

Kontinuitätsgleichung für eine Normrohr.

$$1) \int_0^L \frac{\partial \rho A}{\partial t} dx - \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = 0$$

$$2) \kappa_{eff} V \dot{\rho} - \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = 0 \quad \text{hydrostatisch} \\ \text{Spezialfall} \\ \text{Druckbauelement}$$

$$\kappa_{eff} := \frac{1}{A} \frac{\partial A}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial \rho}$$

$$= \kappa_A + \kappa_\rho$$

Analyse + Flüssigkeit



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

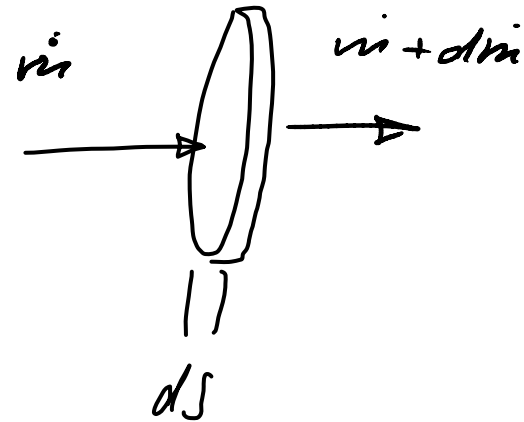
$$3) \quad \frac{\partial \rho A}{\partial t} d\Omega + dm = 0$$

mit $m = \bar{u} \rho A$

✓ $\bar{u} := \frac{1}{A} \int u dA$ flächenmittelt
Geschwindigkeit

$$\bar{u}^2 := \frac{1}{A} \int u^2 dA$$

$$\bar{u}^3 := \frac{1}{A} \int u^3 dA$$



(Kontin.)

(Impulsgleich.)

(Energiegleich.)



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

$$\frac{\partial \rho A}{\partial t} ds + d(\rho \bar{u} A) = \sigma$$

$$\dots + d\bar{u} * \rho A + d\rho A * \bar{u}$$

$$\frac{\partial \rho A}{\partial t} ds + \bar{u} \left(\frac{\partial \rho A}{\partial s} ds \right) + \rho A \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial s} ds \right) = \sigma$$

$$\frac{D\rho A}{Dt} + \rho A \frac{\partial \bar{u}}{\partial s} = \sigma$$

$$\kappa_{eff} \frac{Dp}{Dt} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial s} = \sigma$$

$$\kappa_{eff}^{-1} = \rho \alpha_{eff}^2$$

Zusammenhang ZVinde

Nachrichtigkeit und Schallgeschwindigkeit

$$\kappa \rightarrow 0$$

$$a \rightarrow \infty$$

$$\kappa \rightarrow \infty$$

$$a \rightarrow 0$$

$$\alpha_{eff} := \frac{1}{\rho \kappa_{eff}}$$

"eff"

Systemgröße

- nachrichtigkeit der Wönd
- nachrichtigkeit der Fl.
- Dicht der Flüssigkeit



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

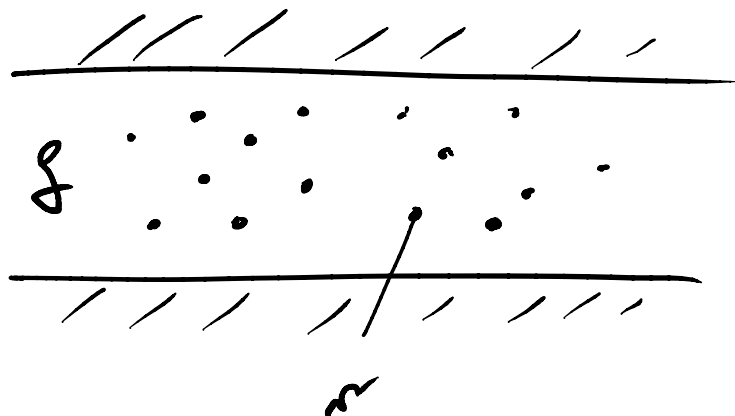
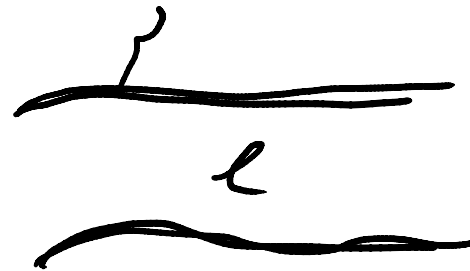
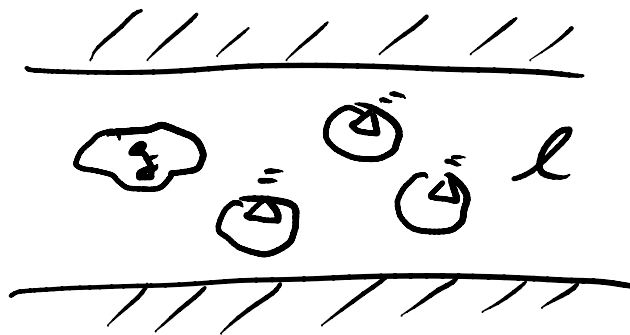


⊕ in jeder Kontur

⊕ allgemein gültig

⊕ Einflussgrößen für

Eigenwerte sind
 λ_A berechnen!



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

$$\frac{1}{\rho a_{eff}} \frac{DP}{Dt} + a_{eff} \frac{\partial \bar{u}}{\partial s} = 0$$



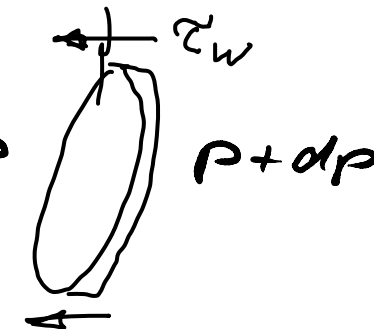
Später Inputwert = für die

Stromröhre.

Masse * Besch. = Kraftbeitrag


$$\frac{D\bar{u}}{Dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial s} = R_{eff}$$

h_2 P



Differential.

Zwei gekoppelte, partiell, nichtlineare
Gleich. ☹️ + hyperbolisch Syst.

Lösung des Systems erfindet von Riemann 
 mit Charakteristikenmethode



Kontin.
$$\frac{1}{\rho \alpha_E} \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \rho}{\partial s} \right) + \alpha_E \frac{\partial \bar{u}}{\partial s} = \sigma$$

Bewegungsgl.
$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial s} + \frac{1}{\rho} \alpha_E \frac{\partial \rho}{\partial s} = k_E \quad \left(\begin{array}{c} \oplus \\ \ominus \end{array} \right)$$

$$\left[\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + (\bar{u} + \alpha_E) \frac{\partial \bar{u}}{\partial s} \right] + \frac{1}{\rho \alpha_E} \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} + (\bar{u} + \alpha_E) \frac{\partial \rho}{\partial s} \right] = k_E$$

$$\left[\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + (\bar{u} - \alpha_E) \frac{\partial \bar{u}}{\partial s} \right] - \frac{1}{\rho \alpha_E} \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} + (\bar{u} - \alpha_E) \frac{\partial \rho}{\partial s} \right] = -k_E$$

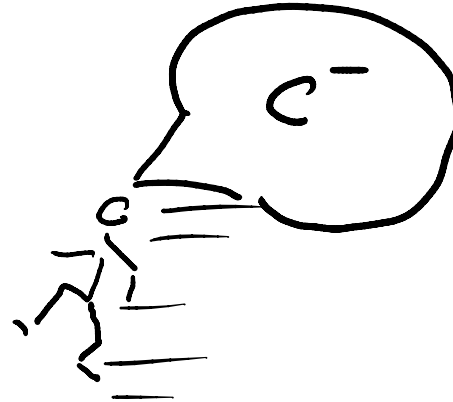


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

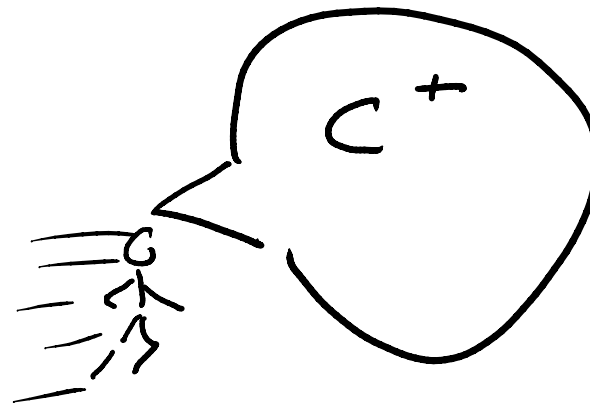
Zwei Beobachter.

$$1) \quad \frac{dS}{dt} = \bar{u} - \alpha_E$$

unterstellt $\bar{u} < \alpha_E$



$$2) \quad \frac{dS}{dt} = \bar{u} + \alpha_E$$



∇ Allgemeinzeitgleichung

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\partial \phi}{\partial t} + M_B \frac{\partial \phi}{\partial S}$$

M_B Beobachtungsgeschw.

- ' links
- + ' rechts
- C' Cherenkovstrahlung



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

Verteilt & nicht bedingt.

$$dM + \frac{1}{\rho a_E} dp = h_E dt$$

Charakteristika.

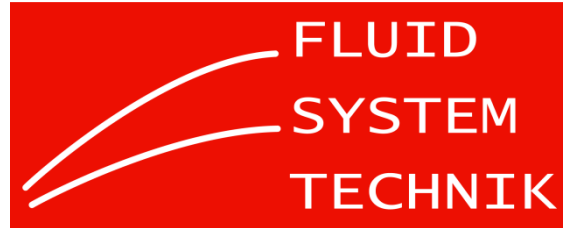
$$\text{für } \frac{ds}{dt} = \bar{u} + a_E$$

$$dM - \frac{1}{\rho a_E} dp = h_E dt \quad \text{für } \frac{ds}{dt} = \bar{u} - a_E$$

$\rho a_E = Z$ akustischer Impedanz.

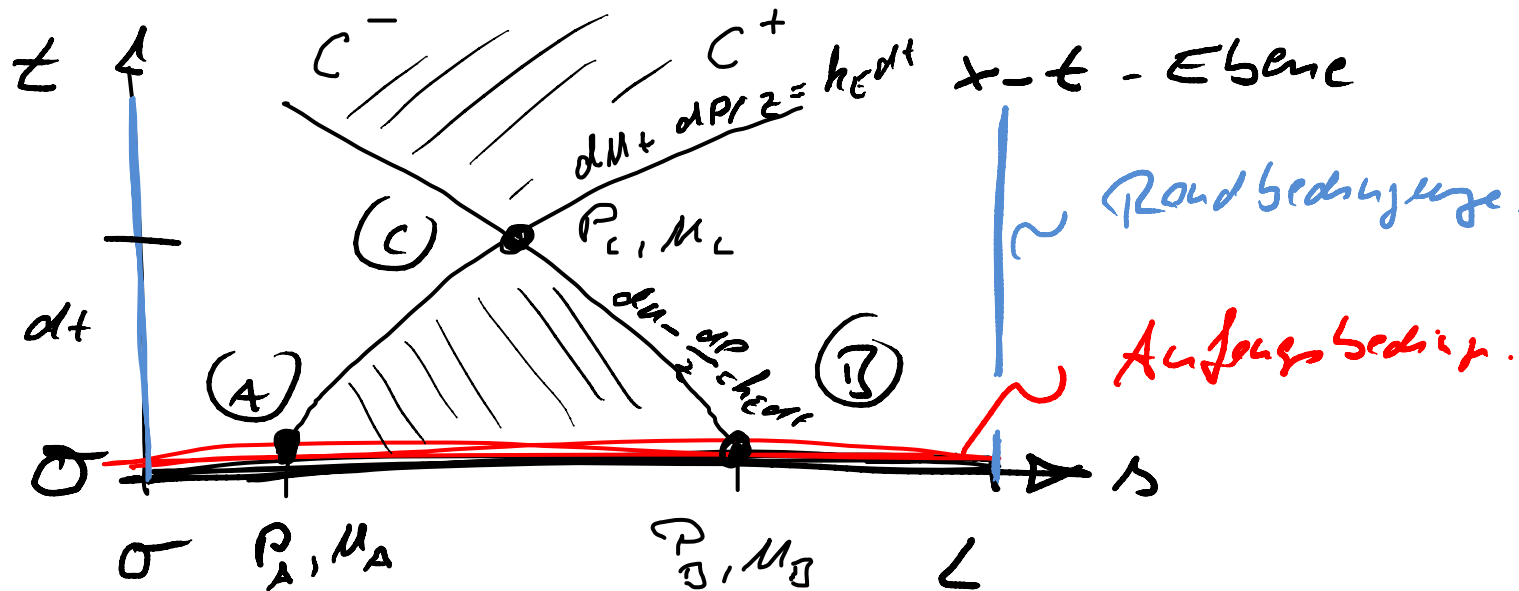
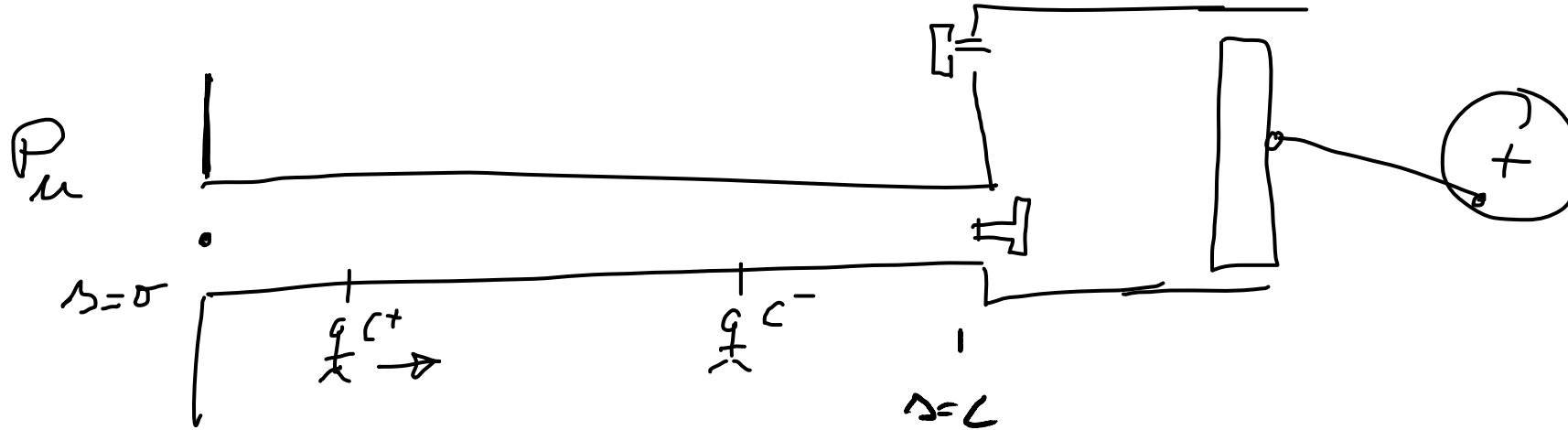


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

Riemann-Verfahren.



Anfangs-Randwertproblem

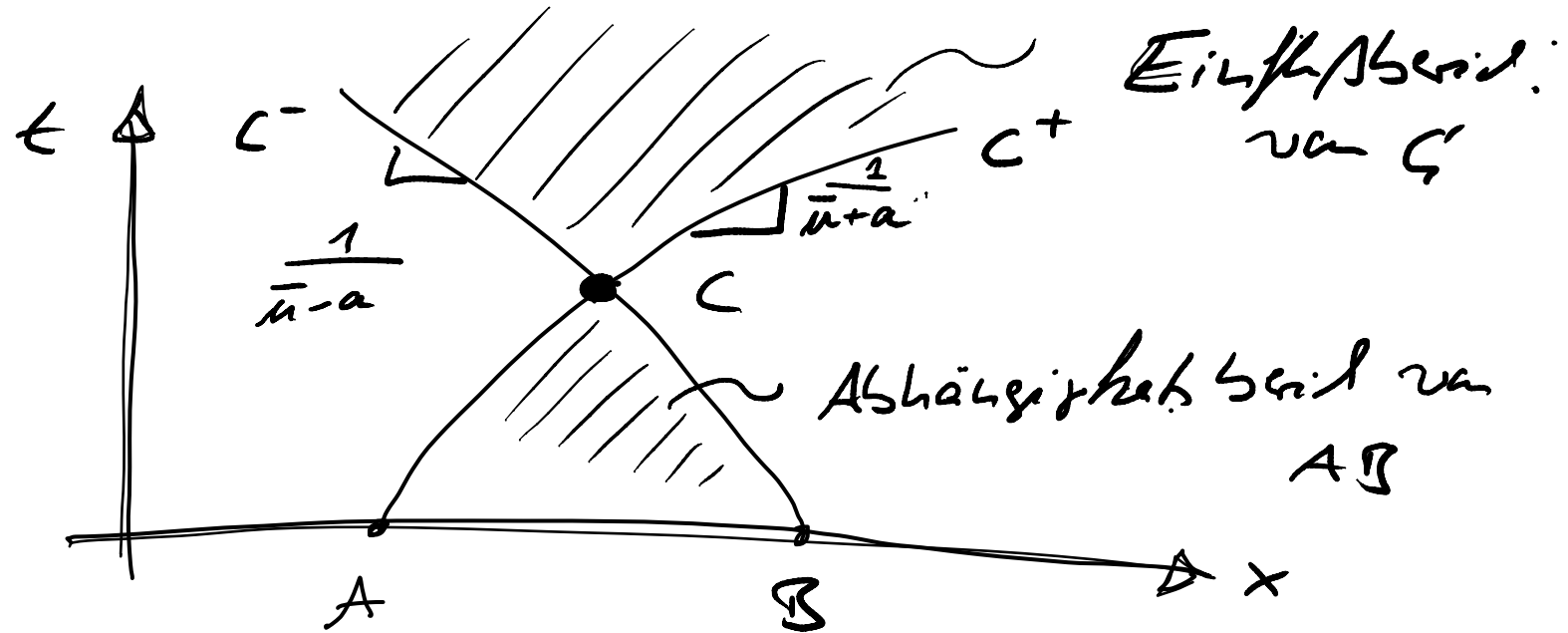


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

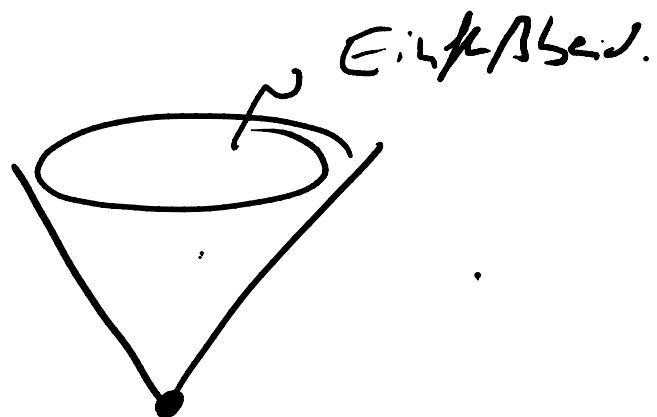
FLUID
SYSTEM
TECHNIK



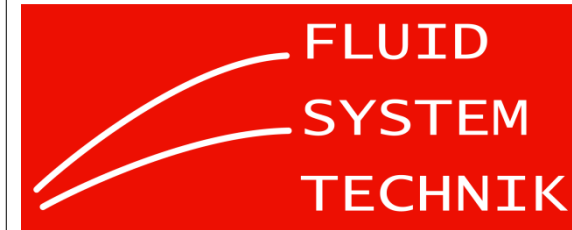
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9



Zur Astronomie



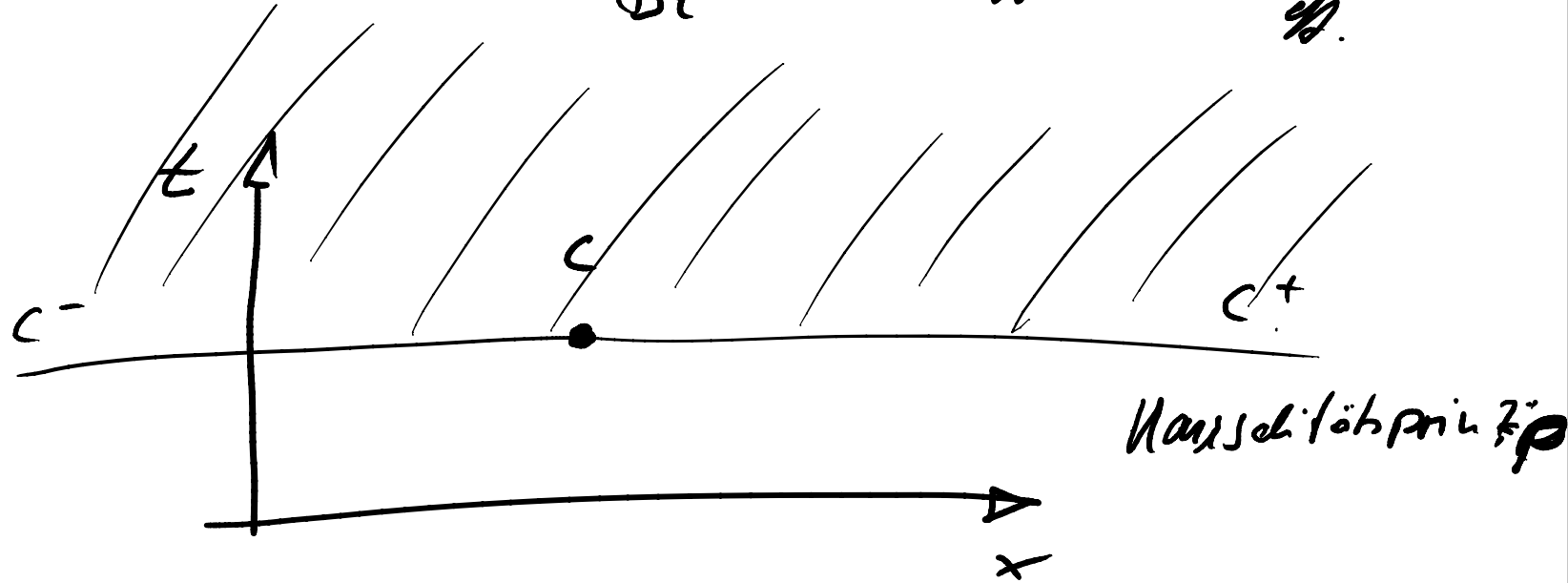
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



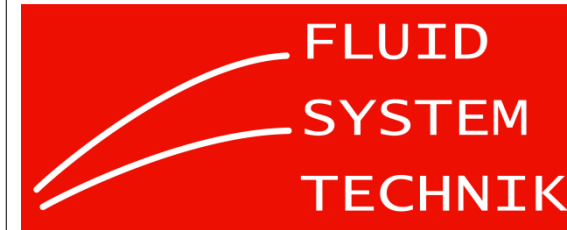
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

Inkompressibel kreisförmig

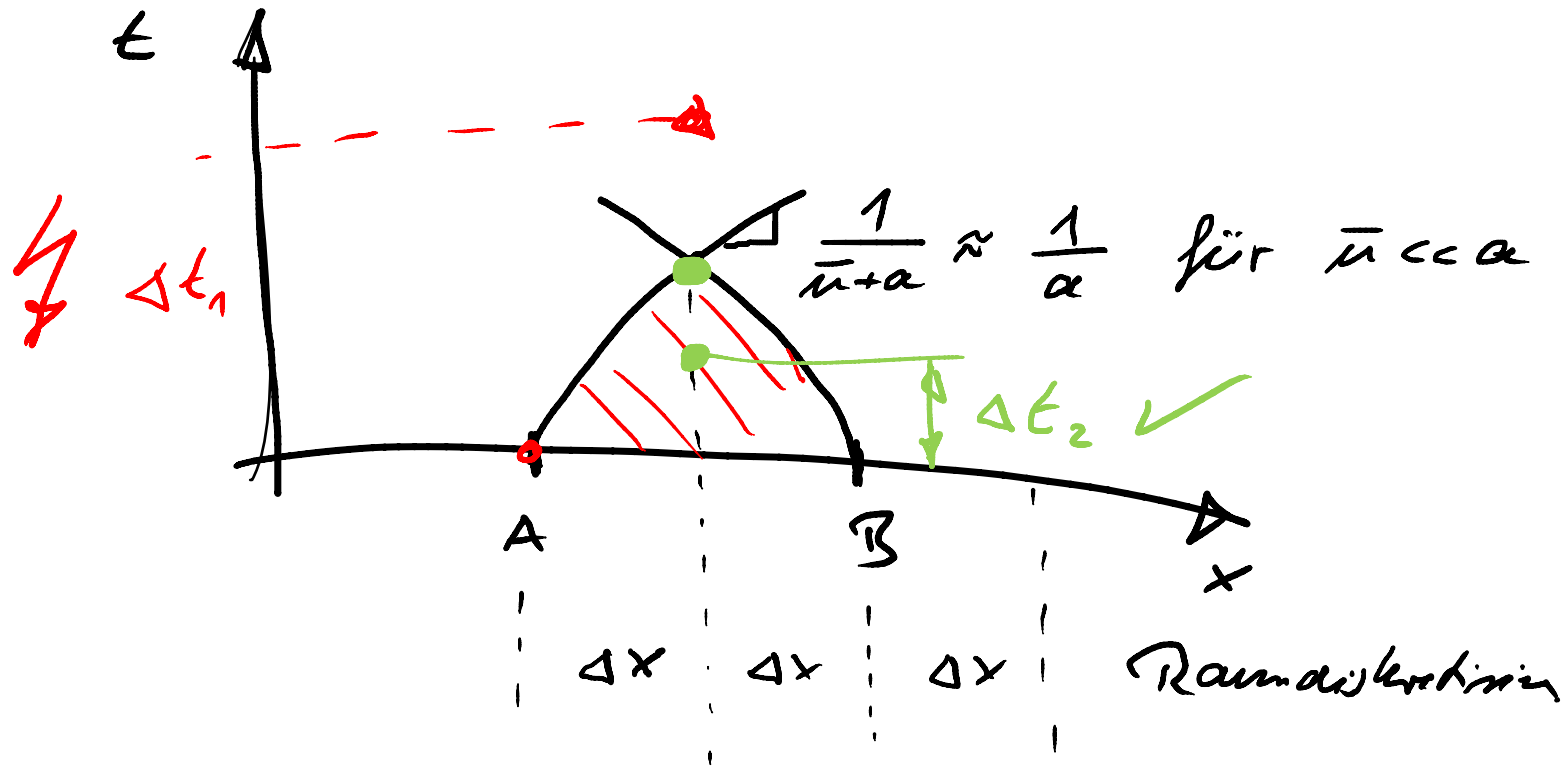
$$\operatorname{div} \vec{u} = 0 \quad \text{und} \quad \frac{D\rho}{Dt} = 0 \quad \rho = \text{const} \quad \rho \rightarrow \infty$$



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9



Optimaler
Effiz:

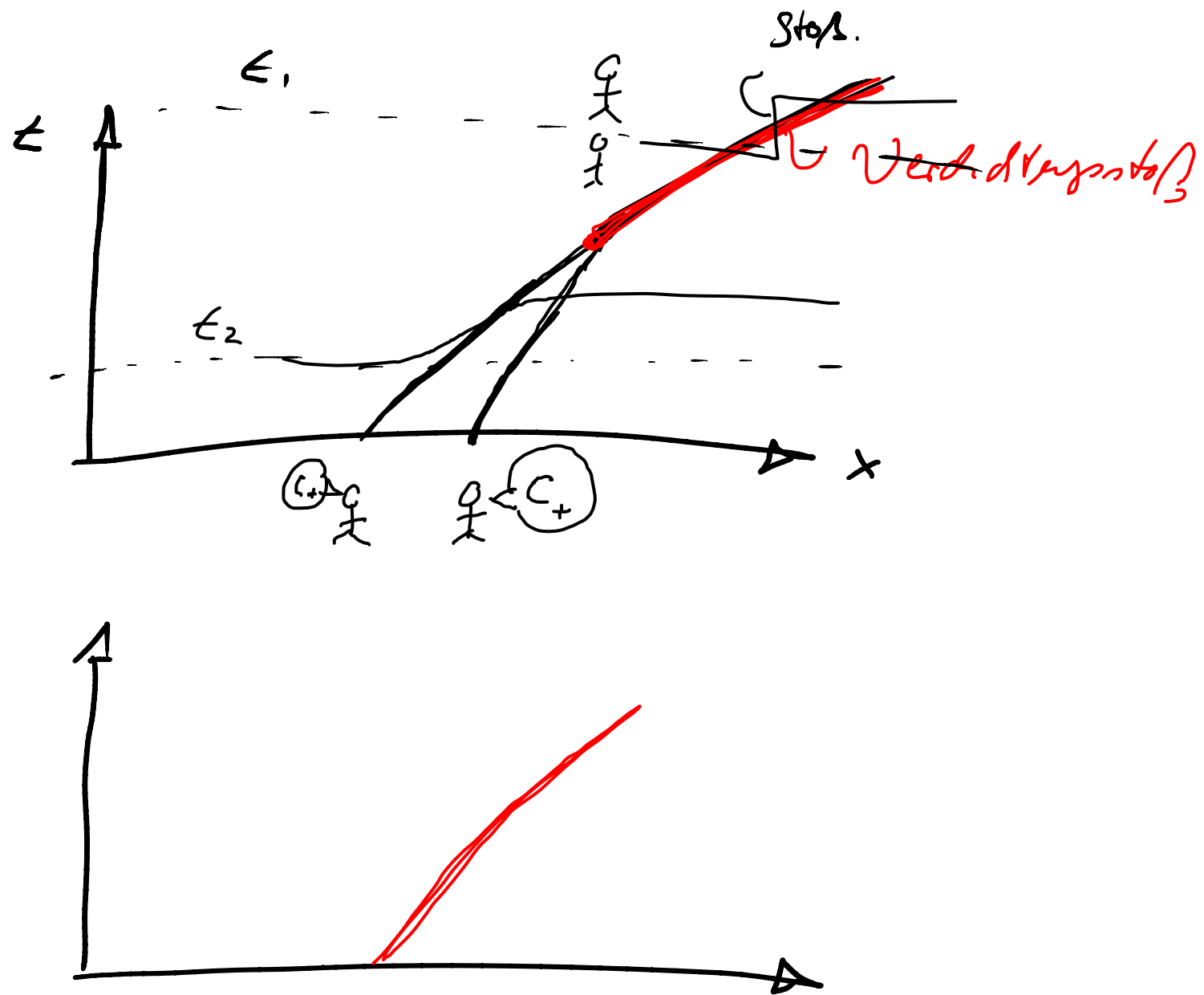
$$\Delta t_{opt} = \frac{a}{\Delta x}$$

$$\Delta t \leq \frac{a}{\Delta x} \quad (CF\text{-})\text{-Bedingung}$$

Conrad Fricke's Geom. Bes.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

Stoß ist immer dissipativ $\Delta S > 0$.

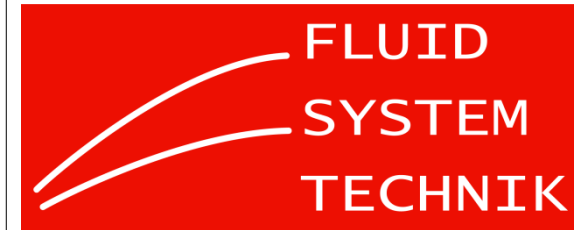
~~Der~~ Strom des Stoßes ~~habe~~ kann die Strömung rotationsbehaftet sein.

→ Crocco'sche Wirbelsetzung. (1954).

Verdichtungsstelle (Verdichtungsstelle) nicht dissipativ.



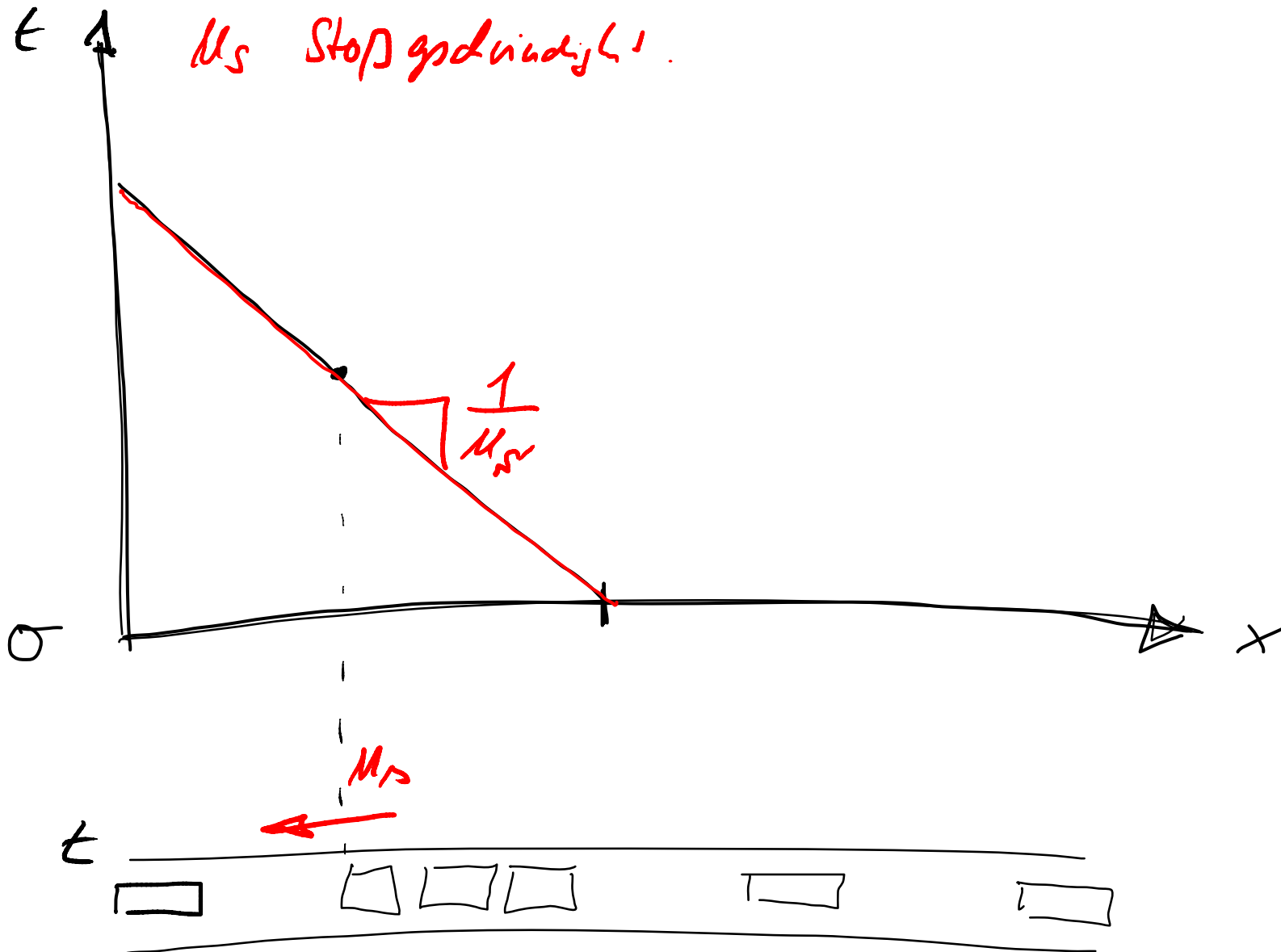
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

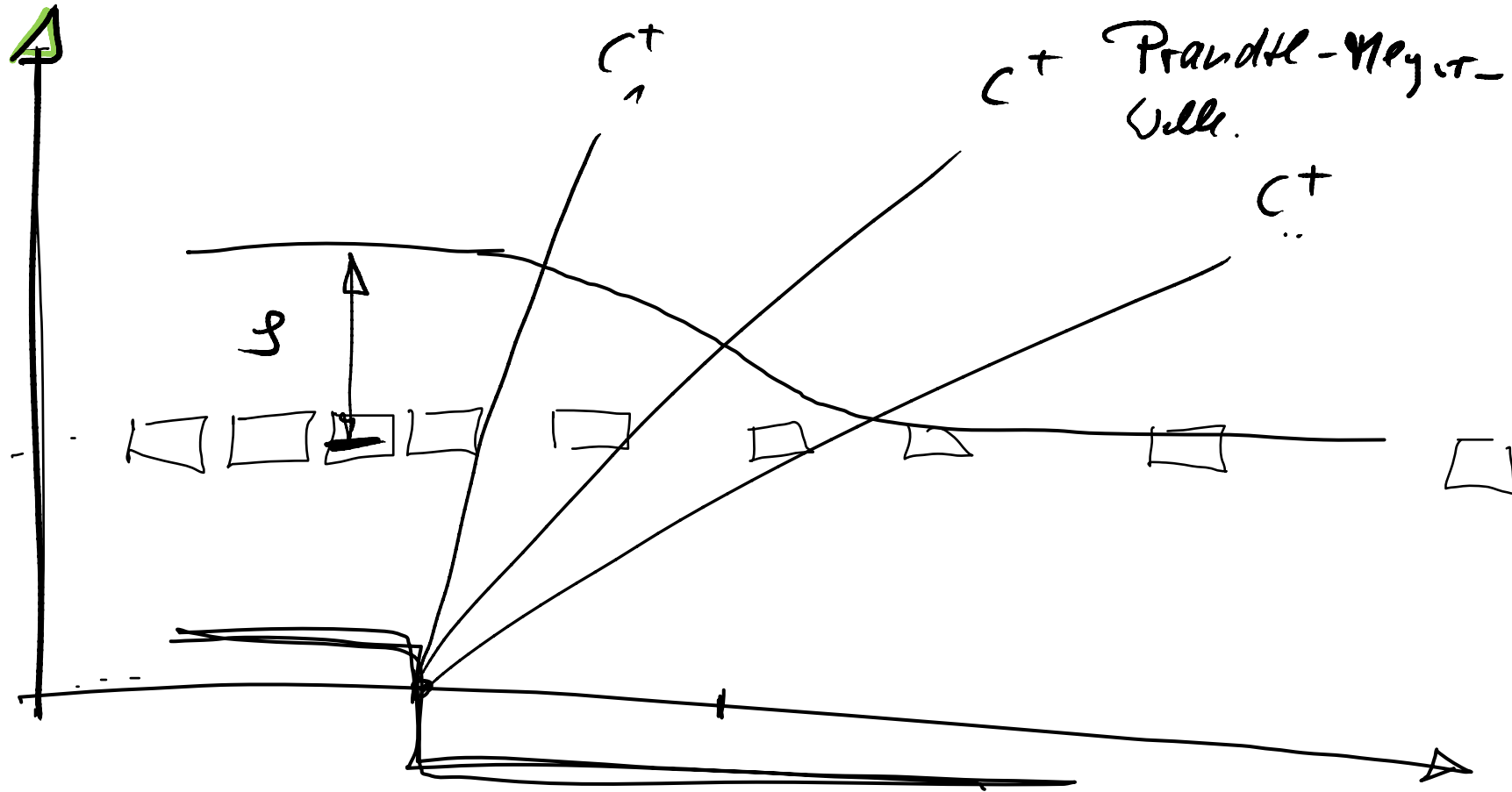


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9

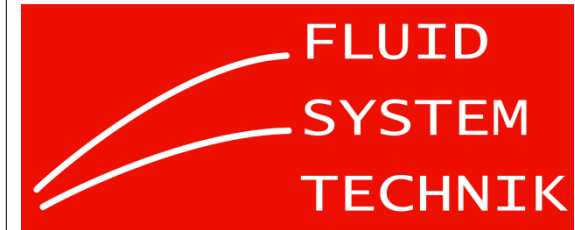


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9





TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 9