

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio



Wintersemester 2015/2016

Hydraulische Strömungsmaschinen

Prof. Dr. Hendrik Wurm

Lehrstuhl für Strömungsmaschinen

- ▶ Einführung / industrieller Hintergrund (Vorlesung 1)
- ▶ Strömungstechnische Grundlagen (Vorlesung 2)
 - Navier-Stokes-Gleichungen, Kontinuitätsgleichung
 - Turbulenzmodellierung
 - Grenzen der verschiedenen Modellierungsmöglichkeiten
- ▶ Kavitation (Vorlesungen 3,4)
- ▶ Strömungsmaschinen mit Gehäuse (Entwurf, Kennlinien, Regelung)
(Vorlesung 5,6,7,8)
- ▶ Strömungsmaschinen ohne Gehäuse (Entwurf)
(Vorlesung 9)

- ▶ **Strömungstechnische Optimierung mit numerischen Methoden**
(Vorlesung 10)
- ▶ Strömungswandler (Vorlesung 11)
- ▶ spezielle Bauformen – Seitenkanalpumpen, Schraubenspindelpumpen (Vorl. 12)
- ▶ spezielle Bauformen – Voith-Schneider-Propeller (Vorlesung 13)
- ▶ Anwendung bionischer Methoden und Herzunterstützungssysteme (Vorl. 14)



Optimierung von Strömungsmaschinen

Analyse / Optimierung des

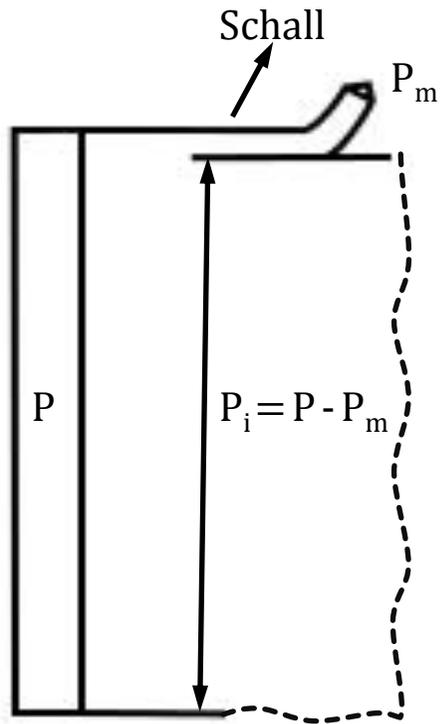
- strukturmechanischen Verhaltens (z.B. hinsichtlich Druck- und Temperaturbelastungsfähigkeit –statisch und dynamisch oder auch der Dauerbetriebsfestigkeit)
- Schwingungsverhaltens (z.B. der Rotorschwingungen)
- strömungsmechanischen Verhaltens (z.B. Minimierung der Kavitation, der Verluste oder auch der strömungsinduzierten Kräfte)
- akustischen Verhaltens (z.B. Schallabstrahlung in störenden Frequenzen)
- u.a.

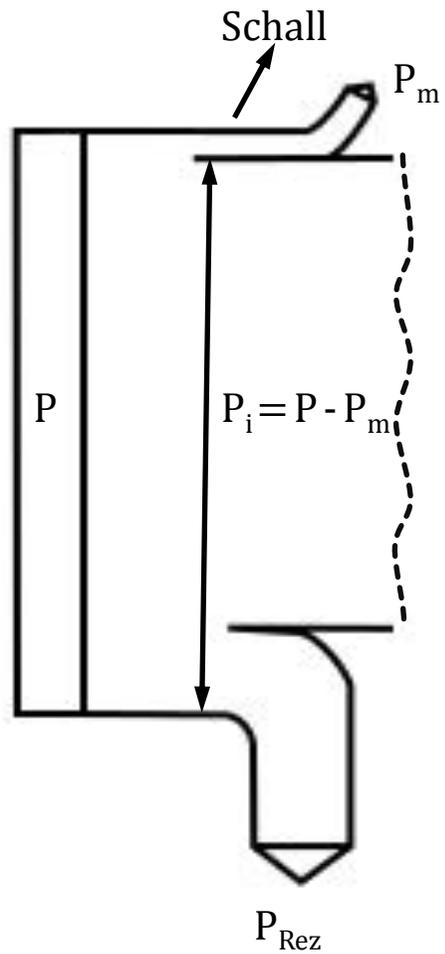
Verluste

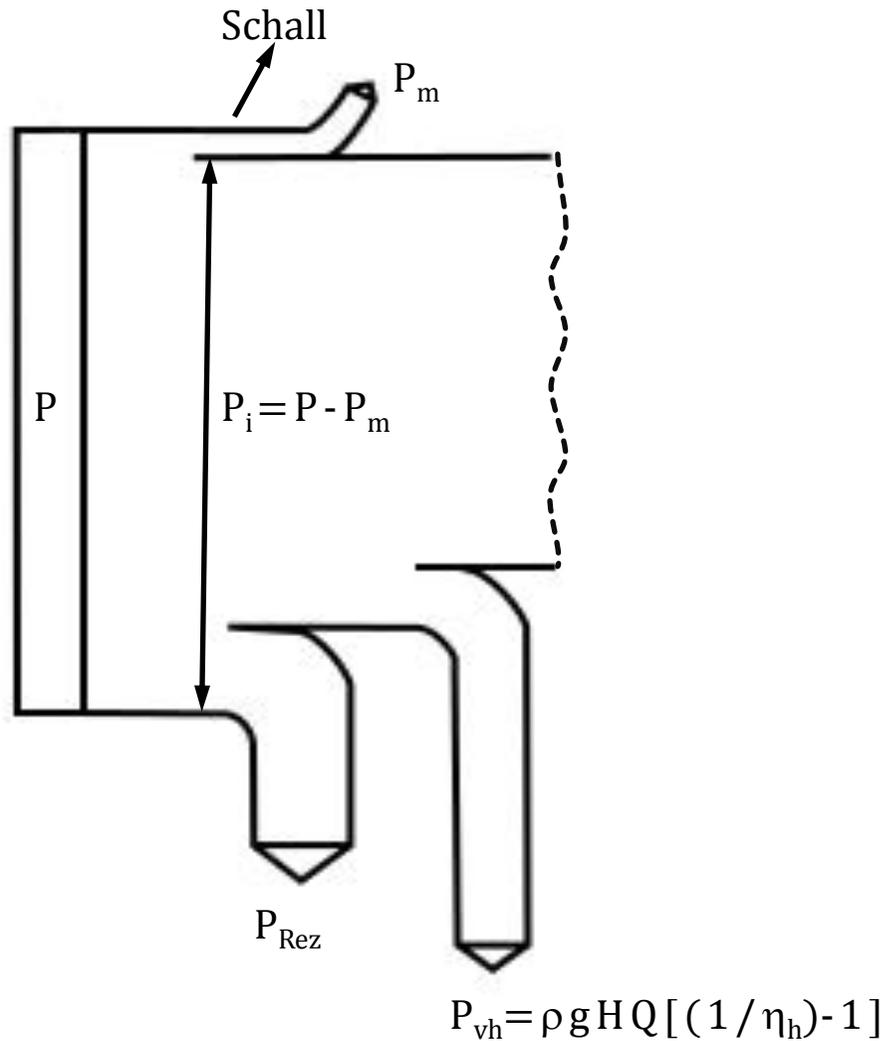


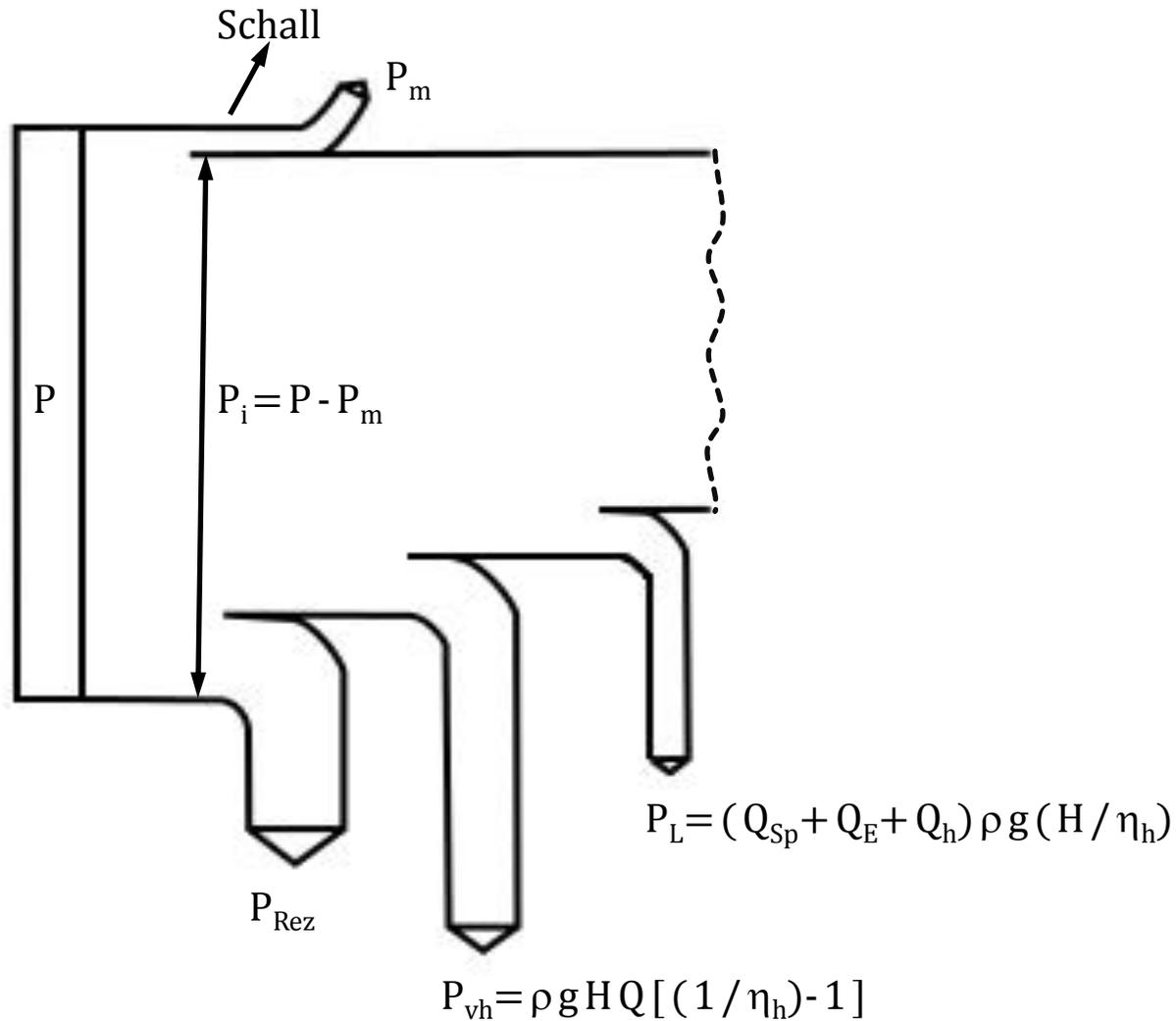


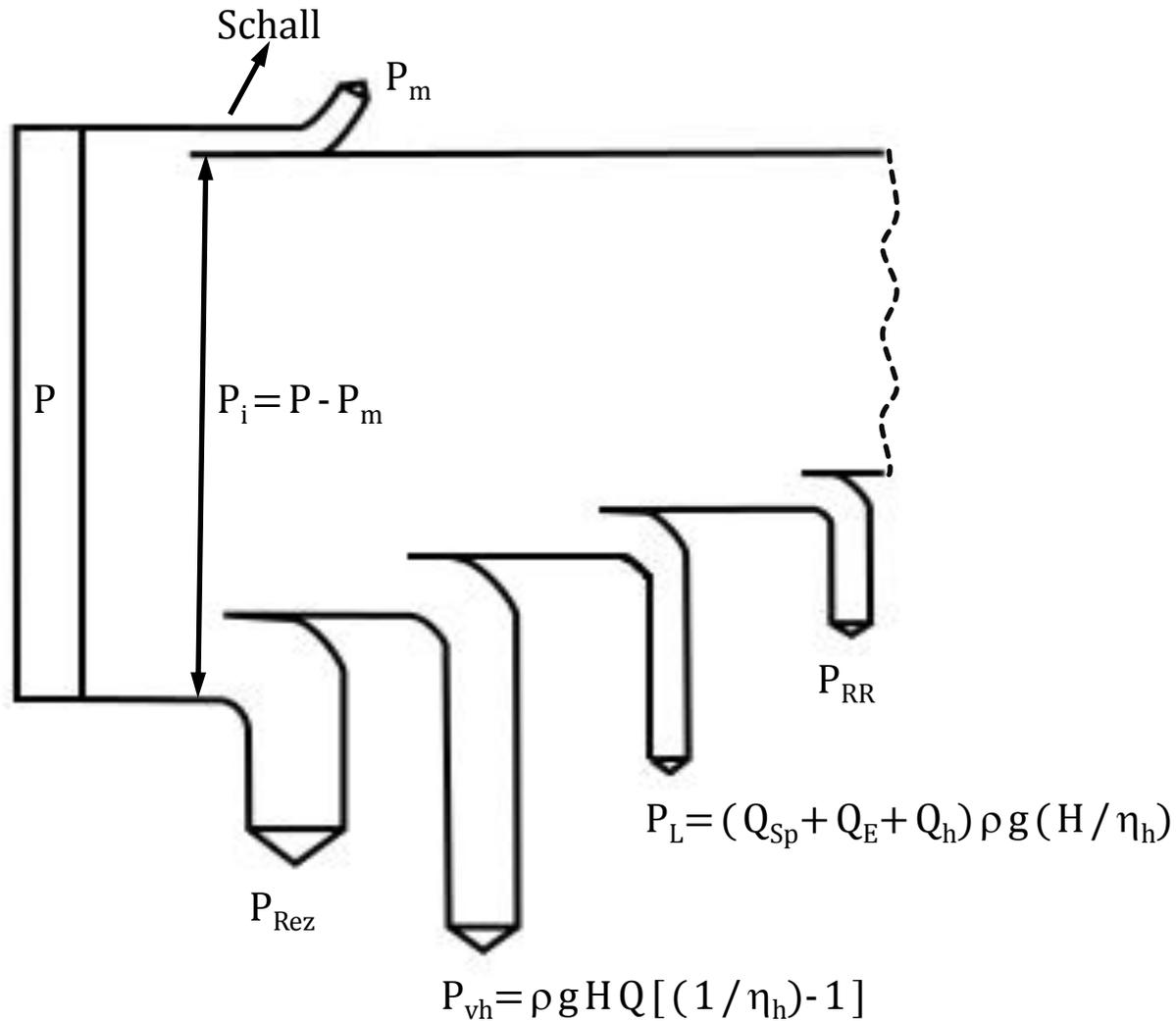
P

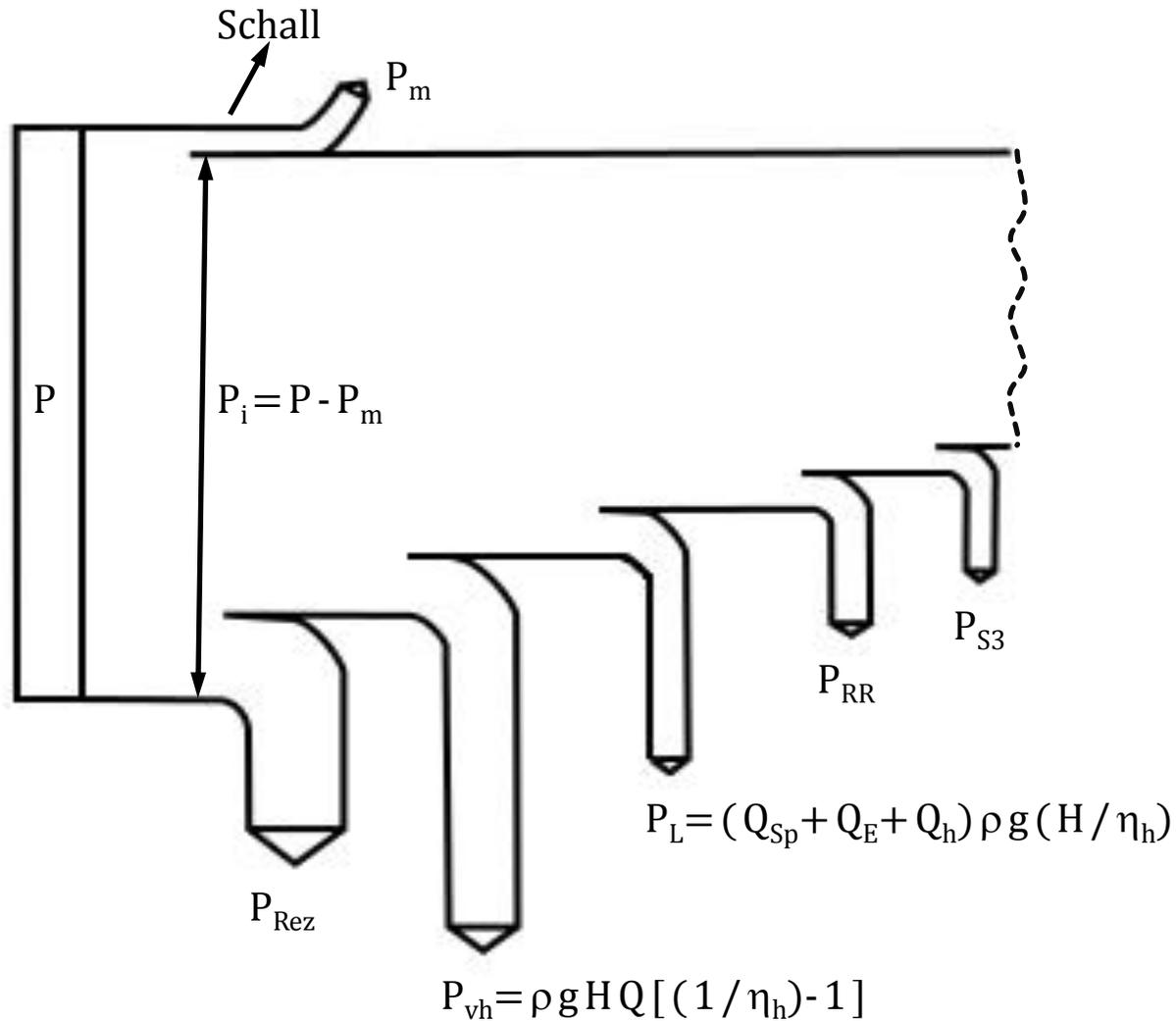


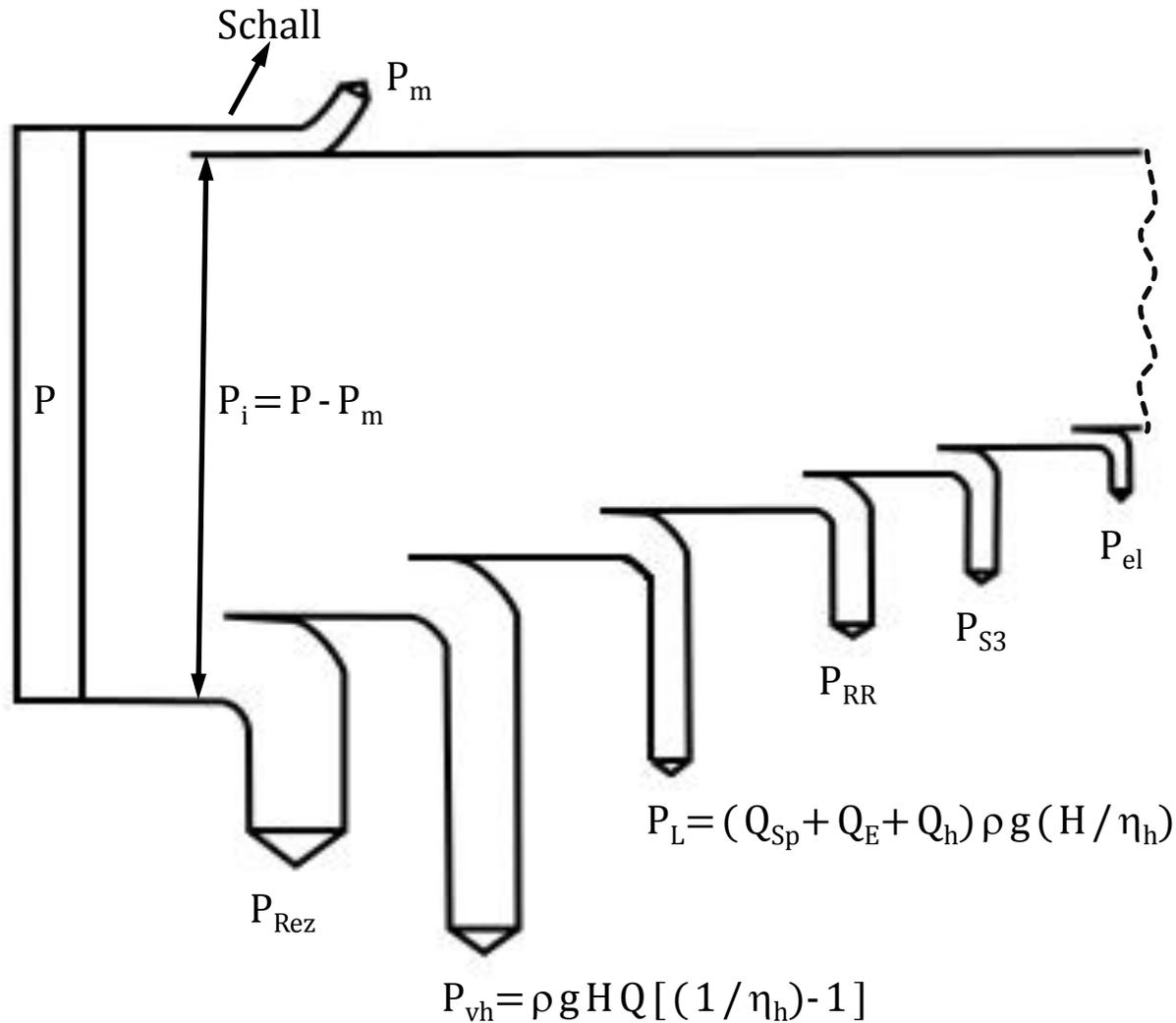


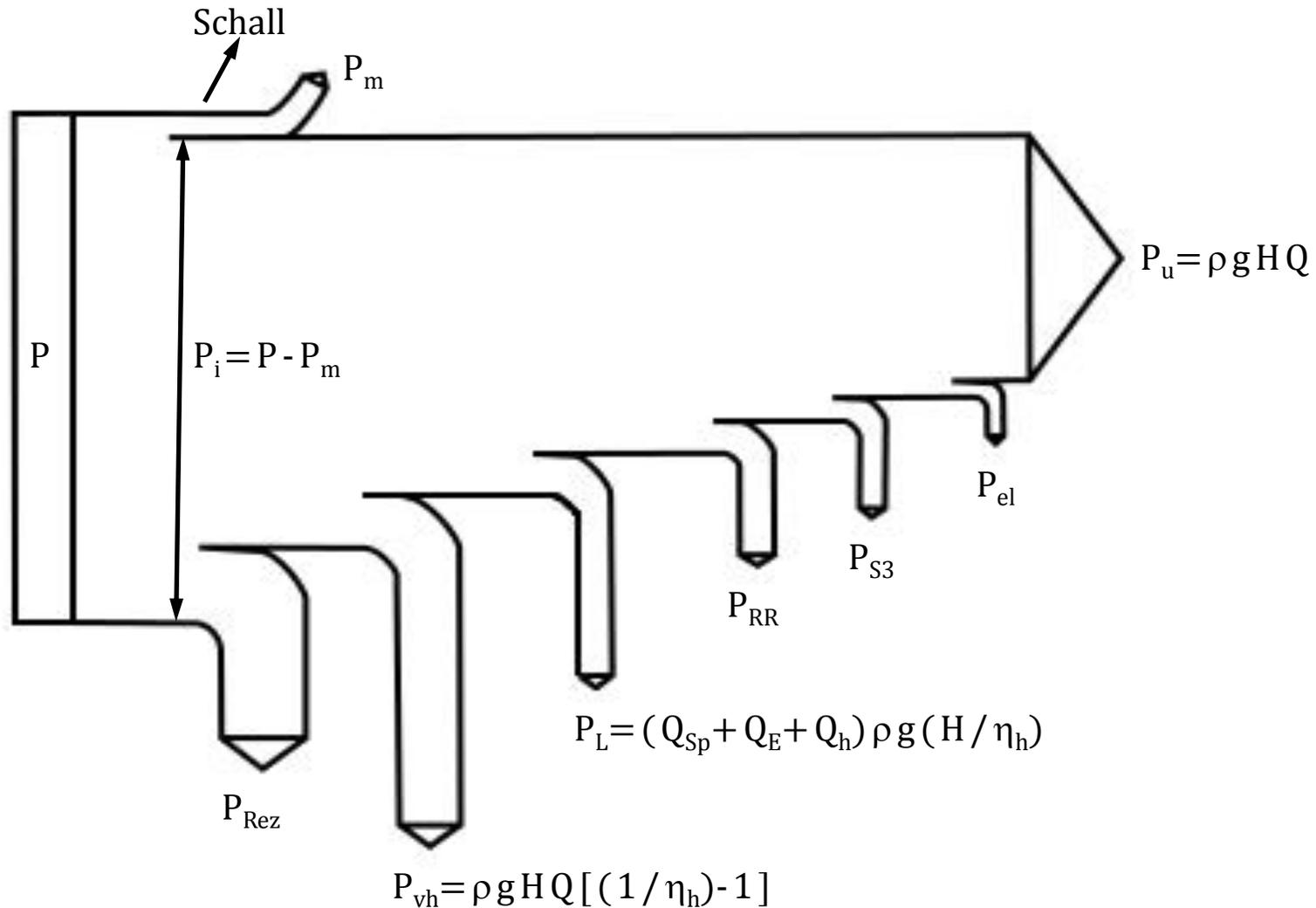












Verluste

- ▶ Mechanisch (Lager, Dichtungen, ...) → P_m
- ▶ Volumetrisch (Spalte, Entlastungsbohrung, ...) → P_v
- ▶ Radseitenreibung → P_{Reib}
- ▶ Hydraulische (Fluidreibung, Turbulenz, ...) → P_h
- ▶ Rezirkulation und Austausch → P_{rez}



- Verfahren basieren meist auf der Lösung der RANS mit statistischer Modellierung turbulenter Effekte
- Hierfür stehen verschiedene Turbulenzmodelle zur Verfügung, das gewählte Modell muss zur Aufgabe passen!
- Einige Kriterien: ruhendes oder rotierendes System
Ist Strömungsablösung zu erwarten?
Ist Transition zu erwarten?

Hydraulische Verluste

- ▶ Einlauf, Lauf- und Leiträder, Gehäuse, Austrittsgehäuse
- ▶ Durch Reibung, Sekundärströmungen, Ablösung, Stoß, Nachläufe, ...

Ziel definieren!

1. Rechennetz erzeugen
2. Rand- und Anfangsbedingungen festlegen
3. Berechnung
4. Ergebnisse auswerten

Zeitbedarf

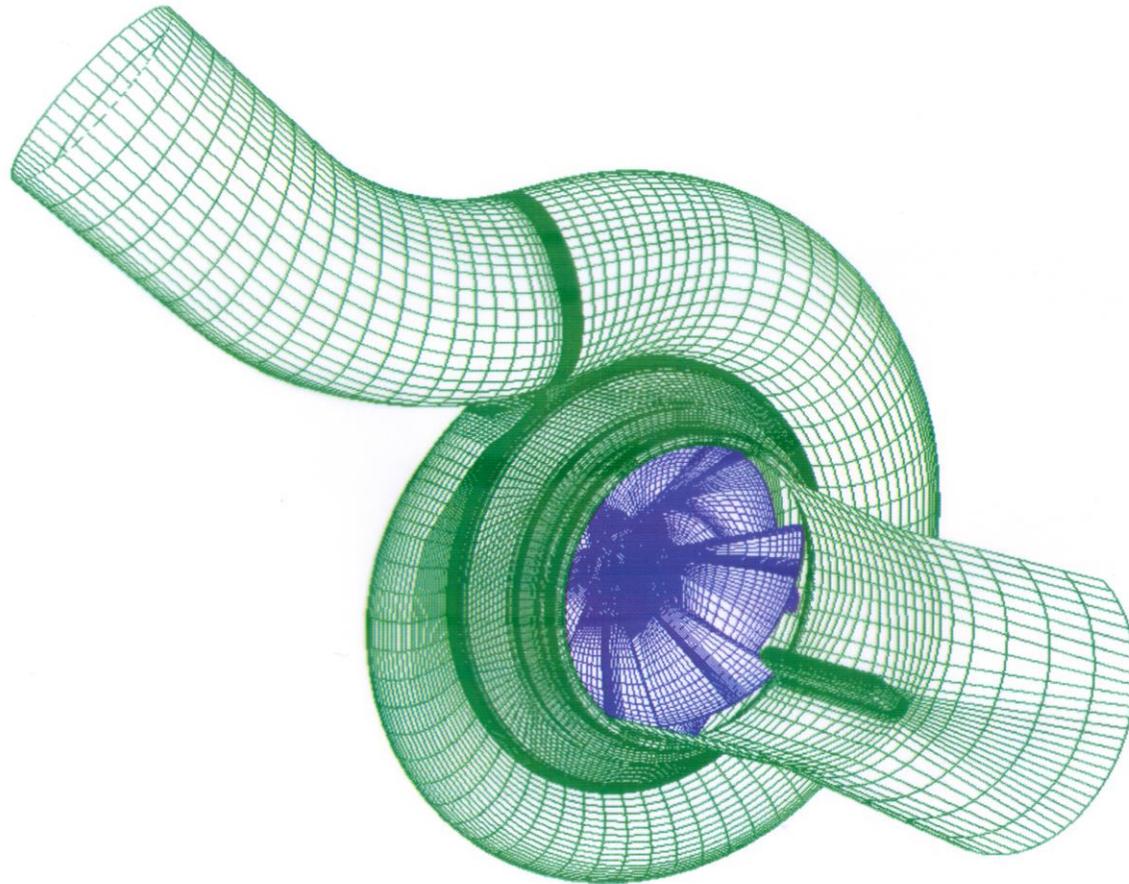
- 1.+2. einige Stunden bis mehrere Wochen
3. Beispiel 3D- Berechnung der Strömung in einem Pumpenlaufrad:
 - a) stationär: einige Stunden
 - b) instationär: Tage bis Wochen auf Parallelrechnern
4. abhängig vom Ziel der Berechnungen



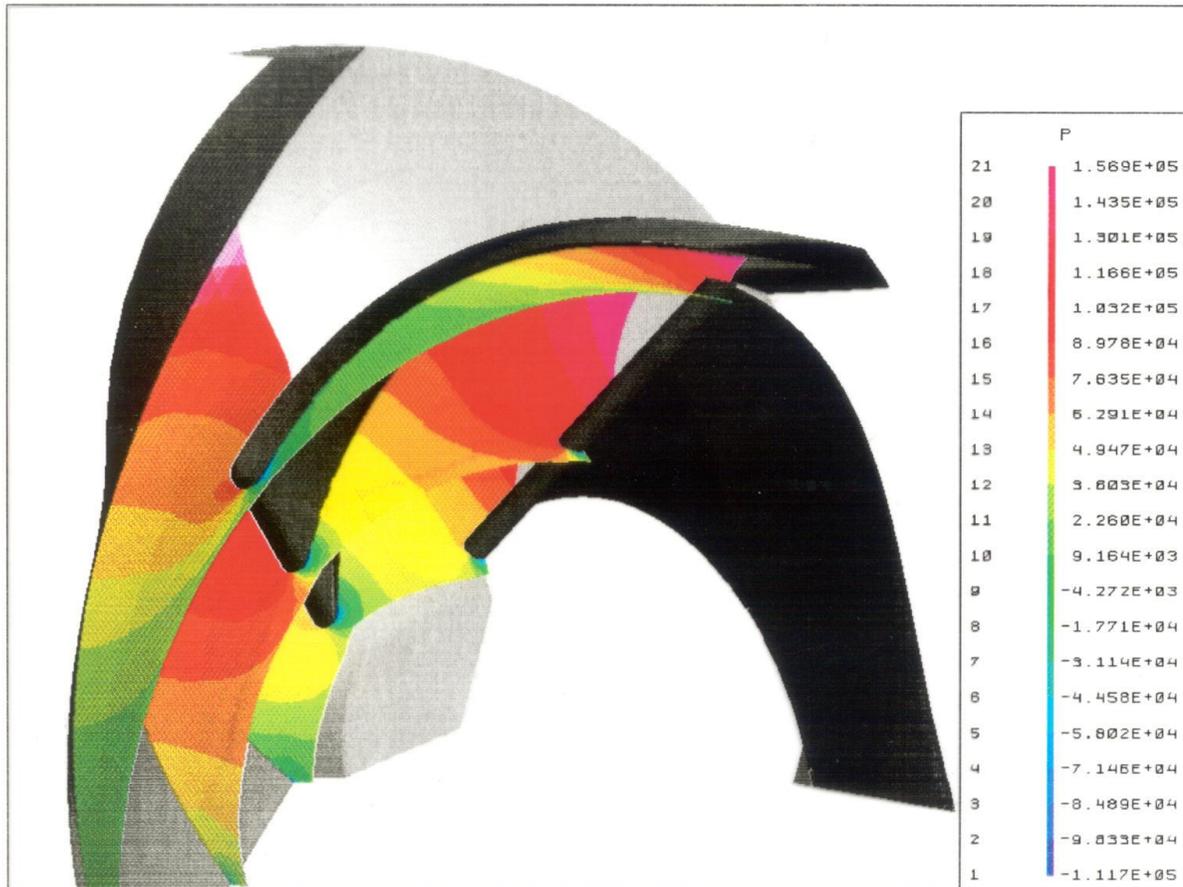
Wirkungsgrad vor der Optimierung	Wirkungsgrad nach der Optimierung	Differenz	Hauptkomponenten optimiert
[%] gemessen	[%] gemessen	[% Punkt]	
59	73	14	dünnere Welle, neues Laufrad, neuer Saugkrümmer
69	73	4	neues Laufrad, dünnere Welle
59	77	18	dünnere Welle, neues Laufrad, neuer Saugkrümmer
66	74	8	neues Laufrad und Spiralgehäuse

Rechengitter

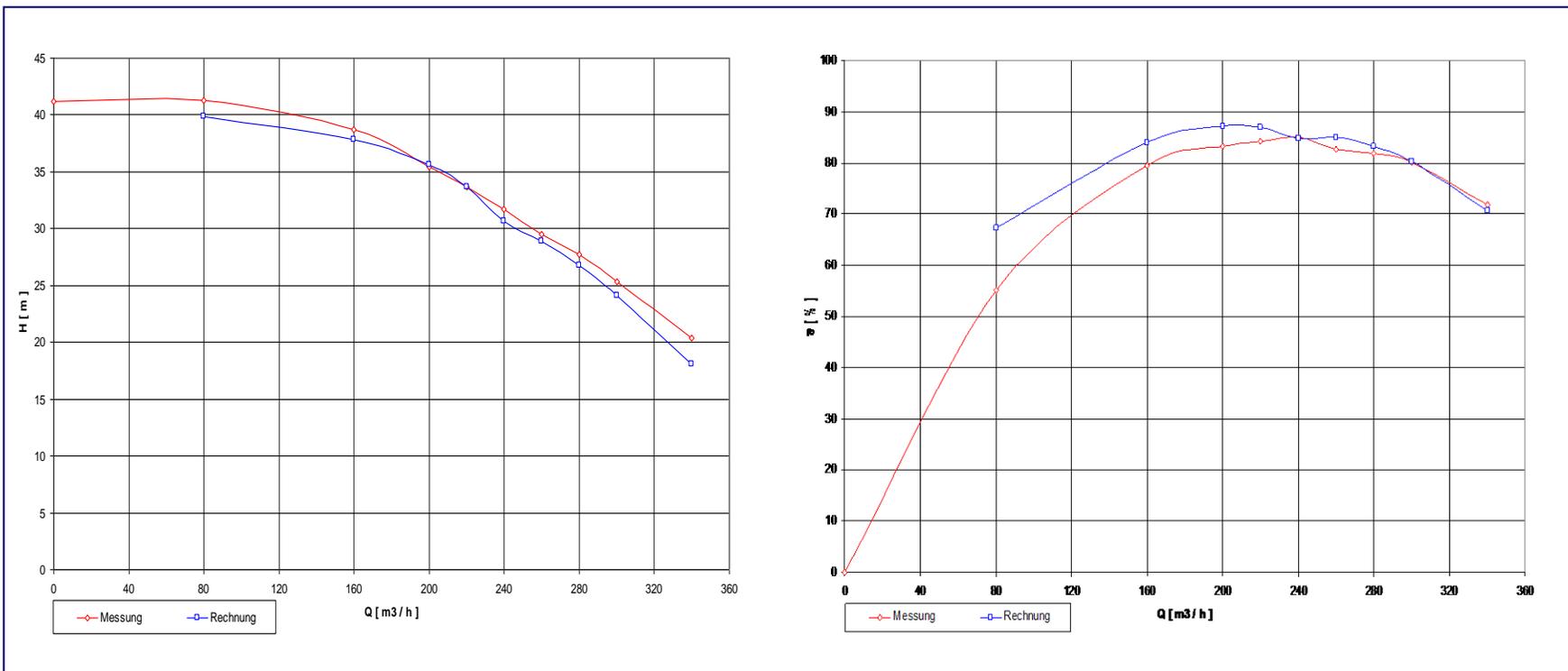
BL 80/175



Position des Staupunktes



Vergleich zwischen Messung und Simulation



Numerische Optimierung des Laufrades einer Abwasserpumpe



Auslegungspunkt:

Förderhöhe $H = 60 \text{ m}$

Volumenstrom $Q = 350 \text{ l/s}$

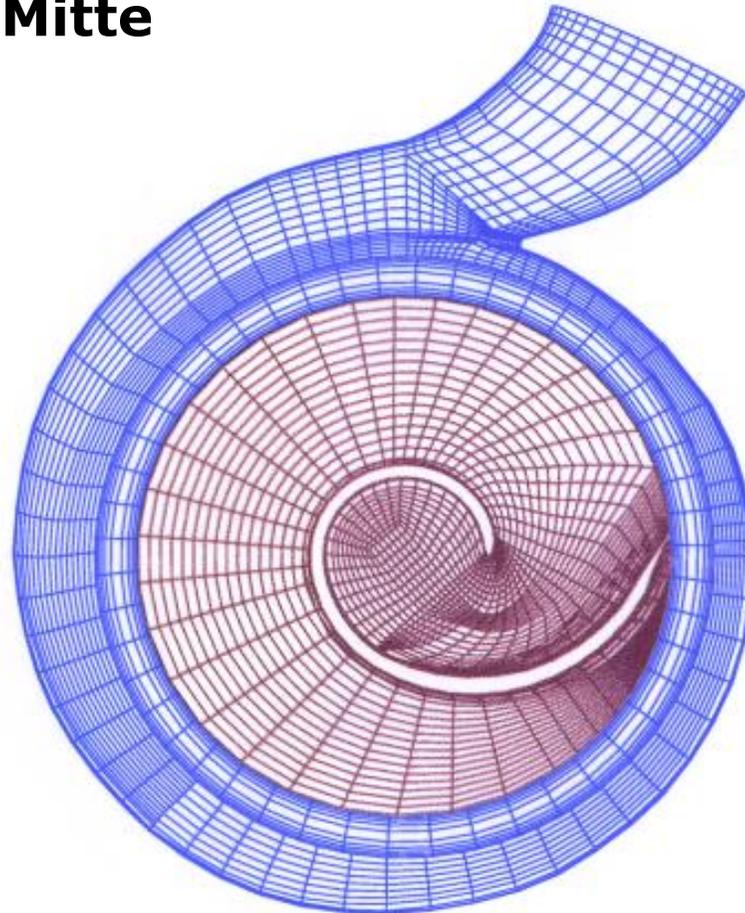
Drehzahl $n = 950 \text{ l/Min.}$

Schaufelzahl $z = 3$

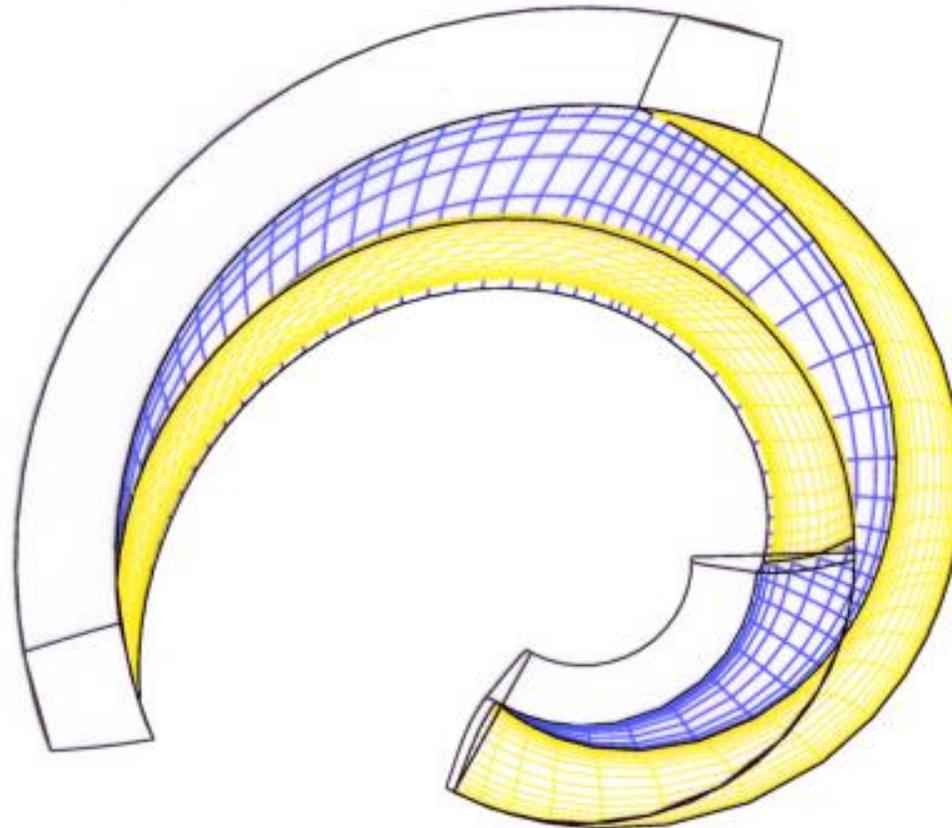
Saugleitung $d = 400 \text{ mm}$

Druckleitung $d = 300 \text{ mm}$

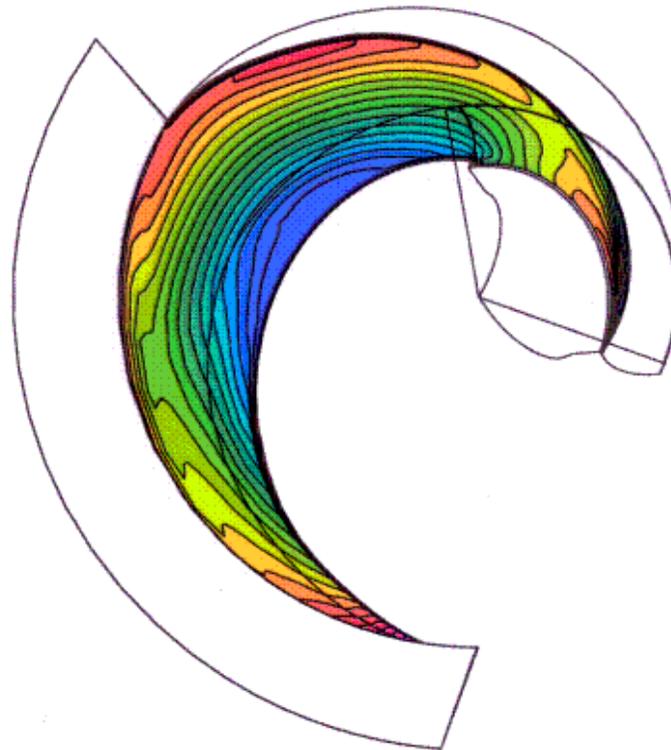
Abwasserpumpe Mitte



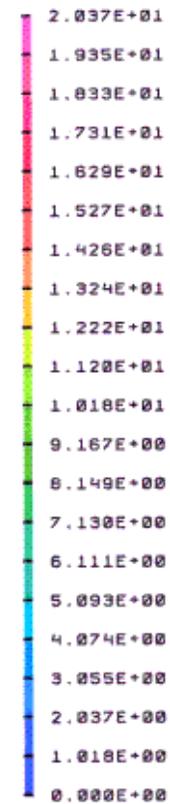
Geometrie



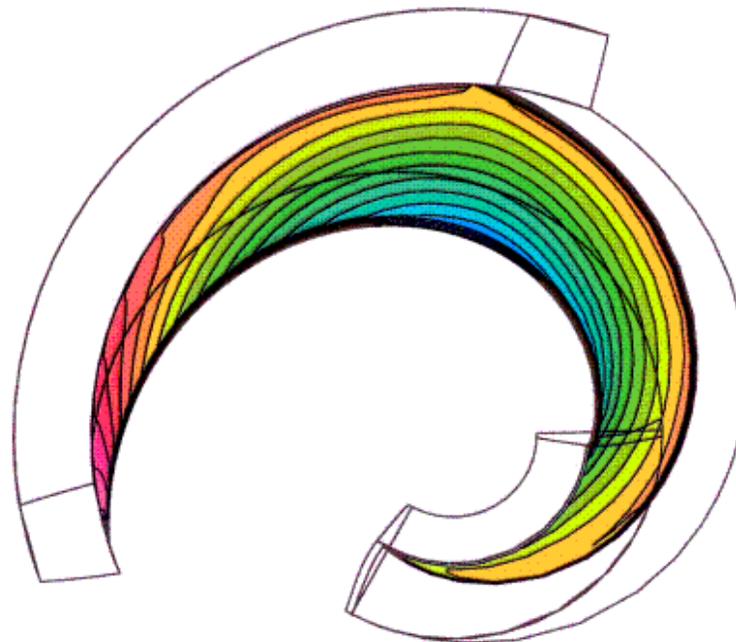
TEST1 . TS



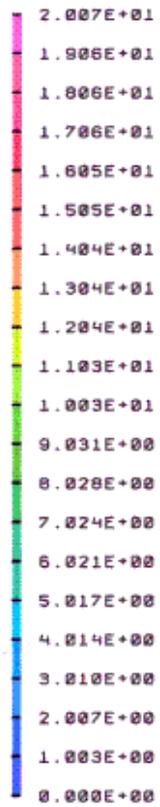
SPEED



TEST2 . TS



SPEED



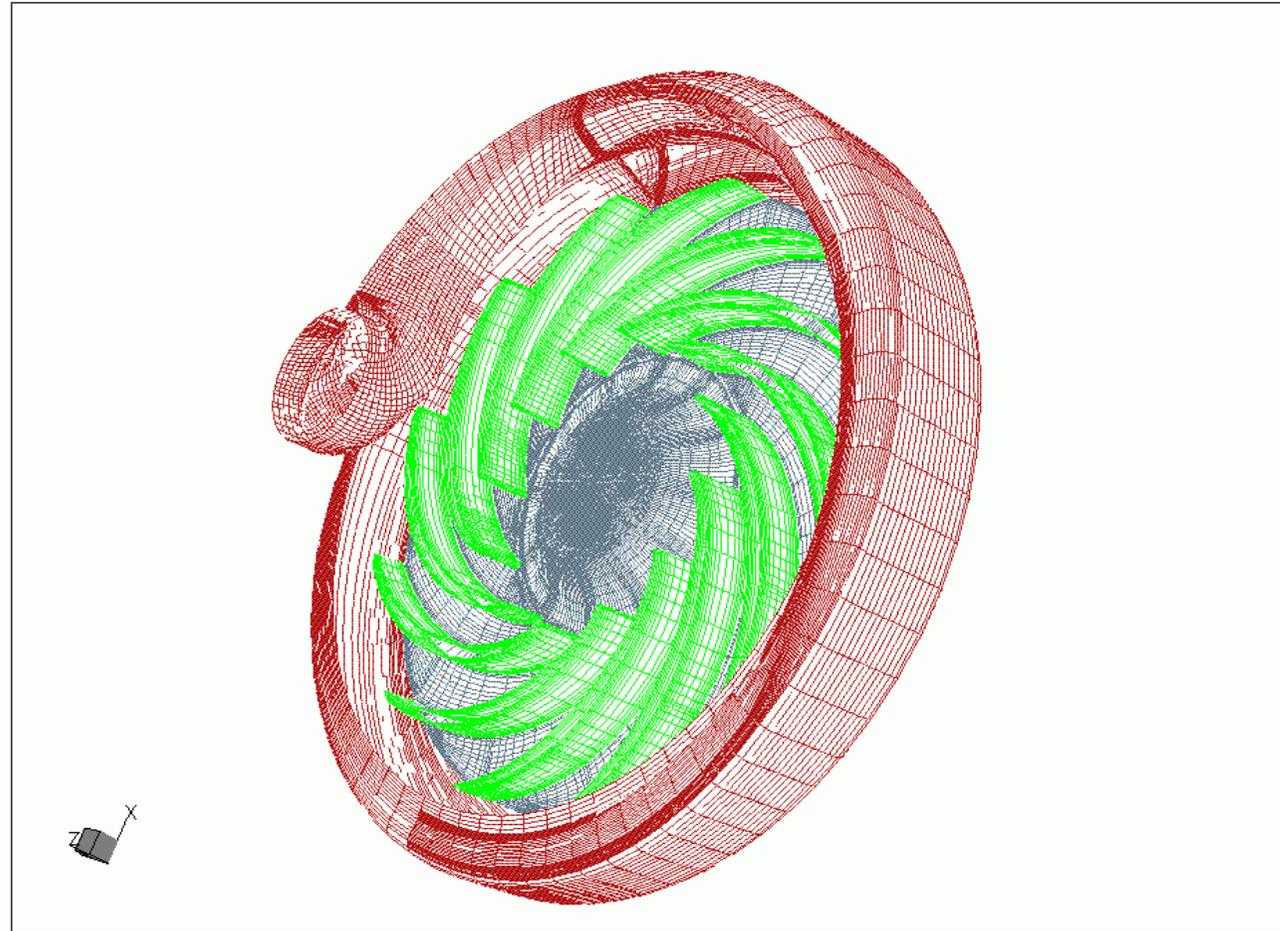


Ergebnisse:

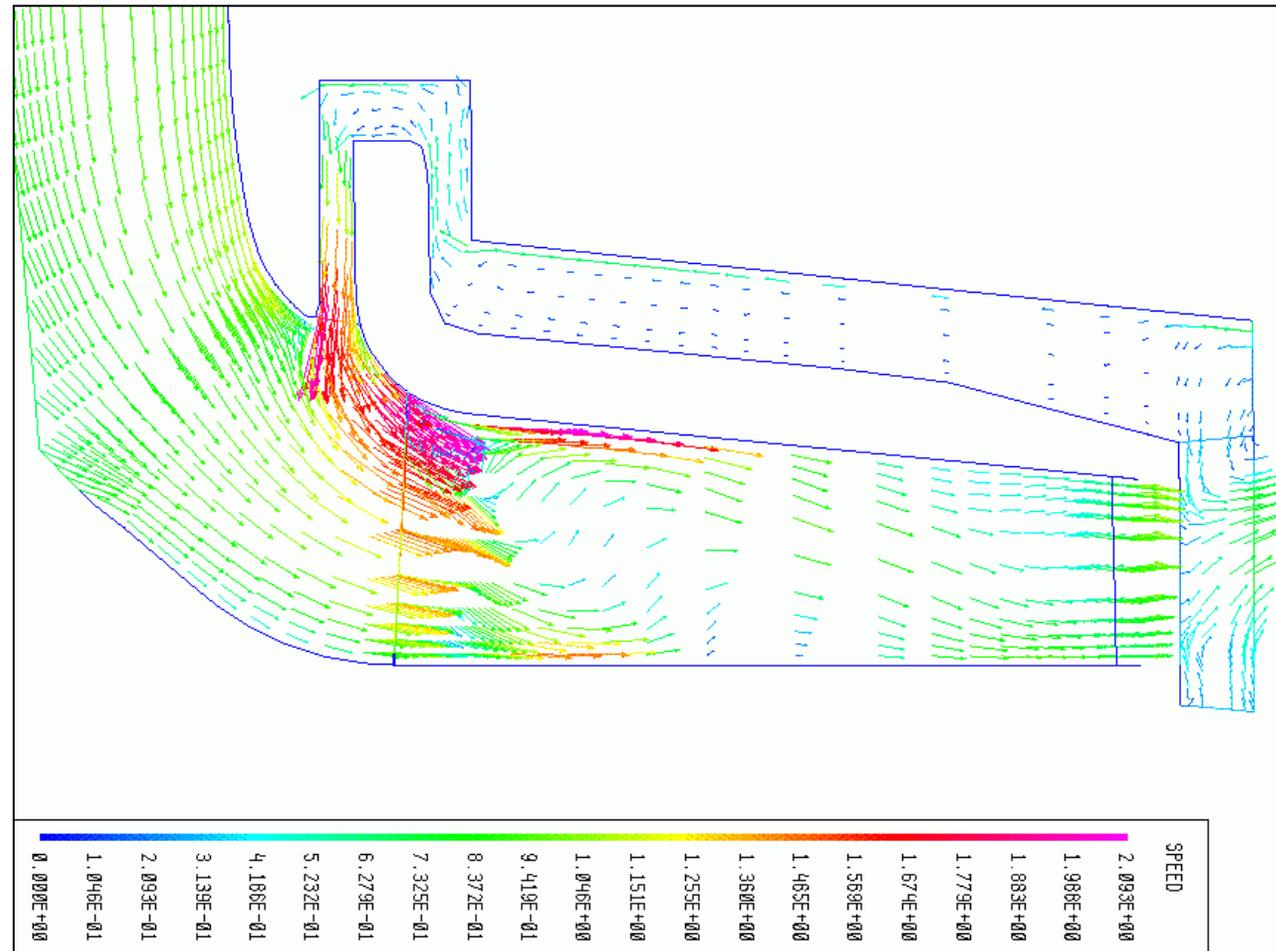
Bei Verwendung des optimierten Laufrades ist bei gleichem Laufraddurchmesser im Bestpunkt der Maschine

- die Förderhöhe um 11,4% größer
- der Wirkungsgrad um ca. 11 %- Punkte höher.

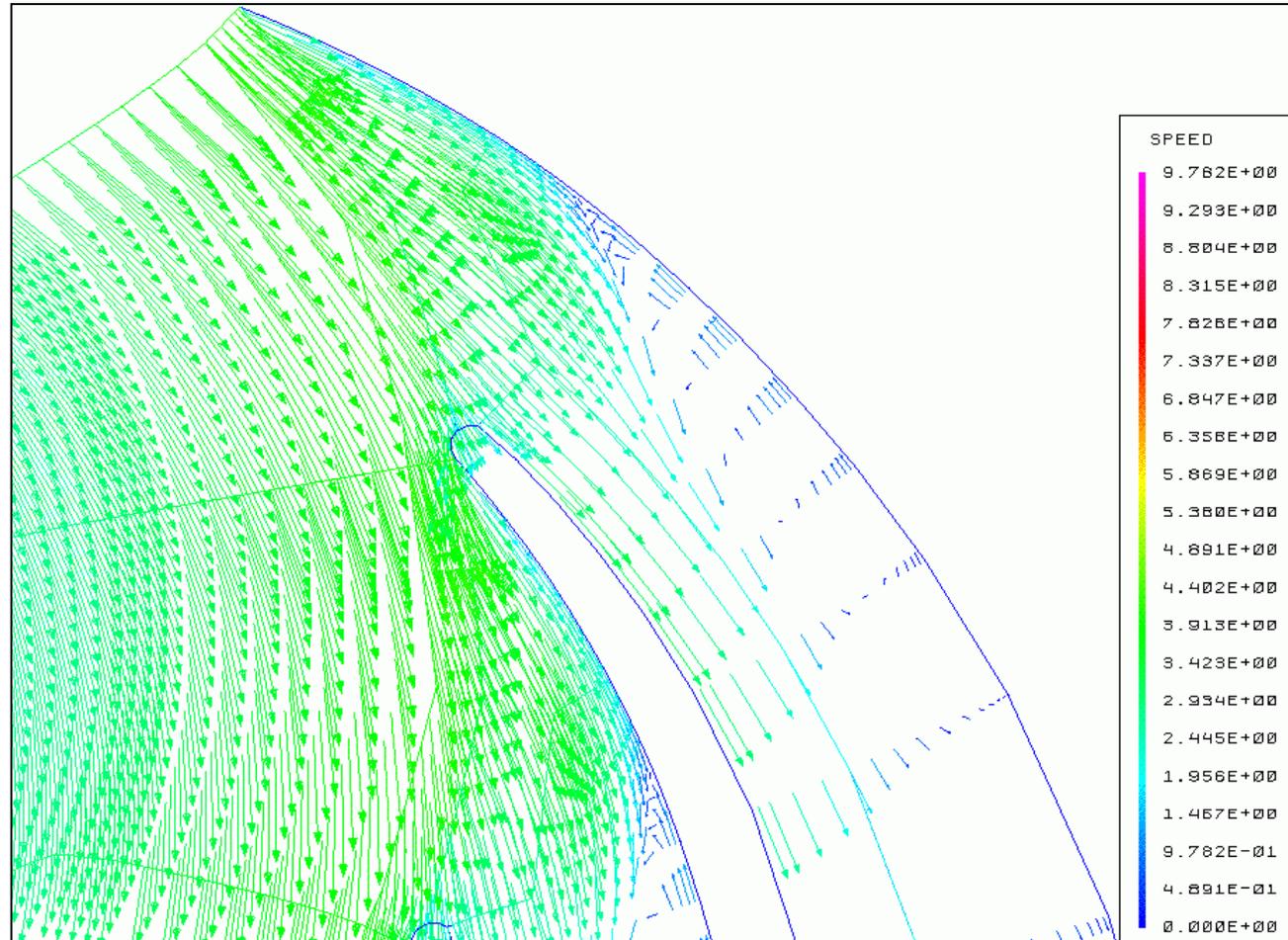
Rechengitter



Meridionale
Geschwindigkeitsvert.
($Q=Q_{opt}$)

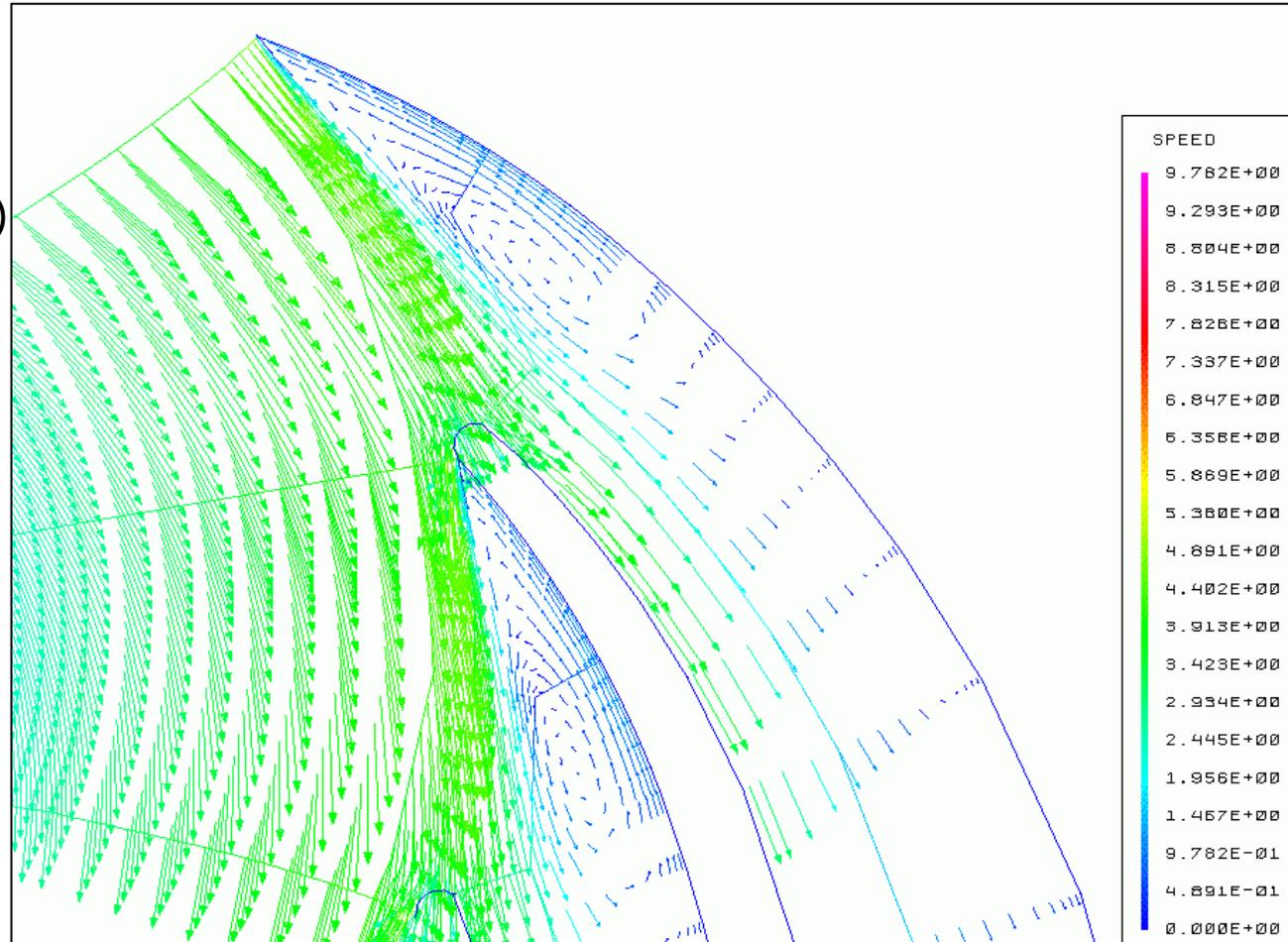


Geschwindigkeits-
verteilung
($Q=Q_{opt}$)



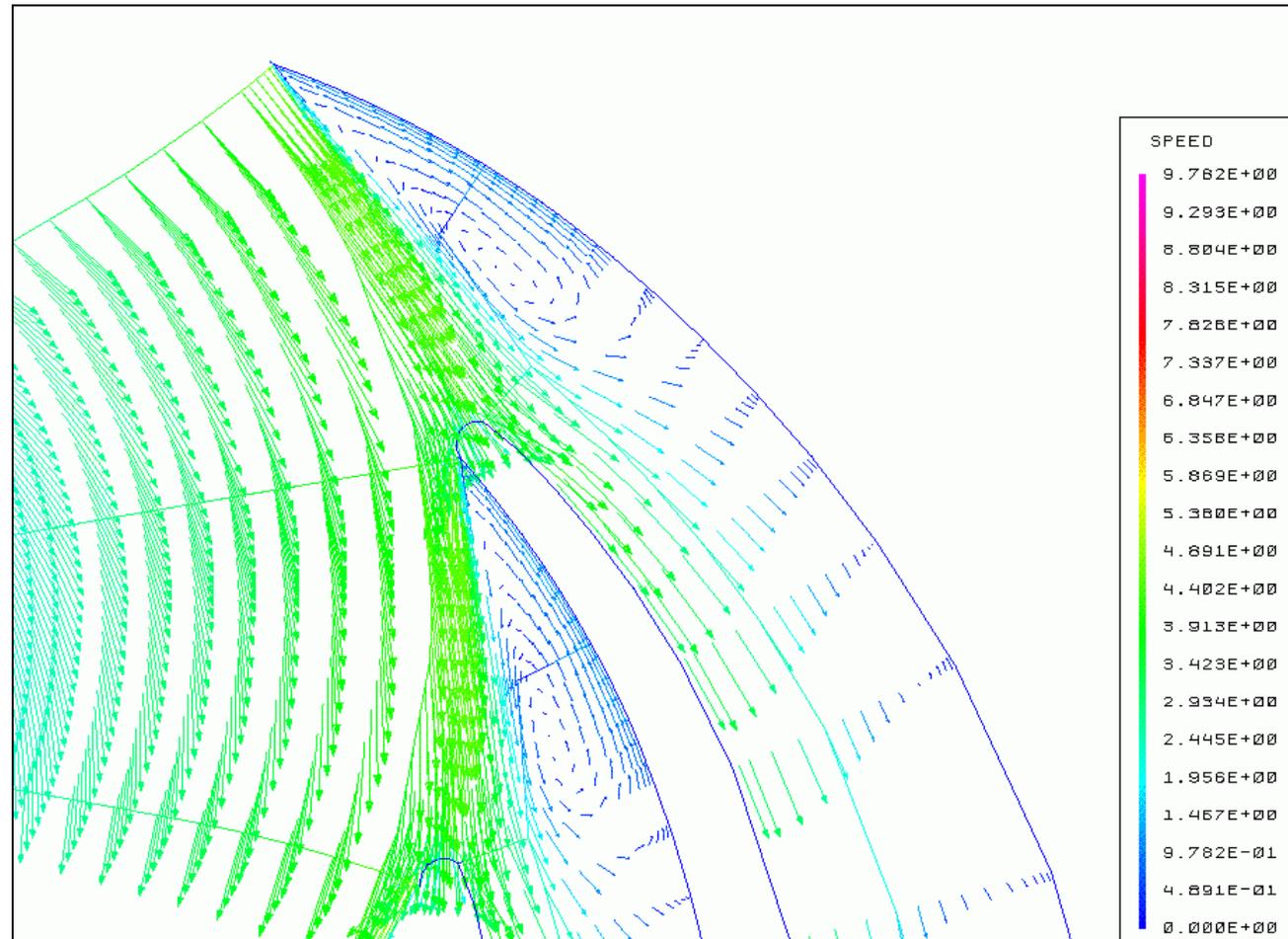
Geschwindigkeits-
verteilung

Mittelebene ($Q=Q_{opt}$)

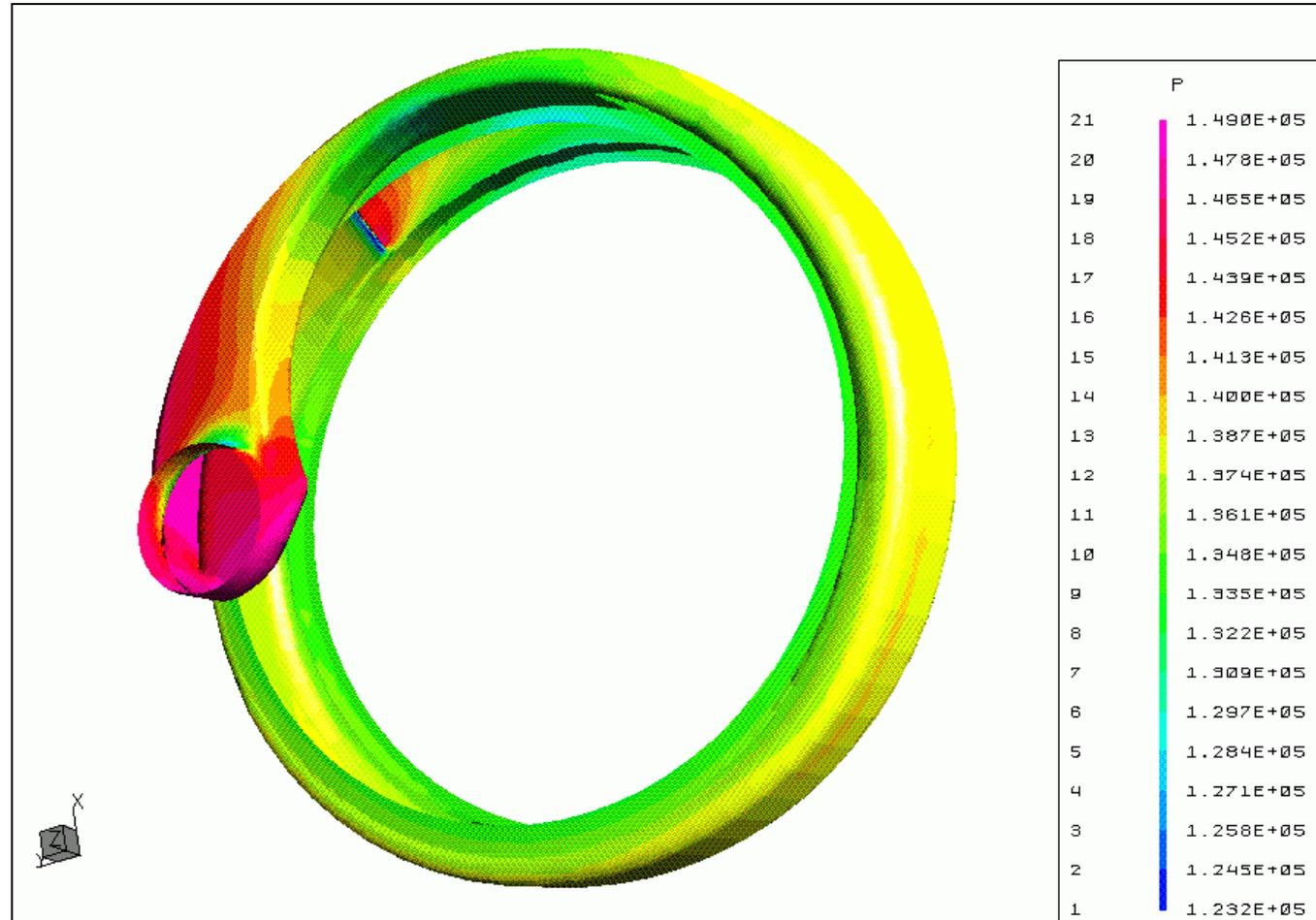


Geschwindigkeits-
verteilung

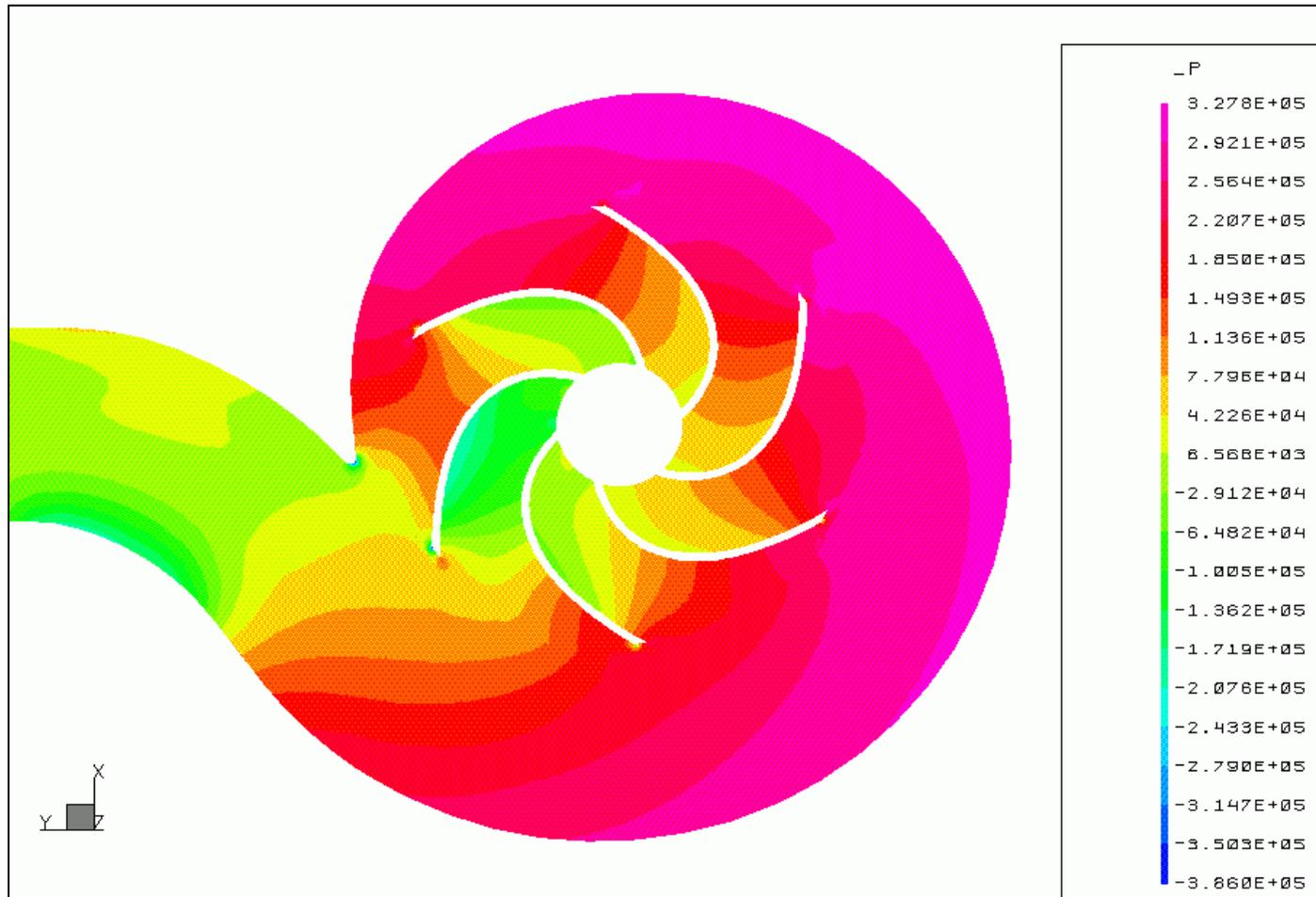
Nabe ($Q=Q_{opt}$)



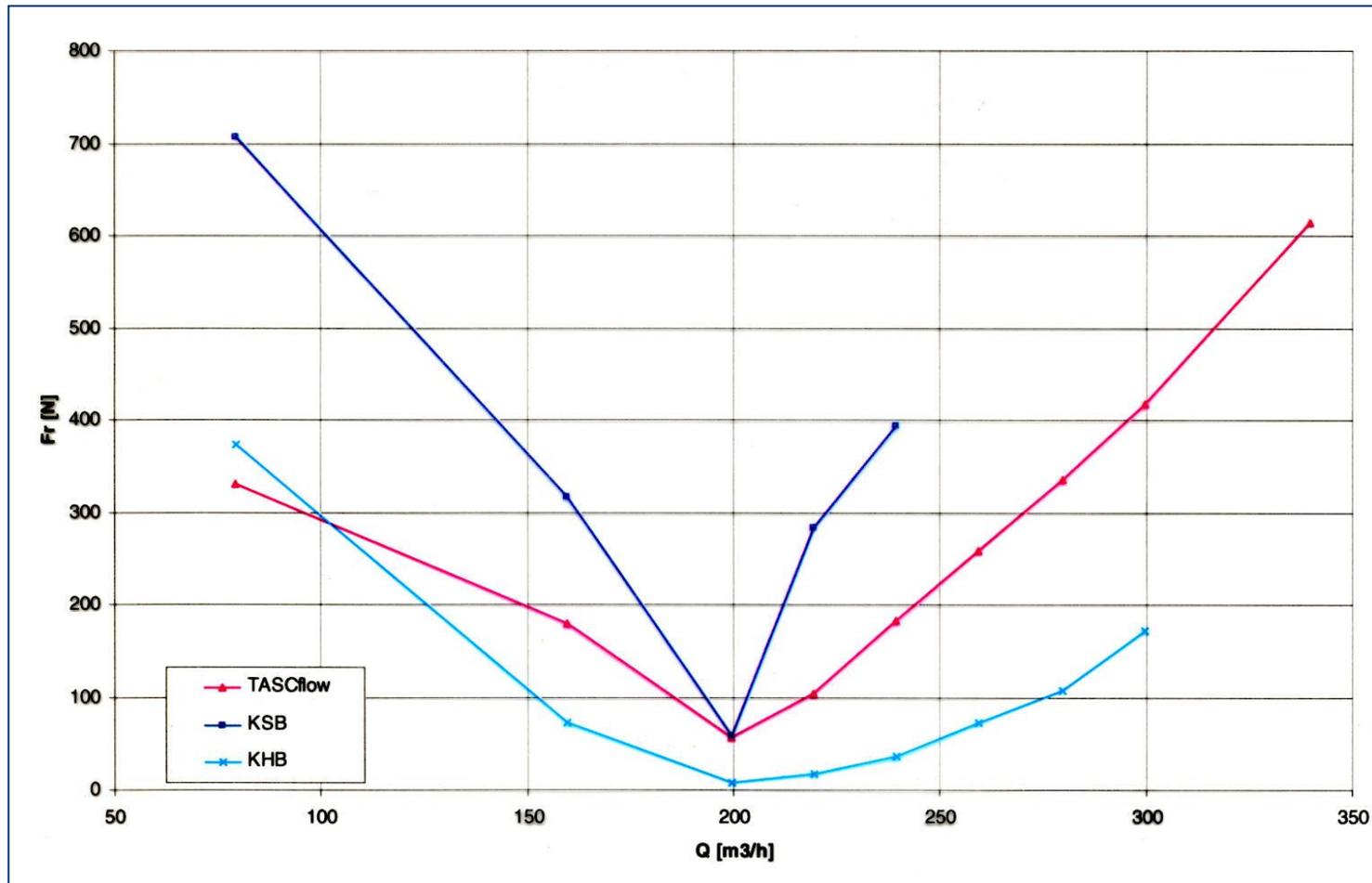
Statische
Druckverteilung
(BEP)



Druckverteilung



Berechnete
Radialkraft



Ø-Versatz infolge Durchbiegung - Wellenstrang -

(Maße noch nicht ermittelt)

