahl n für einstufige Strömungsmaschinen bei bestem Wirkungsgrad bestimmt
 - Schnelllaufzahl σ und Durchmesserzahl δ berechnet, Zahlenwertpaare σ / δ in doppeltlogarithmische Diagramm eingetragen
 - Gering streuende Kurve für alle „klassischen“ Laufradformen
- Berechnung erfolgt grundsätzlich für den Wirkungsgrad-Bestpunkt, definiert durch Q_{opt} , Y_{opt} bei einer spezifizierten Drehzahl n

Auslegung:

1. Berechnung der Kennzahlen
Durchmesserzahl oder Schnellaufzahl
aus den gegebenen Größen
(Volumenstrom, Förderhöhe und
maximaler Durchmesser oder
Drehzahl)
2. Ermittlung der fehlenden Größe über
die Bestimmung der Kennzahlen
Durchmesserzahl oder Schnellaufzahl
mittels Cordier-Diagramm
3. Daraus Ermittlung von Durchmesser
oder Drehzahl



Cordier-Diagramm mit Streubereich

[Stoff, H. (2006): Skriptum zur Vorlesung Grundzüge der Fluidenergiemaschinen, Fakultät für Maschinenbau der Ruhr-Universität Bochum]

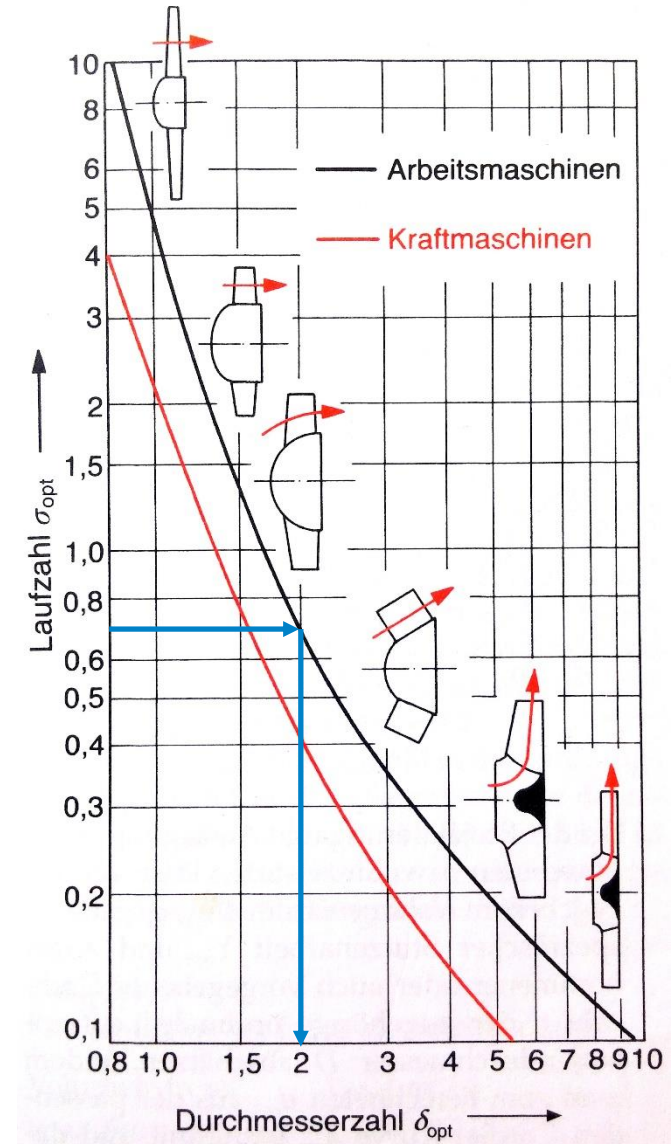
Beispiel:

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 $\sigma=0,7$ für eine Pumpe errechnet

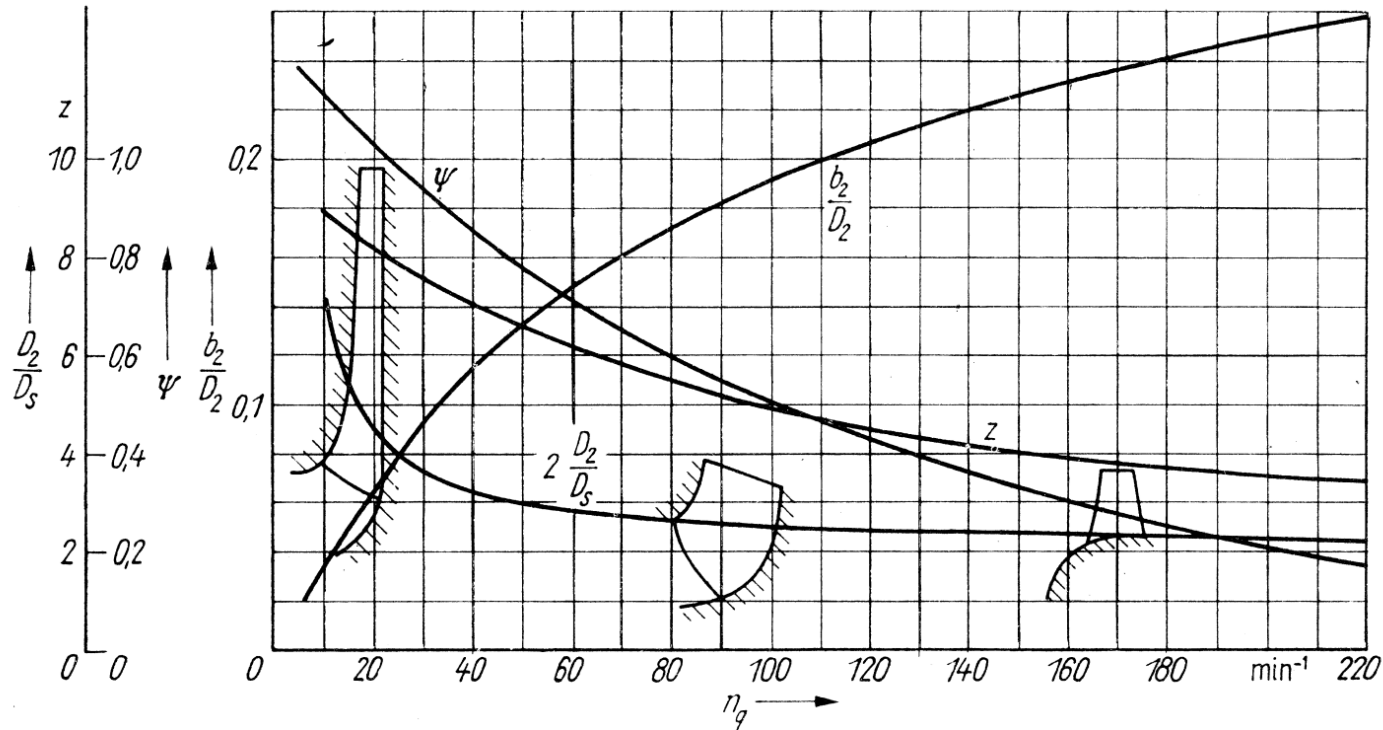
$$\sigma = \frac{\varphi^{1/2}}{\psi^{3/4}} = \sqrt{\pi\sqrt{2}} \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{Y^{3/4}}$$

2. Durchmesserzahl $\delta=2,0$ aus Cordier-Diagramm ablesen und über Definition für δ den Durchmesser ermitteln ($D=0,65 \text{ m}$)

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



Cordier-Diagramm ohne Streubereich
[Bohl/Elmendorf (2013): Strömungsmaschinen 1]

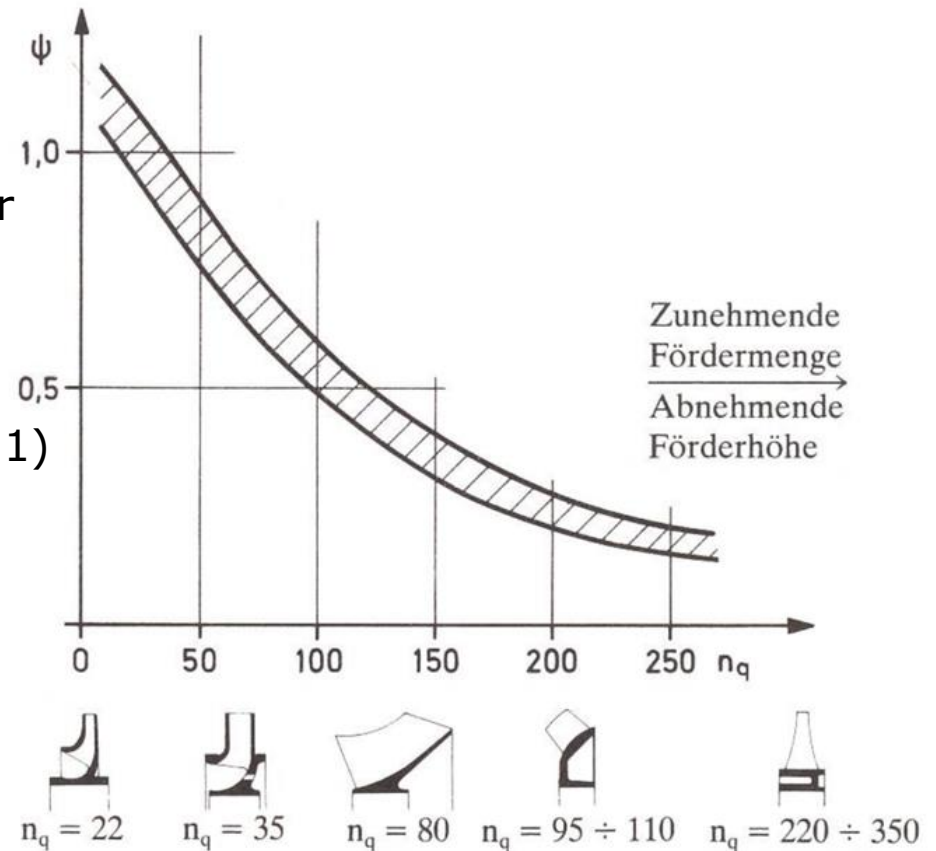


entnommen aus Prager, R.: Technisches Handbuch Pumpen

- Berechnung der spezifische Drehzahl n_q
- Basierend auf n_q Bestimmung der Druckzahl (und damit des Laufradaußendurchmessers) sowie geometrischer Beziehungen und Schaufelzahl

(Radialpumpen mit Spirale $\Psi=0.9 \dots 1$)

- Berechnung der spezifische Drehzahl n_q
- Basierend auf n_q Bestimmung der Druckzahl (und damit des Laufradaußendurchmessers)
(Radialpumpen mit Spirale $\Psi=0.9 \dots 1$)



Druckziffer als Funktion der spezifischen Drehzahl

Übersicht Kennzahlen

Lieferzahl φ (Durchflusszahl)
$$\varphi = \frac{4 \cdot Q}{D^3 \cdot \pi^2 \cdot n}$$

Druckzahl ψ
$$\psi = \frac{2 \cdot Y}{D^2 \cdot \pi^2 \cdot n^2} \rightarrow D = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{Y}{\psi}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi}$$

Schnelllaufzahl σ
$$\sigma = \frac{\varphi^{1/2}}{\psi^{3/4}} = n \cdot \frac{(Q \cdot 4)^{1/2} \cdot \pi^{1/2}}{(Y \cdot 2)^{3/4}} = n \cdot \frac{\sqrt{Q} \cdot 2 \cdot \sqrt{\pi}}{(Y \cdot 2)^{3/4}}$$

Spezifische Drehzahl n_q
$$n_q = n_{(min)} \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Durchmesserzahl δ
$$\delta = \frac{\psi^{1/4}}{\varphi^{1/2}} = D \cdot \sqrt[4]{\frac{Y \cdot 2}{Q^2}} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

D	in m
n	in s ⁻¹
n _(min)	in min ⁻¹
H	in m
Y=g*H	in J/kg
Q	in m ³ /s

Radform	Schnelllaufzahl	Spez. Drehzahl
Radialrad	0,06 ... 0,32	10 ... 50 min ⁻¹
Diagonalrad	0,25 ... 1,0	40 ... 160 min ⁻¹
Axialrad	0,8 ... 2,5	125 ... 400 min ⁻¹