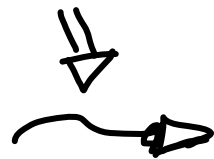


Energiegleichung für eine Stromröhre

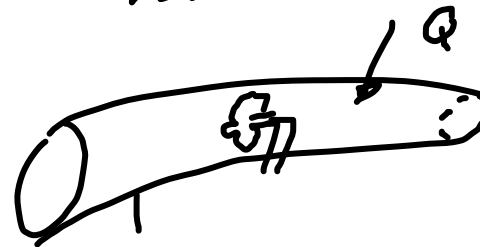
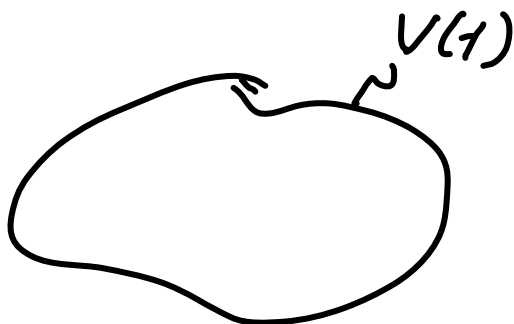
Spezialfall (1.) im zeitlichen Mittel stationäre Strömung

(2.) Volumenkräfte hat ein Potential $\vec{h} = -\nabla\psi$

$$\frac{Dh}{Dt} + \frac{DE}{Dt} = I + \dot{Q}$$



$$\frac{P_1 + \dot{Q}_1}{\rho_1} = h_{e2} - h_{e1}$$



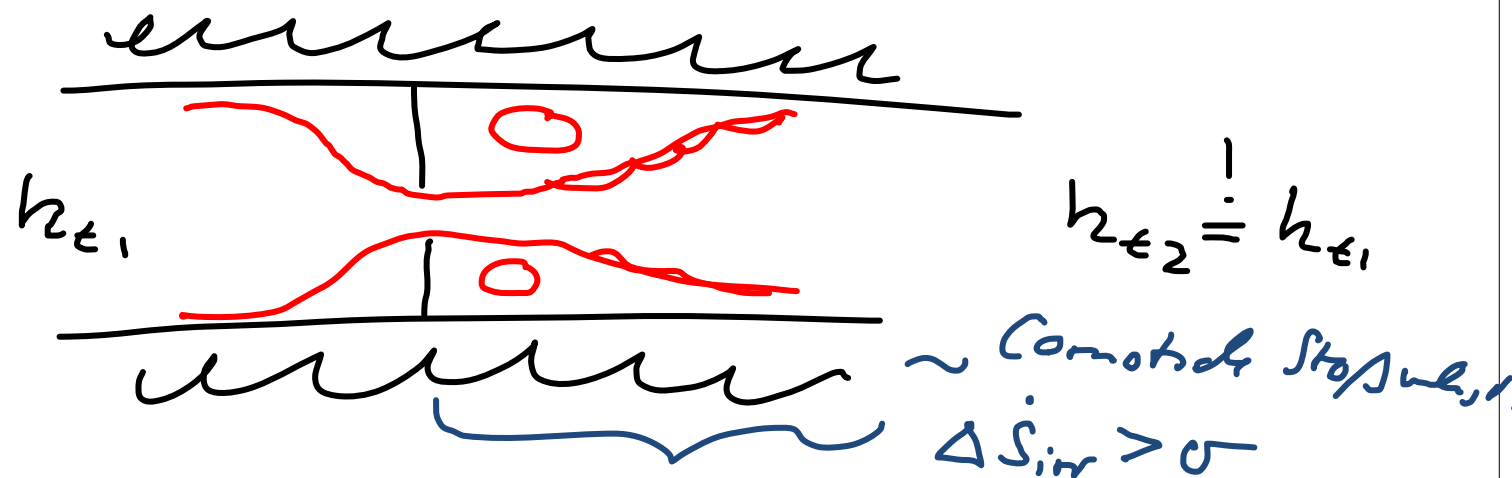
Stromröhre.





keine äußere Leistungszufuhr $P_A \equiv 0$

keine Wärmezufuhr (adiabate Wand) $\dot{Q} \equiv 0$



stationär ideelles Gas $h_t = c_p T_t$

$$T_{t2} \stackrel{!}{=} T_{t1}$$

Zweit Spezialfall

keine Wärmezufuhr $\dot{Q} \equiv 0$

Leistungszufuhr $P_A > 0$ Arbeitsmaschine

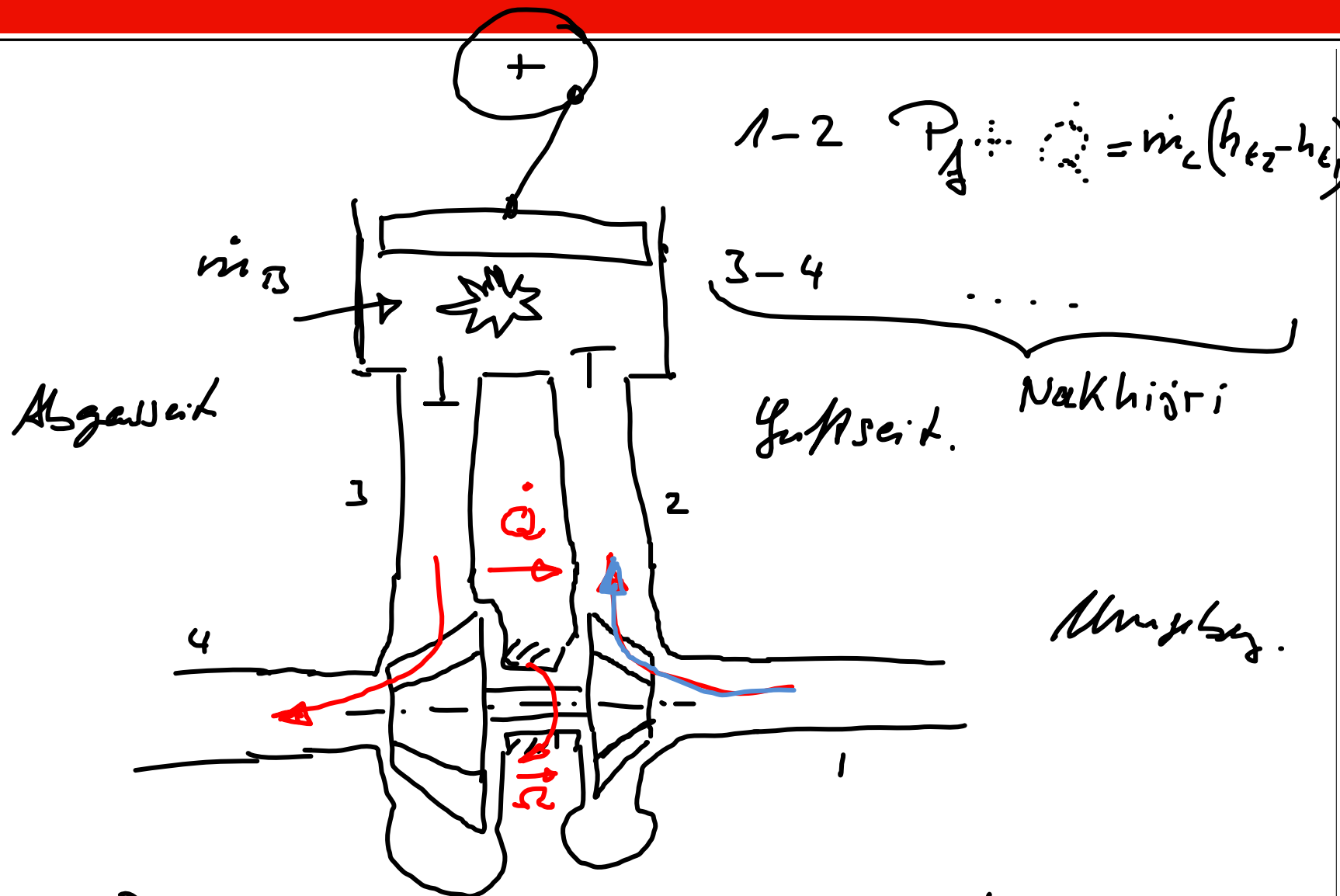
$P_A < 0$ Kraftmaschine

$$P_A = \dot{m} (h_{e2} - h_{e1})$$

1. HS. für eine Strömungsmaschine.

⚡ Achtung bei "sehr heißen Maschinen"
z.B. Turboturbinen





$$1-2 \quad P_A \cdot \dot{V} = \dot{m}_L (h_{t2} - h_{t1})$$

3-4
Nackhijri

Luftseit.

Abgasseit.

(Turbine)

Werkmaschine:

$$\vec{M}_T \cdot \vec{\Omega} < 0$$

Arbeitsmaschine (Verdichter)

$$P_f = \vec{M}_v \cdot \vec{\Omega} > 0$$

$$\vec{M}_T = -\vec{M}_v \quad \text{Aktio} = \text{Reaktio.}$$

$$P_A = \dot{m} (h_{e2} - h_{e1})$$

$$\frac{P_A}{\dot{m}} = \left(\frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} + \psi \right)_2 - \left(\frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} + \psi \right)_1$$

$$+ \underbrace{(e_2 - e_1)}_{\psi_v = g H_v} \quad \psi = g H$$

$$\psi_v = g H_v$$

ψ Technische Arbeit

H Förderhöhe (definierte Größe)

g Messwert der Schwere.



Y_v Verlust Arbeit

H_v Verlusthöhe.

Definition des Wirkungsgrades η

1. Arbeitsmaschine

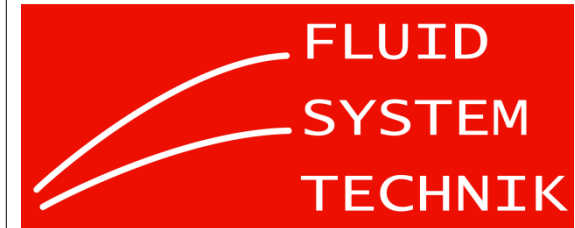
$$\eta \left. \begin{aligned} P_A &:= \dot{m} g H \quad (1) \\ P_A &= \dot{m} g H + \dot{m} g H_v \quad (2) \end{aligned} \right\}$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{H_v}{H}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{e_2 - e_1}{gH}}$$

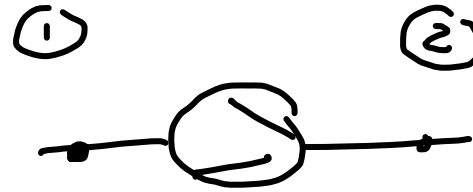


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16

$$\eta := \frac{\rho g H}{P_A}$$



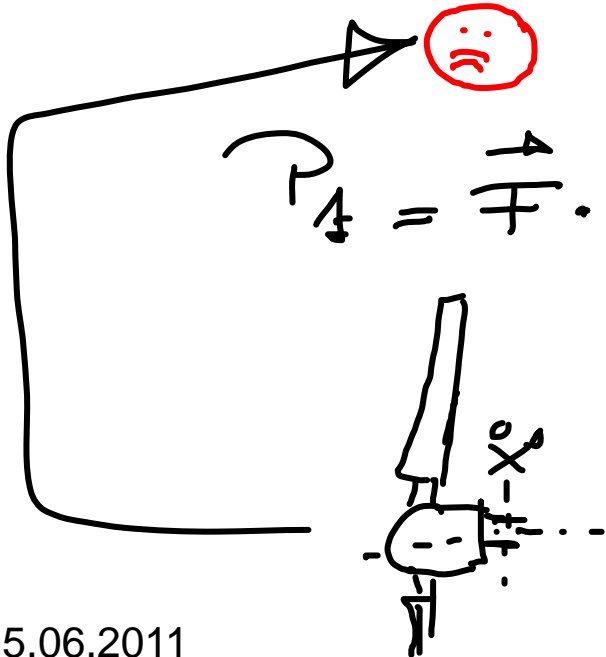
$$gH = \left(\underbrace{\frac{P}{\rho}}_2 + \underbrace{\frac{u^2}{2}}_2 + \underbrace{\psi}_{\approx 0} \right) - \left(\frac{P}{\rho} + \frac{u^2}{2} + \psi \right)_1$$

$$P_A = \vec{M} \cdot \vec{\Omega}$$

für eine rotatorische Maschine

$$P_A = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

für eine translatorische Maschine



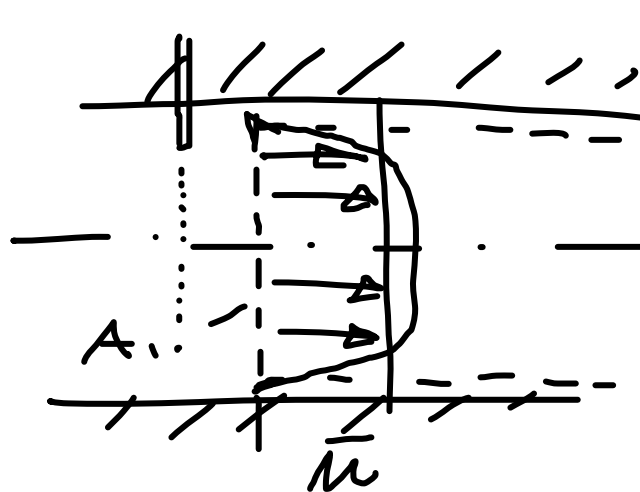
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16

$$\rho \frac{u^2}{2}$$

Fluß der kinetischen Energie
über die Kontrollfl.ä.

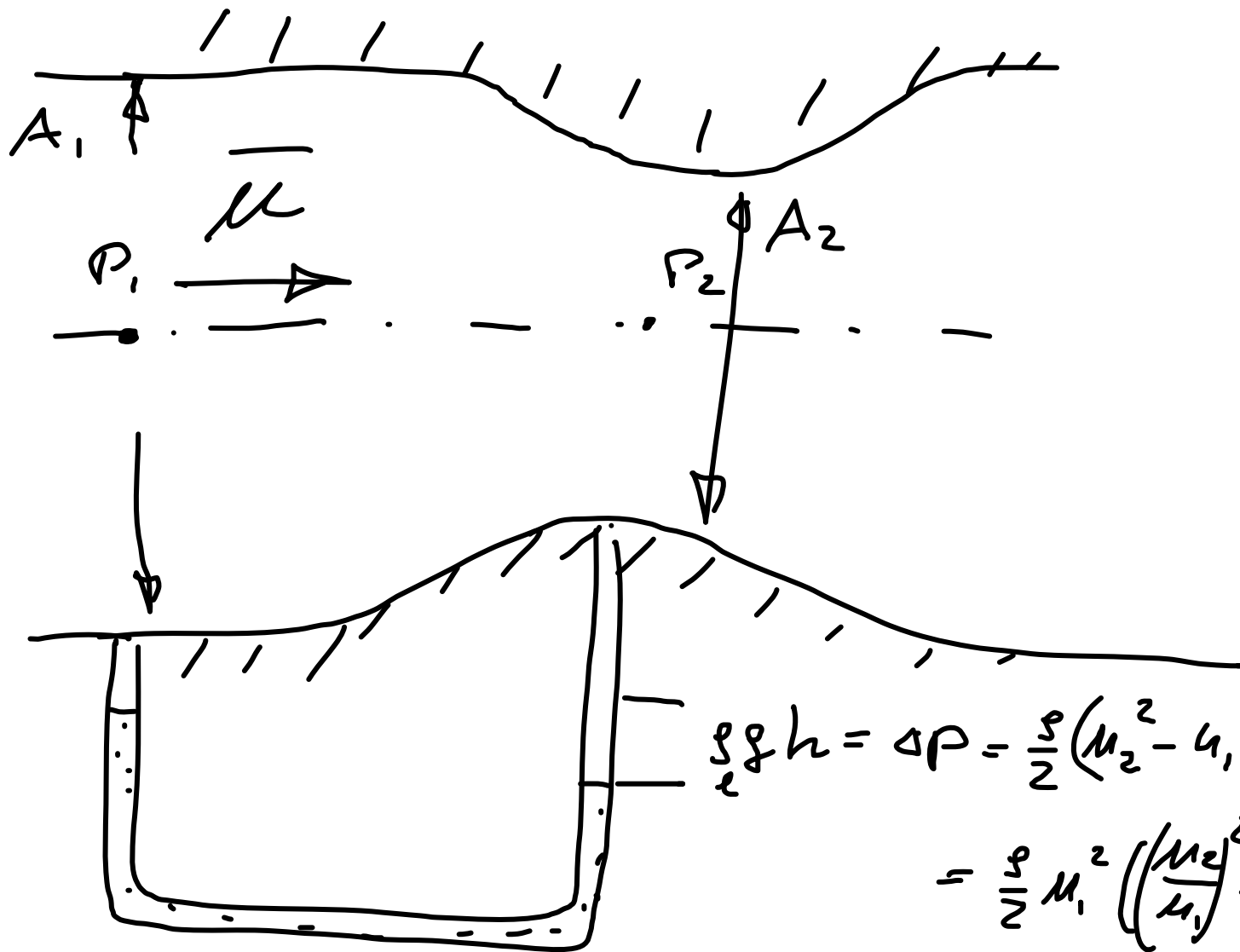


$$\int_{A_1} \rho \frac{u^3}{2} dA \approx \rho \frac{\bar{u}^3}{2} A_1$$

Massenerhaltung: Bestimmung von $\dot{V} = \bar{u} A$
über ein. Messrohr.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16



$$\rho g h = \Delta p = \frac{\rho}{2} (u_2^2 - u_1^2)$$

$$= \frac{\rho}{2} u_1^2 \left(\left(\frac{u_2}{u_1} \right)^2 - 1 \right)$$

$$= \frac{\rho}{2} u_1^2 \left(\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right)$$

u_1



Spezialfall in kompressibler Strömung

homogene Dichte $\rho = \text{const.}$
 \swarrow Wasserdurbinen
 \rightarrow Pumpen
 \searrow Ventilatoren

$$\sum P_f := \rho g H$$

$$= \rho \dot{V} g H = \dot{V} (P_{t2} - P_{t1})$$

$$\rho g H = \underbrace{\left(\rho + \frac{\rho}{2} u^2 + \rho \psi \right)_2 - \left(\rho + \frac{\rho}{2} u^2 + \rho \psi \right)_1}$$

~~total~~
Totaldruck P_t

Wann ist die Strömung dichtebestandig?

Drei Bedingungen für $\frac{D\rho}{Dt} \equiv 0 \Rightarrow \text{div } \vec{v} \equiv 0$.



1.) $\left(\frac{u}{a}\right)^2 = Ma^2 \ll 1$ Verletzt bei thermisch Turbomaschinen.

2.) $\left(\frac{L}{a}\right)^2 \ll 1$ Verletzt in der Abstrahl

3.) $\frac{gH}{a^2} \ll 1$ Verletzt in der Meteorologie



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16



$$(1) \quad \sum_{\Delta} P_{\Delta} := \dot{V} \Delta P_{\epsilon} \quad \text{Def. der Wirkverd.}$$

$$(2) \quad P_{\Delta} = \dot{V} \Delta P_{\epsilon} + s \dot{V} (e_2 - e_1) \quad \text{1. H.S.}$$

Eliminieren des Gids P_{Δ}

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{s(e_2 - e_1)}{\Delta P_{\epsilon}}} = \frac{1}{1 + \frac{s c \Delta T}{\Delta P_{\epsilon}}}$$

Für ein isobarisch ideales Potwend $e_2 - e_1 = c (T_2 - T_1)$

Wärmechopazität.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16

→ Wirkungsgradmessung über
Messung der Temperaturdifferenz

⊕ Kostengünstig

⊖ Messen, funktioniert nur
bei sehr großen Leistungen

→ Weiterentwicklung große Leistung.

Wirkungsgrad ist ein Maß für die
dissipierte Leistung in einer Maschine.

Effizienz. $1 - \eta = \frac{P_V}{P_T}$



Wirksamkeitsgrad für ein Kreislaufmaschine.

$$P_A := \dot{m} g H \Leftrightarrow \eta = \frac{P_A}{\dot{m} g H}$$

$$P_A < 0$$

$gH < 0$ Gefälle

Abgeführt wird.

▷

$$\eta P_A := \dot{m} g H \quad \text{Arbeitsmaschine} \Leftrightarrow \eta = \frac{\dot{m} g H}{P_A}$$

▷



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16

Kompressible Fluide Strömungen durch

Turbinenmaschinen. (am Beispiel Axialturbinen/
Verdichter)

→ wgl. Spurk: Dimensionsanalyse

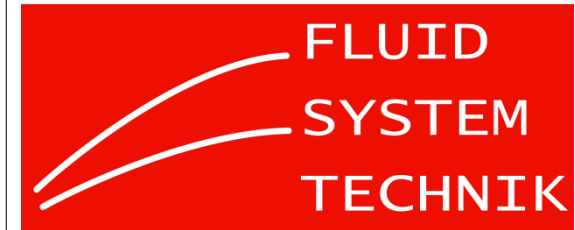
$$P_A = \dot{m} (h_{e2} - h_{e1})$$

$$= \dot{m} c_p (T_{e2} - T_{e1})$$

Verdichtungs-
prozess
mit Verd.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 16