Literatur: Ernst Becker u. Bürger

- Kontinuumsmechanik

Teubner Verlag.

Auch Empfehlenswert

- Thermodynamik von Becker
- Gasdynamik
- Strömungslehre

Sir James Lighthill

Mathematical Biofluiddynamics

SIAM (Society for Industrial and applied mathematics)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

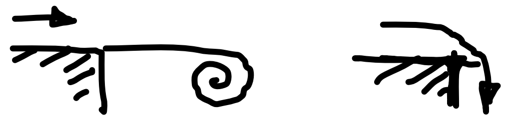
Wirbelsätze

Kelvinscher Wirbelsatz

Die Zirkulation einer materiellen Linie bleibt in reibungsfreier, barotroper Strömung erhalten.

$$\frac{D\Gamma}{Dt} = 0$$ ⇝ Wirbel sind stabile Gebilde.

Bsp. ⇝ i.d.R. wird n kleine Reibung benötigt, damit Auftrieb entsteht (Prandtl)



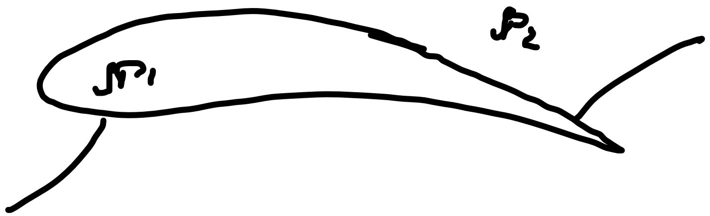
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

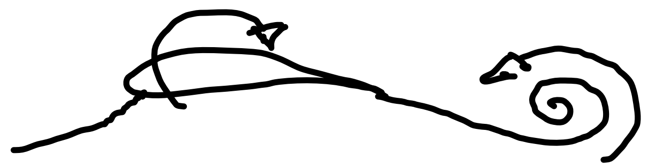
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

ohne Reibung
keine Zirkulation.
kein Auftrieb.



mit Reibg.
Unterschied Abflußbed.
Anfahrwirbel.
fortschwimmender Wirbel
Auftrieb

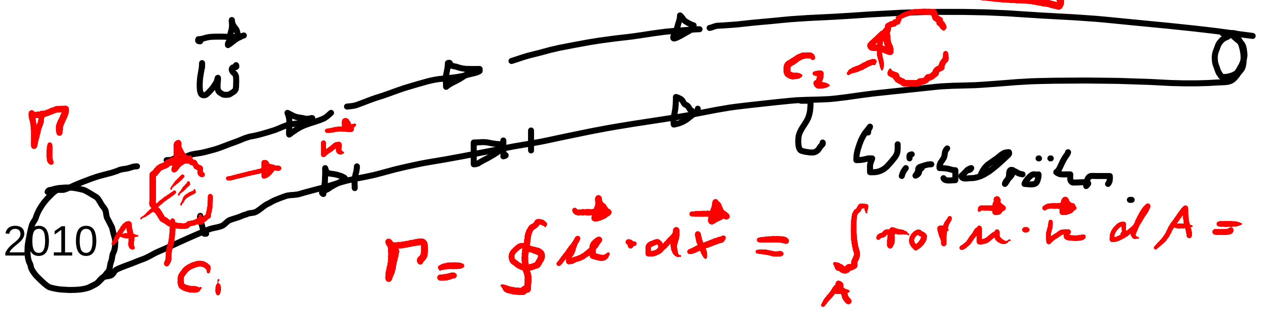


Helmholtzsche Wirbelsätze

Die Zirkulation ist längs einer Wirbelröhre konstant (kinematisch)

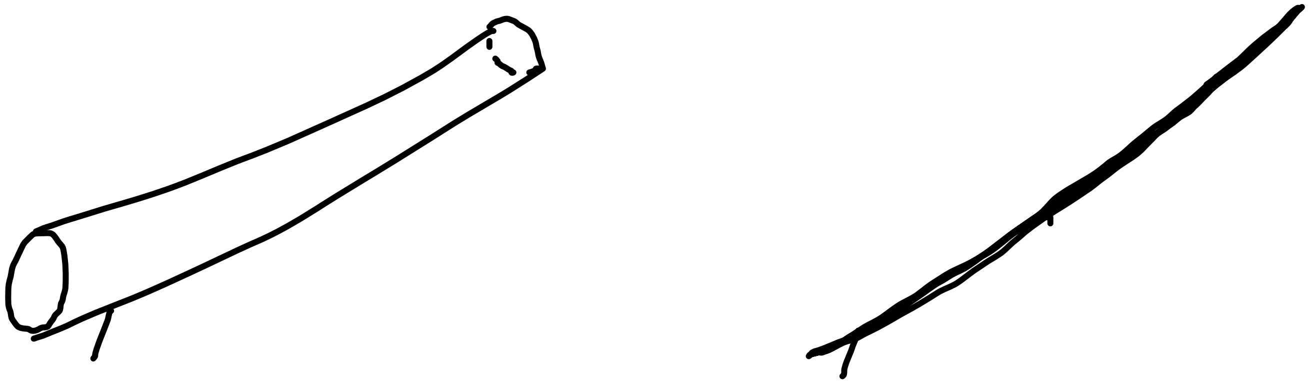
$\vec{\omega} = \frac{1}{2}\,\mathrm{rot}\,\vec{u}$ Drehgeschwindigkeit eines Teilchens

$\boxed{\Gamma_2 = \Gamma_1}$



$$\Gamma = \oint \vec{u}\cdot d\vec{x} = \int_A \mathrm{rot}\,\vec{u}\cdot\vec{n}\,dA = 2\int_A \vec{\omega}\cdot\vec{n}\,dA$$

Eine Wirbelröhre ~~ist~~ besteht immer aus den gleichen Flüssigkeitsteilchen (materielles Gebilde)



Wirbelröhre

Wirbelfaden (Modell, Singularität)

materielle Gebilde.

⇝ Wird bestätigt durch die eig. Erfahr.

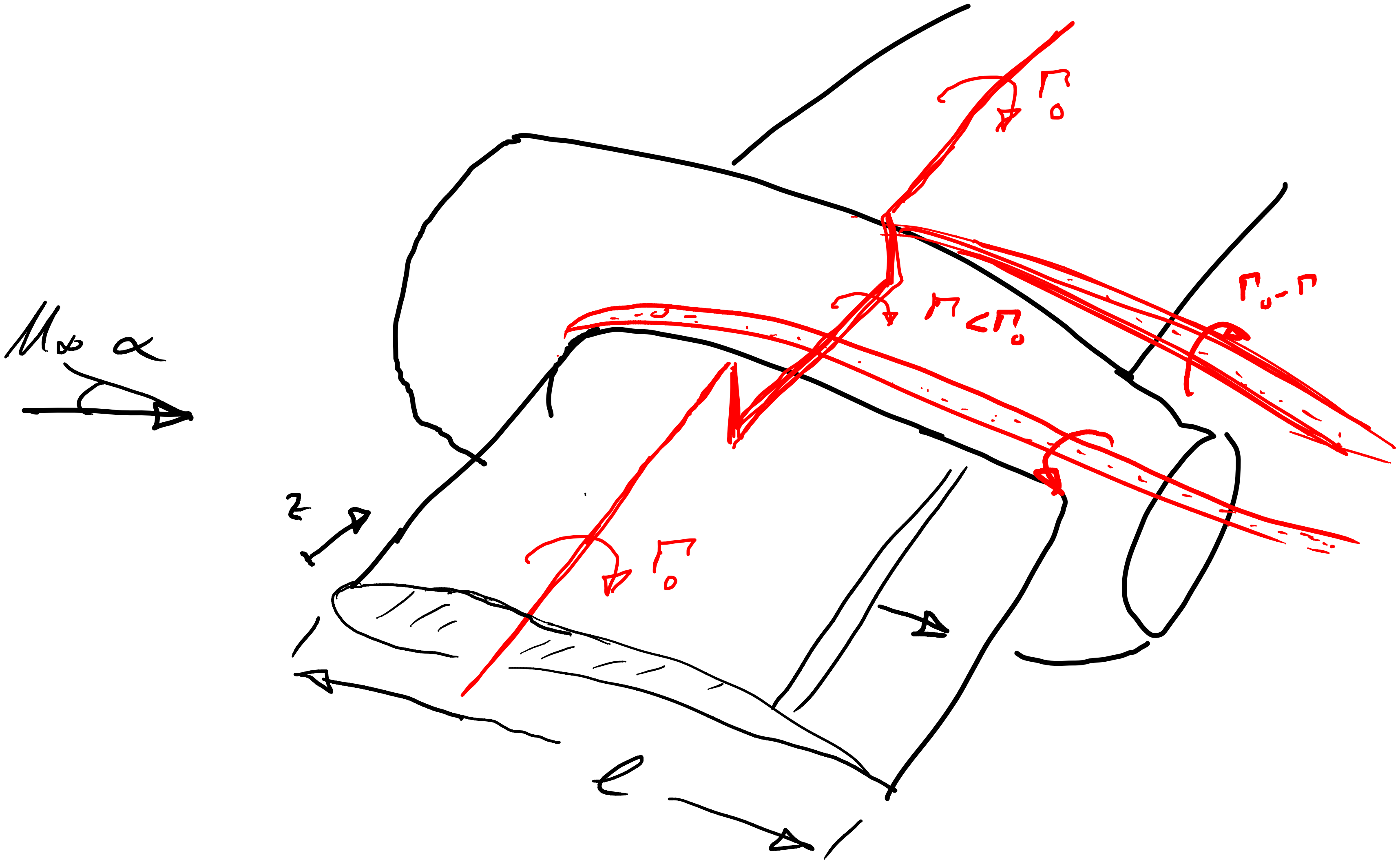
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK



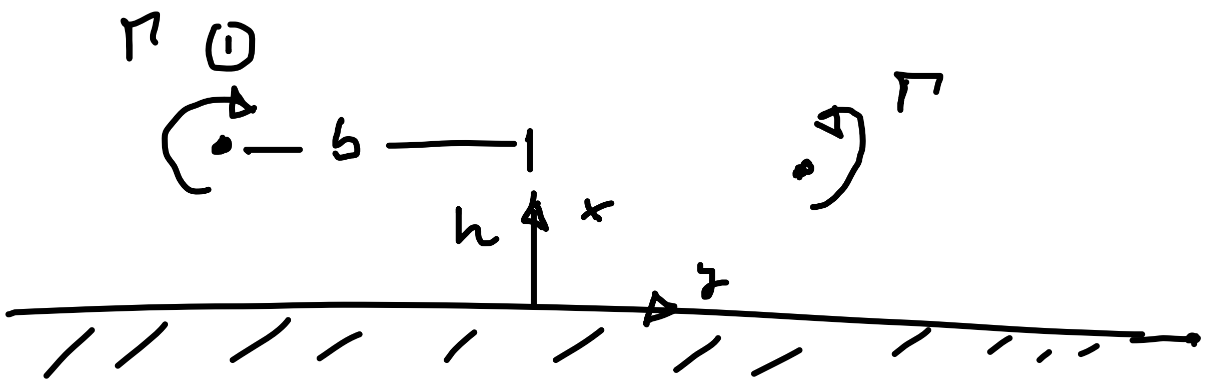
$$dA = \rho\, U_\infty \Gamma_0\, dz = \frac{\rho}{2} U_\infty^2\, c_A\, \ell\, dz$$

$$c_A = 2\pi\alpha + O(\alpha^3)$$

$$\Gamma_0 = \frac{1}{2} U_\infty \ell\, c_A$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

$\varepsilon = 0$



Spiegelsenke

$\rightsquigarrow \vec{u} \cdot \vec{n} = 0$

an der Symmetrielinie

$$\left.\frac{d\vec{x}}{dt}\right|_{1} = -\frac{\Gamma}{2\pi\, 2b}\,\vec{e}_x + \ldots$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

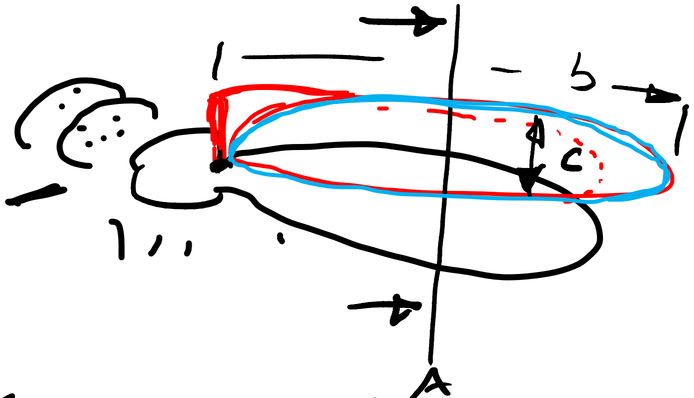
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

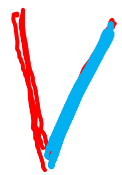
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

Encarsia formosa $\frac{b}{c} \sim 5$, $f \sim 400\ \mathrm{Hz}$.

engl. chalcid wasp



Schnitt A-A

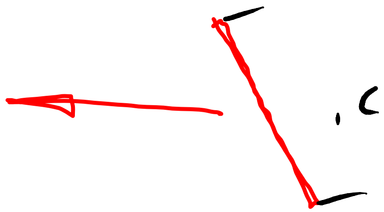


Schwebflug, der vollkommen ohne Reibung.

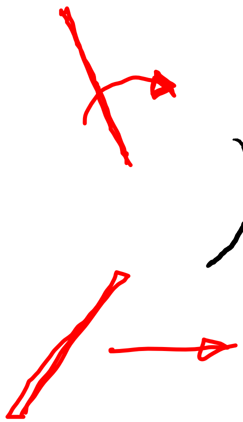
1973 Weis-Fogh Mechanismus zur Auftriebsentstehung.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

„Normaler' Schwebflug: Paddelbewegung.

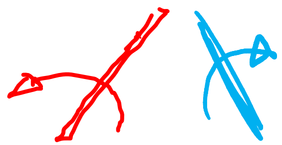


(chord length ≙ l Profillänge)



Nur Viskosität ist notwendig, um die Zirkulation aufzubauen.

⇝ typische Zeit $\frac{l^2}{\nu}$

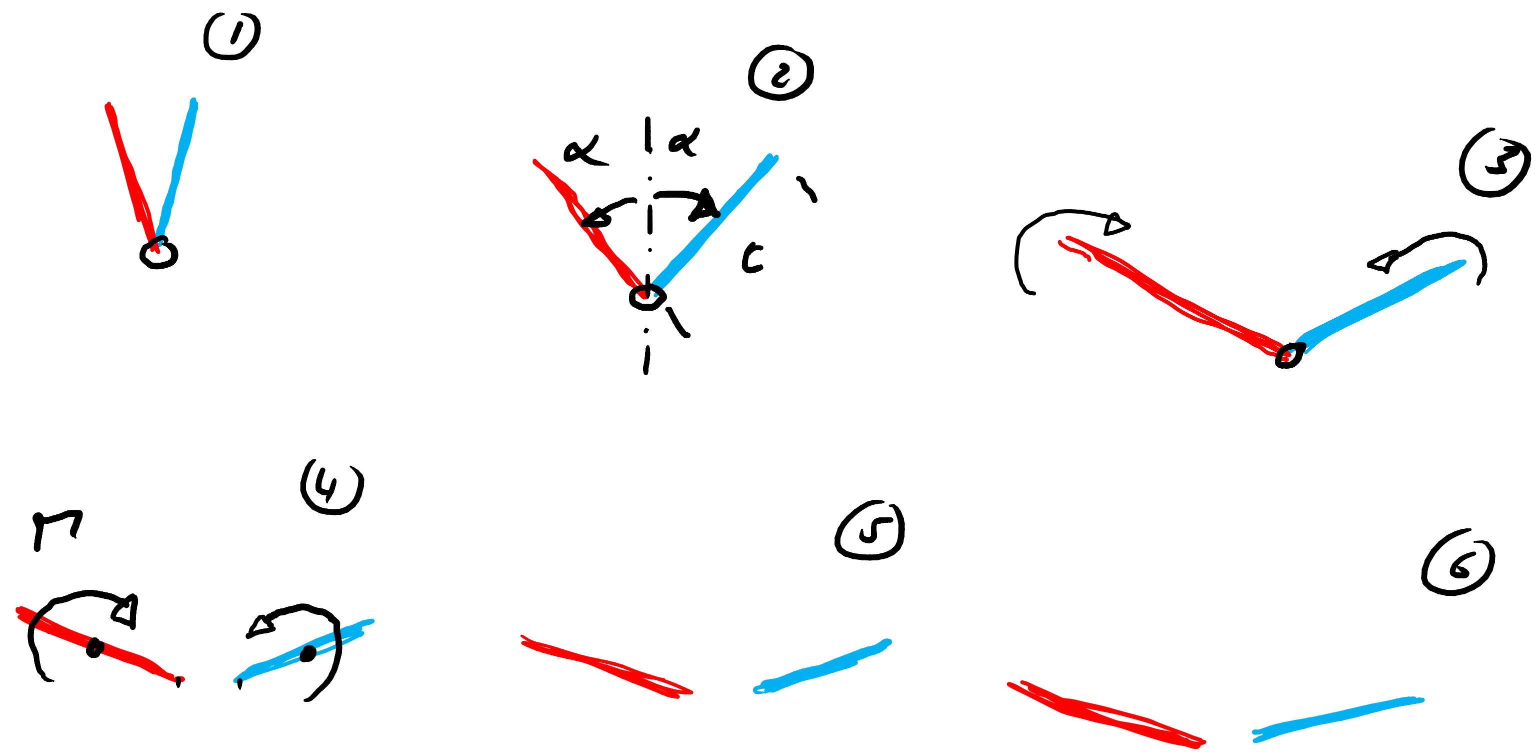


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

Weis-Fogh Mechanismus formosa



⑥ → ① clap Zusammenklatschen

$$\Gamma = \frac{d\alpha}{dt} c^2 g(\alpha)$$ aus Dimensionsgründen.

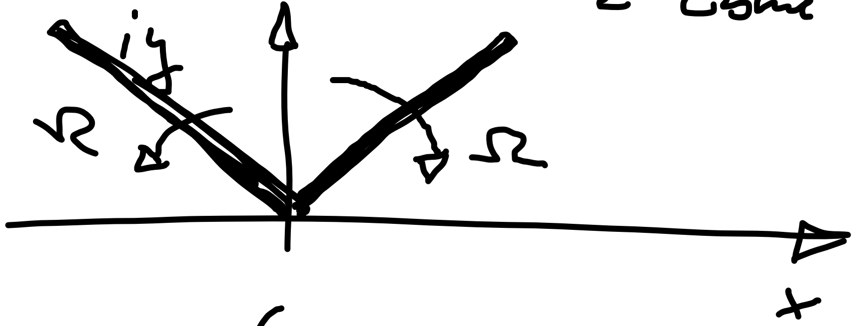
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13

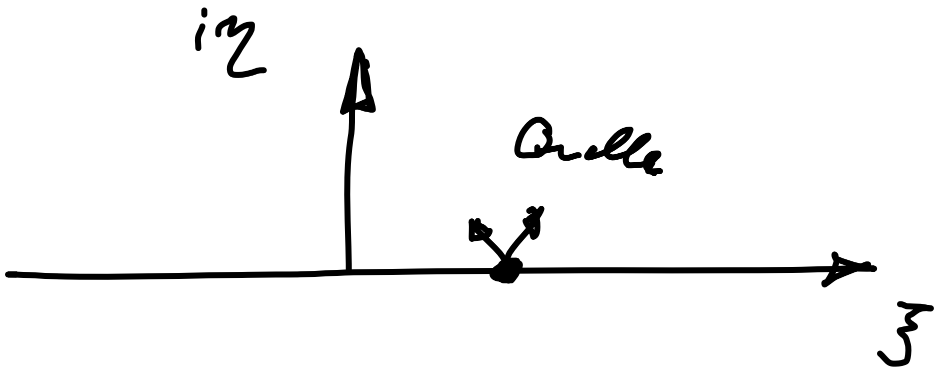
z-Ebene

$$\frac{d\alpha}{dt} = \Omega$$



Konforme Abbildg. Schwarz-Christoffel-Transformation.

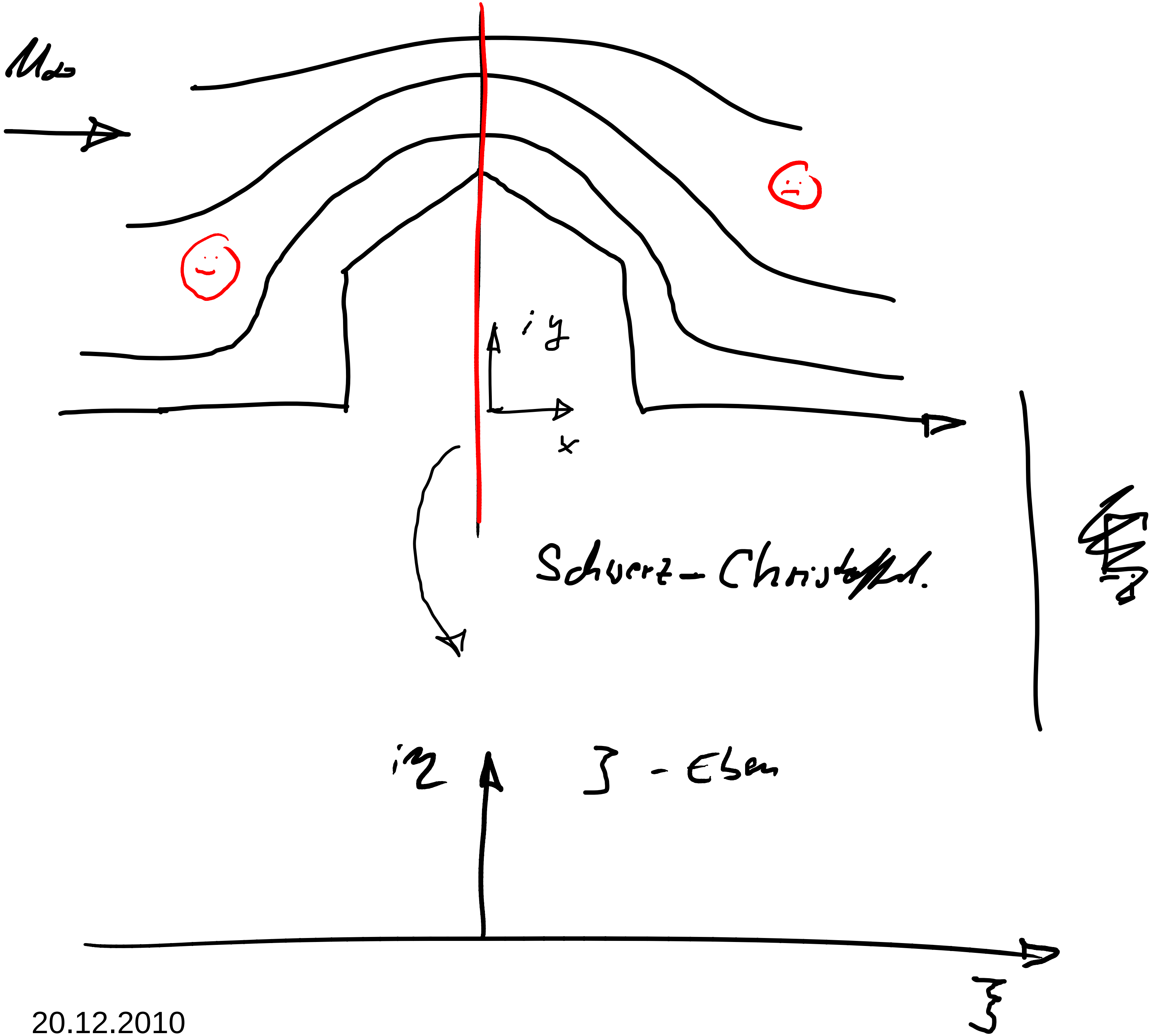
ζ-Ebene



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 13