

Sommersemester 2011

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

Kraft- und Arbeitsmaschinen,
Teil Strömungsmaschinen

Prof. Dr. Hendrik Wurm
Lehrstuhl für Strömungsmaschinen

- Einführung, Arten und grundsätzlicher Aufbau von Strömungsmaschinen
- Strömungsmaschinen in Anlagen
- Energieübertragung und Verluste
- Pumpen ; Kavitation
- Windkraftanlagen
- Zusammenfassung

- Umwandlung von Energie

Energie eines Fluids in mechanische Energie – Kraftmaschine
mechanische Energie an Fluid zuführen - Arbeitsmaschine



- Strömungsmaschine als Arbeitsmaschine

Energieübertragung an

Flüssigkeit

-- Pumpe (Kreiselpumpe)

Gas

-- Verdichter (Kreisel-, Turboverdichter)

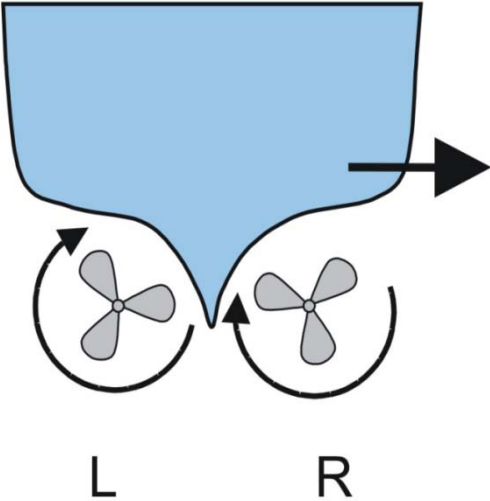
Ventilatoren

Gebläse

Kompressoren

Schiffspropeller

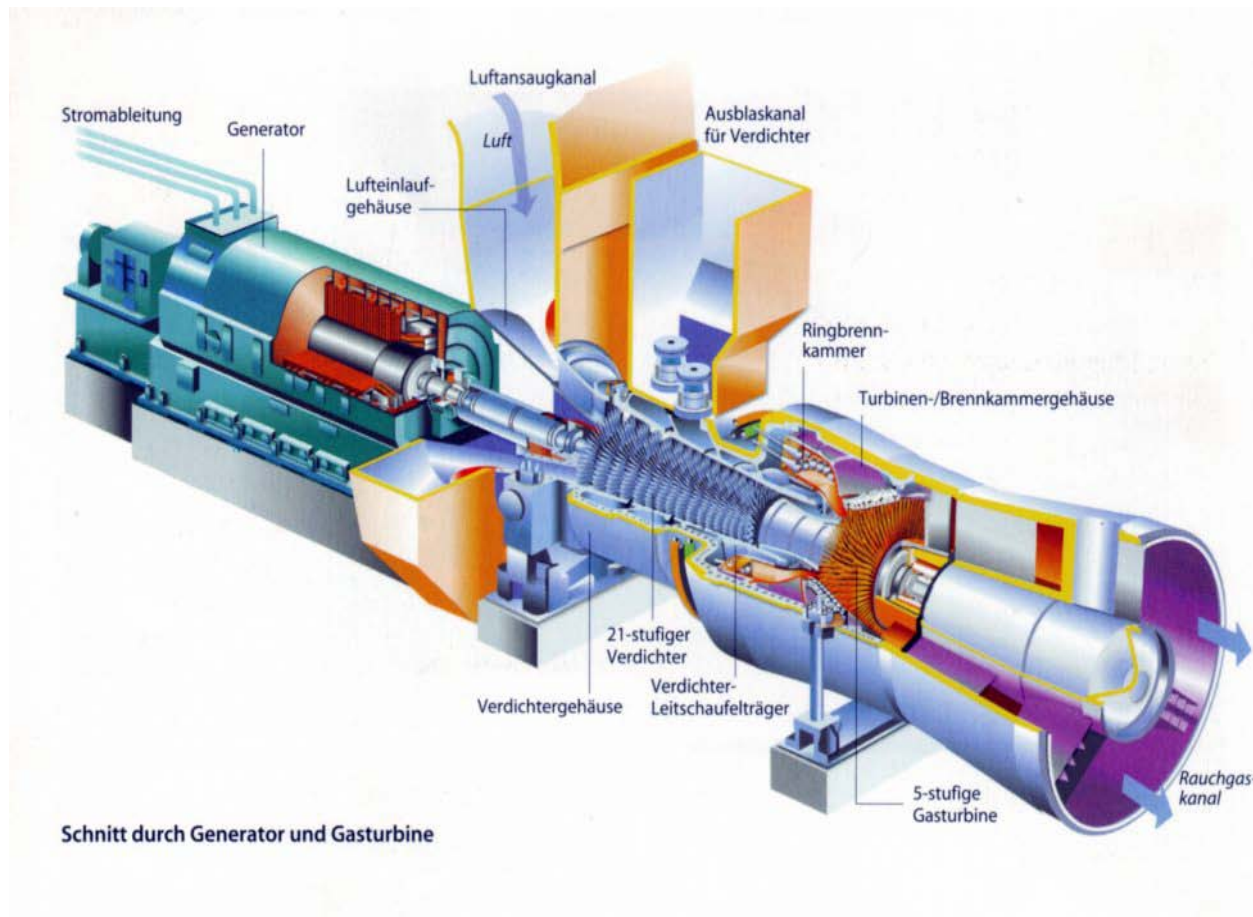
Aufgabe: Schub erzeugen



<http://www.eon.com/de/businessareas/35182.jsp>

Gasturbine

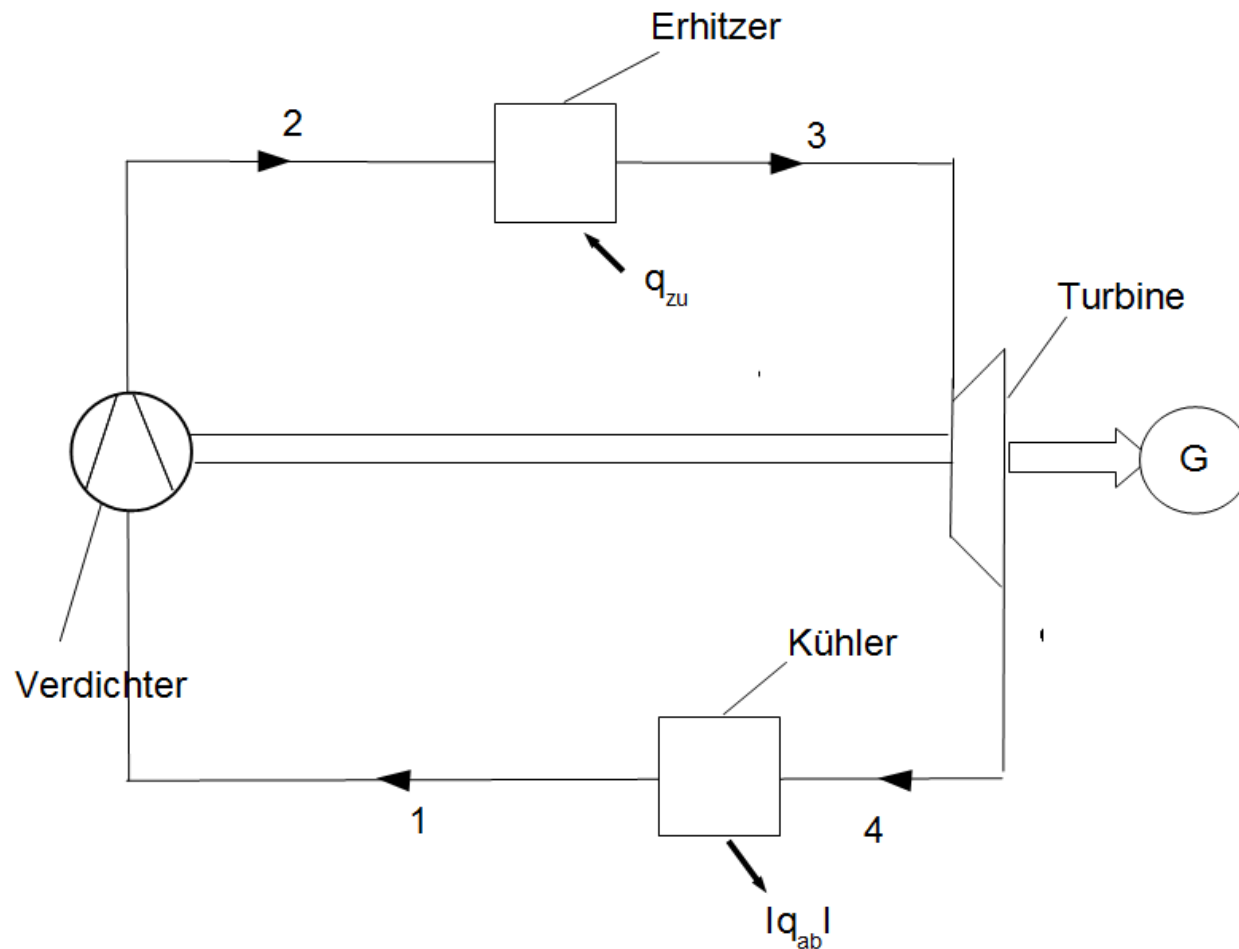
Aufgabe: Stromerzeugung (stationär)
Schuberzeugung (Flugzeug)



Quelle: www.hagelstein-consult.de

Zusammenspiel verschiedener Komponenten

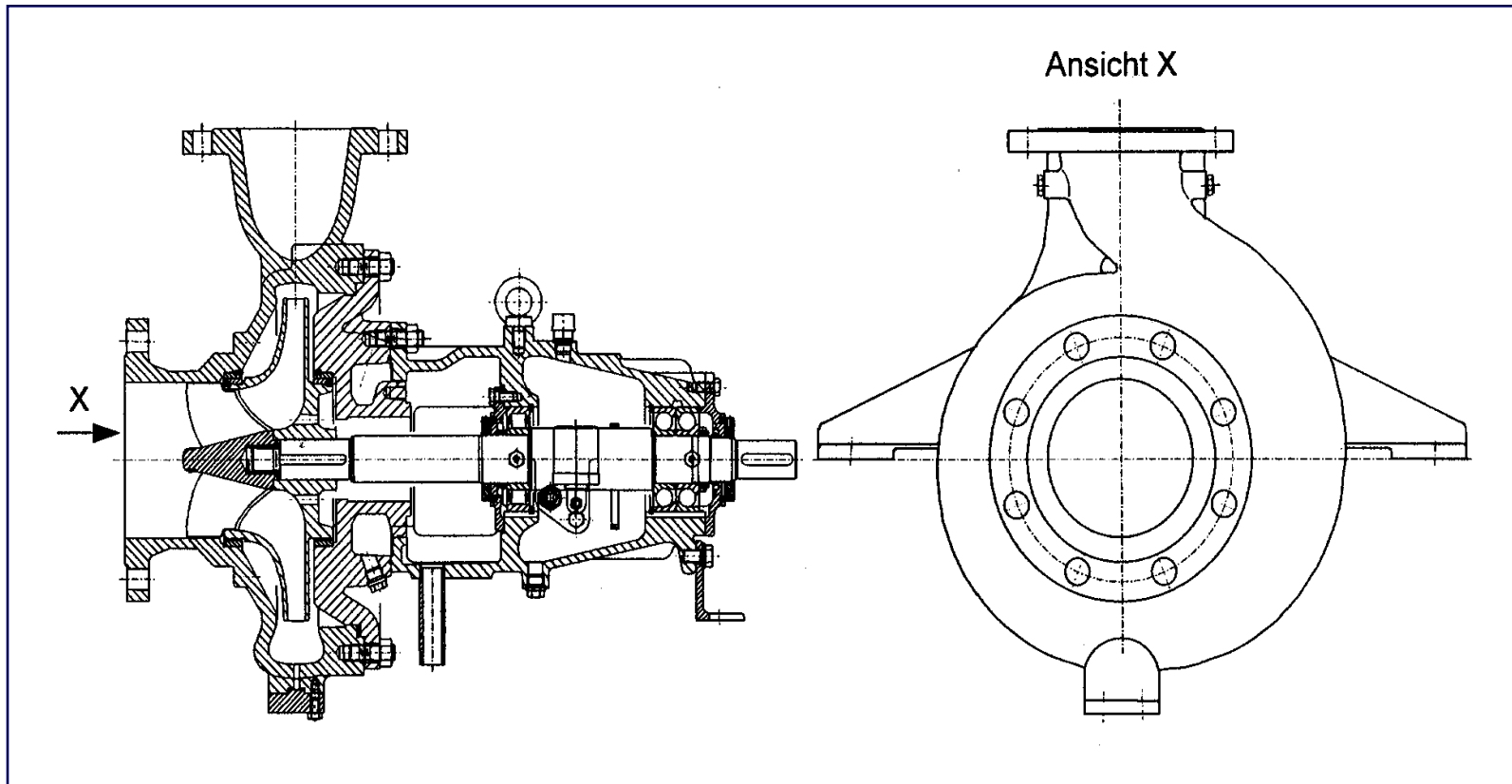
- Kennlinien müssen aufeinander abgestimmt sein

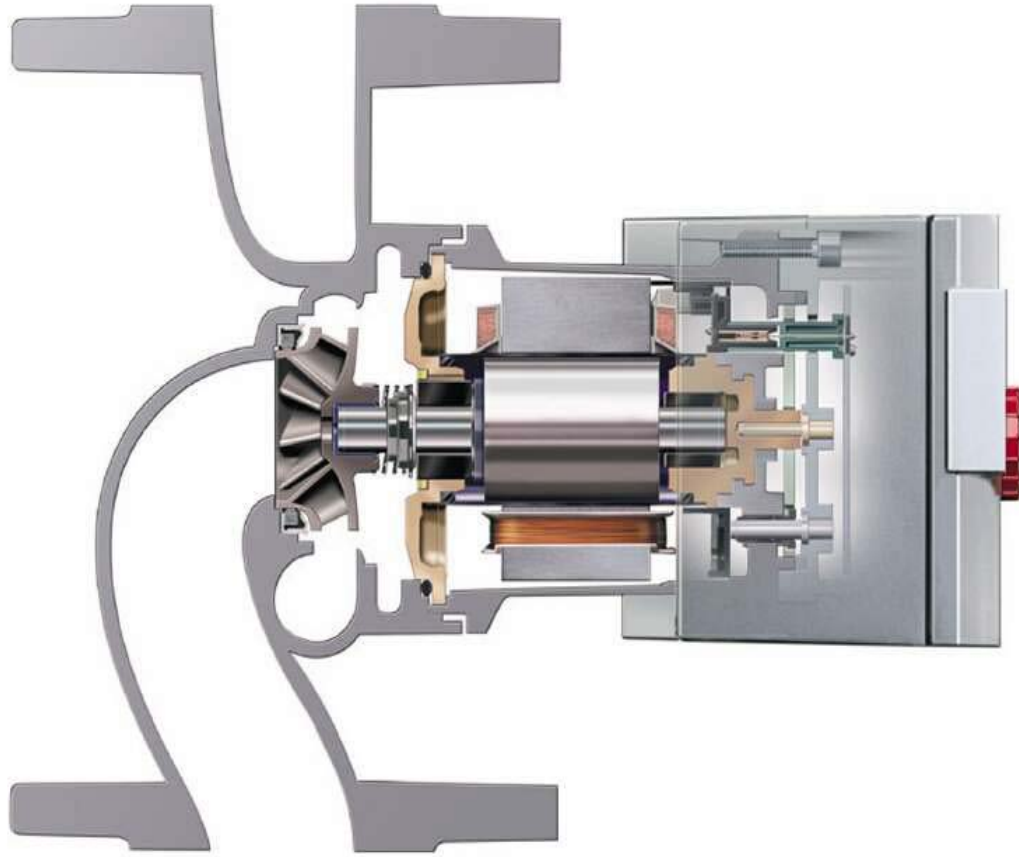


Schaltschema einer geschlossenen Gasturbinenanlage,
die nach dem Joule - Prozess arbeitet

- Pumpen und Pumpensysteme

Einstufige Spiralgehäusepumpe mit Lagerträger, Sulzer Pumpen AG





- Förderhöhe H bzw. erzeugte Druckdifferenz dp
- Volumenstrom $Q = c \times A$
- Leistungsaufnahme P
- Wirkungsgrad
- NPSH- Wert (charakterisiert das Kavitationsverhalten)

- $H = H(Q)$

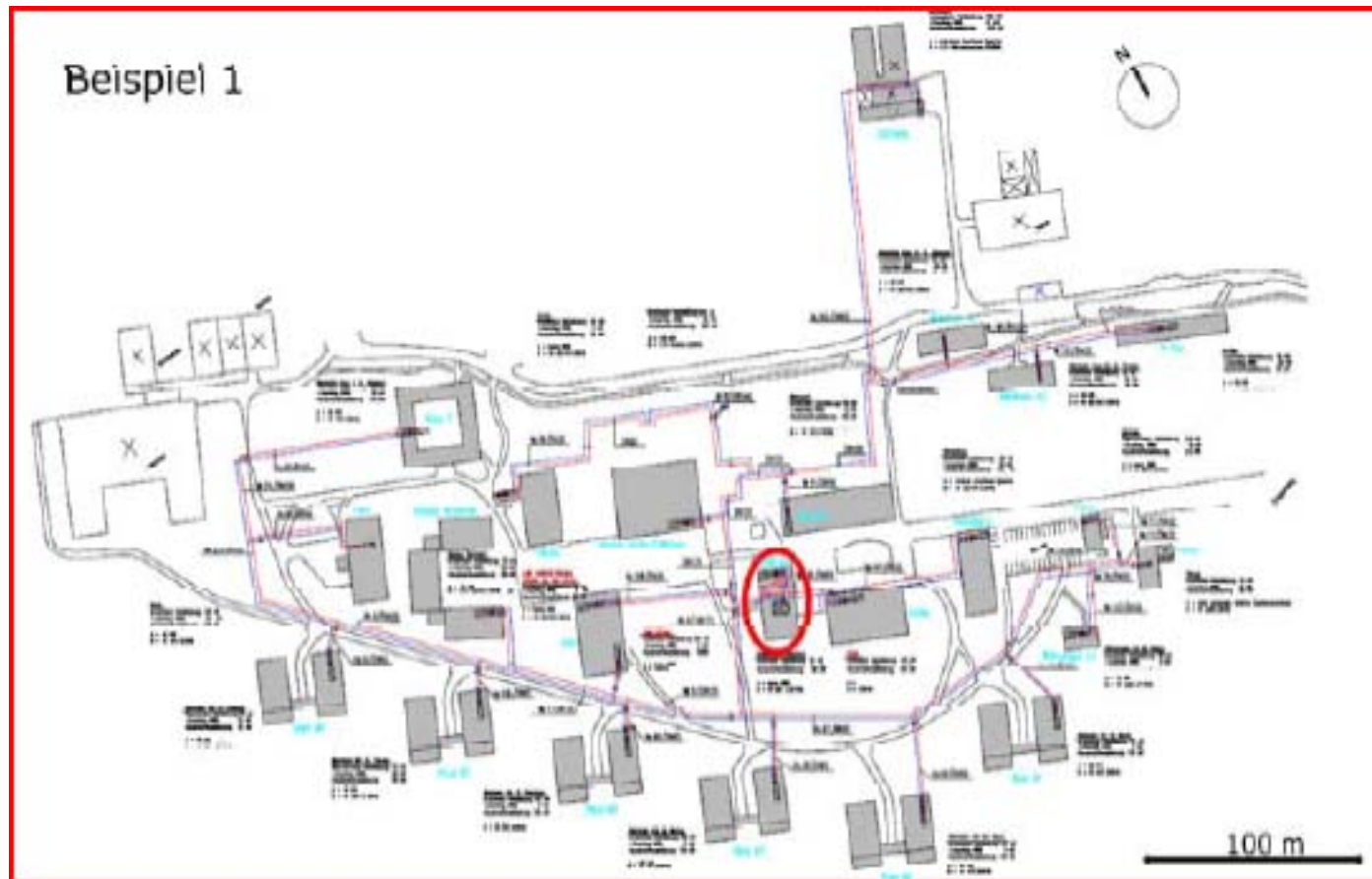
- $\eta = \eta(Q)$

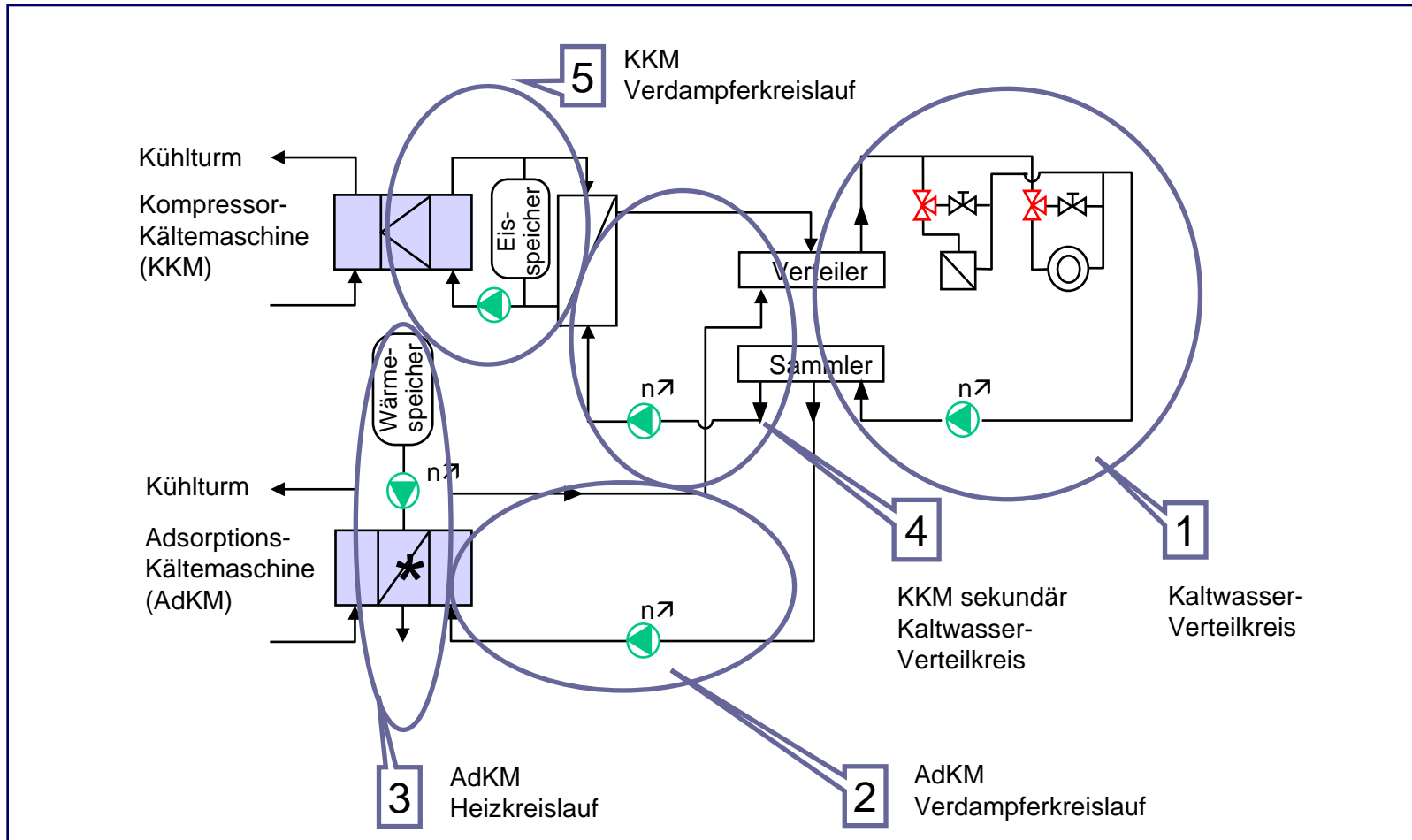
- $P = P(Q)$

- $NPSH = NPSH(Q)$

- Industrie
- Heizung / Klimatechnik
- Energietechnik
- Wasserversorgung
- Abwasserentsorgung
- Kraftfahrzeuge

Beispiel: Heizkreisläufe eines Mischgebietes





- offene Systeme
- geschlossene Systeme

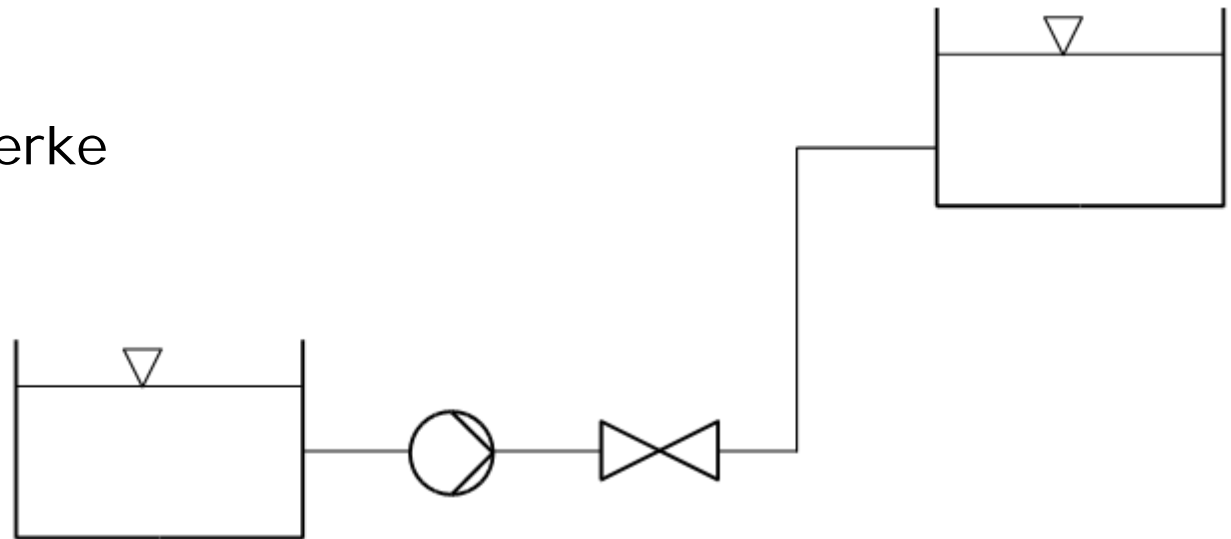
Wasserversorgung

Abwasserentsorgung

Bewässerung

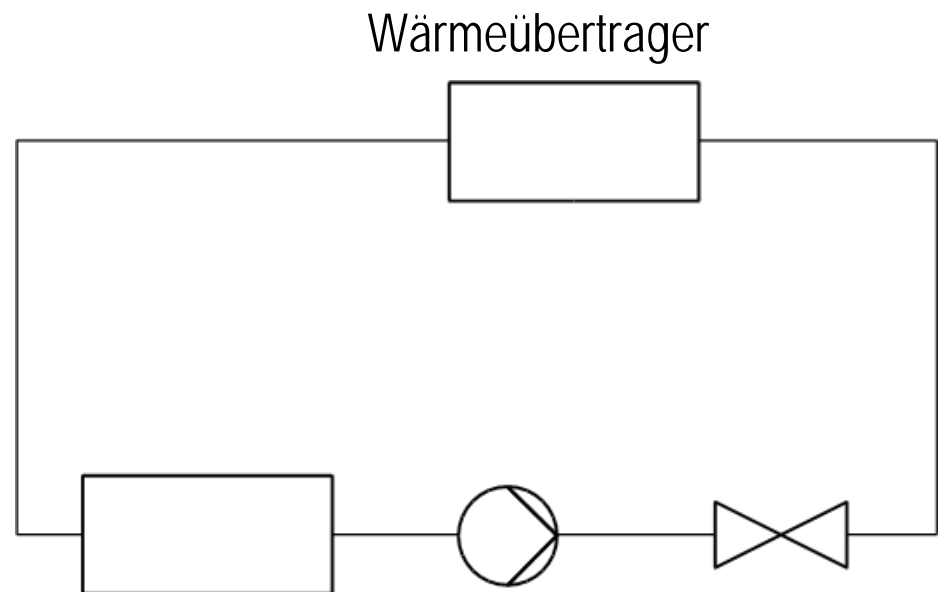
Substanzzuführung

Hochwasserpumpwerke



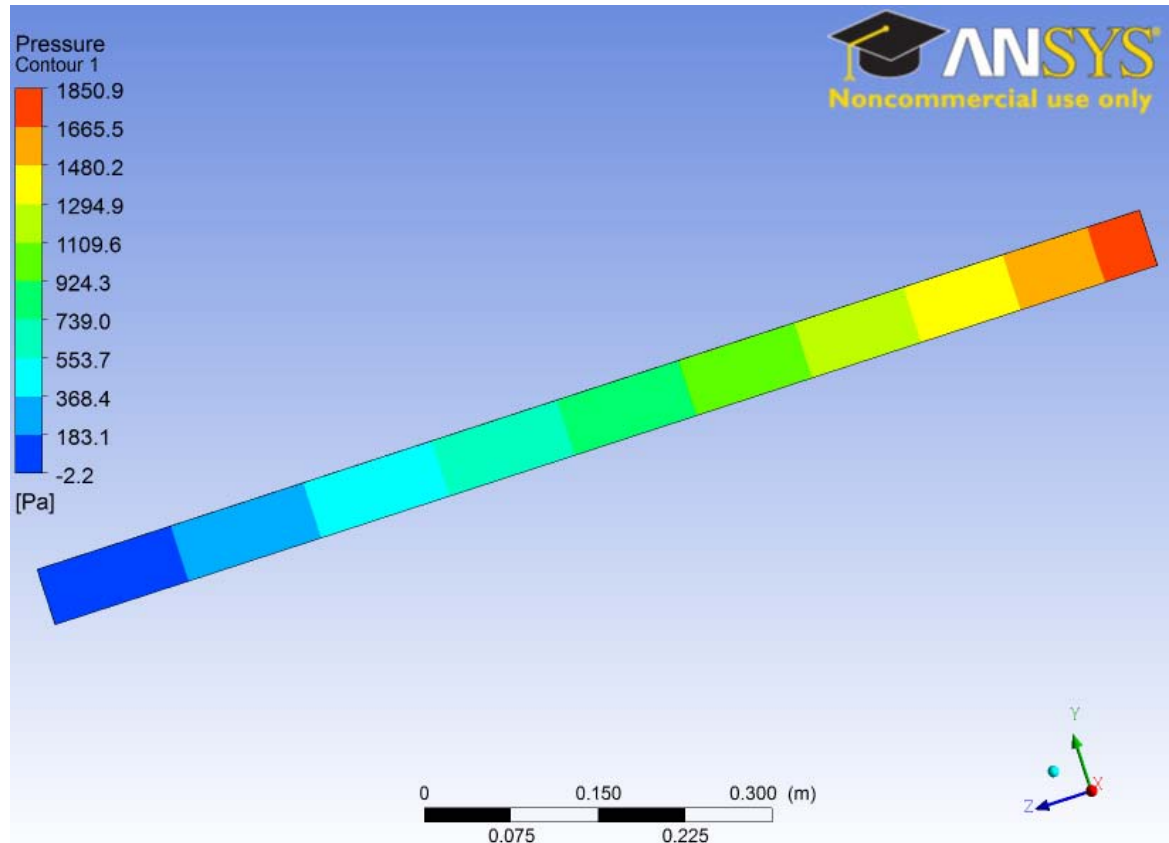
$$H = H_{\text{Stat}} + H_{\text{Verluste}}$$

- Blutkreislauf
- Heizkreislauf
- Kühlkreislauf



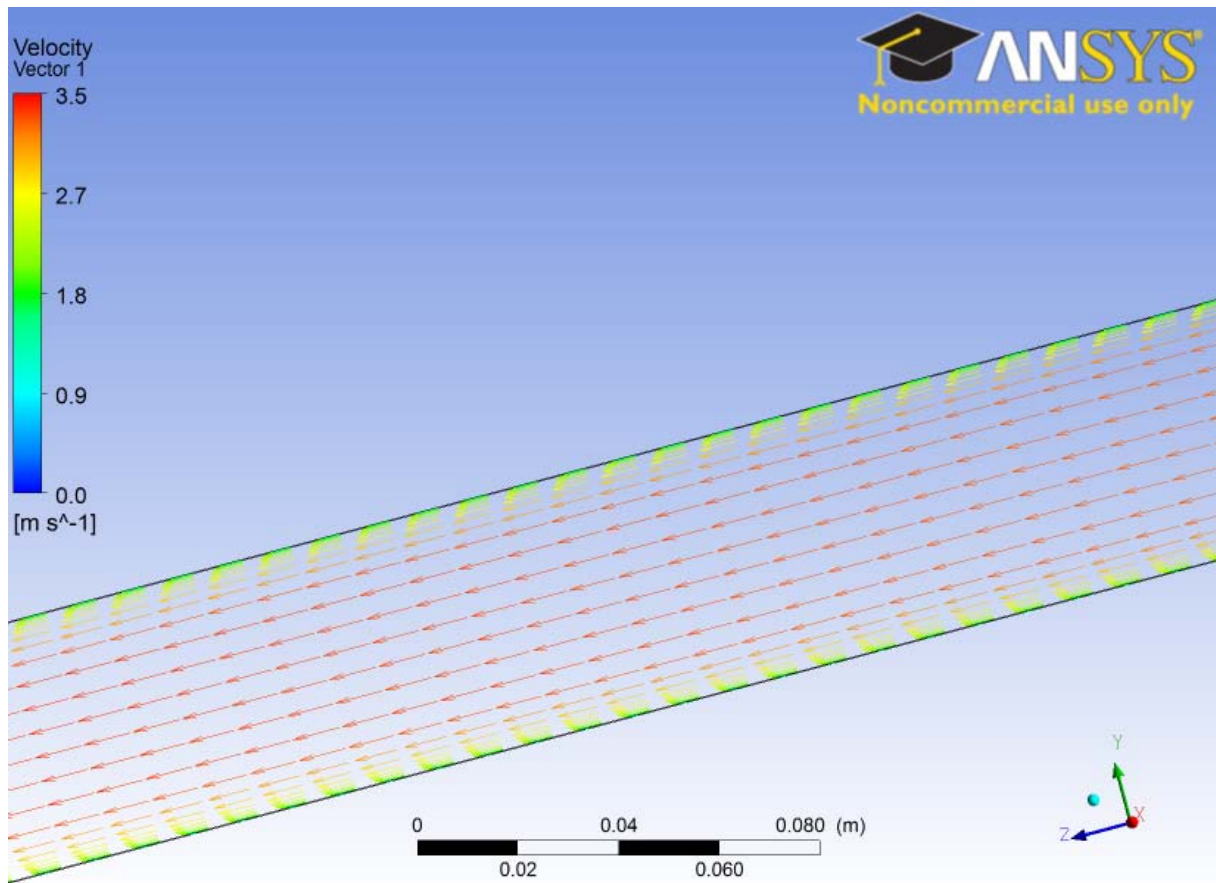
$$H = H_{\text{Verluste}}$$

- Reibungsverluste (abhängig von Durchmesser und Länge der Rohrleitung, Strömungsgeschwindigkeit, Reibungszahl)
- Druckverlust in Einbauten (Krümmer, Drosseln, Klappen, Abzweigungen, Filter)
- Stoßverlust durch plötzliche Querschnittsänderungen

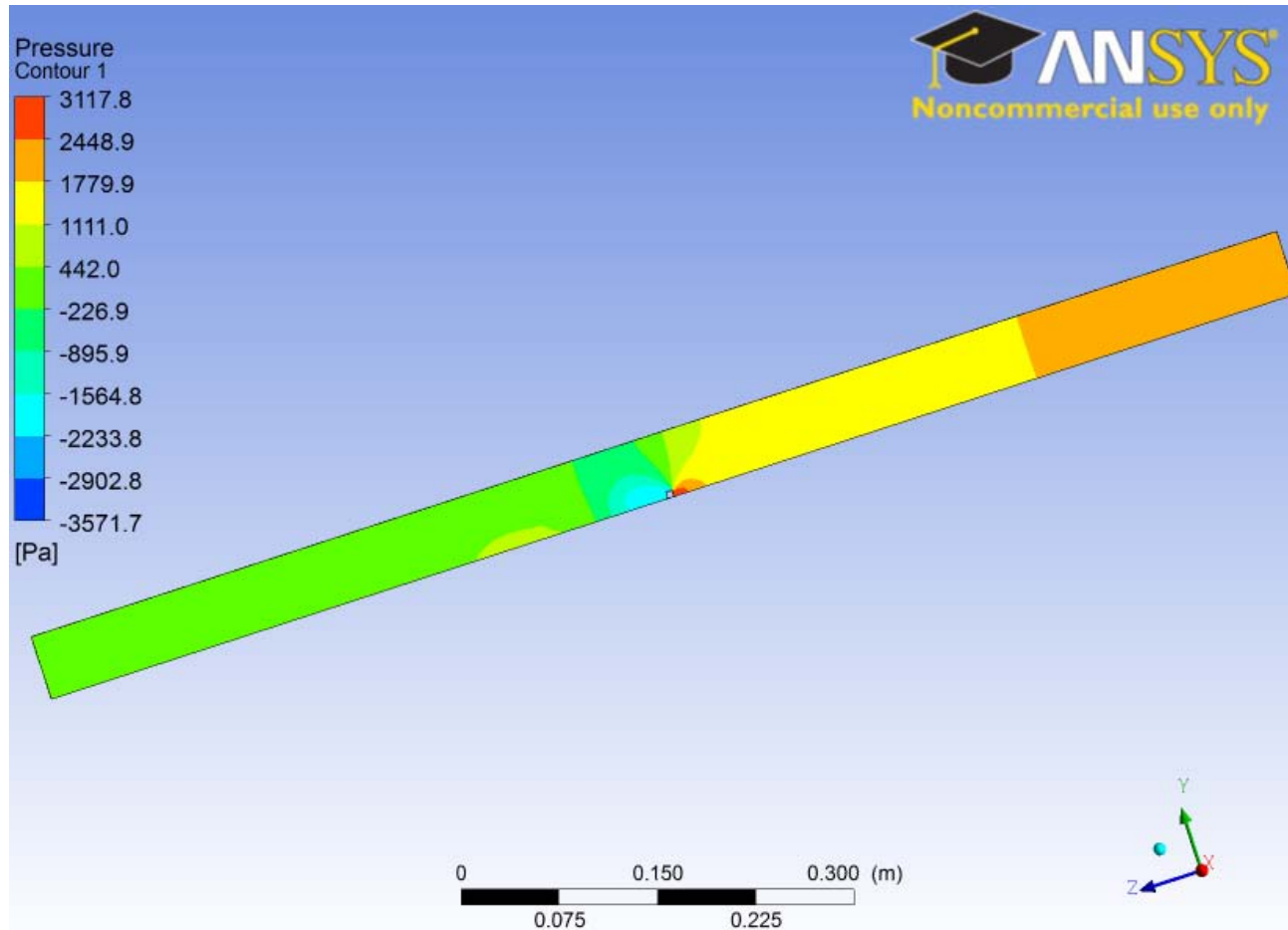


statische Druck
ohne Schieber $dp = 1826.2 \text{ Pa}$

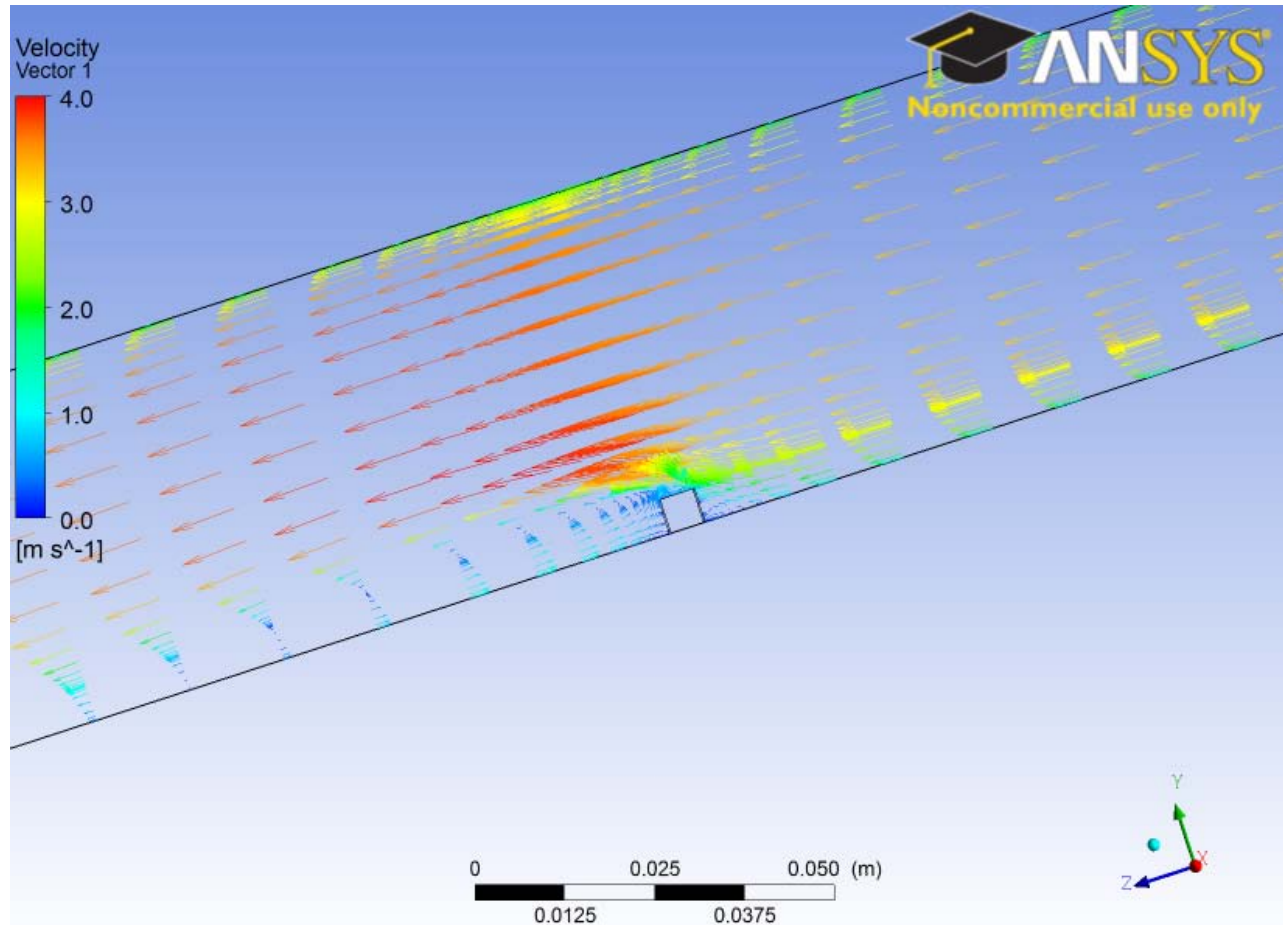
$L = 1 \text{ m}$; $h = 5 \text{ cm}$; $c = 3 \text{ m/s}$ für alle
Rechnungen



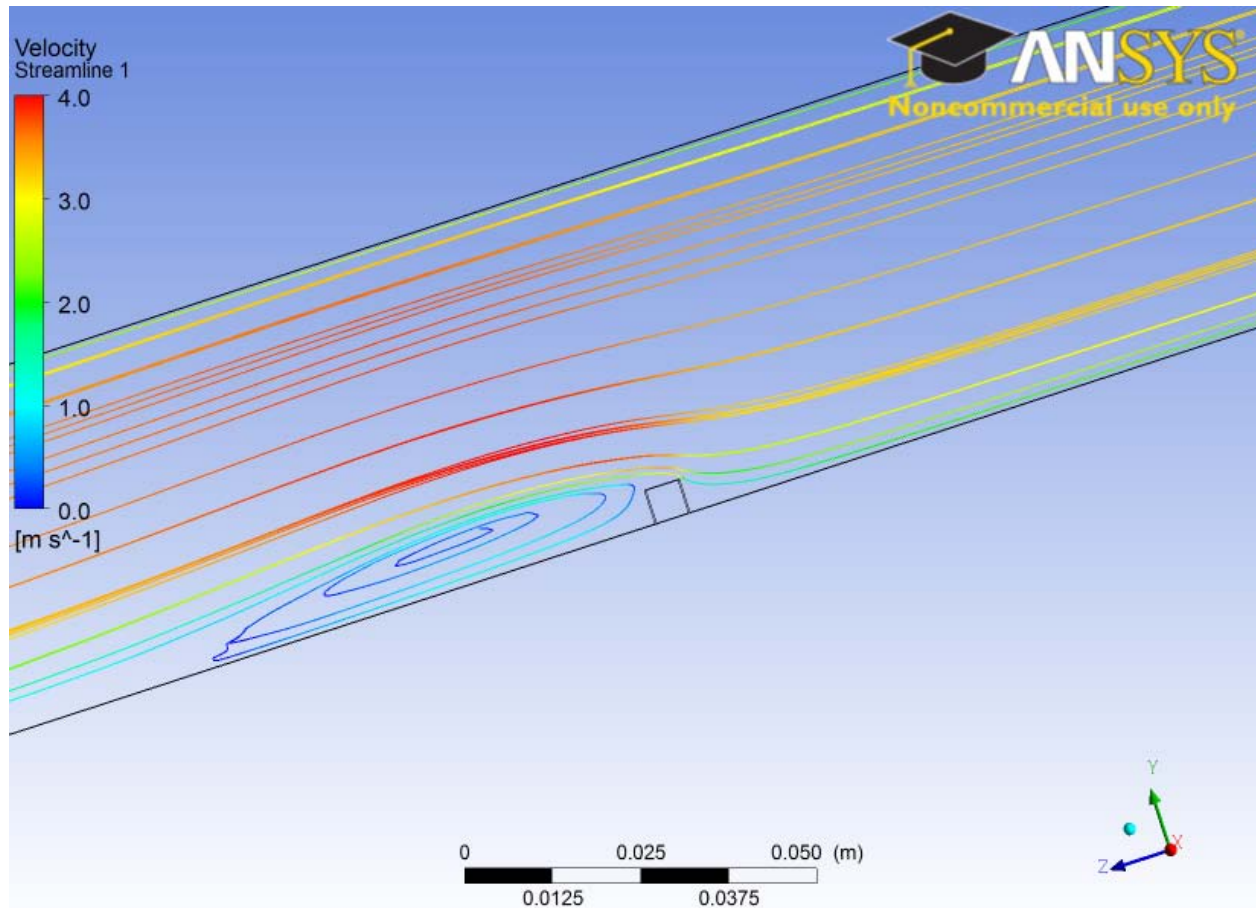
Vektoren ohne Schieber



statische Druck
mit 10%, d.h. 5mm Schieber $dp = 2303.7 \text{ Pa}$

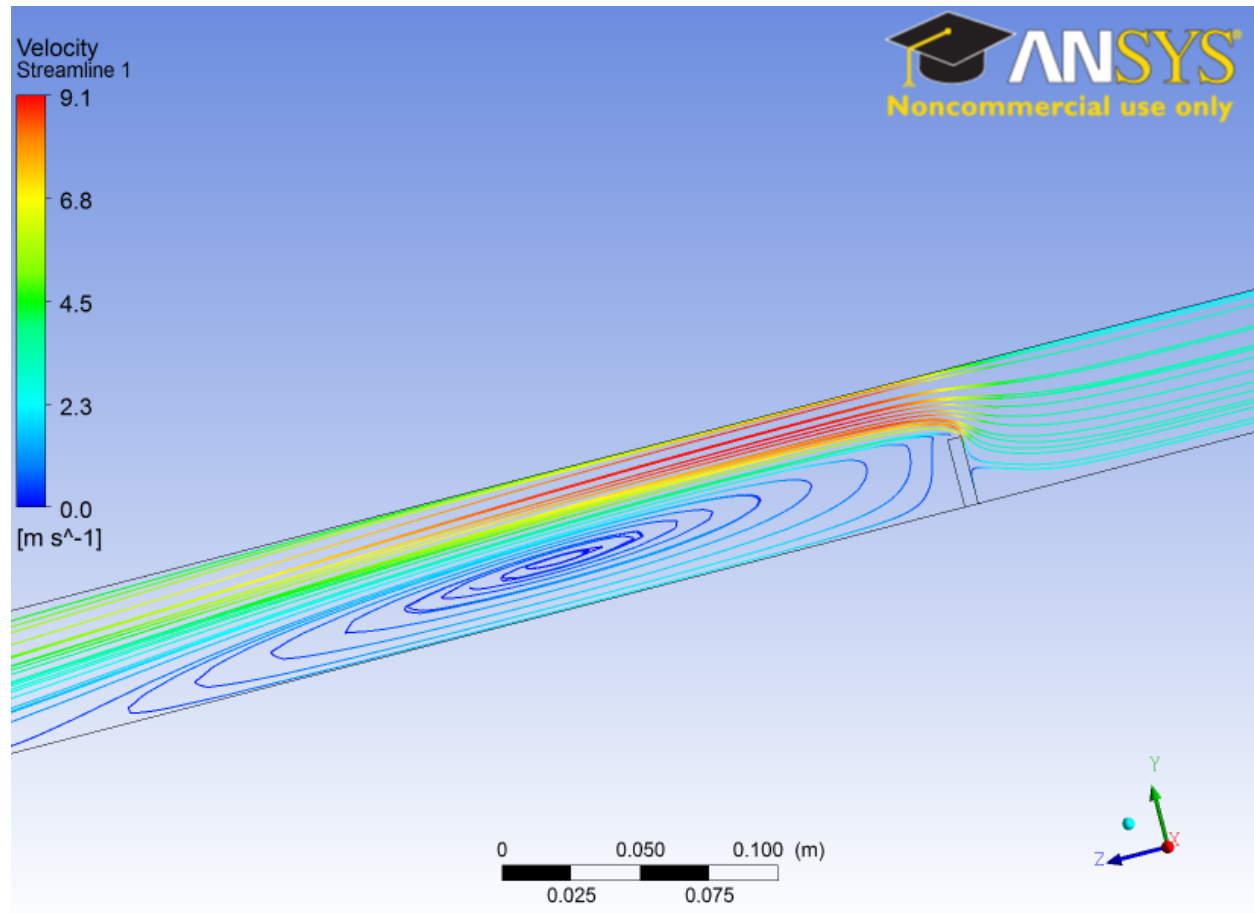


Vektoren
mit 10%, d.h. 5mm Schieber $dp = 2303.7 \text{ Pa}$

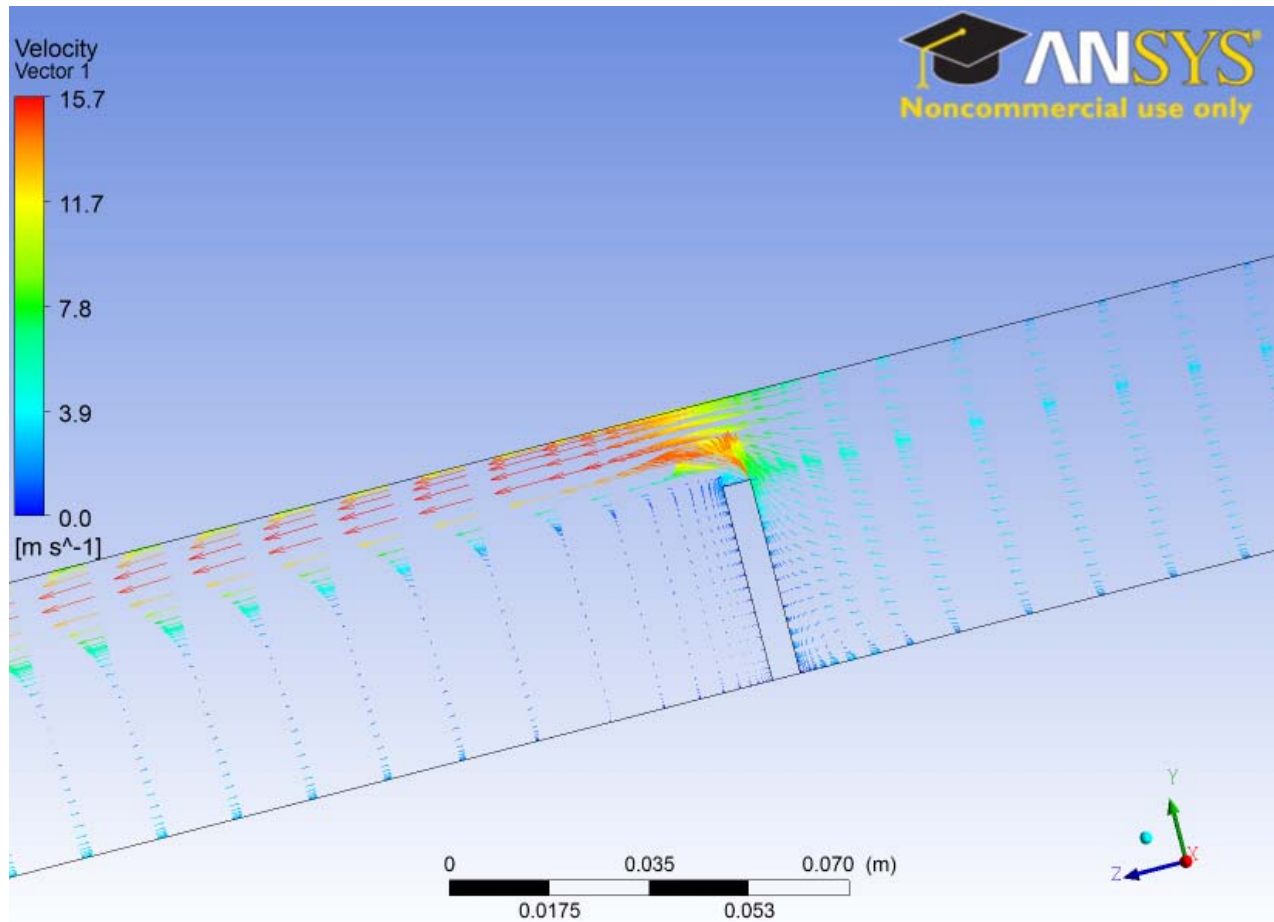


Stromlinien

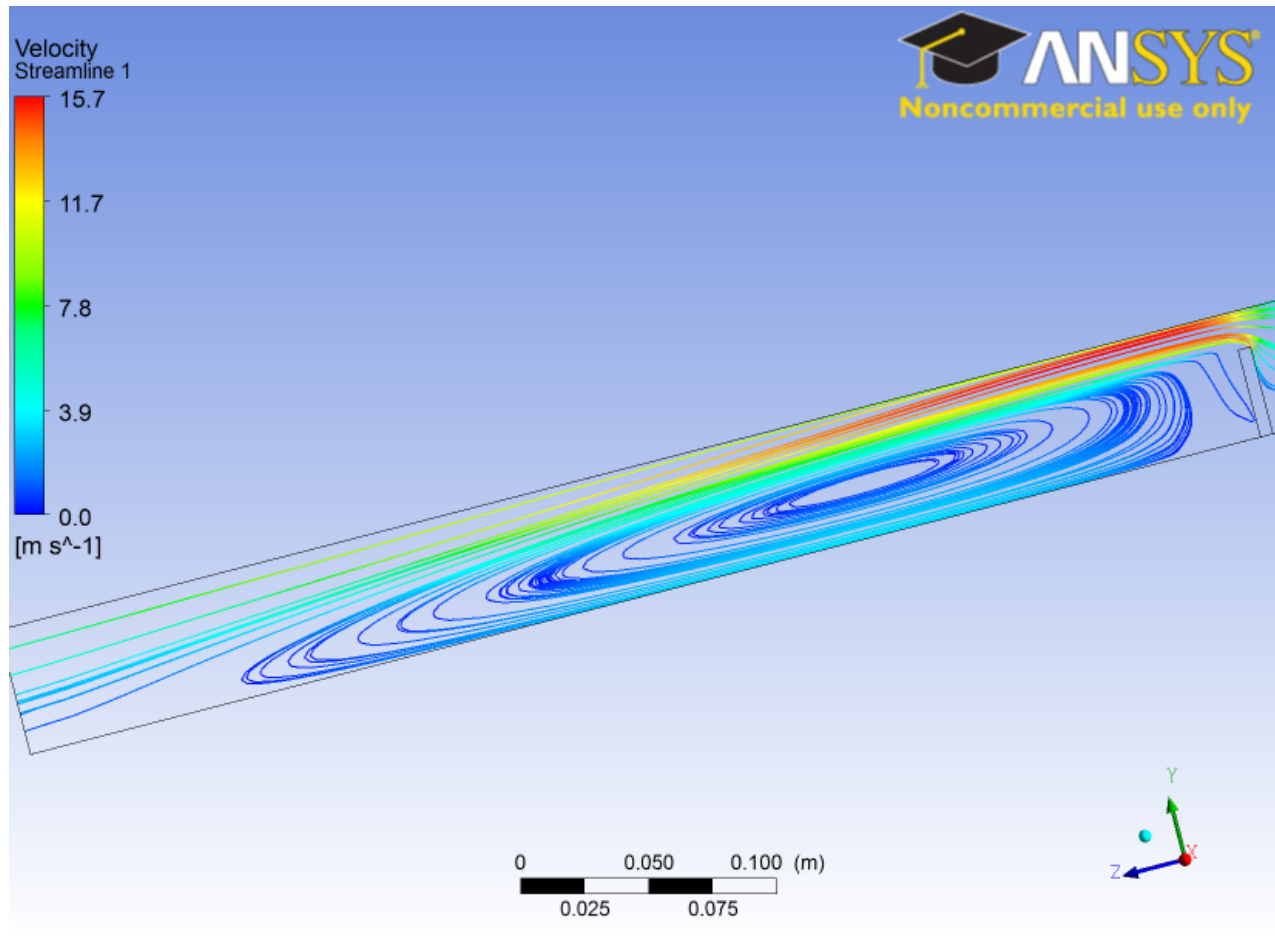
Mit 10%, d.h. 5mm Schieber $dp = 2303.7 \text{ Pa}$



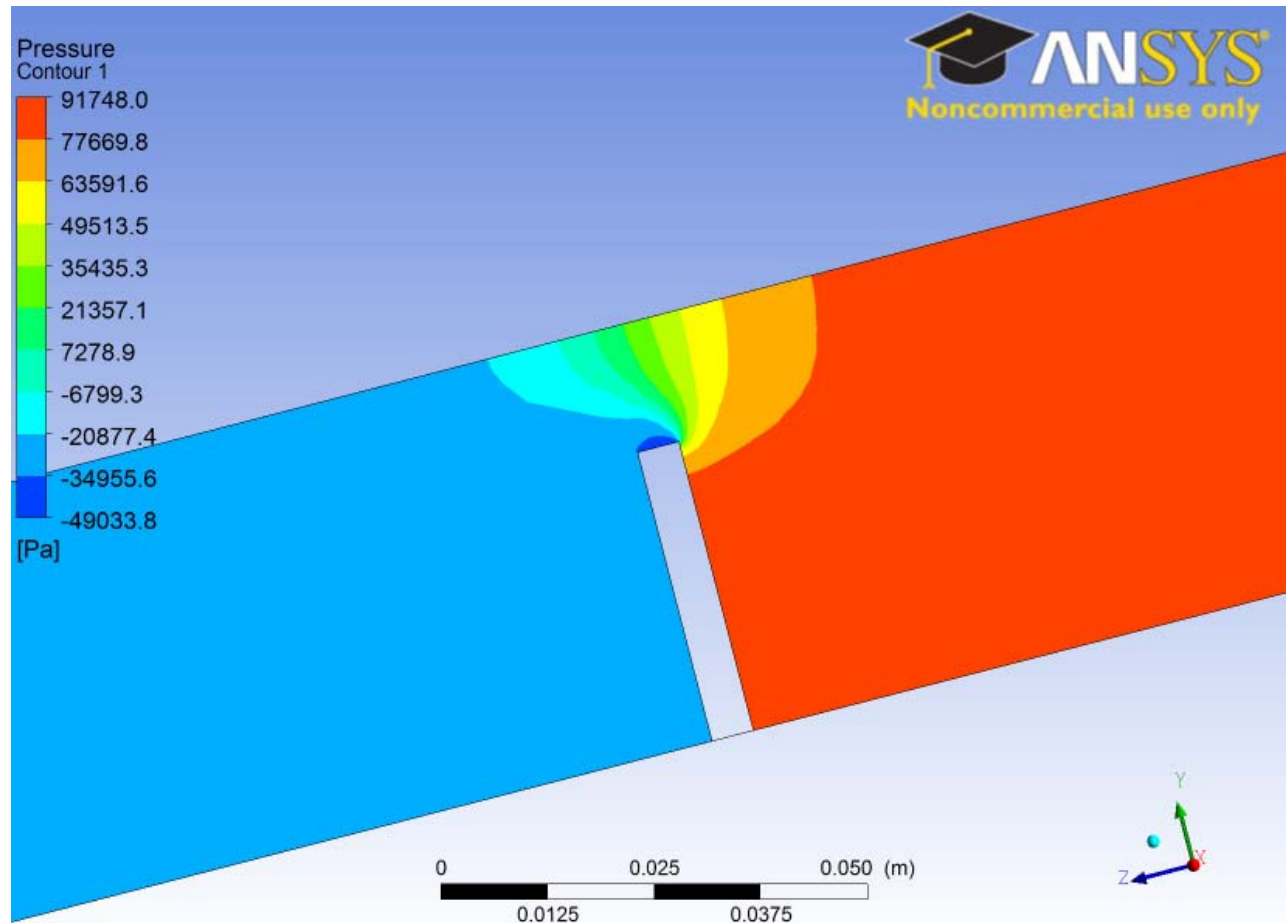
Stromlinien
mit 50%, d.h. 25mm Schieber $dP = 22568.8 \text{ Pa}$



statische Druck
mit 70%, d.h. 35mm Schieber $dp = 87852.2 \text{ Pa}$



Stromlinien
mit 70%, d.h. 35mm Schieber $dp = 87852.2$ Pa



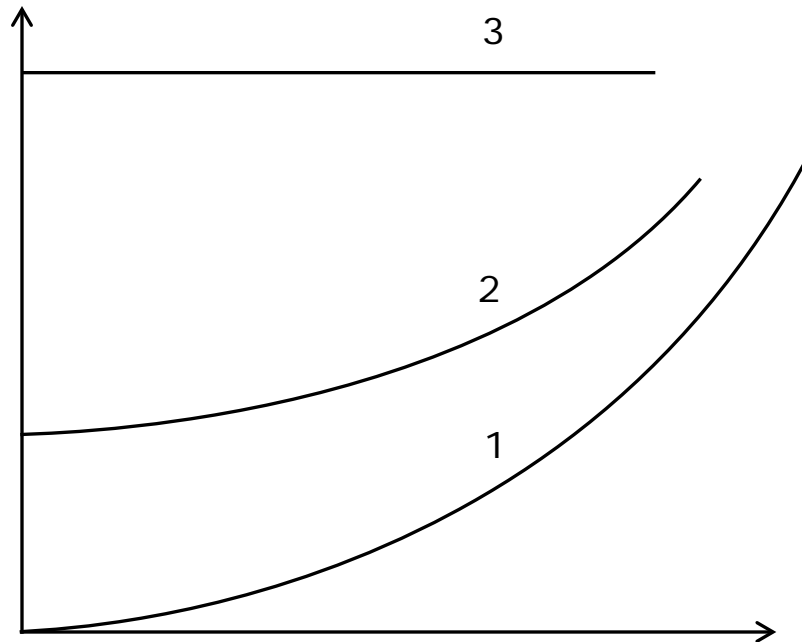
statische Druck
mit 70%, d.h. 35mm Schieber $dp = 87852.2 \text{ Pa}$

$$\Delta p_v = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \frac{l_i}{D_i} \frac{\rho}{2} \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_i^2} \right)^2 + \sum_{j=1}^m \zeta_j \frac{\rho}{2} \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_j^2} \right)^2$$

λ - Reibkoeffizient

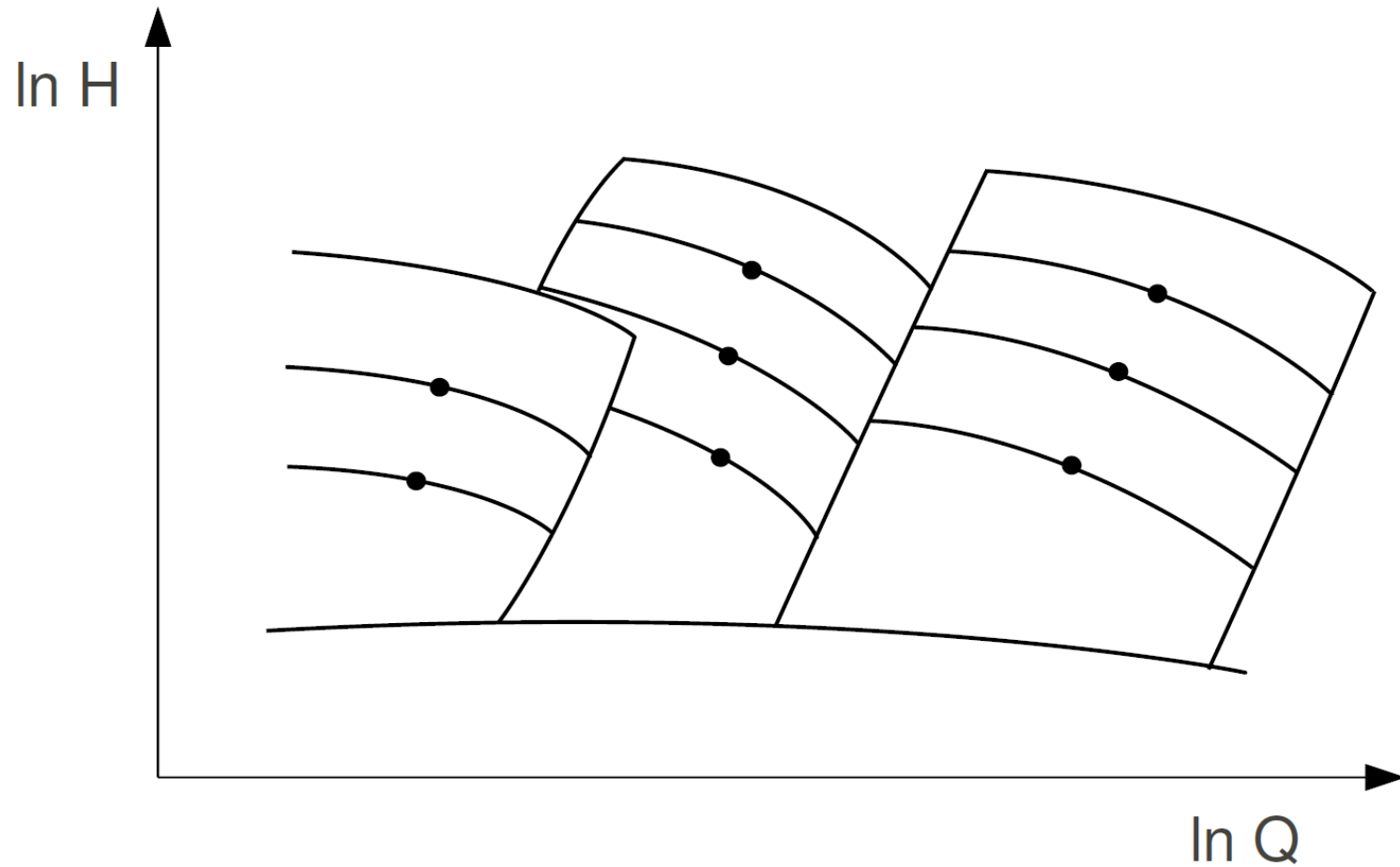
ζ - Verlustbeiwert

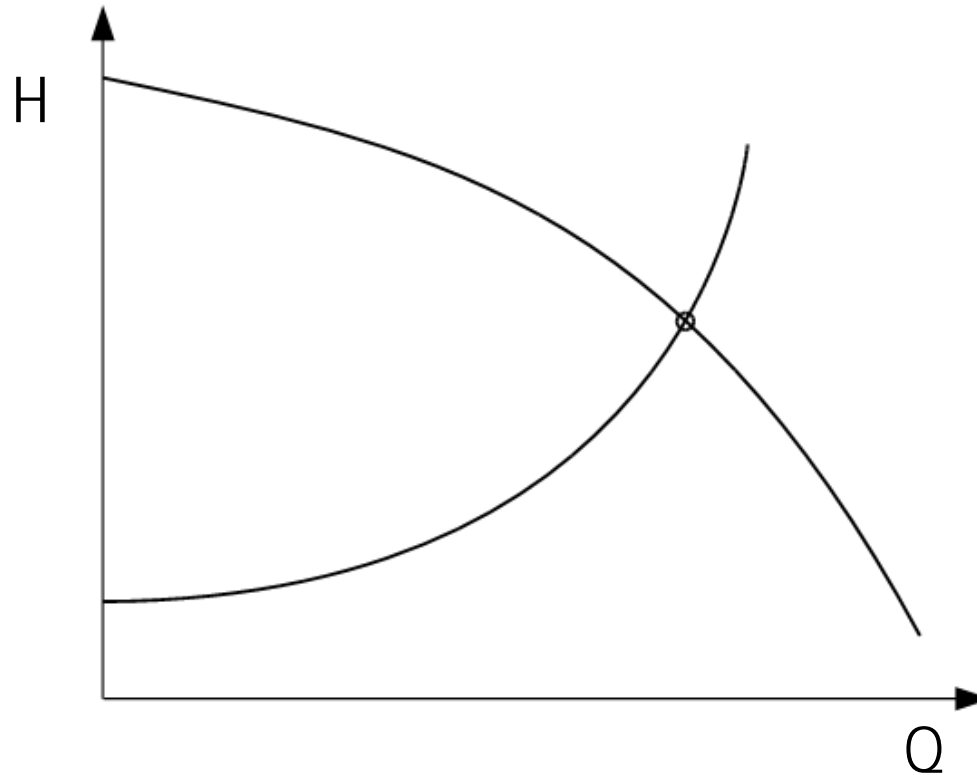
$$H_{\text{Verluste}} = \frac{\Delta p_v}{\rho \cdot g}$$



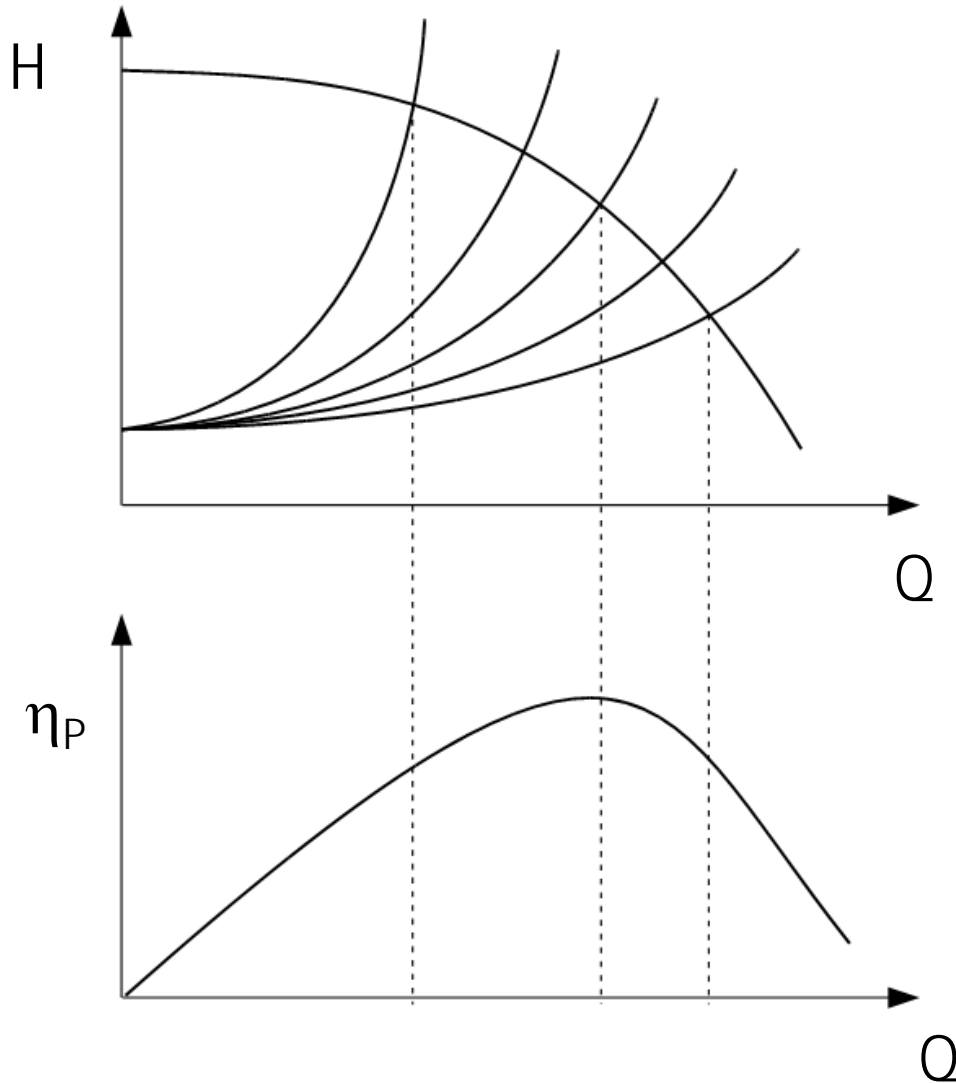
- 1- Förderhöhe: nur dynamischer Anteil
- 2- Förderhöhe: statischer und dynamischer Anteil
- 3- Förderhöhe: nur statischer Anteil

Kennfeld einer Pumpenbaureihe





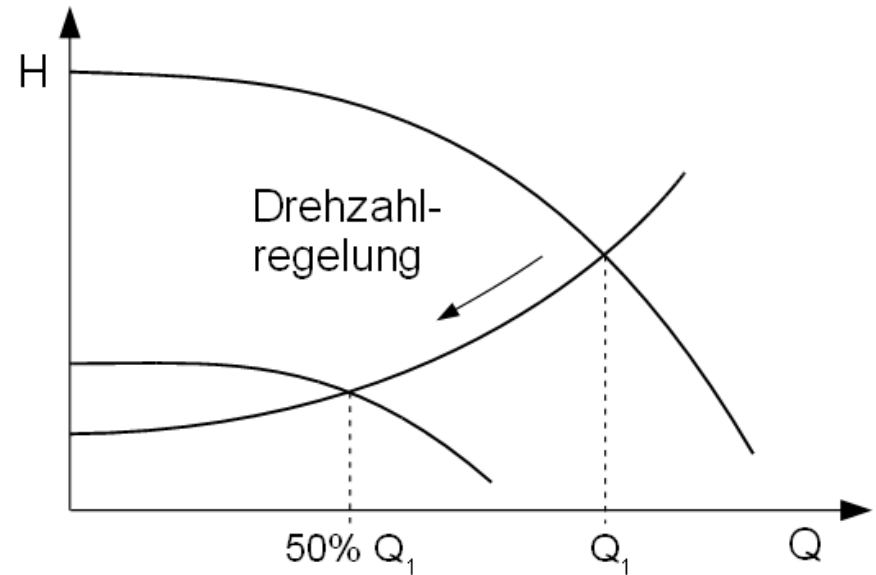
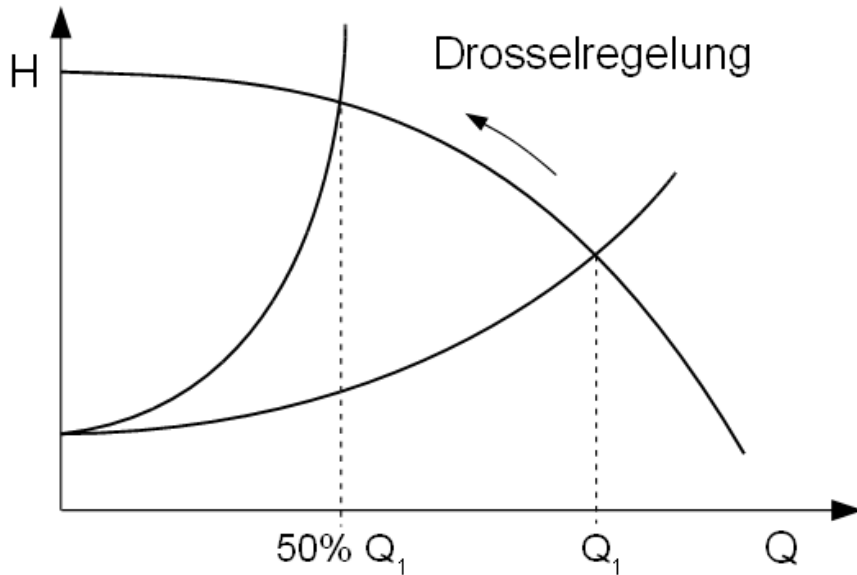
Dynamischer Anlagenbedarf



- Drehzahlregelung
- Start – Stop – Ansteuerung der Pumpe
- Drosselregelung
- Bypass- Regelung

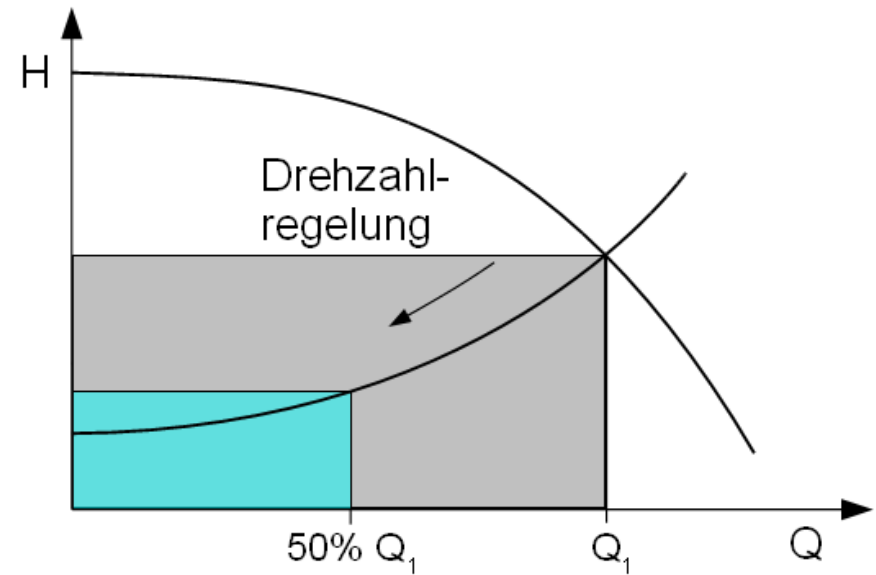
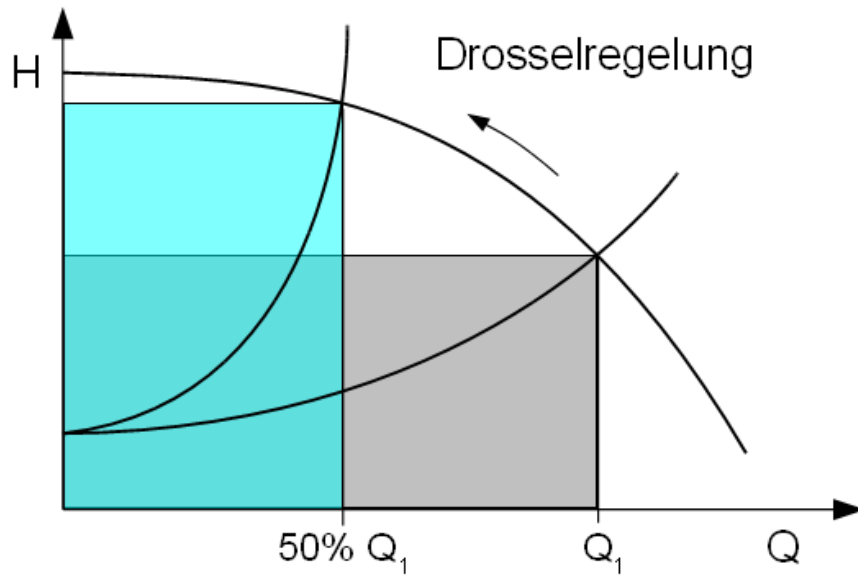
- Reihenschaltung von Pumpen
- Parallelschaltung von Pumpen

Gegenüberstellung Drossel- und Drehzahlregelung



Ziel: 50% von Q_1

Gegenüberstellung Drossel- und Drehzahlregelung

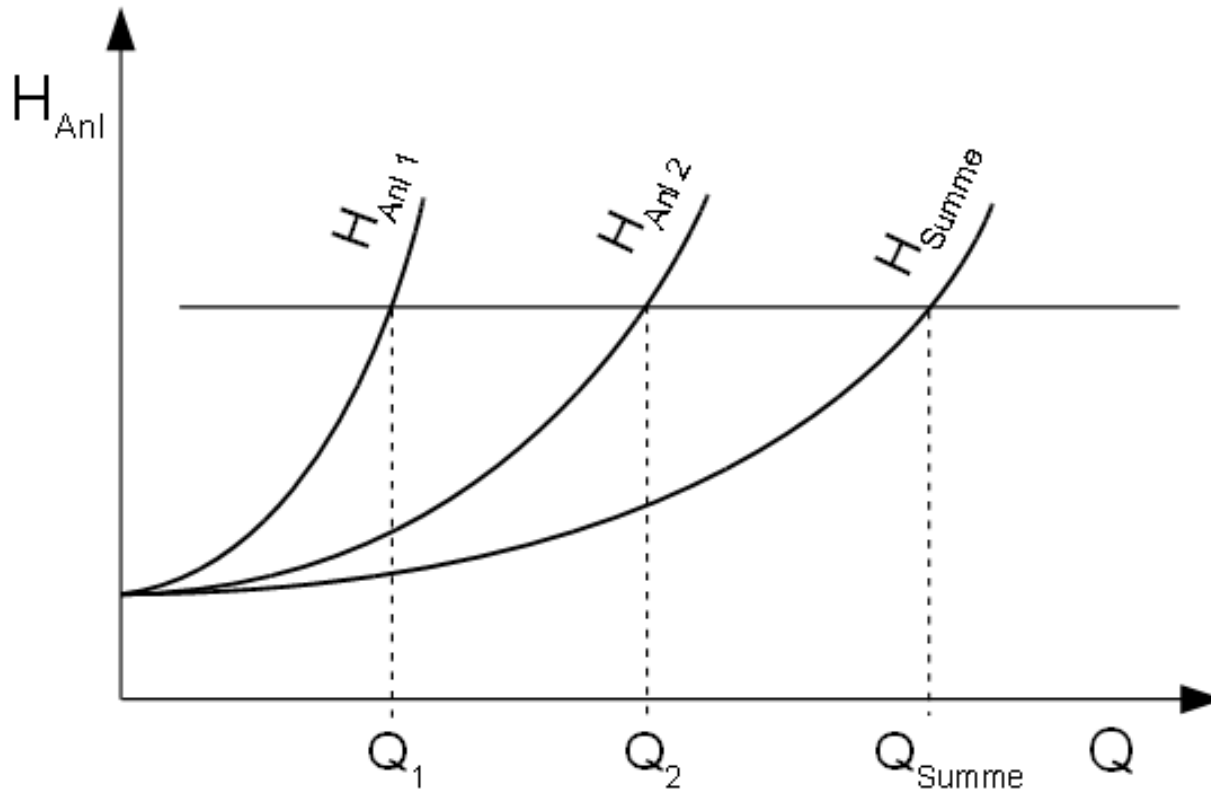


Ziel: 50% von Q_1

- Drehzahlregelung
- Start – Stop – Ansteuerung der Pumpe
- Drosselregelung
- Bypass- Regelung

- Reihenschaltung von Pumpen
- Parallelschaltung von Pumpen

Förderung in zwei parallele Rohrleitungen



T



Förderung in eine Rohrleitung in Reihe

