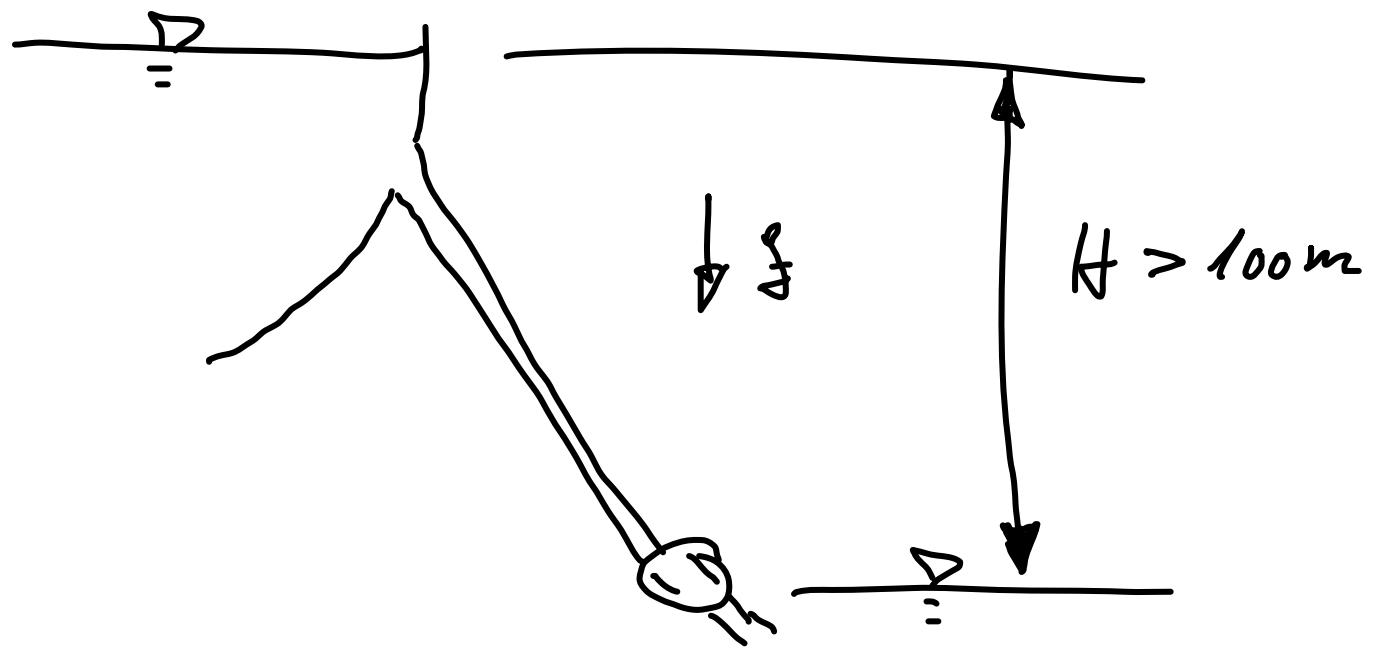




Übersicht über Wasserkraftmaschine.

„Sehr große Fallhöhen“ z.B. Norwegen

Peltonräder



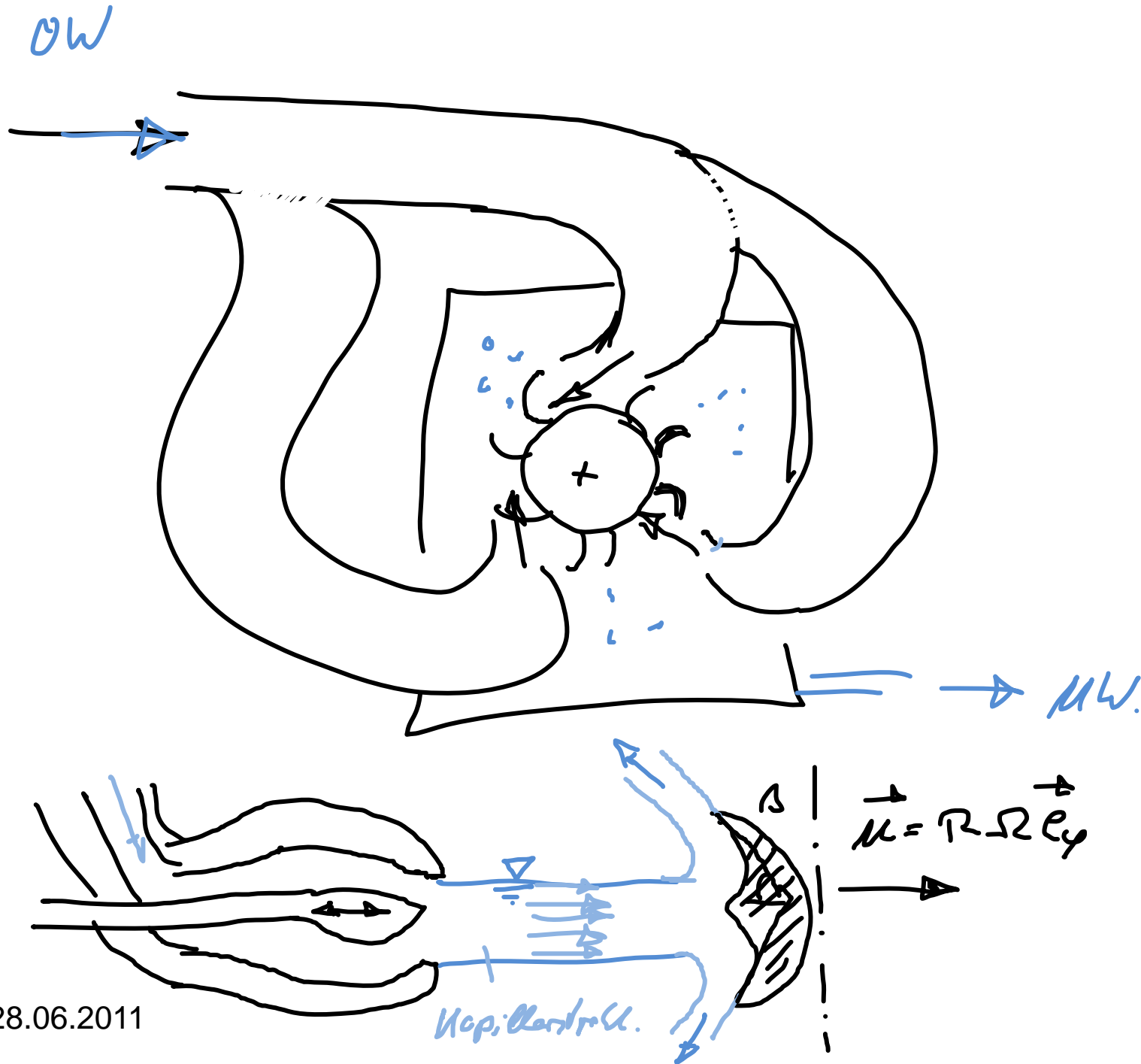
FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



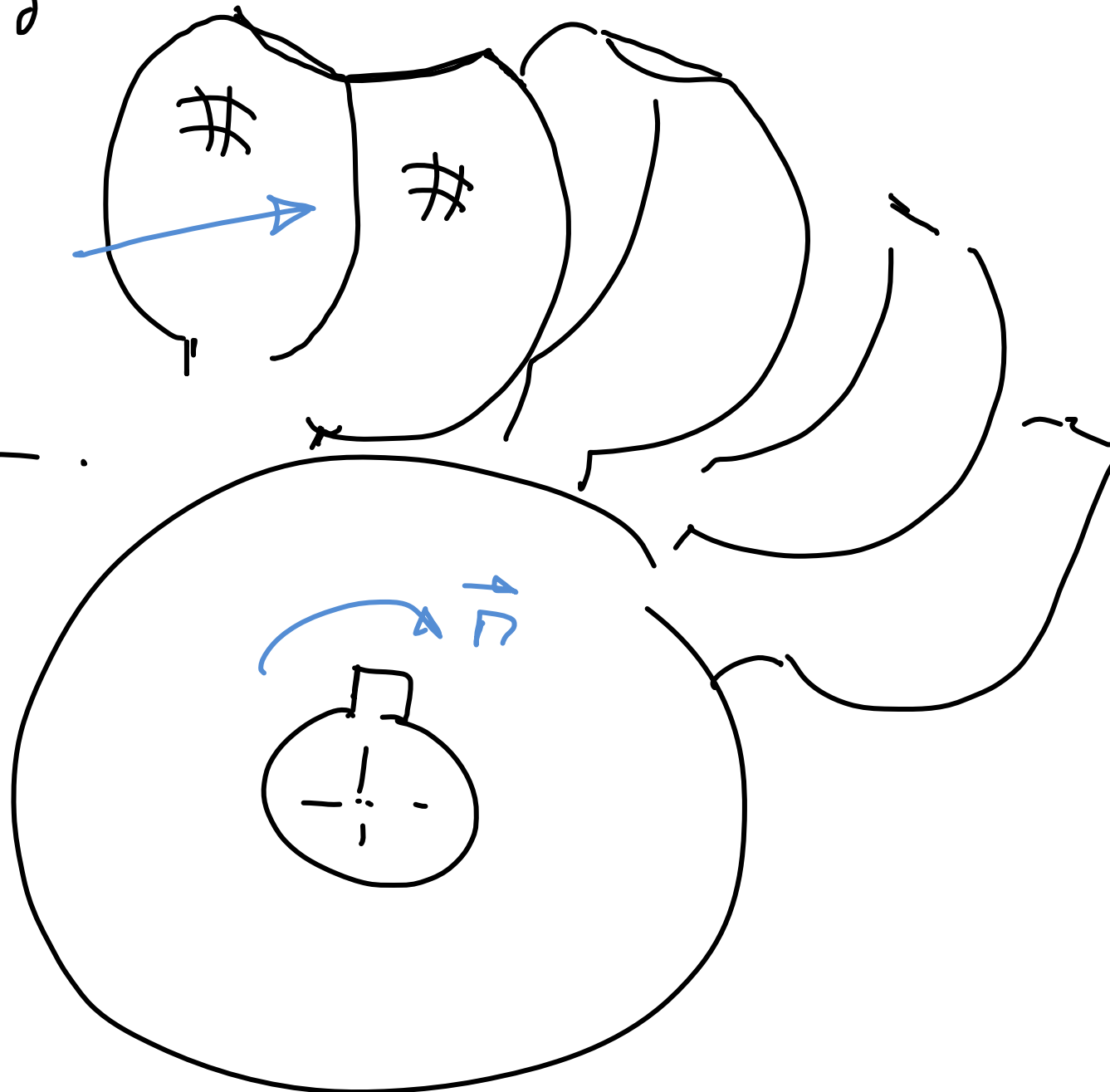
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



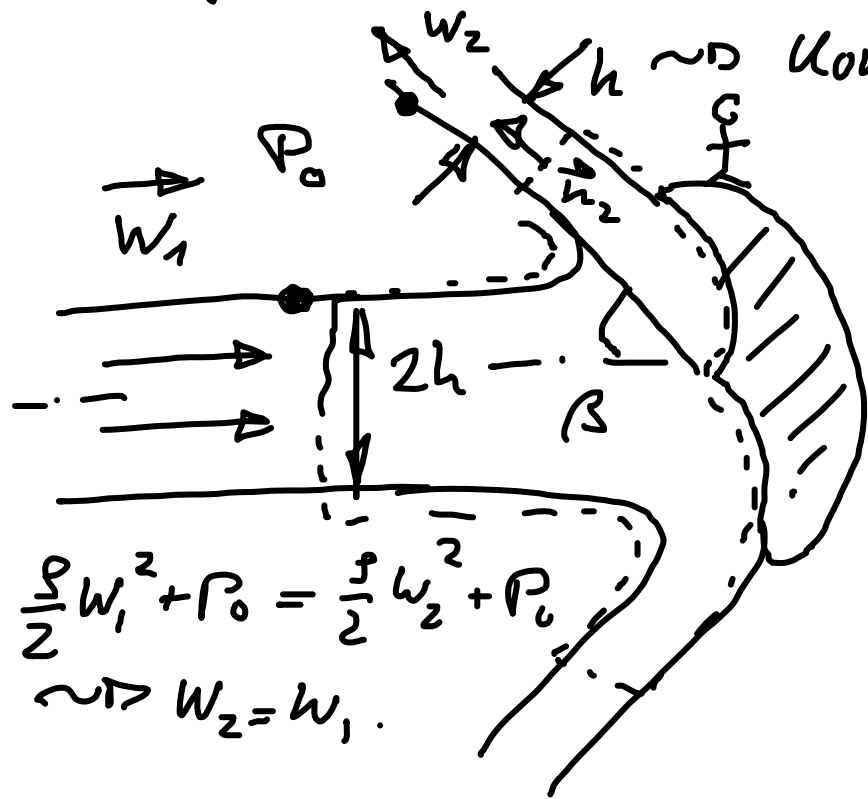


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11

Berechnung mit
mehreren
Methoden.
Lattice
Boltzmann
Method.



Einfaches Modell einer Peltonmaschine. (2D)



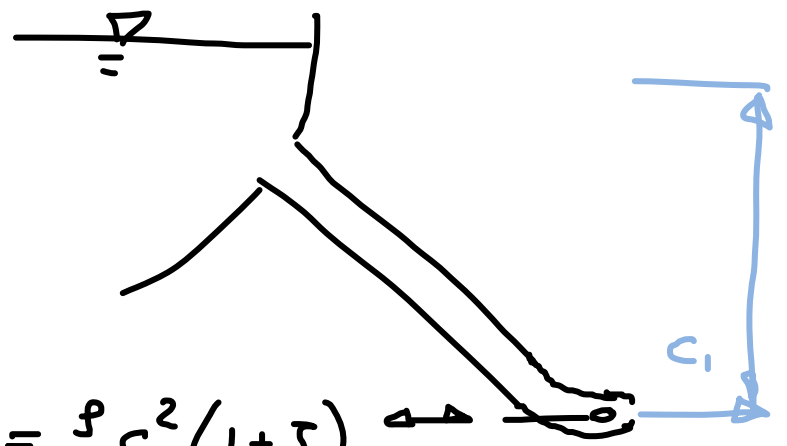
$$\frac{\rho}{2} w_1^2 + p_0 = \frac{\rho}{2} w_2^2 + p_0$$

$\leadsto w_2 = w_1$

$$\vec{e}_x \quad (\equiv \vec{e}_x)$$

$$\vec{w}_1 = \vec{c}_1 - \vec{u}$$

$$= \left(\sqrt{\frac{2gH}{1-J}} - \Omega R \right) \vec{e}_x$$



$$gH = \frac{\rho}{2} c_1^2 (1+J)$$

$$c_1 = \sqrt{2gH / (1+J)}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11

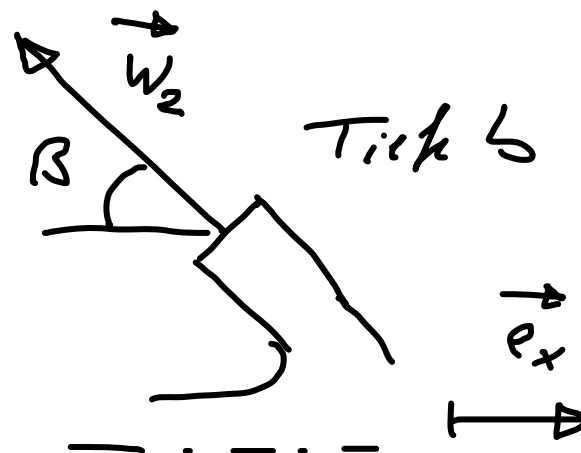
Kraft der Flüssigkeit auf die Schaufel.
 x-Komponente der Impulströme.

$$-\rho w_1^2 2h + 2\rho w_2 h \underbrace{w_2 \cdot e_x}_{-w_2 \cos\beta} = -F_x$$

$$-w_2 \cos\beta$$

$$F_x = \rho w^2 2h (1 + \cos\beta)$$

$$P_A = F_x \Omega R b$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2011
 Fluidenergiemaschinen
 Vorlesung 11



$$P_A = \rho (c - \Omega R)^2 2L (1 + \cos\beta) \Omega R b$$

$$C_{Pmax} = \frac{1}{4} (1 + \cos\beta)$$

$$C_P := \frac{P_A}{\frac{\rho}{2} c^3 2Lb} = \left(1 - \frac{\Omega R}{c}\right)^2 \frac{\Omega R}{c} (1 + \cos\beta) 2$$

$\frac{\Omega R}{c}$ Schmelzfalt
and bei
Uindk. Pmax. $\psi := \frac{v}{\omega d^3} \text{ const}$

$$\frac{dC_P}{d(\Omega R/c)} \stackrel{!}{=} 0 = \cancel{1} - 2 \left(1 - \frac{\Omega R}{c}\right) \frac{\Omega R}{c} + \left(1 - \frac{\Omega R}{c}\right)$$

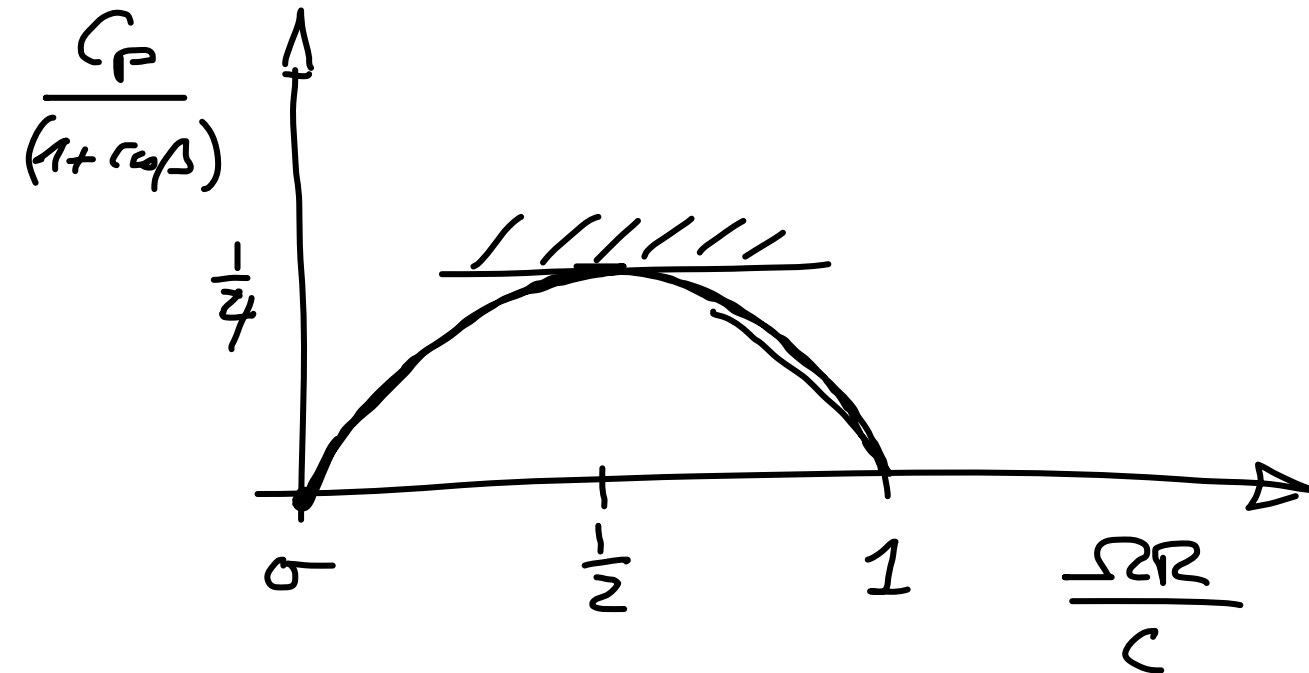
$\left(\frac{\Omega R}{c}\right)_{opt.} = \frac{1}{2}$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



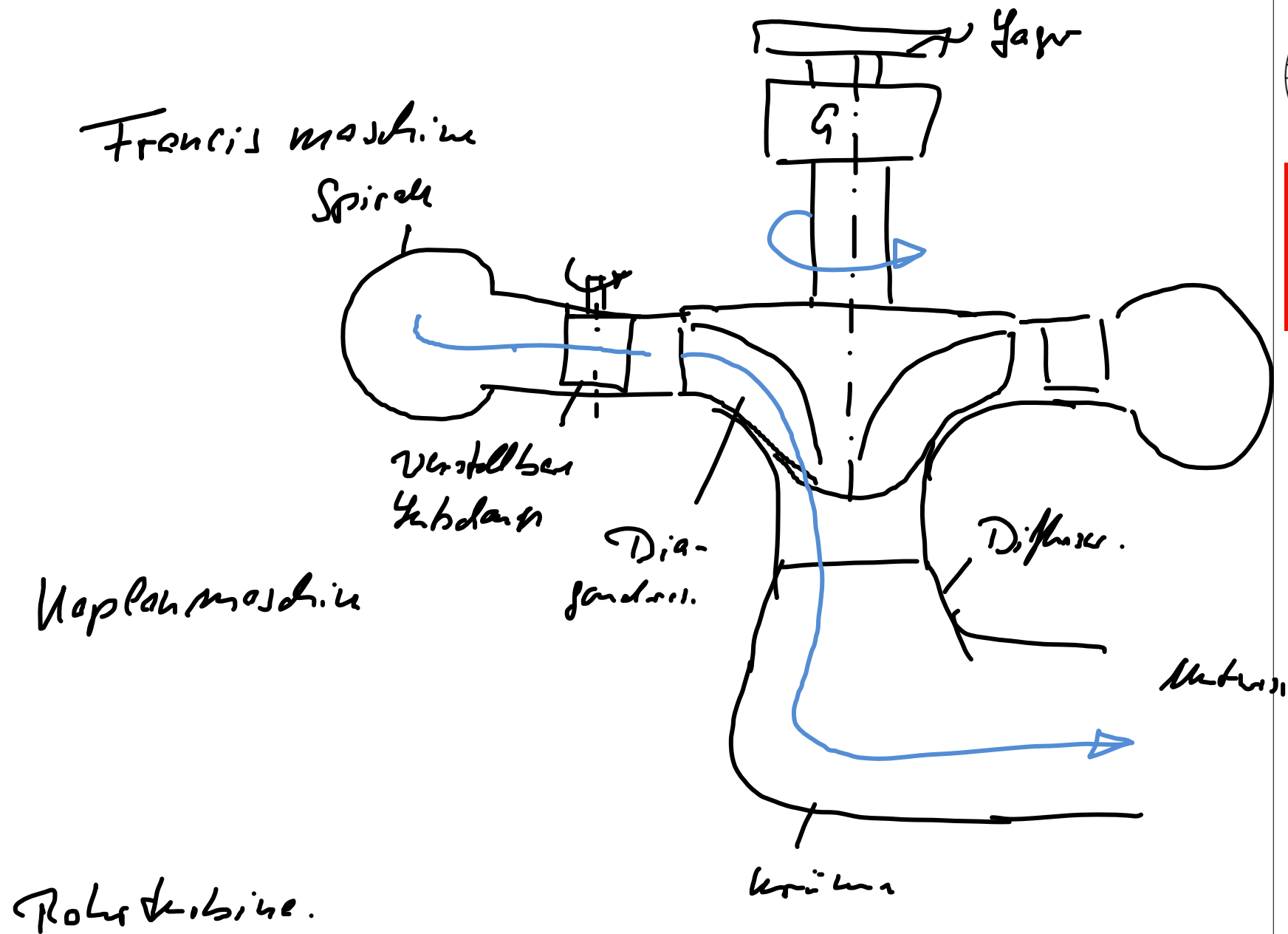
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



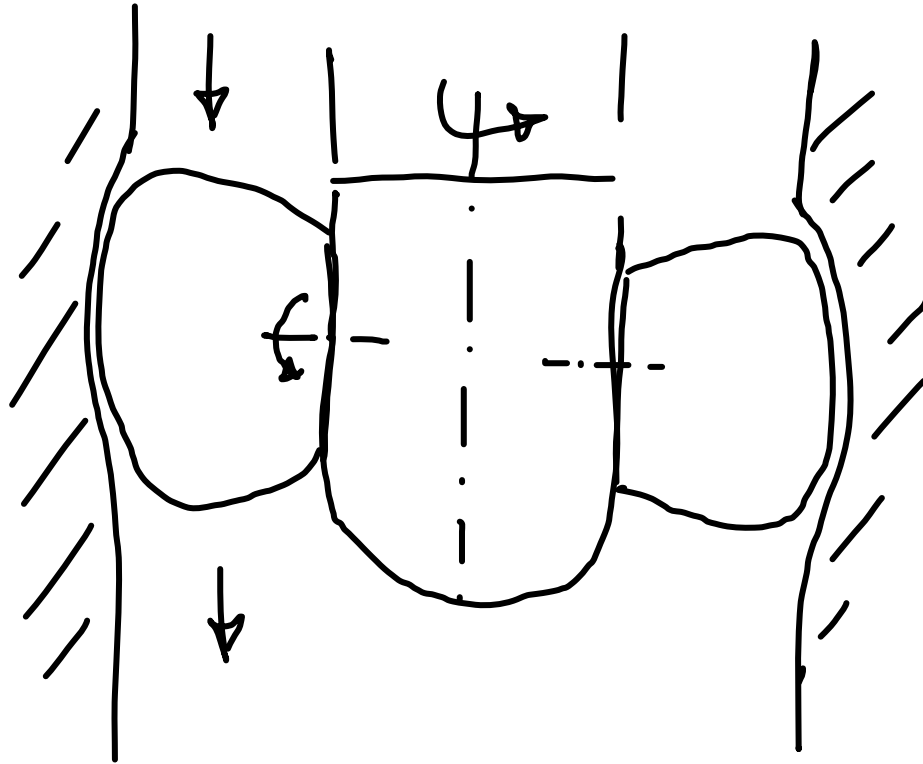
Leistungspkt einer Peltonmaschine
in diesem Leistungspunkt.



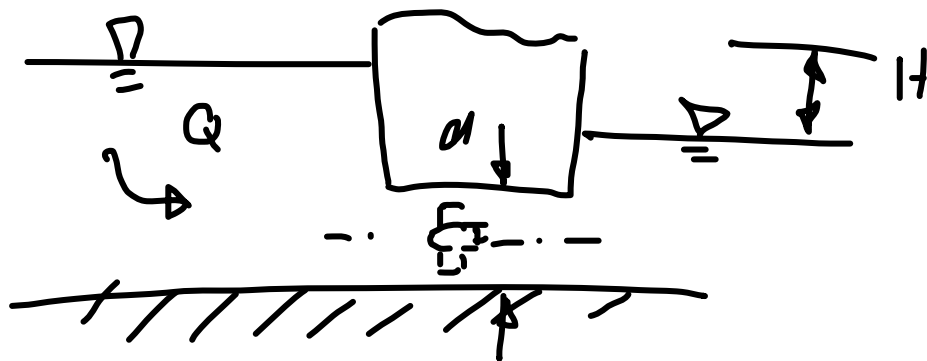
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



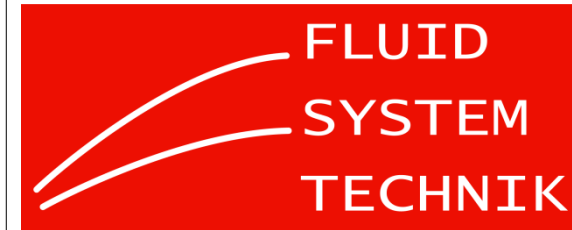
Kopfen



Roborisation.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11

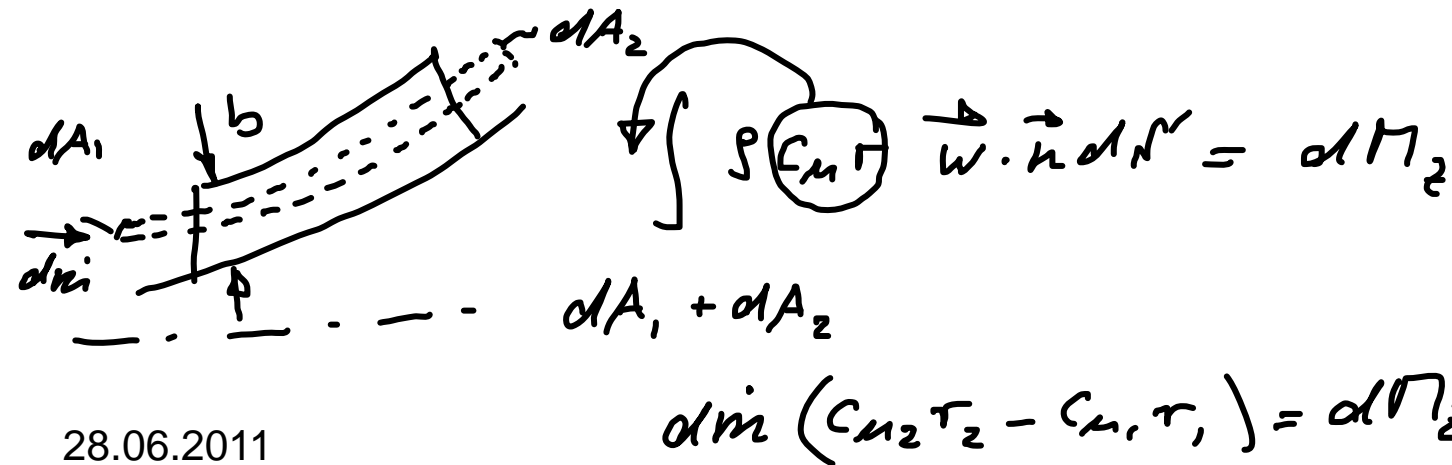


Euler's Turbine Equation

axial component of Euler's eq.

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \tau c_{u1} dV + \oint_{CS} p c_{u1} \vec{w} \cdot \vec{n} dS = \Gamma_2$$

For an axially radial stationary flow



$$\frac{dM_2}{dm} = v_2 c_{m2} - v_1 c_{m1}$$

Spezialfall $v c_m$ ist konstant über A_1 und A_2

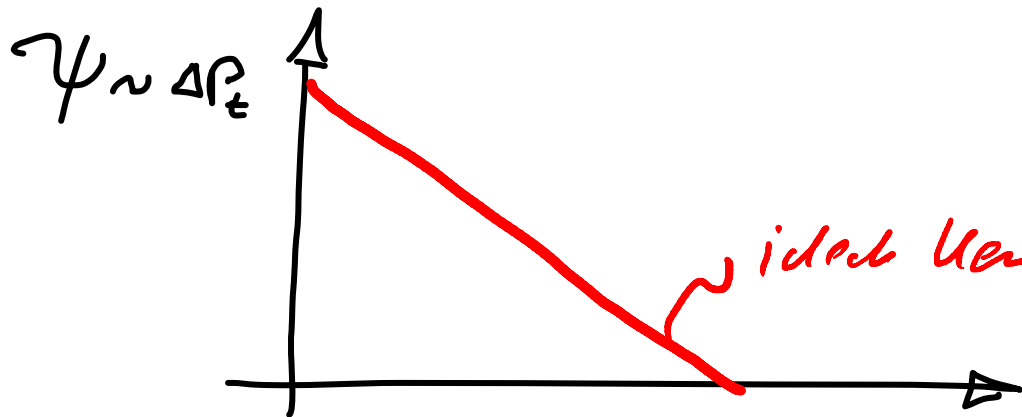
$$M_2 = m (v_2 c_{m2} = v_1 c_{m1})$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11

Herleitung der idealen Kompressionslinie

Turbomachine \rightarrow Eulerproben



Drehmoment

$\varphi \sim \dot{V}$

Energiefl.

$$\frac{dM_2}{dn} = \tau_2 c_{u2} - \tau_1 c_{u1} \quad | \cdot \Omega$$

$$\rightarrow \frac{dP_2}{dn} = M_2 c_{u2} - M_1 c_{u1}$$

$$\frac{dP_2}{dn} + \frac{dQ}{dn} = h_{e2} - h_{e1}$$

1. Annahme isolierte Maschine.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11

$$h_{t2} - h_{t1} = \underbrace{M_2 c_{u2}}_{\text{Vordreh}} - M_1 c_{u1}$$

1. Geschwindigkeitshdreh.
→ Kinematik.



2. Strömung in kompressibler
Strömung. $M^2 \ll 1$

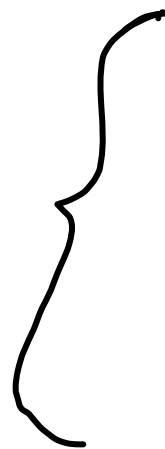


→ konti ist eig..

2.5) Für kompressible
Strömung

→ Dichtehörf muß
behandelt sein.

→ Gasdynamik.

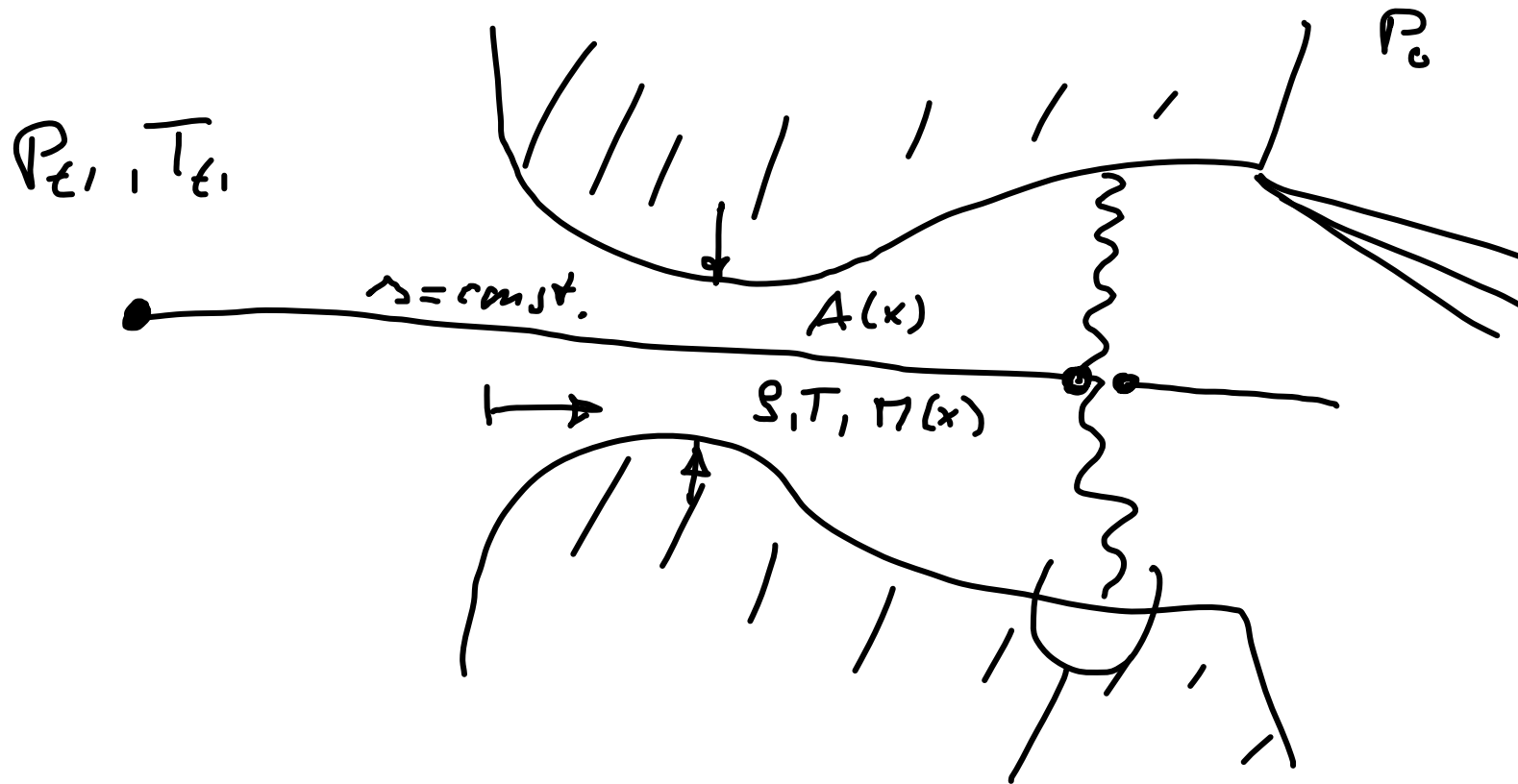


Ernst Becker

Thermodynamik
Technische Vles.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



Stoßbereich

Oswatich ☺ $\Delta n > 0$.

Gasdynamik:

Zimp ☺

Bedu ☺

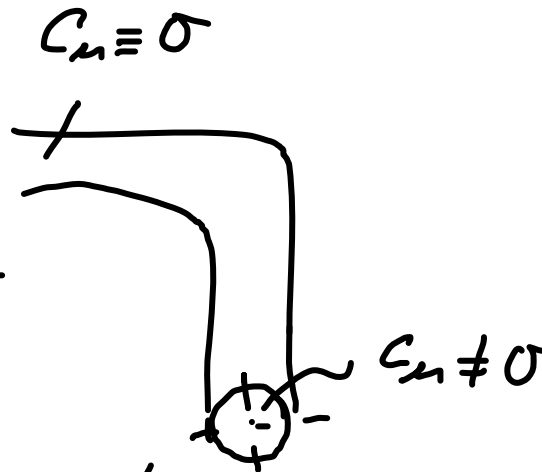
Shapiro ☺

Andere Seite für die Spezialfall in-
kompressible Strömung

$$\frac{Dp}{Dt} = 0, \quad \left(\frac{ndt}{a}\right)^2 = \Gamma_a^2 \ll 1$$

Spezialfall $C_{u1} \equiv 0$

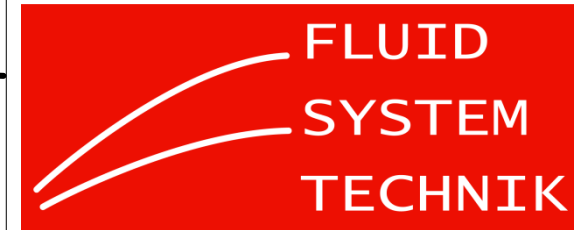
- dreifrei Führung
- keine Verdreh.



Raumkrümmung erzeugt einen
Verdreh \rightarrow Einfluss auf das
Betriebsverhalten der Maschine.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11



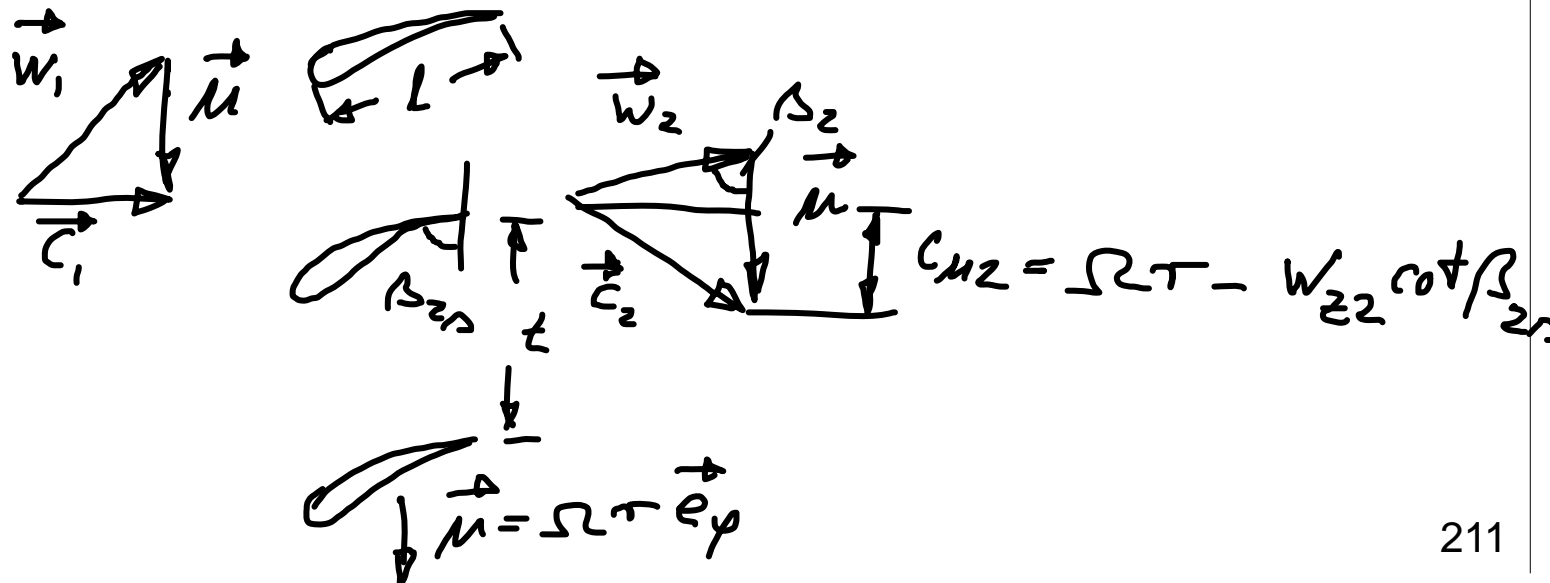
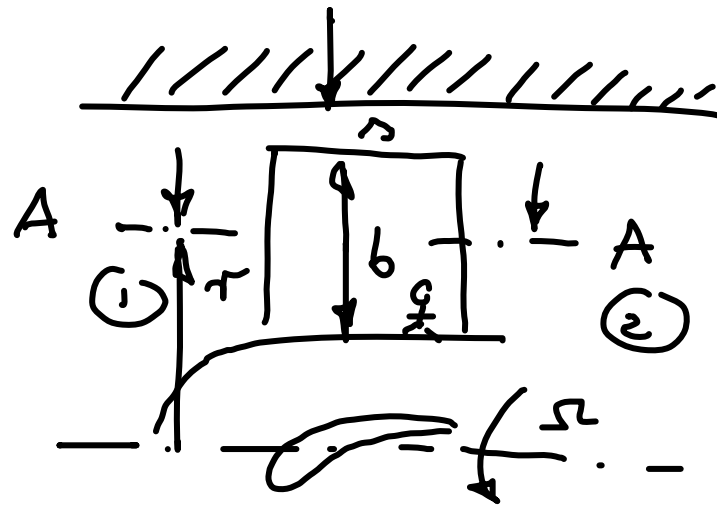
$$h_{E2} - h_{E1} = u_2 c_{u2}$$

Annahme:

$$\beta_2 = \beta_{2D} \text{ für}$$

eine
Schwefelkonvergenz
Abströmung.

$$\frac{t}{l} \ll 1 \text{ ergebnis}$$

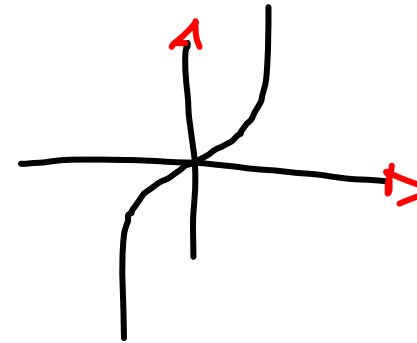




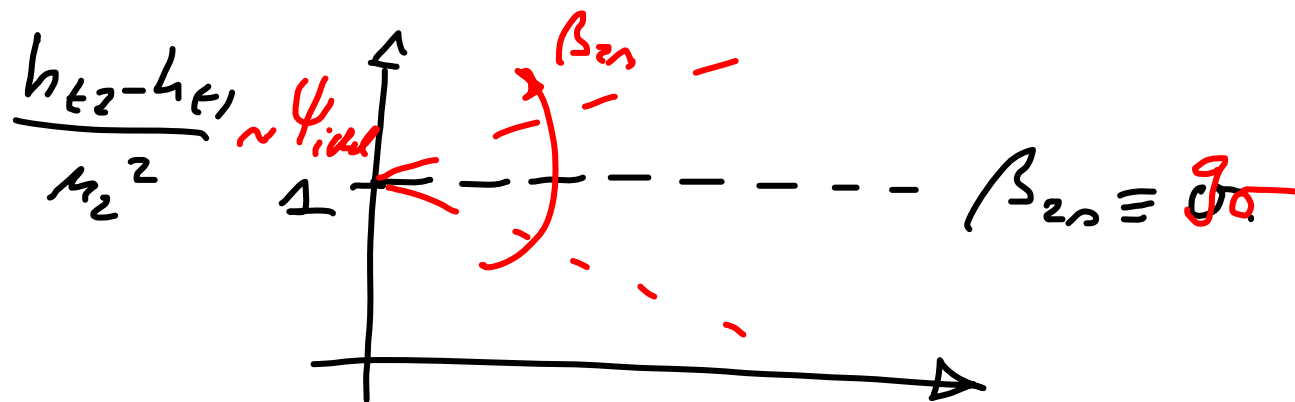
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11

$$h_{t2} - h_{t1} = u_2 \left(u_2 - \frac{w_{r2}}{u_2} \cos \beta_{2r} \right)$$

typisch aufjagende Größe u_2



$$\frac{h_{t2} - h_{t1}}{u_2^2} = 1 - \frac{w_{r2}}{u_2} \cos \beta_{2r}$$



Ideale Eulerbeziehung:

$$\frac{w_{r2}}{u_2} \sim \psi$$



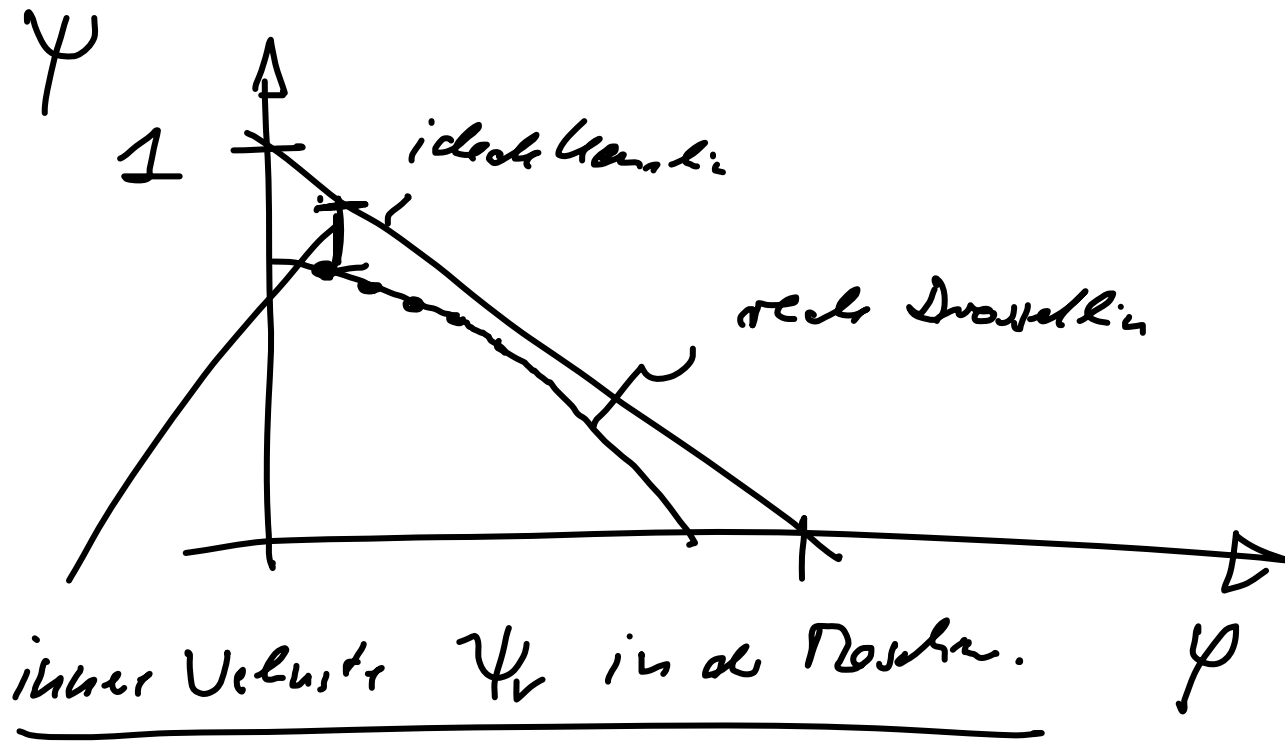
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11

$$\frac{w_{E2}}{u} = \frac{c_{z2}}{u} = \varphi \quad \text{Durchfließz.f.}$$

$$\frac{h_{t2} - h_{t1}}{u^2} = \frac{1}{2} \varphi \quad \text{für ein
Arbeitsrad}$$

$$\varphi = \eta (1 - \cos(\beta_{20} \varphi)) \quad \text{für } \eta = 1$$

$$\varphi = 1 - \cos(\beta_{10} \varphi)$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 11