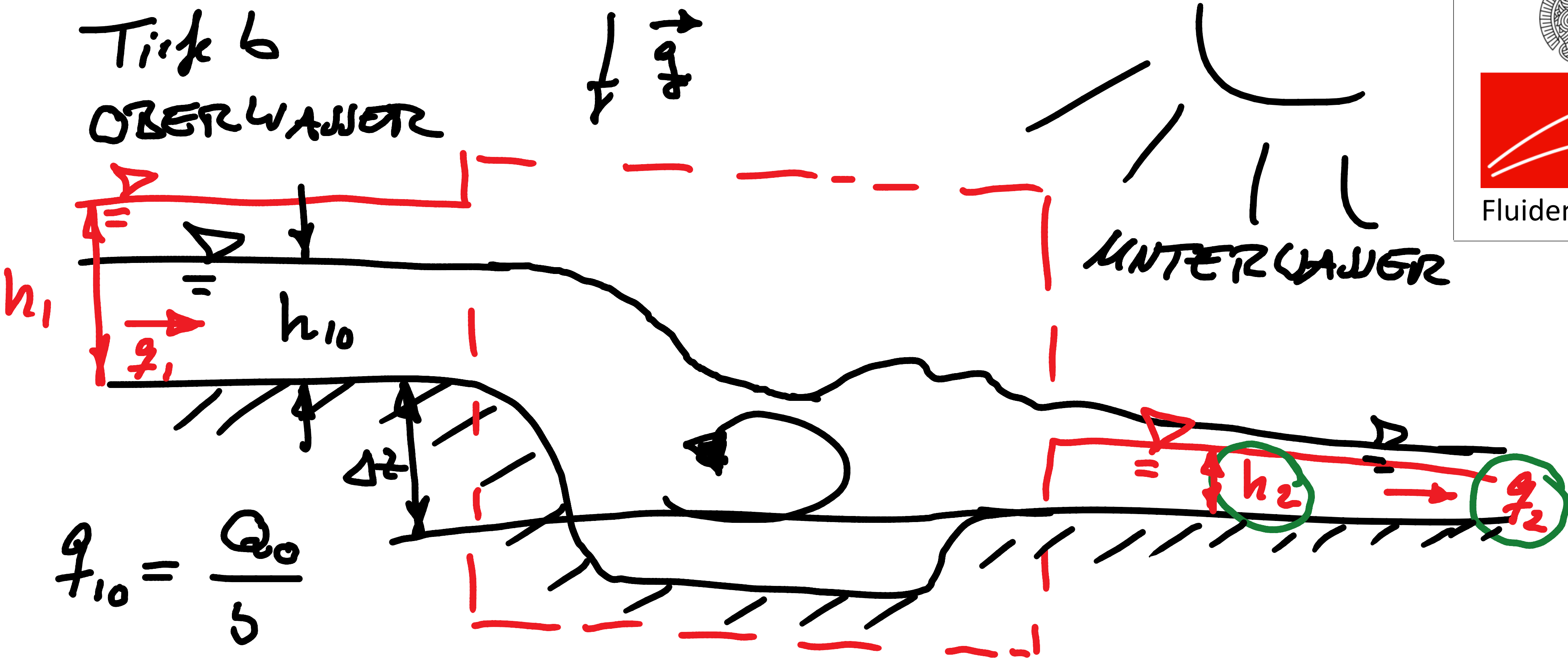
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Fluidenergiemaschinen

Fluidkraftsysteme und Optimierungsprobleme für das System

1.) Windkraft → $(u_2/u_1)_{opt} = \frac{1}{3}$.

2.) Druckspeicher → Exergie.

3.) <u>Kleinwasserkraft.</u> → $h_{2opt} = \frac{2}{3} H$, $Fr_{2opt} = \left(\frac{q_2/h_2}{\sqrt{g h_2}} \right)_{opt.} = 1$

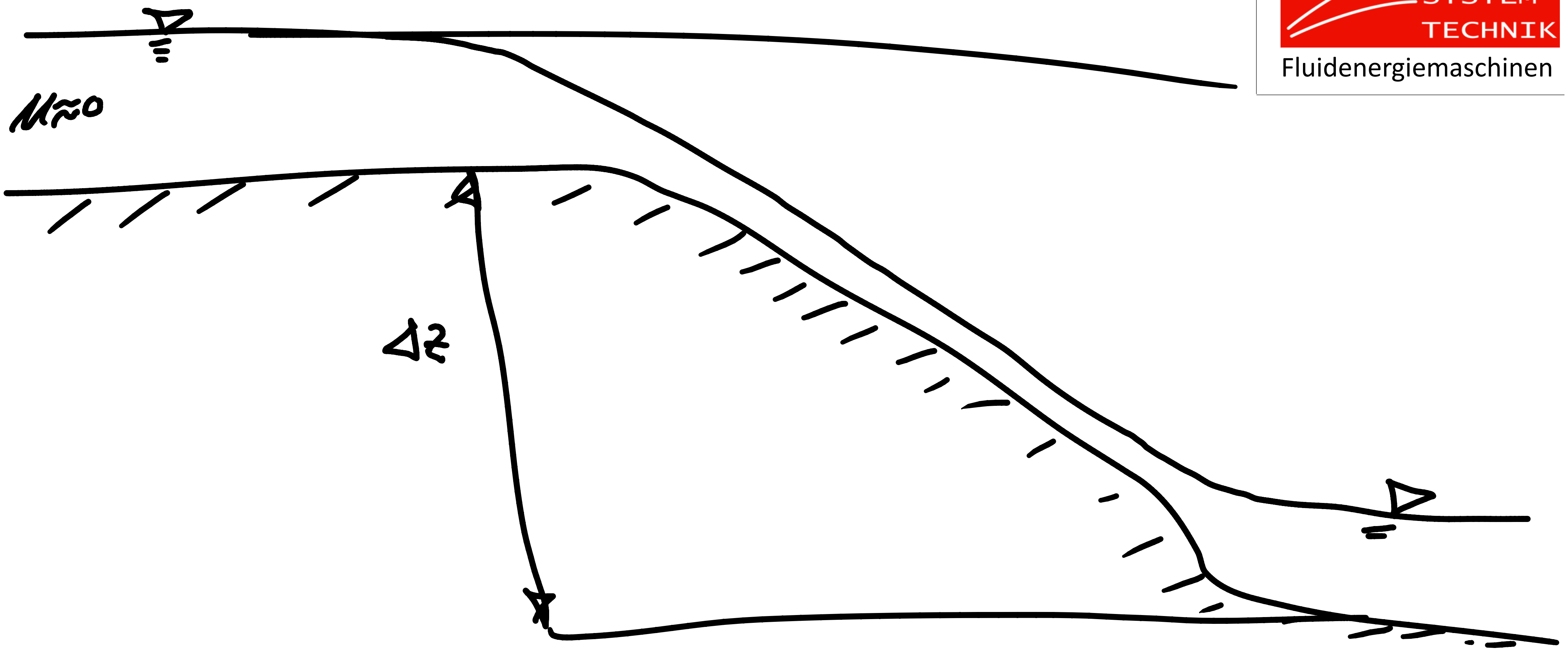


$$q_{10} = \frac{Q_0}{b}$$

Volumenstrom pro Tiefeneinheit für die ungestörte Strömung

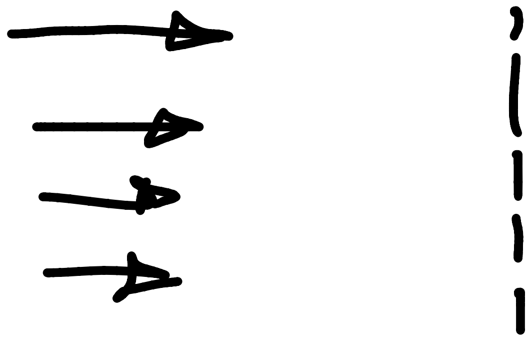
h_{10} Wassertiefe im Oberwasser für die ungestörte Strömung.

Δz ist der Höhenunterschied des Grundes.

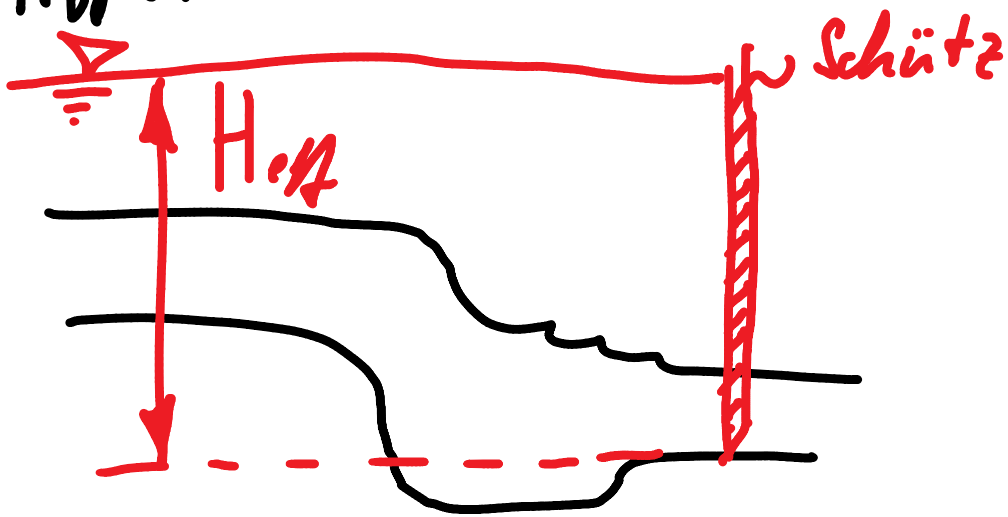

$u \approx 0$
Δz

Frage: Was ist die verfügbare Leistung?

$$P_{avail} := \frac{\varrho}{2} u_\infty^3 A$$

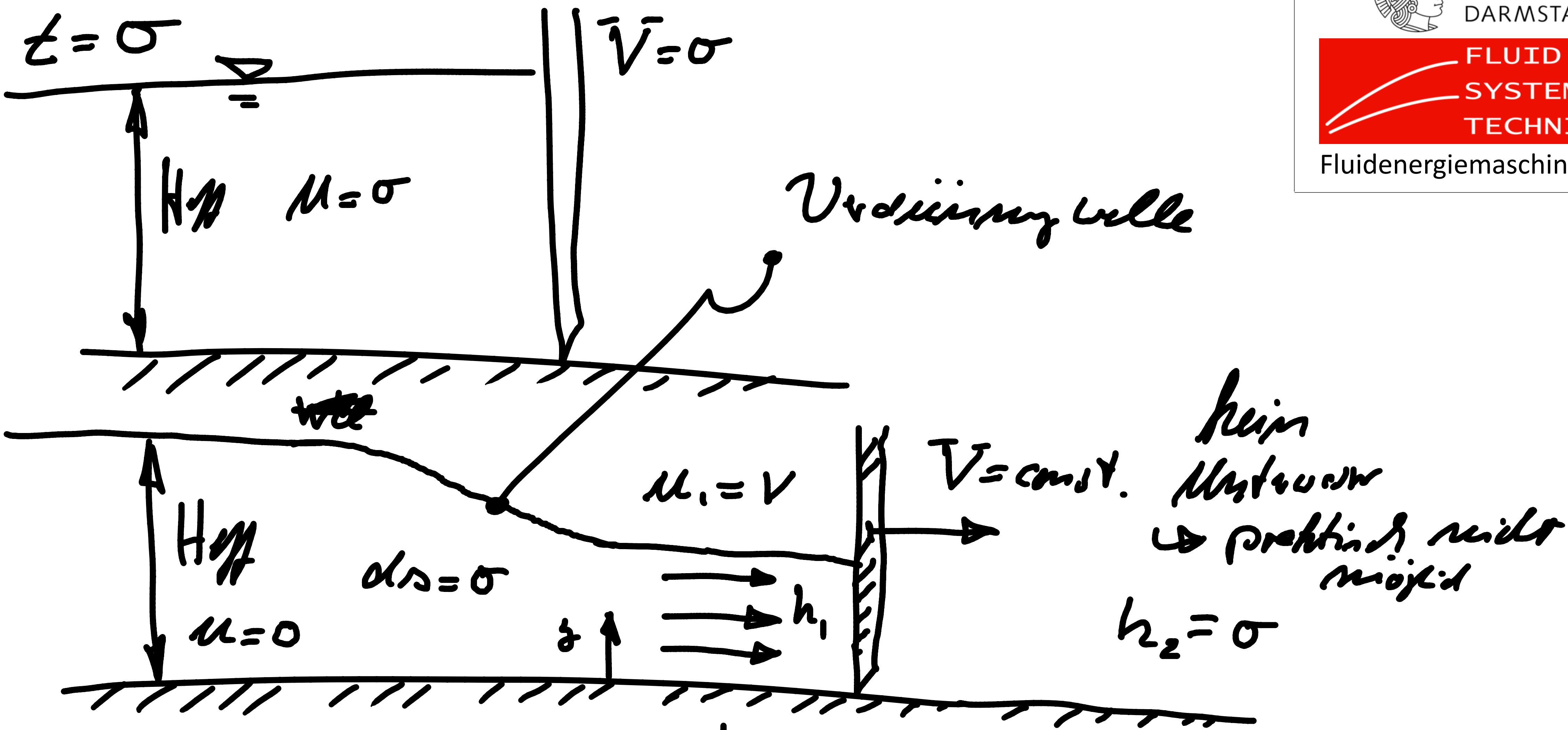


Hypothetische Maschine: ideal, verlustfrei: $\eta = 1$.



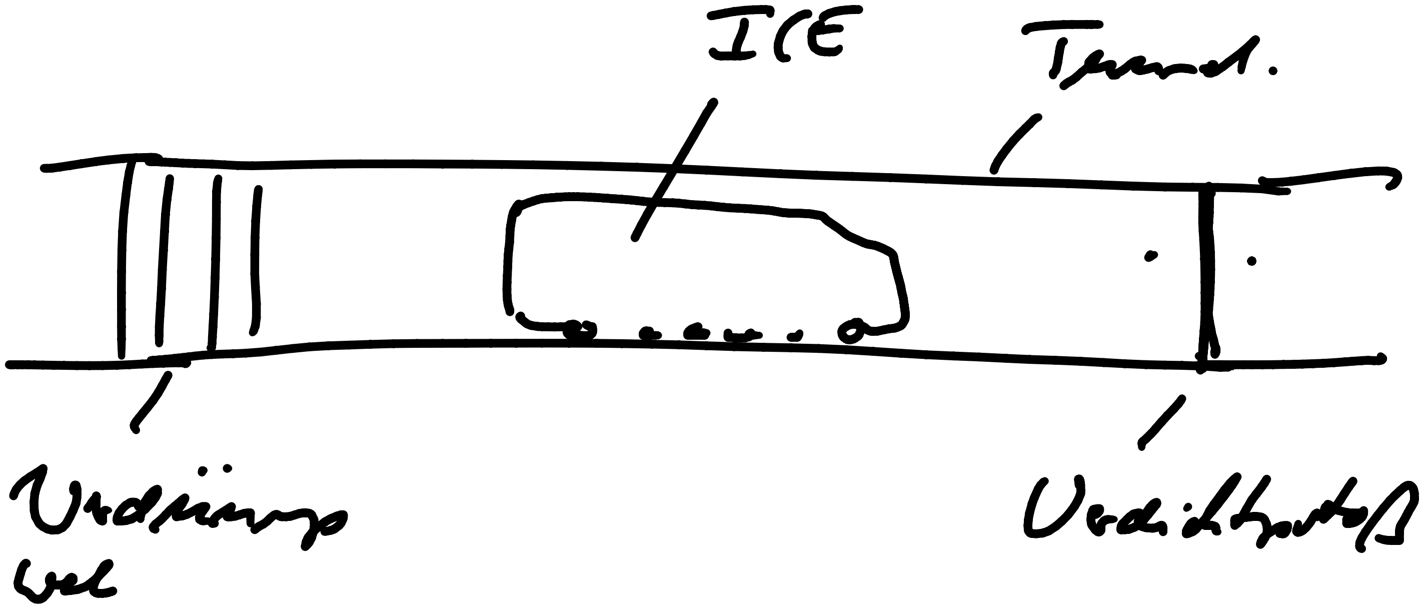
H_{eff} Stauhöhe, die für jeden Fließzustand beibehalten werden kann.

Isentrop (ohne Reibung) wird das Wasser zur Ruhe gebracht.

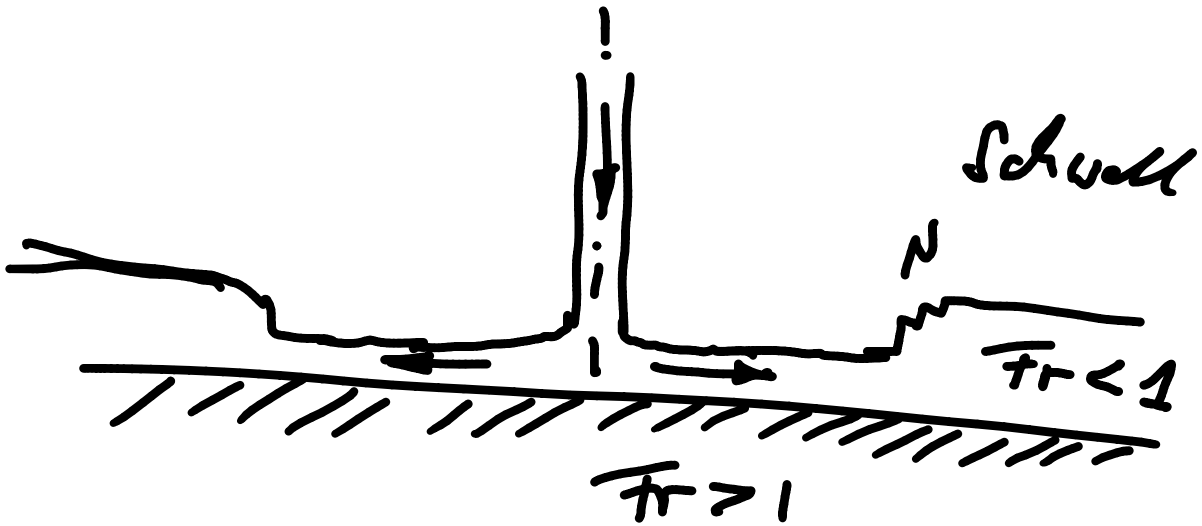


Leistung des Spannschützes.

$$P_{Sr} = b \int_0^{h_1} \rho g y V \, dy = \frac{1}{2} \rho g h_1^2 \underset{= u_1}{V} b$$



analog zum Verdichtungsstoß
Schwall od. Hydraulic jump.



$$H = h_{10} + \frac{q_{10}^2}{h_{10}^2\, 2g} = h_{10} + \frac{u_{10}^2}{2g}$$

$$u_{10} = \frac{q_{10}}{h_{10}} = \frac{Q_{10}}{h_{10}\, b}$$ mittlere Durchs...

$$P_{r,h_2=0} = \rho g \frac{1}{2} h_1^2 u_1 b = \rho H^{5/2} g^{3/2} \frac{2\sqrt{2}\, Fr_1}{\left(2 + Fr_1^2\right)^{5/2}}\, b$$

$$Fr_1 = \frac{u_1}{\sqrt{g h_1}} \qquad u_1 = v$$

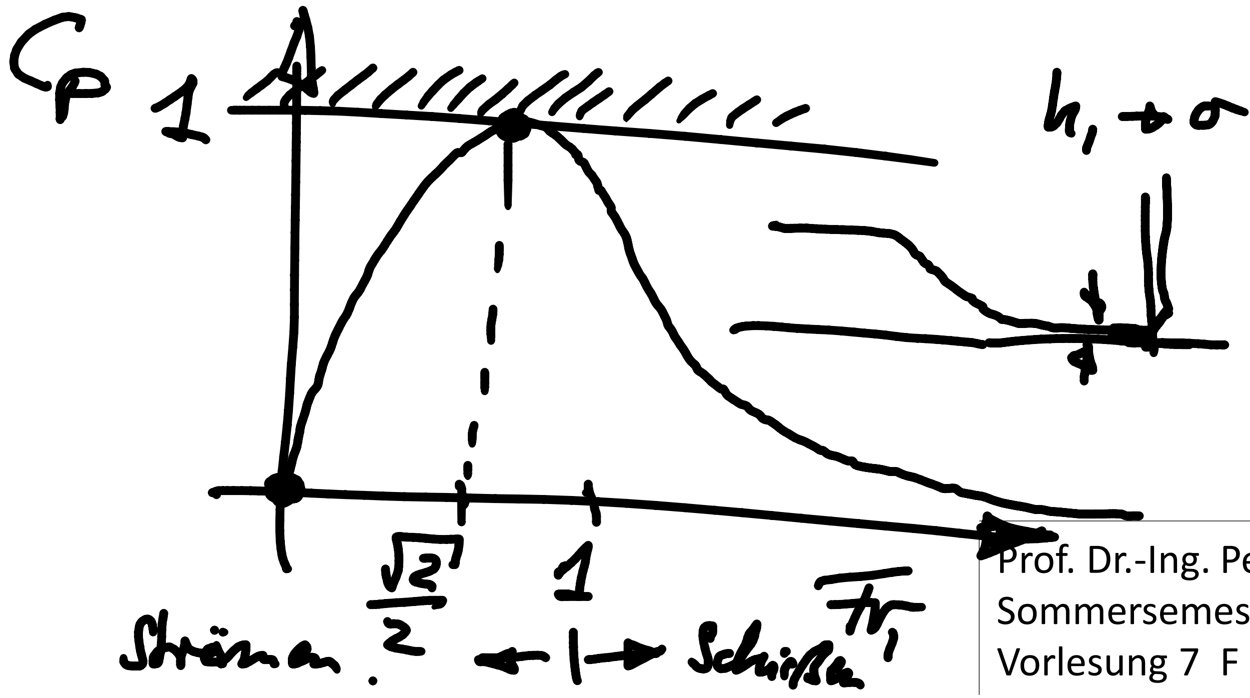
$$\frac{dP_r}{dFr_1} \overset{!}{=} 0 \rightsquigarrow Fr_{1,opt} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$P_{T,h_2=0,opt} = 2\left(\frac{5}{2}\right)^{2/5} \varrho H_{eff}^{3/2} g^{1/2} b$$

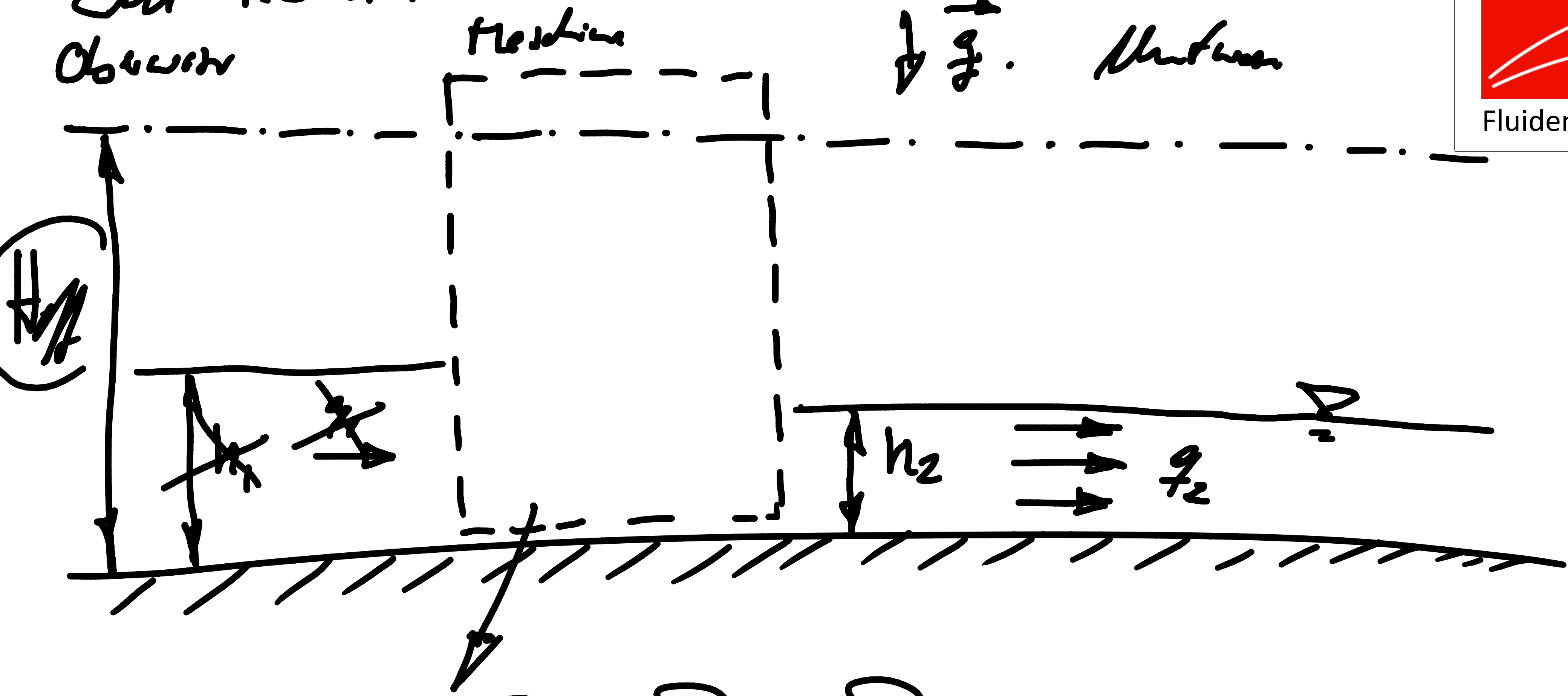
$$P_{avail} := 2\left(\frac{5}{2}\right)^{2/5} \varrho H_{eff}^{3/2} g^{1/2} b$$

Erntefaktor

$$C_P := \frac{P_T}{P_{avail}}$$



Zur realen Maschine mit Unterwasser.



$$P_T = -P_w \qquad P_T > 0$$

Erster Hauptsatz für das System

Frage: Potential verschwindet → Arbeit wird ausgeleitet

Fluß der Potentiale + Leistung der Spannungen → 1. HS in der Vorlesung.

$$\rho Q\left(\frac{u_1^2}{2}-\frac{u_2^2}{2}\right)+\rho Q g\left(h_1-h_2\right)+\rho Q g\left(z_1-z_2\right)=$$

$$=P_T+\rho Q\left(e_2-e_1\right). \quad \Big| \; \frac{1}{\rho Q g}$$

$$\underbrace{\left(h_1+\frac{u_1^2}{2g}+z_1\right)}_{:=H_1}-\underbrace{\left(h_2+\frac{u_2^2}{2g}+z_2\right)}_{:=H_2}=\underbrace{\frac{P_T}{\rho Q g}}_{:=H_T}+\underbrace{\frac{e_2-e_1}{g}}_{:=h_v}$$

$$H_1 - H_2 = H_T + h_c$$

$$\eta := \frac{H_T}{H_1 - H_2}$$

$\hookrightarrow$

$$\eta \left(H_1 - H_2 \right) = H_T$$

$$H_{\cancel{1}} := h_{10} + \frac{u_{10}^2}{2g} + z_1 - z_2$$

$$\hookrightarrow P_T(h_2, q_2) = \eta \rho Q g (H_1 - H_2)$$

$$= \eta \rho Q g \left(H_{\cancel{1}} - h_2 - \frac{q_2^2}{2 g h_2^2} \right)$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Fluidenergiemaschinen

$$C_P := \frac{P_T}{P_{orid}} = 2\,\frac{1}{2}\left(\frac{5}{2}\right)^{5/2} q_+ \left(1 - h_+ - \frac{1}{2}\,\frac{q_+^2}{h_+^2}\right)$$

$$q_+ := \frac{q_2}{g^{\frac{1}{2}}\, H^{3/2}} \qquad h_+ := \frac{h_2}{H}$$

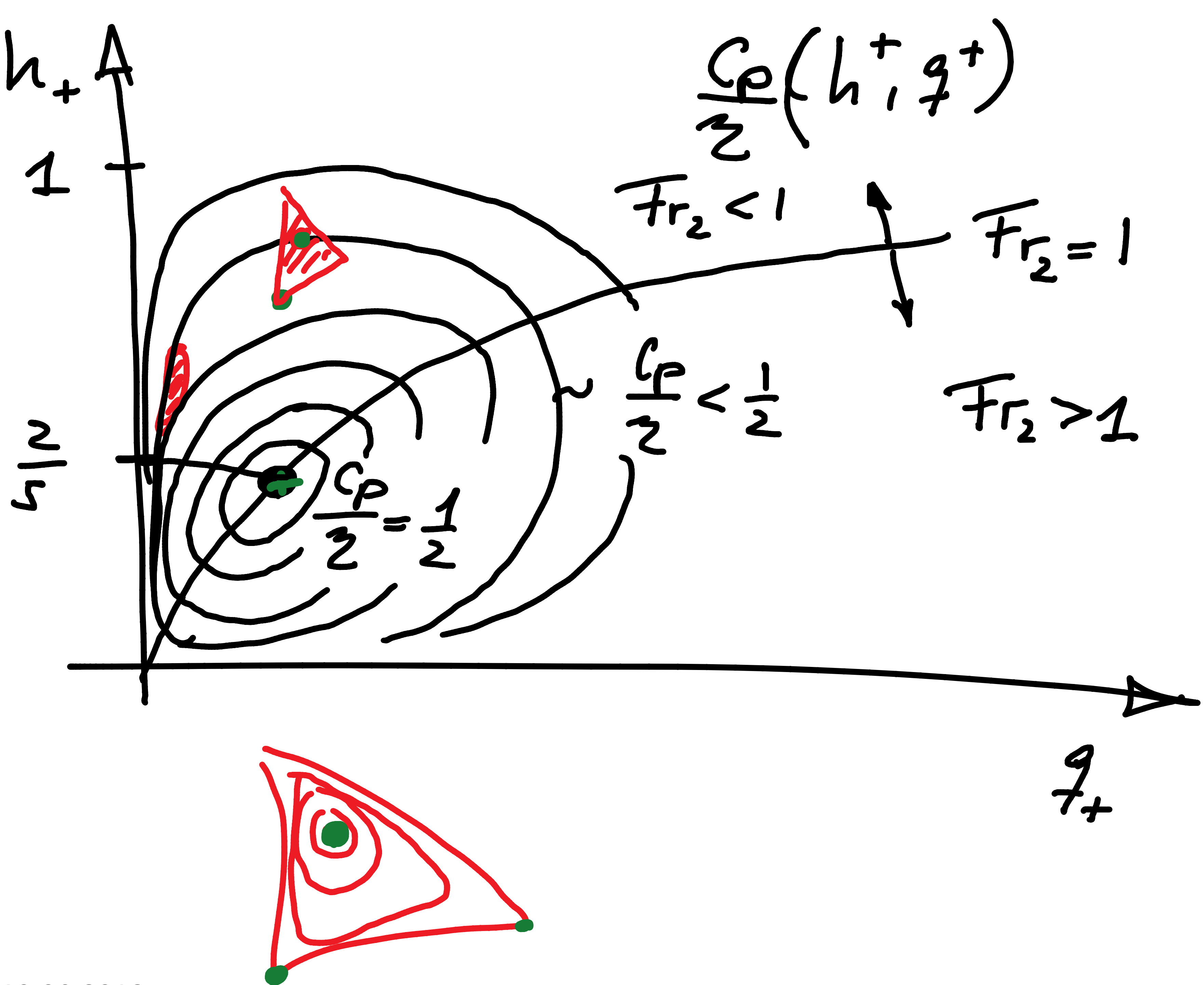
$$Fr_2 = 1 = \frac{q}{\sqrt{g h}\, h}$$

$C_{P\,max}$:

$$\frac{\partial c_p}{\partial h_+} \overset{!}{=} 0 \qquad \frac{\partial c_p}{\partial q_+} \overset{!}{=} 0$$

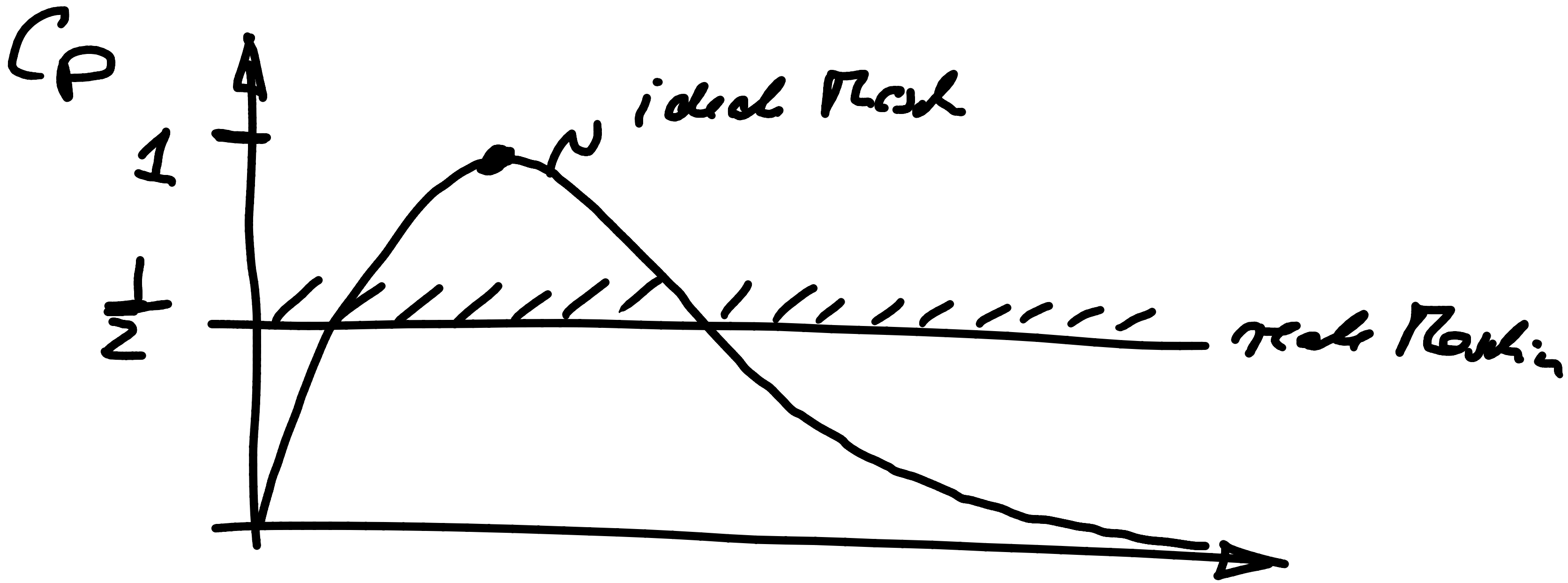
$$\Rightarrow \quad h_+ = \frac{2}{5} \qquad q_+ = \ldots$$

Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2012
Vorlesung 7 F 112

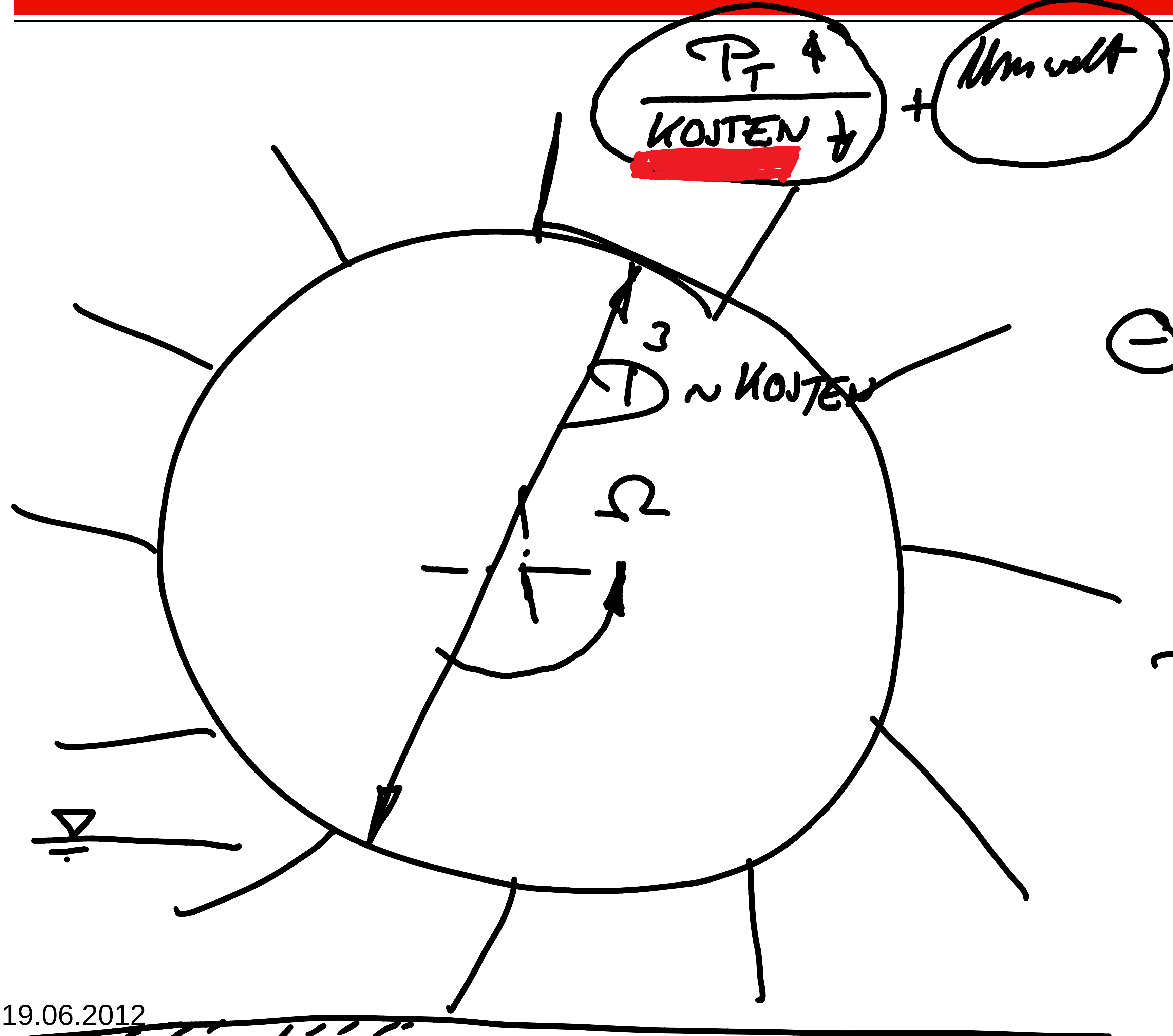


Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz

Jetzt selbst für $\eta = 1$
kann maximal $\frac{1}{2}$ der
verfügbare Leistung genutzt werden.



Wichtig: Wenn eine Maschine im Auslegungspunkt optimal
betrieben wird bedeutet es nicht,
dass das System optimal arbeitet.



⊖ langsam drehende Maschine.

kleine Schnelllaufzahl.

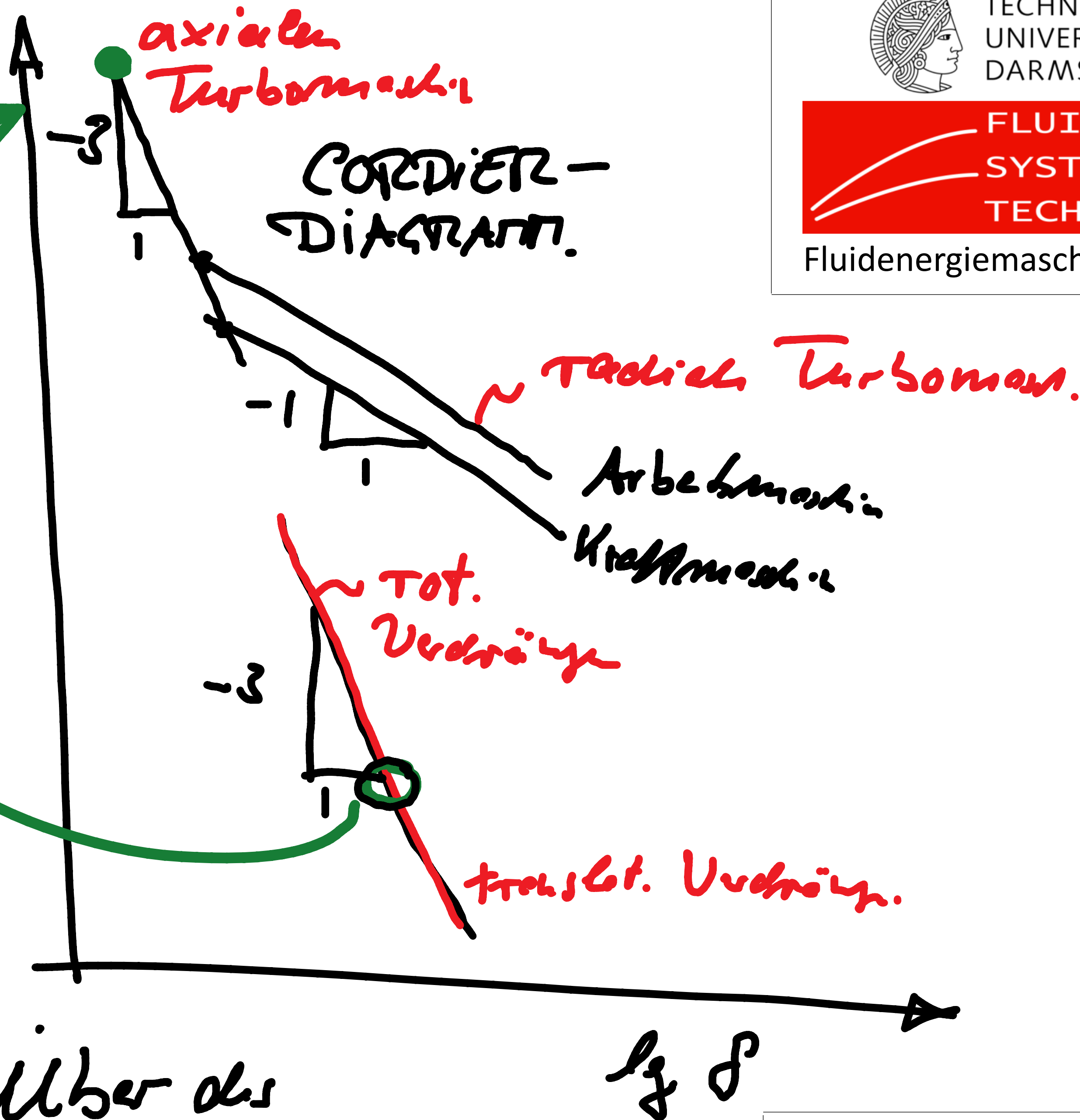
große Durchmesserzahl.

Maschine

langsam drehend

schnell drehend

lg σ



Durchmesserzahl δ

Schnelllaufzahl σ

Über das Cordier-Diagramm wird die Gestalt festgelegt.