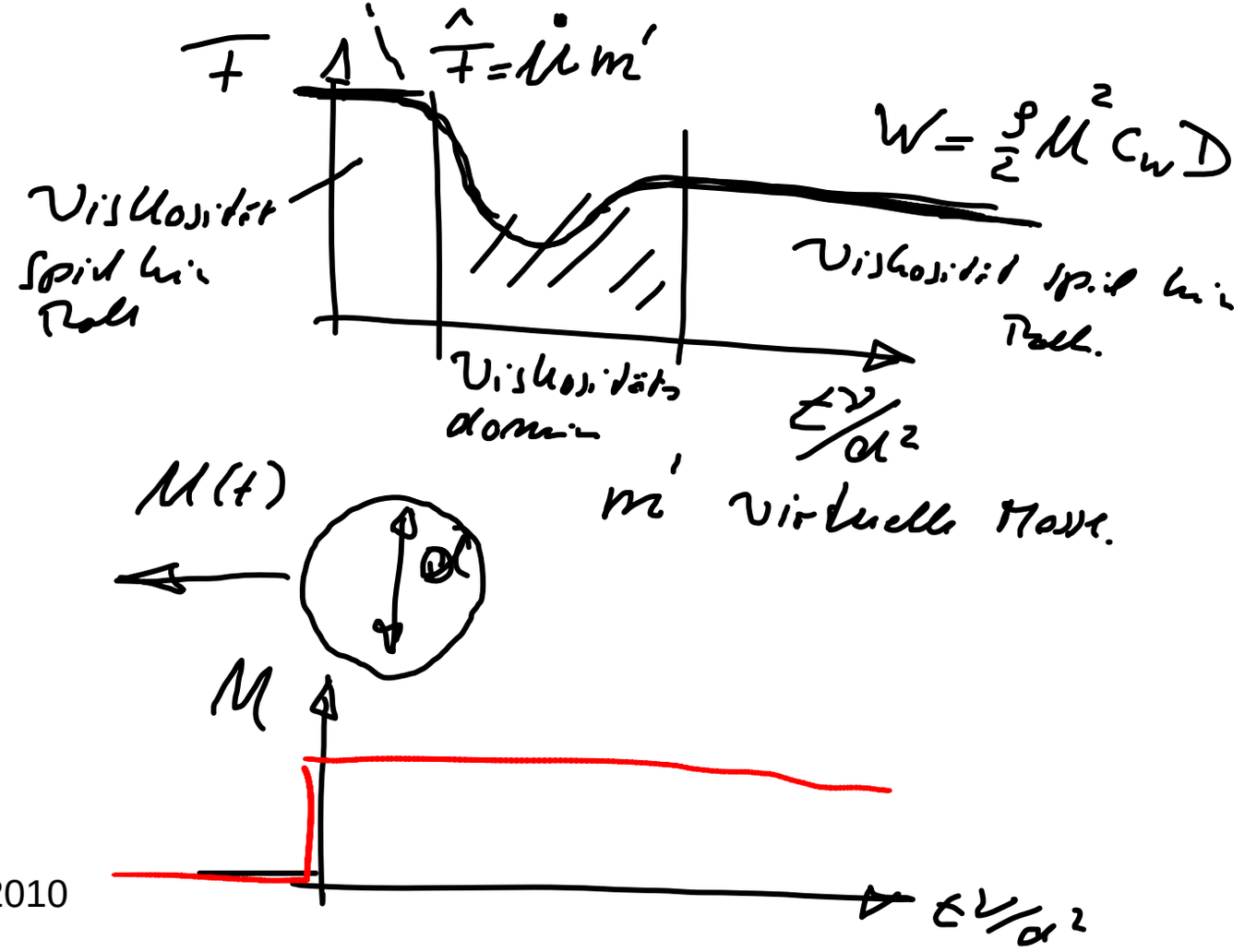
Instationäre Vorgänge:

Newman Marine Hydrodynamics

MIT Press



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Biofluidmechanik

Vorlesung 6

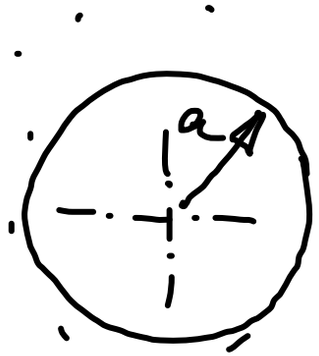
Zur virtuellen Masse

$\nabla = 0$ in Gedanken $\Rightarrow \operatorname{rot} \vec{u} = 0$

$\operatorname{div} \vec{u} = 0$

$\vec{u} = \nabla \Phi$

$\Rightarrow \Delta \Phi = 0$.



$F = m' \dot{u}$

$\Delta \Phi = 0$

$m' = \rho \pi a^2$ virtuelle Masse des Zylinders.

$\Rightarrow$ kinetische Energie K im Strömungsfeld

$K = \frac{1}{2} m' u^2 \Rightarrow m'$

- vgl.
- Spurk
- vgl.
- Neumann

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

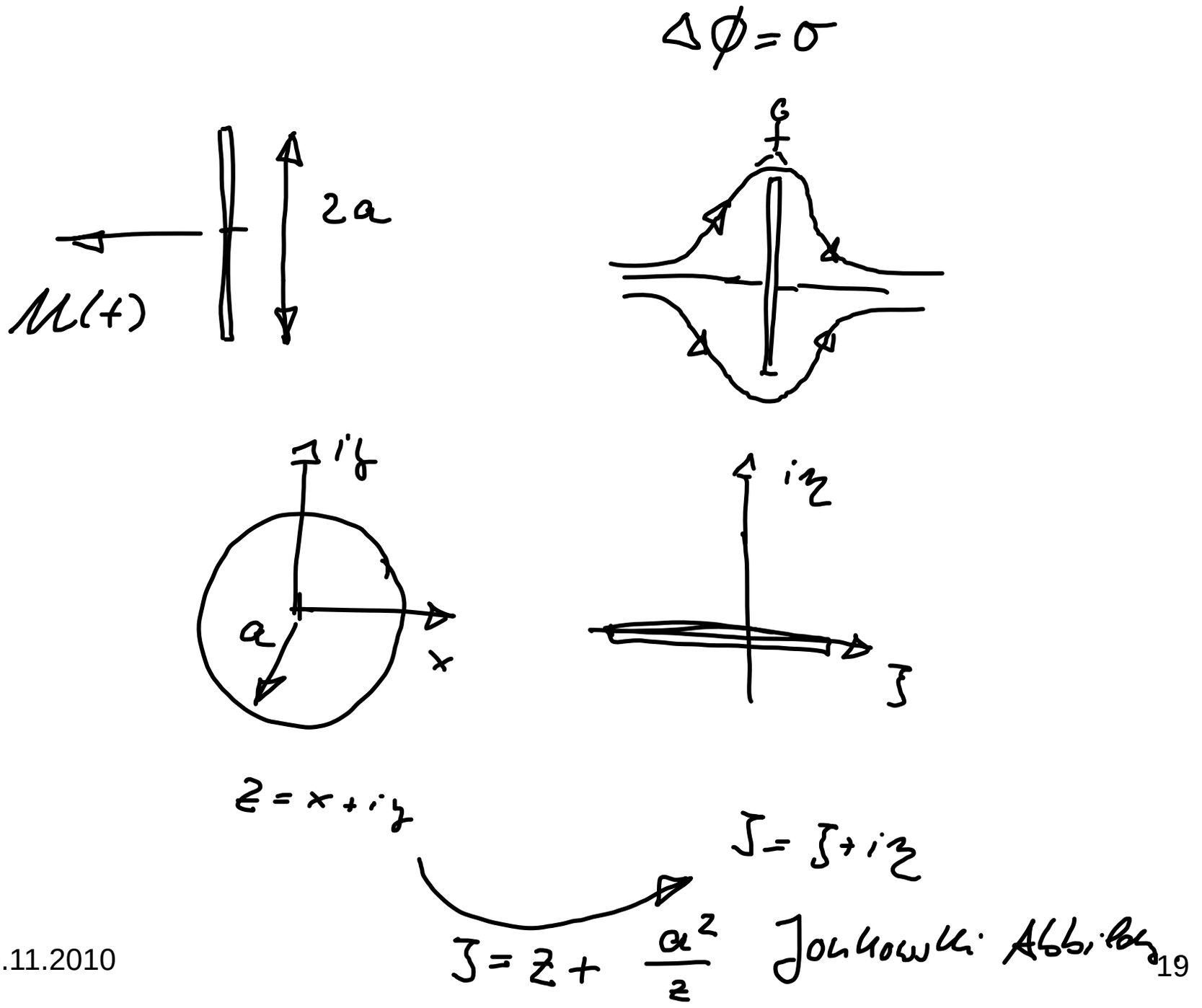
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Biofluidmechanik

Vorlesung 6



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 6

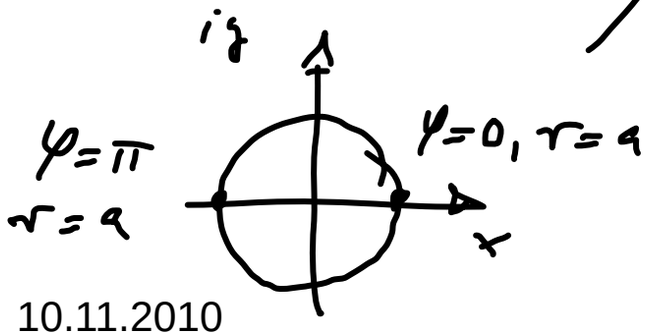
Test: Kreiszylinder $z = a e^{i\varphi}$ im Kreisprofilebene.

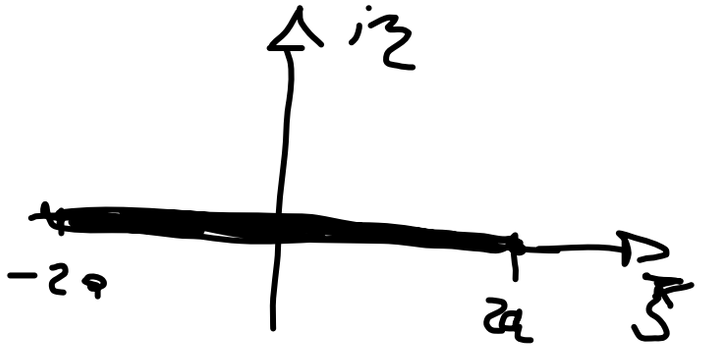
$$\zeta = z + \frac{a^2}{z}$$

$$= a e^{i\varphi} + a e^{-i\varphi}$$

$$= a\left(\cos\varphi + i\sin\varphi + \cos\varphi - i\sin\varphi\right)$$

$$= 2a\cos\varphi$$

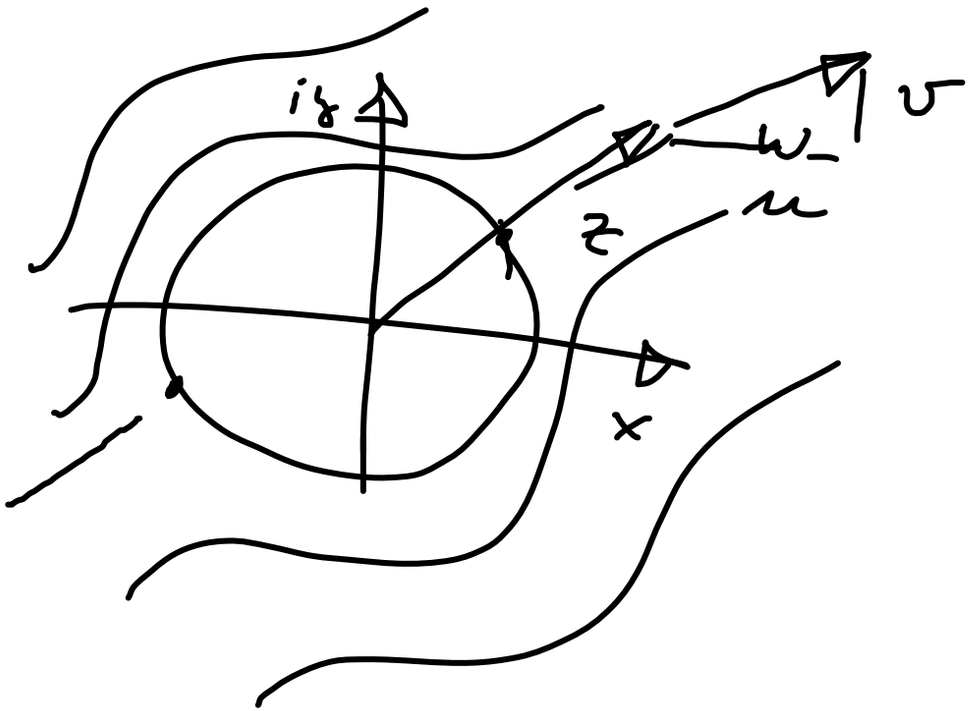




TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 6



$z = x + iy$

$w = u + iv$

$u = \frac{\partial \phi}{\partial x}$

$v = \frac{\partial \phi}{\partial y}$

ϕ ist das reelle Potential.

$F(z)$ ist das komplexe Potential.

$F(z) = \phi + i\psi$

ϕ = Potential

ψ = Stromfunktion

$\overline{w} = u - iv = \frac{dF}{dz}$

$\overline{w_J} = u_J - i v_J = \frac{dF}{dz}\frac{dz}{dJ}$

$\frac{dz}{dJ}$ Abbildungsfunktion

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

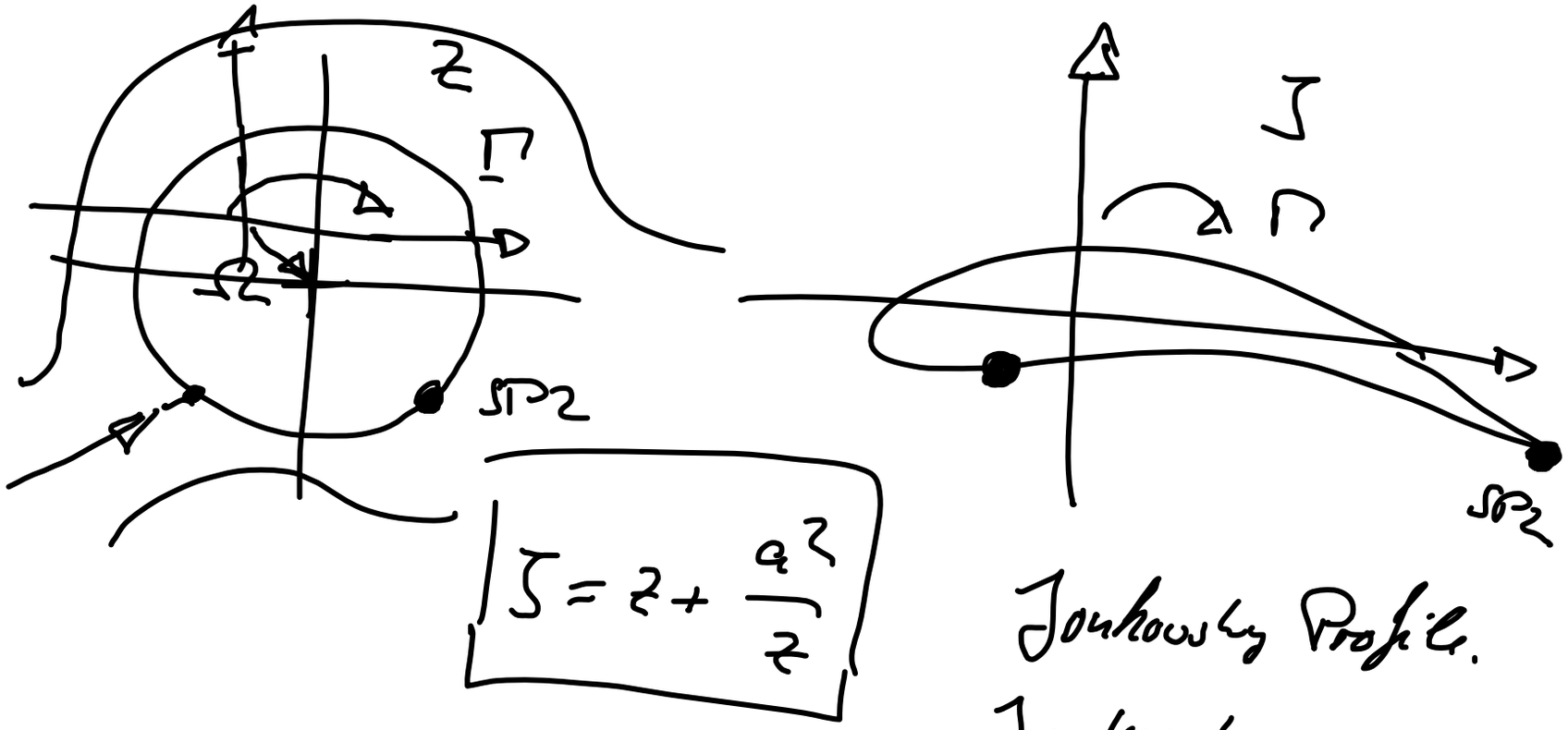
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Biofluidmechanik

Vorlesung 6



$$\zeta = z + \frac{a^2}{z}$$

Joukowsky Profil.

Joukowsky Abbildung.

$$\bar{\Phi} = U_\infty x + \bar{\Phi}_{Dipol} + \bar{\Phi}_{Potentialwirbel}$$

(+) Sehr einfach

(+) Mit Papier und Bleistift

(−) Nur eine Profilform.

(−) Kein Reibung.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

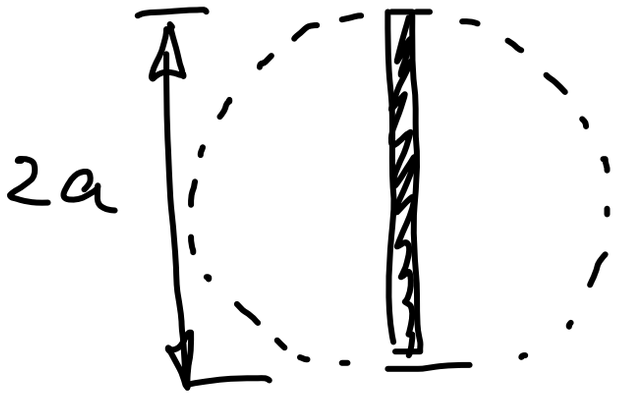
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

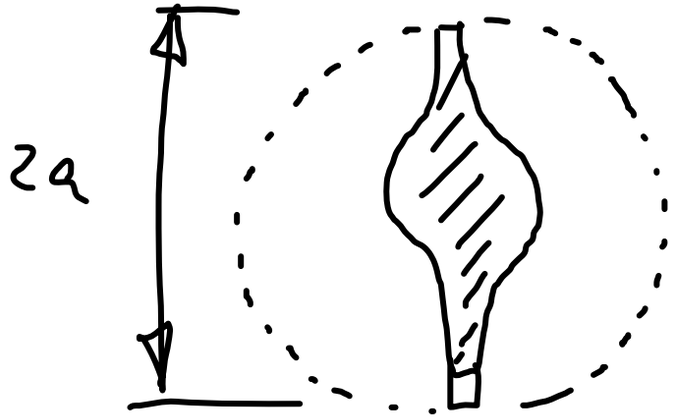
Wintersemester 2010/11

Biofluidmechanik

Vorlesung 6



$$m' = \pi a^2 \rho$$



$$m' \approx \pi a^2 \rho .$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

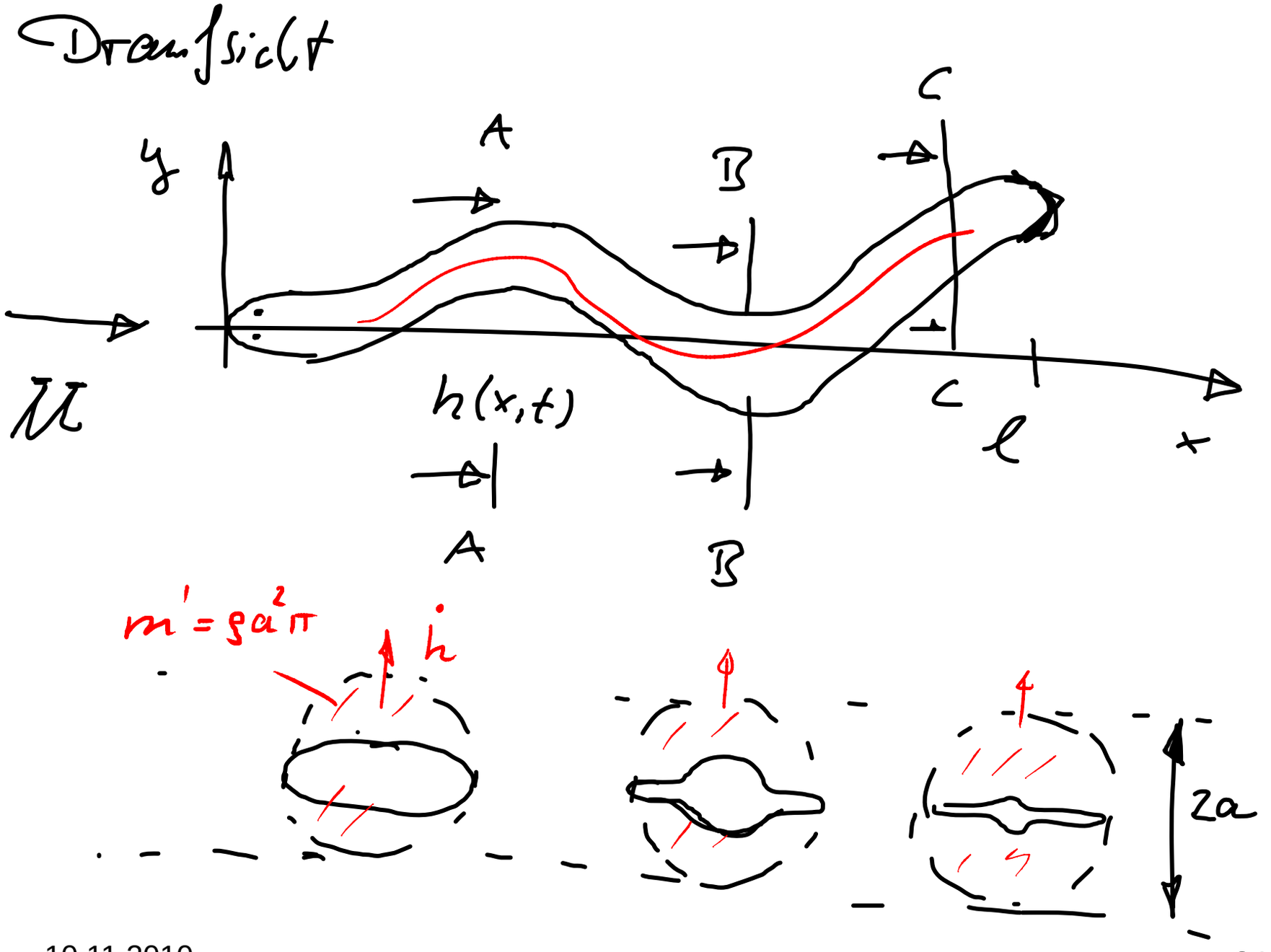
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Biofluidmechanik

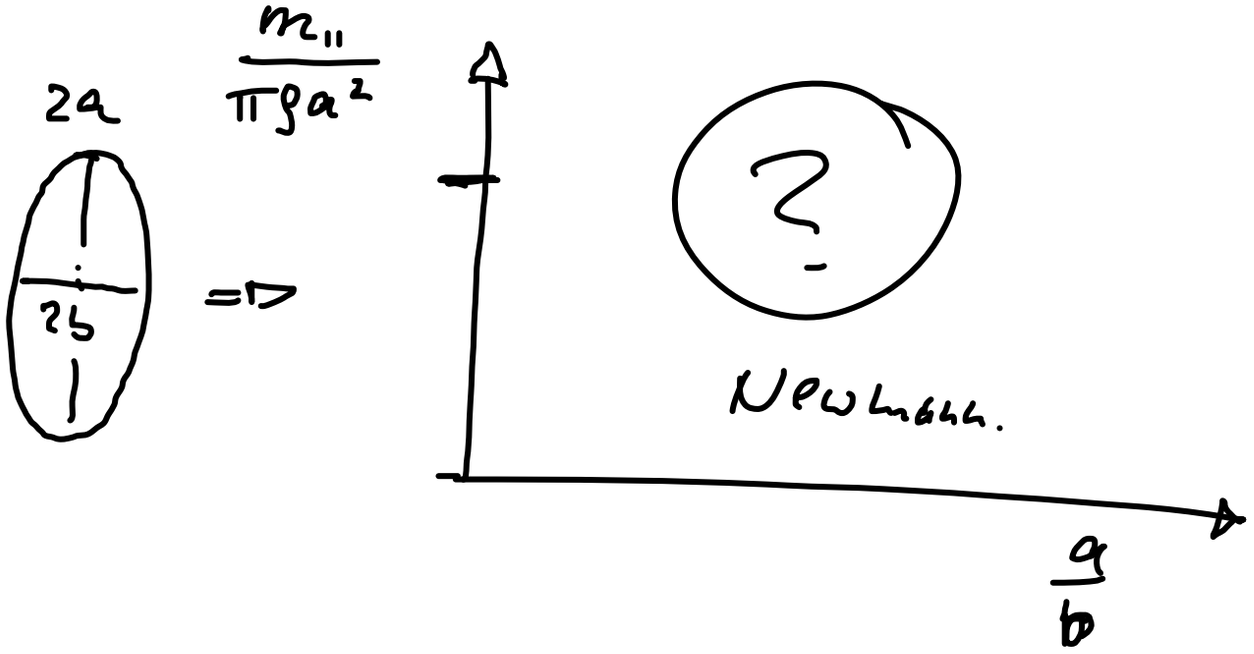
Vorlesung 6



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 6

Fazit: Die virtuelle Masse pro Längeneinheit ist konstant gleich der Fläche eines Kreises

$$m' = \rho a^2 \pi$$



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Biofluidmechanik

Vorlesung 6

$$\eta_F := \frac{\overline{F}\,\overline{u}}{\overline{\dot{W}}}$$

$\overline{F}$ Widerstandskraft = Antriebskraft

u Geschwindigkeit

$\dot{W}$ Arbeitsaufwand / Zeiteinheit

$(\overline{})$ zeitlich Mittelung

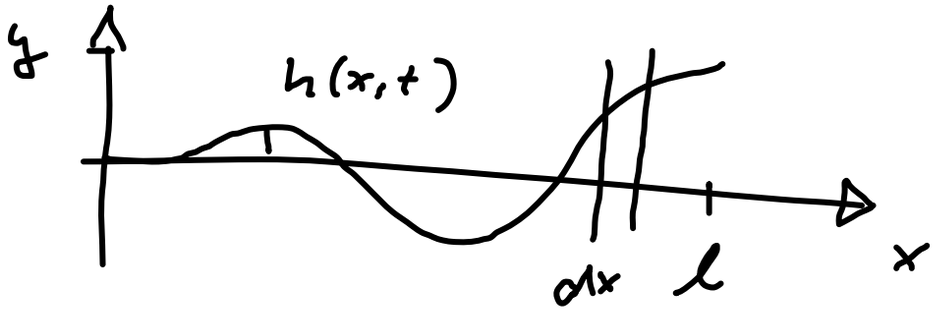
$$\overline{\dot{W}} = \overline{F}\,\overline{u} + \overline{\dot{K}} \quad (+\text{Reibung})$$

$\overline{\dot{K}}$ ist die kinetische Energie pro Zeiteinheit, die im Nachlauf der Fahrzeuge verbleibt.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 6

$$\eta_F = 1 - \frac{\overline{\dot{V}_i}}{\overline{\dot{W}}}$$

Arbeit pro Zeiteinheit $\overline{\dot{W}}$



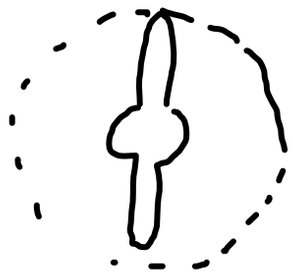
$$d\dot{W} = F_y \frac{\partial h}{\partial t} dx \qquad \text{Arbeit pro Segment } dx$$

$$\dot{W} = \int_0^l F_y \frac{\partial h}{\partial t} dx$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 6



$$A(x)\,\rho = m'(x) \longrightarrow y$$

$$\longrightarrow \frac{\partial h}{\partial t}$$

$$F_y = \frac{D}{Dt}\left(m' w\right)$$

w ist die Strömungsgeschwindigkeit in Y-Richtung.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Biofluidmechanik

Vorlesung 6