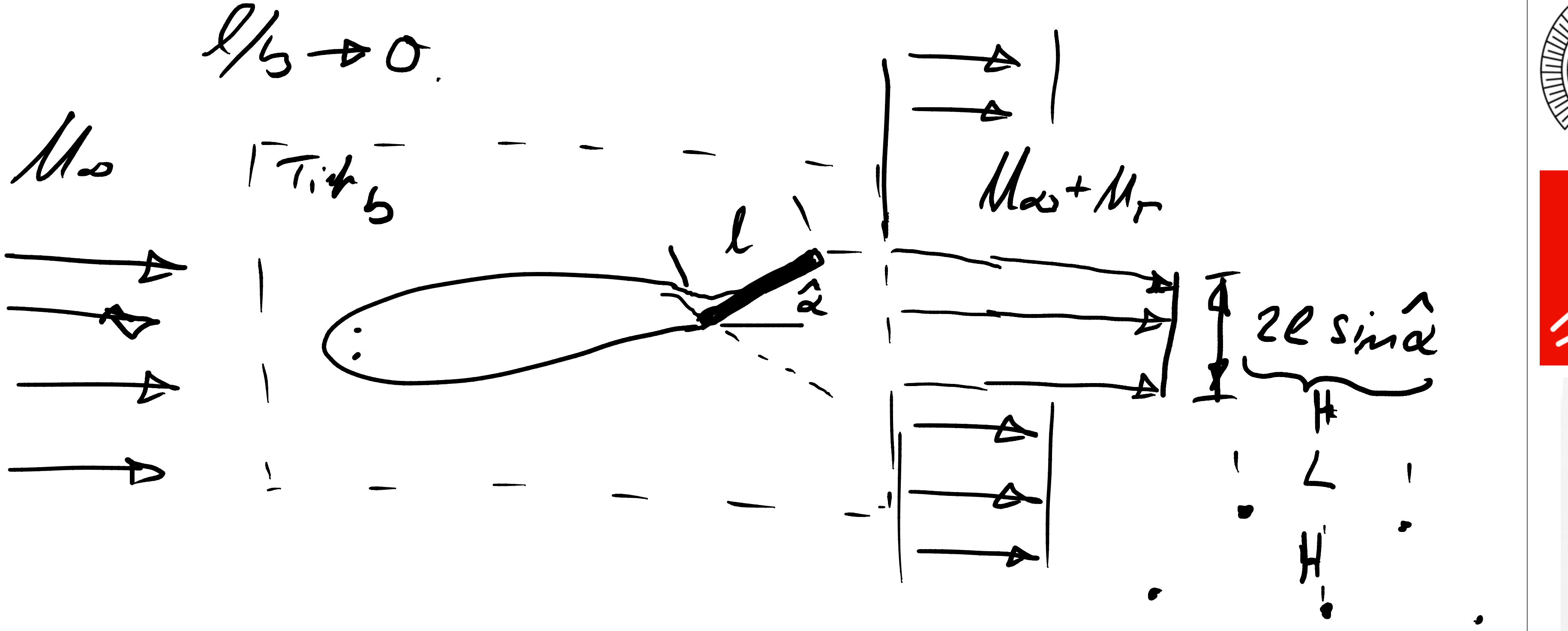
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

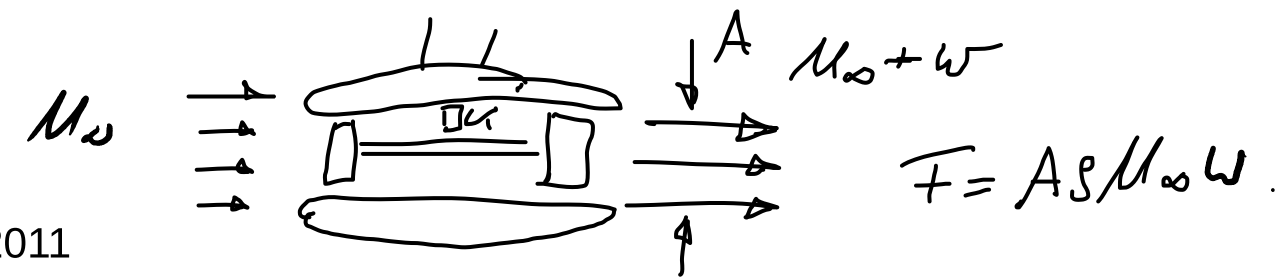
FLUID SYSTEM TECHNIK

$l/b \to 0$.



$$F = 2l \sin\hat{\alpha}\, u_\infty u_\Gamma \rho, \quad \text{mit } u_\Gamma = \frac{\Gamma}{L} \tanh\left(\pi \frac{H}{L}\right)$$

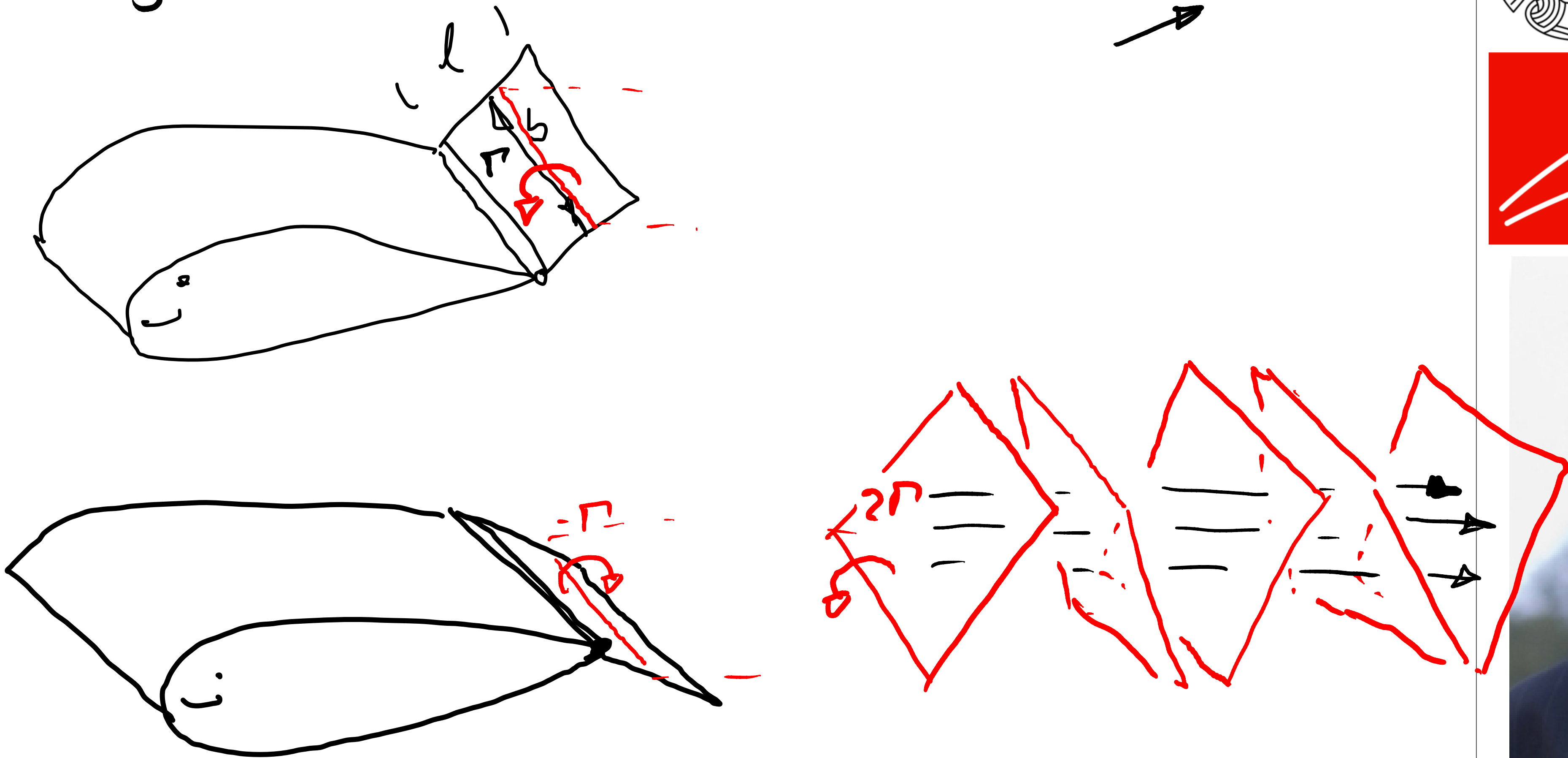
Impulssatz in integraler Form im fischfesten System.



$$F = A \rho u_\infty w.$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

$\frac{l}{b} > \sigma$.

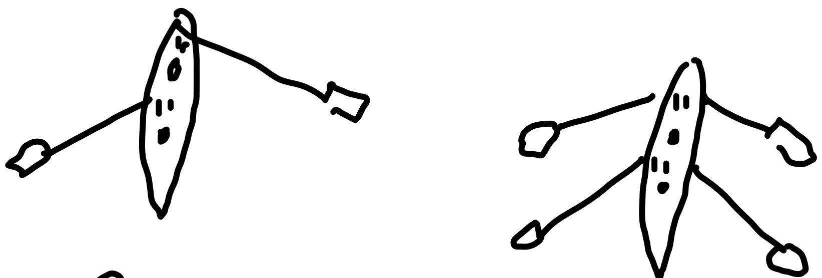


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

Skalierungsgesetz für die Bootsgeschwindigkeit beim Rudern.

Ziel: Skalierungsgesetz für

1. Anzahl der Ruderer
2. Gewicht der Ruderer
3. Geschlecht der Ruderer
4. Antriebsart (Riemenrudern oder Skullen



2-   2x

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

1. Weg Dimensionsanalyse ohne Vorüberlegungen

2. Weg Dimensionsanalyse unter Berücksichtigung des 1. HS.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

Zu 1.

M Bootsgeschwindigkeit

P Leistung eines Ruderers

η Mechanischer Wirkungsgrad des Schiffes

f Schlagfrequenz

g spez. Erdanziehung

k Rauhigkeit der Bootshaut

l Ruderer spezifische Bootslänge.

L Bootslänge

⋮

n Zahl der Ruderer.

m Masse eines Ruders.

Archimedes

$$g m = \rho g l^3$$

$$n g m = n \rho g l^3 \sim \rho g L^3$$

$$\leadsto L \sim n^{1/3} l.$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

Dimensionsanalyse im Syst.

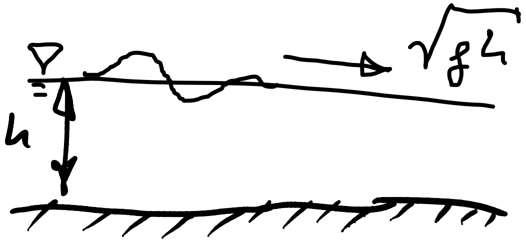
Länge, Masse, Zeit, Zahl der Räder = LMTN

Viskosität

	ηP	f	g	k/L	l	L	ρ	μ	n	μ''
L	2	0	1	1	1	1	-3	1	0	-1
M	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
T	-3	-1	-2	0	0	0	0	-1	0	-1
N	-1	0	0	0	$-\frac{1}{3}$	0	0	0	1	0

$$\Pi_1 = \frac{\eta P n^{1/3}}{\rho \mu^3 l^2} := \nu \; ; \qquad \Pi_2 = \frac{\rho \mu L}{\mu} = Re \; ; \qquad \Pi_4 = \frac{f L}{\mu} := \varphi$$

$$\Pi_3 = \frac{\mu}{\sqrt{gL}} = Fr$$



Fr Froudsche Zahl,

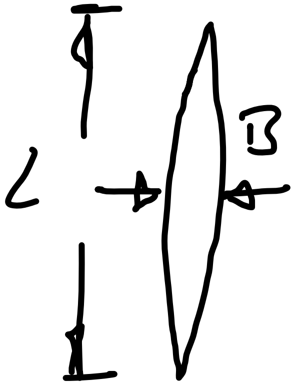
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

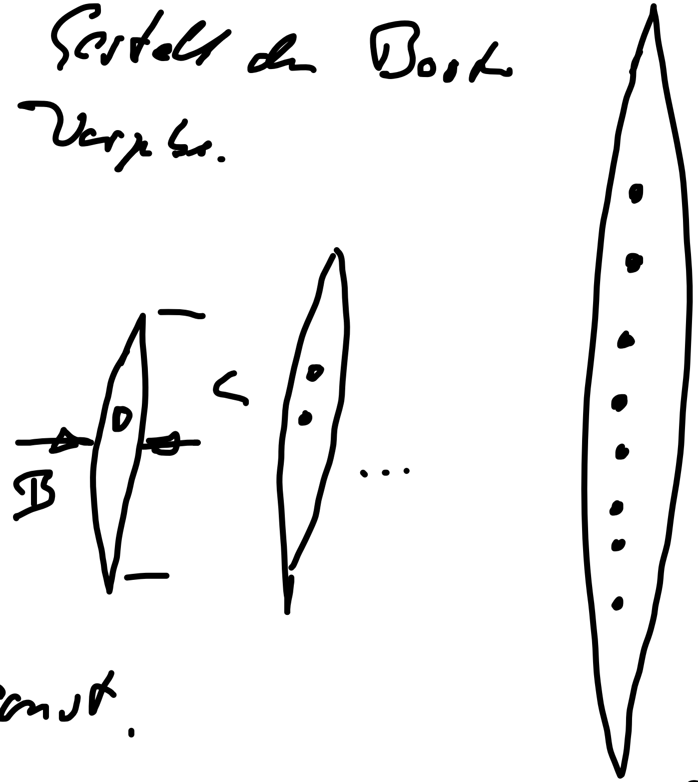
$$\frac{\eta P n^{1/3}}{\varrho u^3 l^2} := \nu = \nu\left(Re, \varphi, Fr, \frac{k}{L}, \frac{B}{L}, \dots\right)$$

Geometrische Verhältnisse K_i, die die Gestalt der Boote beschreiben.



Annahme McMahon 1971: $\boxed{\nu \approx \text{const},}$

d.h. $\frac{B}{L} \neq f(n)$



$$\Rightarrow \quad u = \frac{(\eta P)^{1/3}}{\varrho^{1/3} l^{2/3}} n^{1/3} \; \text{const.}$$

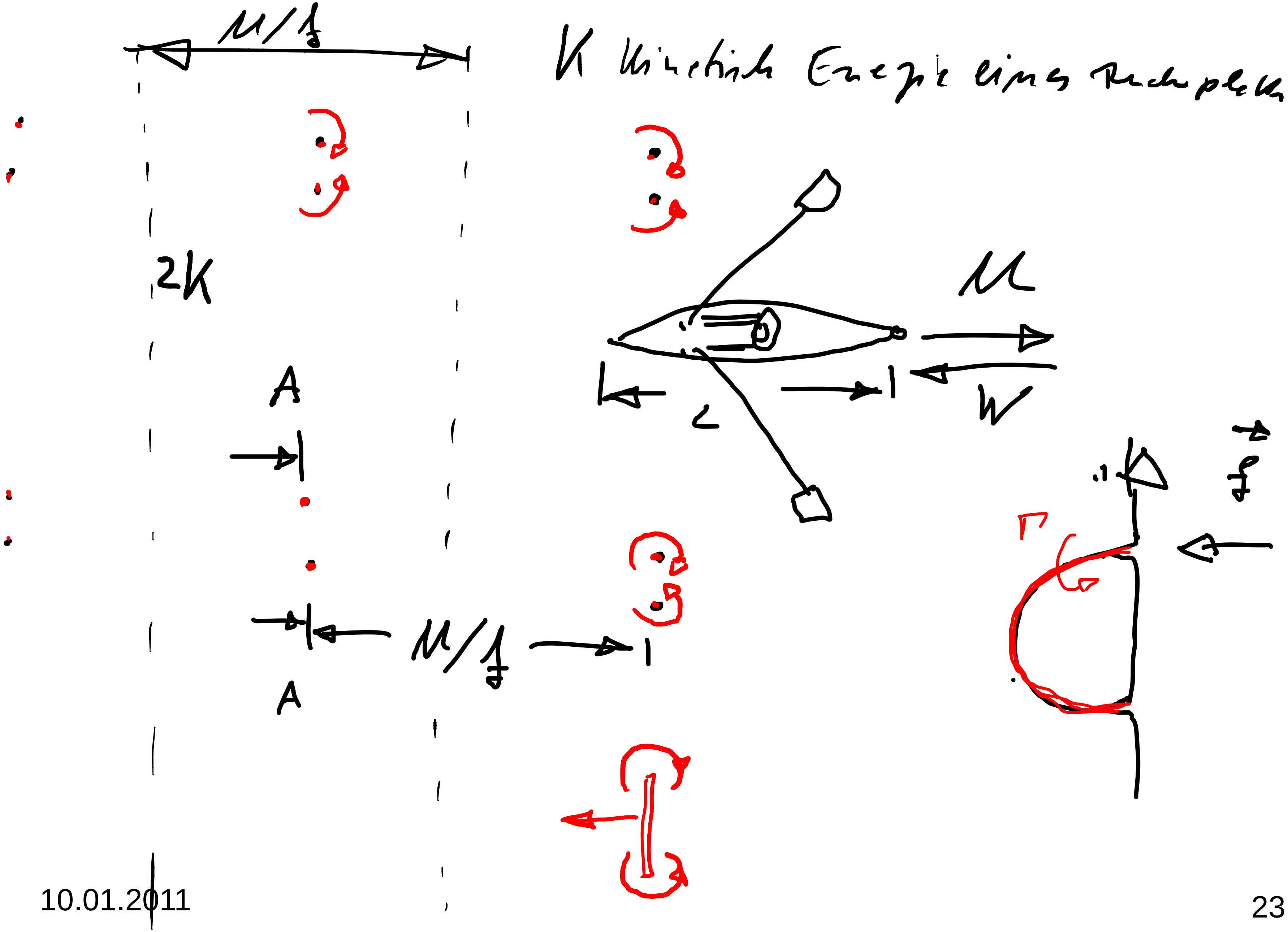
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

Zu 2 Dimensionsanalyse + 1HS + Widerstandsprinzip.

K kinetische Energie eines [illegible]



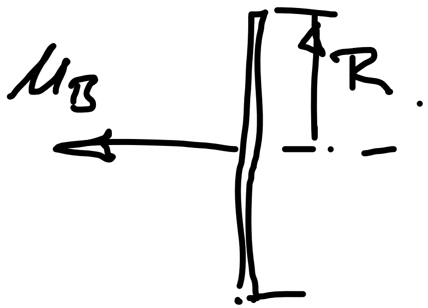
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

$$K = \frac{4}{3} \rho R^3 u_B^2$$

G. I. Taylor.



Nutzleistung $P_N = W u$

Verlustleistung $P_V = i K f$

$i = 1$ Riemen

$i = 2$ Skulls.

$$\underbrace{n \eta P}_{\text{mechanische Antriebsleistung}} = W u + n i K f.$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

Zur Widerstandskraft.

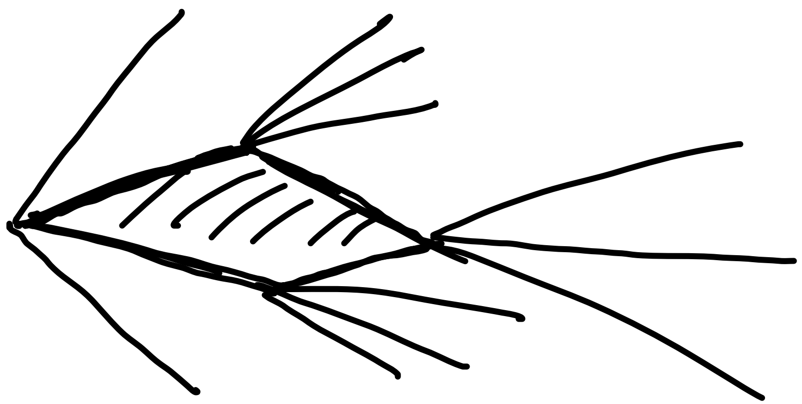
$$W = F_R(\rho, \mu, u, L, k) + F_W(\rho, g, u, L, H)$$

$$= \frac{1}{2}\rho u^2 L^2 \left[c_R(Re, k/L) + c_W(Fr, H/L) \right].$$

H Wassertiefe.

Froudsche Hypothese

Additive Aufspaltung von Reibungs- und Wellenwiderstand.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

$$\eta \eta P = \frac{\varrho}{2} u^3 L^2 \left[c_R(Re, h/L) + c_W(Fr, H/L) \right] + n i K f .$$

Annahme.

$$\left. \begin{array}{l} c_R \approx const \\ c_W \approx const. \\ n i K f \ll \frac{\varrho}{2} u^3 L^2 \end{array} \right\} \quad u \sim n^{\frac{1}{3}}$$

McMahon 1971.

$$P = \varepsilon m^{3/4}$$ Kleibergesetz.

ε Kleiberkonstant.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Messdaten

Siegerzeiten von Olympischen Spielen

" " Weltmeisterschaft.

für

	Leichtgewicht	Schwergewicht
Männer	70 kg.	95 kg
Frauen	57 kg.	73 kg.

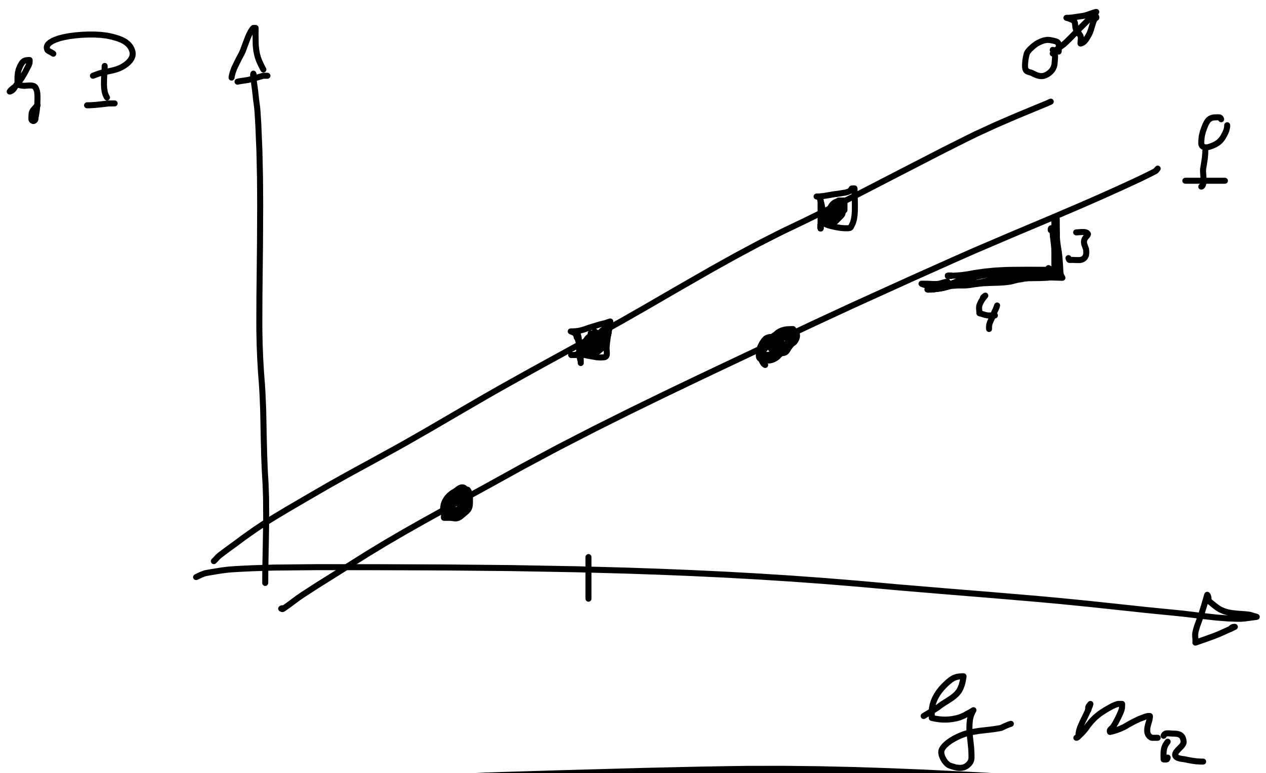
$\rightsquigarrow \varepsilon = 12.61 \frac{W}{kg^{3/4}}$

$\varepsilon = 10.34 \frac{W}{kg^{3/4}}.$

$$\eta P = \varepsilon m^{3/4}$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15



$$\frac{U}{U'} = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}\right)^{1/3} \left(\frac{\eta_{Fr}}{\eta'_{Fr}}\right)^{1/3} \left(\frac{n}{n'}\right)^{1/9} \left(\frac{m_R}{m_R'}\right)^{1/36}$$

Schalt. $\eta_{Fr} = 92..95\%$ Riemen: $\eta_{Fr} = 80..87\%$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Biofluidmechanik
Vorlesung 15