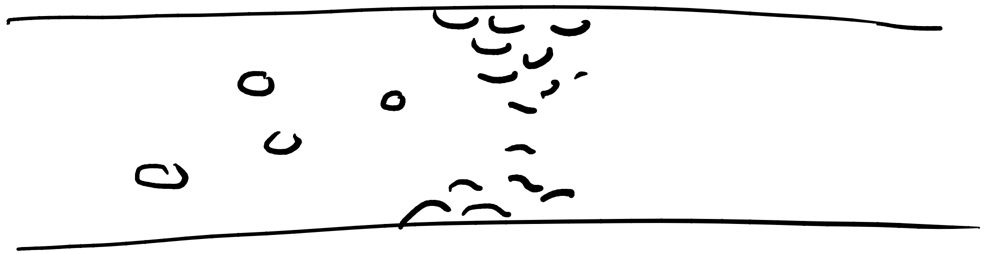


$$\eta_F = \frac{\overline{F u}}{\overline{\dot W}} = 1 - \frac{\overline{\dot K}}{\overline{\dot W}}$$

→ über den 1. HS.

1. HS: $\overline{\dot K} = \overline{\dot W} - \overline{F u}$ vgl. Artikel Speed of Rowing Append. A

$$\overline{\frac{\rho}{2} w^2(l,t) A(l) \cancel{u}} = \overline{\frac{\partial h}{\partial t}\Big|_l (\rho w A)_l \cancel{u}} - \overline{F \cancel{u}}$$

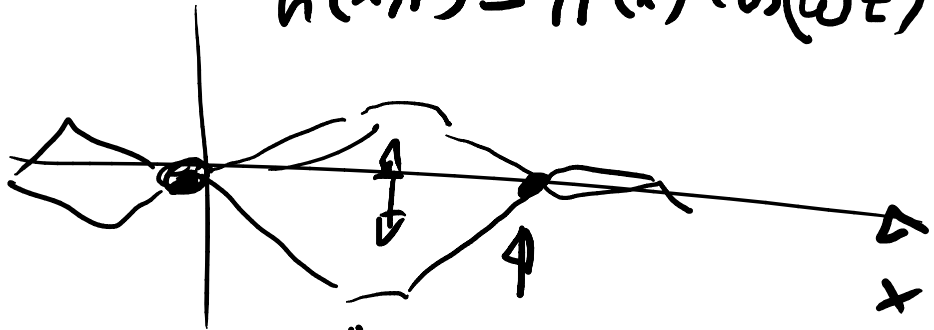
Fluß der kinetischen Energie   Widerstandskraft.

$$\Leftrightarrow \overline{F} = \rho A(l) \left\{ \overline{\frac{\partial h}{\partial t} \underbrace{\left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x}\right)}_{w}} - \overline{\frac{1}{2}\left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x}\right)^2} \right\}$$

$$\Rightarrow \eta_{Fr} = 1 - \frac{1}{2}\,\frac{\overline{\left(\frac{\partial h}{\partial t} + u\,\frac{\partial h}{\partial x}\right)_e^2}}{\overline{\frac{\partial h}{\partial t}\left(\frac{\partial h}{\partial t} + u\,\frac{\partial h}{\partial x}\right)_e}}$$

$$h(x,t) = H(x)\cos(\omega t)$$

$$\eta_{Fr} = 1 - \frac{1}{2}\,O\!\left(\frac{\omega}{\frac{\partial h}{\partial t}}\right)$$



„Bauch“

Knoten

stehende Welle.

1. $\omega \ll \frac{\partial h}{\partial t} \leadsto \eta_{Fr} \to 1$!

2. ω und $\frac{\partial h}{\partial t}$ müssen gleichphasig sein !

Untersuchung verschiedener Bewegungsformen

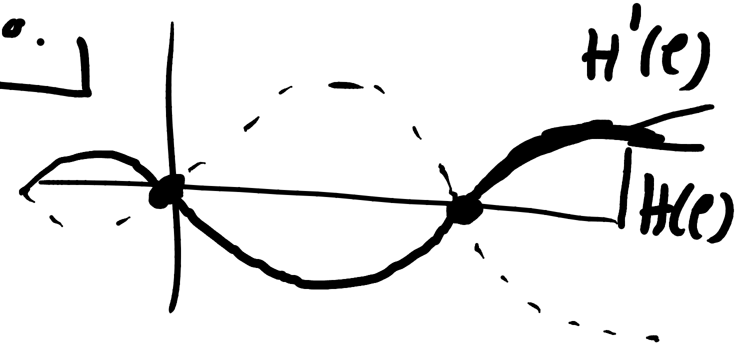
1. stehende Welle

$$\frac{\omega H(\ell)}{u} = \frac{1}{\lambda}$$

$$h(x,t) = H(x)\cos\omega t$$

$$\lambda = \frac{u}{\omega H(\ell)}$$ Fortschrittsgrad / Advance Ratio.

$$\to \eta_{Fr} = 1 - \frac{1}{2}\,\frac{\left(\frac{\omega H(\ell)}{u}\right)^2 + H'(\ell)^2}{\left(\frac{\omega H(\ell)}{u}\right)^2}$$



$$\eta_{Fr\,max} = \frac{1}{2} \quad \text{für} \quad H'(\ell) = 0.$$

2. laufende Welle.

$$h(x,t) = f(x)\,\overbrace{g\left(t - \frac{x}{c}\right)}^{\text{d'Alembertscher Ansatz für eine rechtsläufige Welle}}$$

→ Hyperbolisches System.

g ist eine periodische Funktion $\quad g(\tau) = g(\tau + T)$

c ist die Phasengeschwindigkeit

f Amplitudenfunktion.

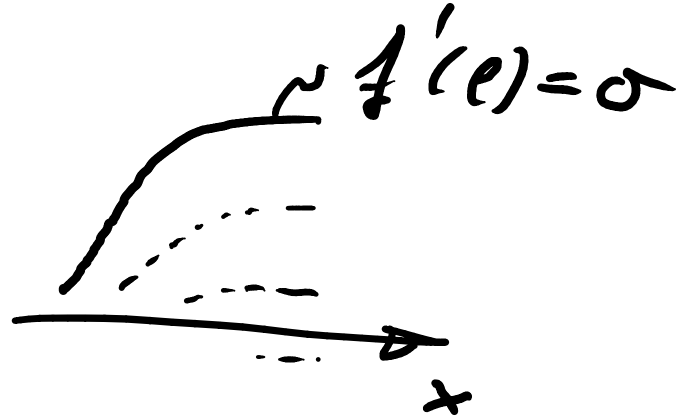
$$\frac{\partial h}{\partial x} = f' g - \frac{1}{c} f g'$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = f g'$$

$$\eta_{Fr} = 1 - \frac{1}{2}\,\frac{\left(1-\frac{u}{c}\right)^2 \overline{f^2 g'^2} + u^2\,\overline{f'^2 g^2}}{\left(1-\frac{u}{c}\right)\overline{f^2 g'^2}}$$

Spezialfall $\longrightarrow$

$$f'(e) = 0 \quad \hat{=} \quad H'(e) = 0$$

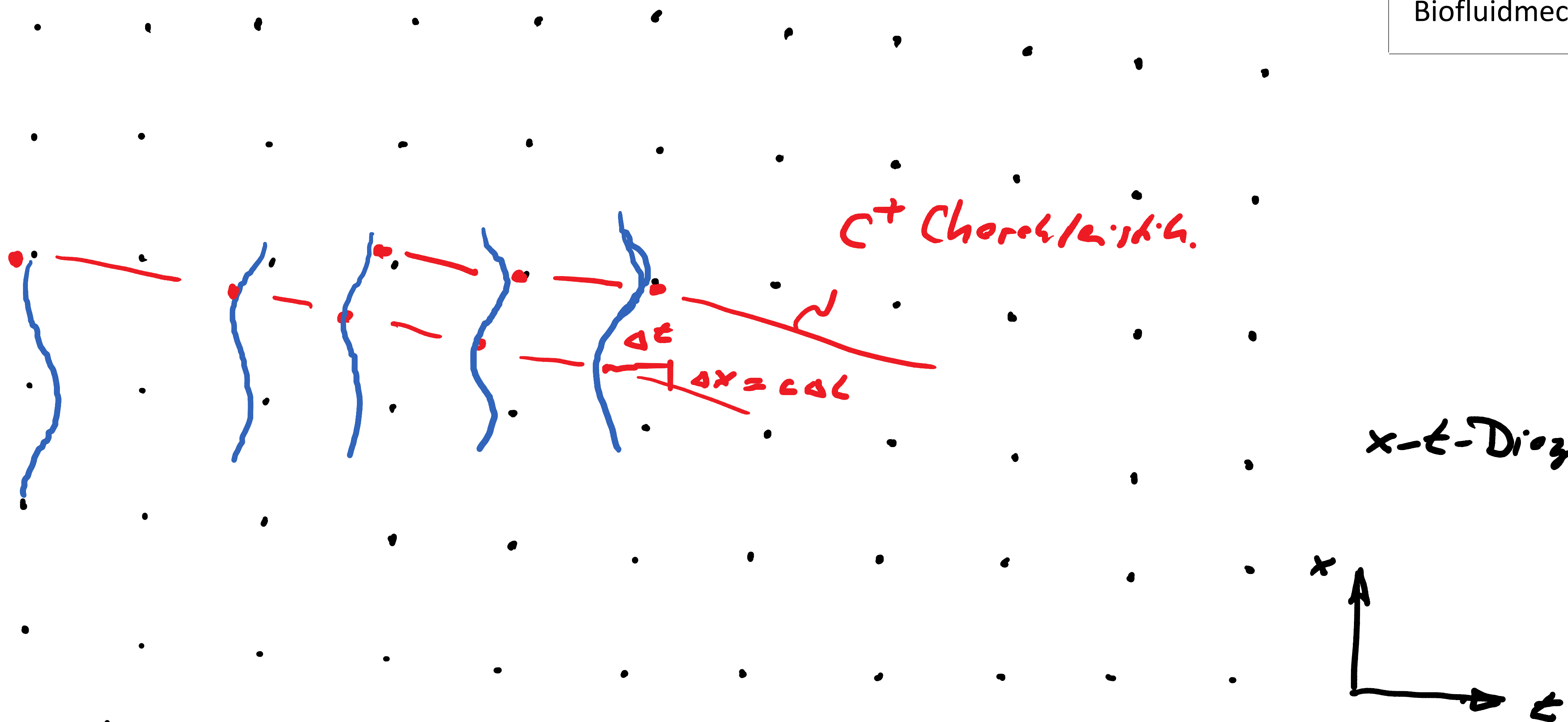


$$\eta_{Fr} = 1 - \frac{1}{2}\left(1-\frac{u}{c}\right) = \frac{1}{2}\left(1+\frac{u}{c}\right)$$

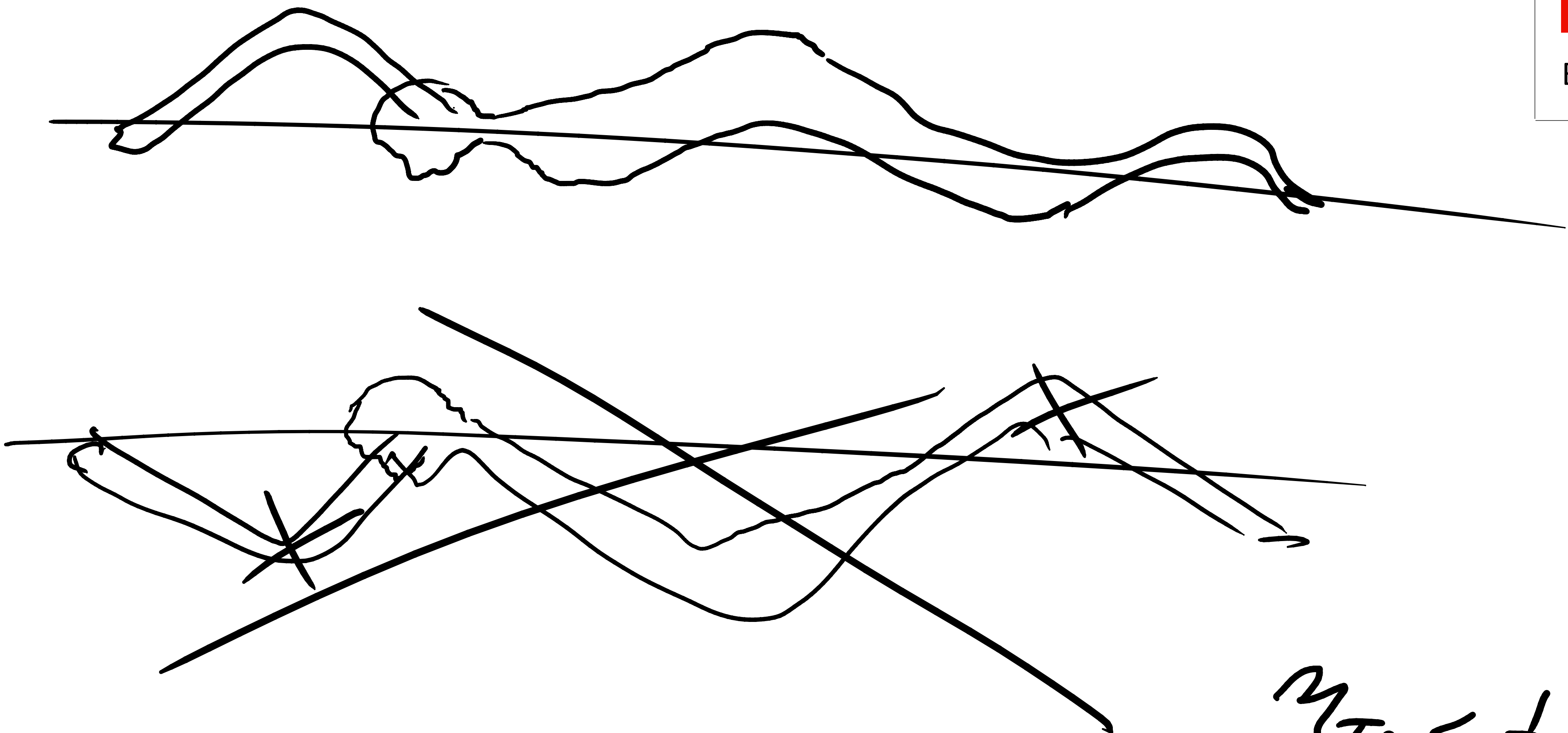
$\frac{u}{c} = \lambda$ Fortschrittsgrad

$$\left.\begin{array}{l} c = 1.25\,u, \text{ d.h.} \\ \lambda = \frac{4}{5} = 0.8 \end{array}\right\} \eta_{Fr} = \frac{9}{10} = 0.9$$

Gray 1968 Journal of Animal Locomotion.



$\Delta t = .03$ sec



$$\eta_{Fr} < \frac{1}{2}.$$

⊕ 1. HS / zeitliche Richtung.

⊕ Umgang mit virtueller Masse

⊕ Einfaches Ergebnis → Regeneration Energie.

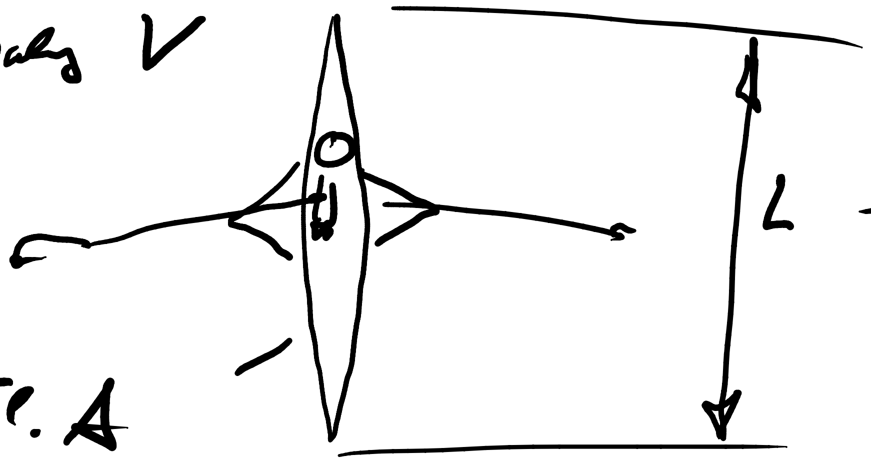
→

Speed of Rowing

1. Ruderboote sind zueinander geometrisch ähnlich.

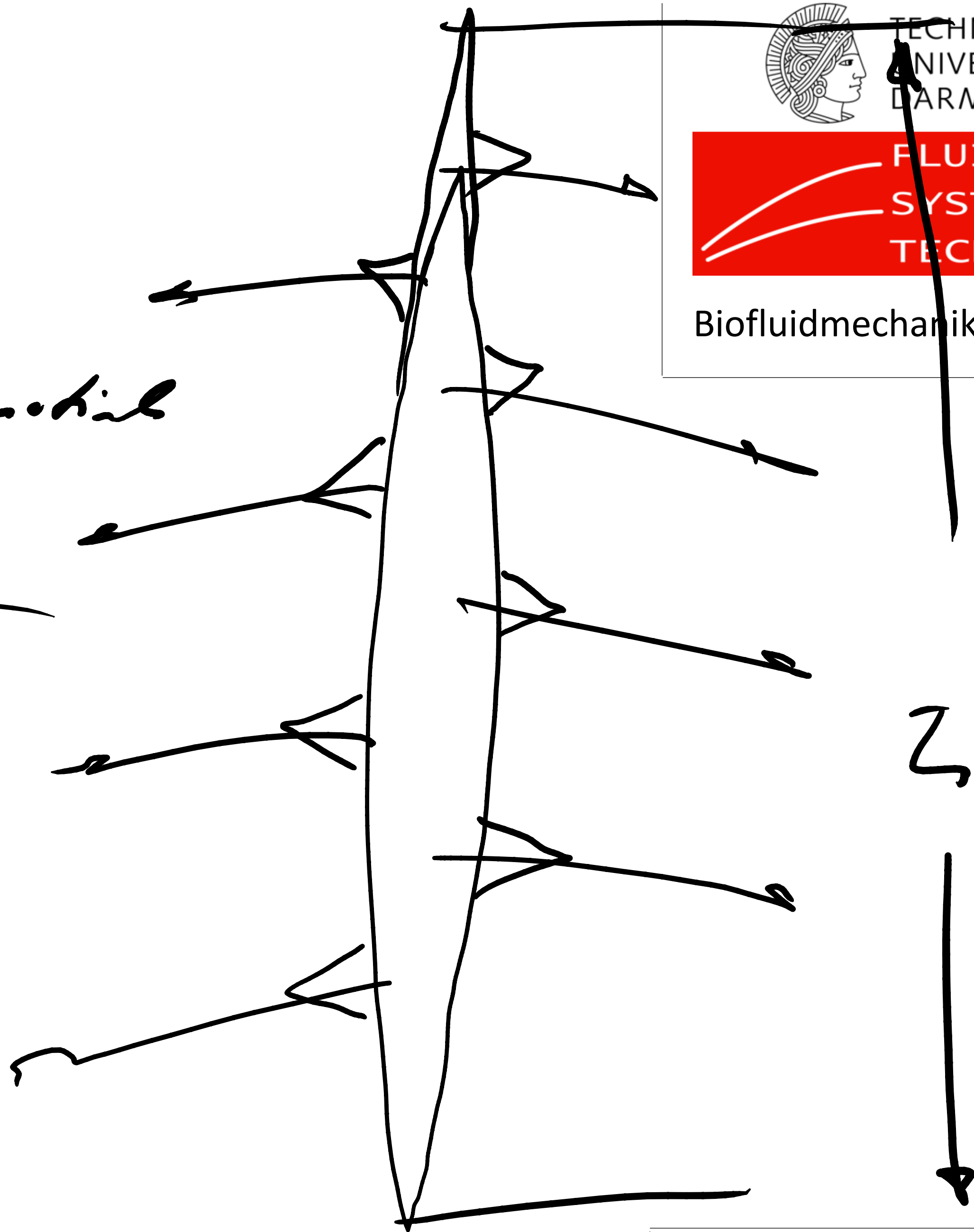
Verdrängungsvolumen V

benetzte Fl. A



$N=1$

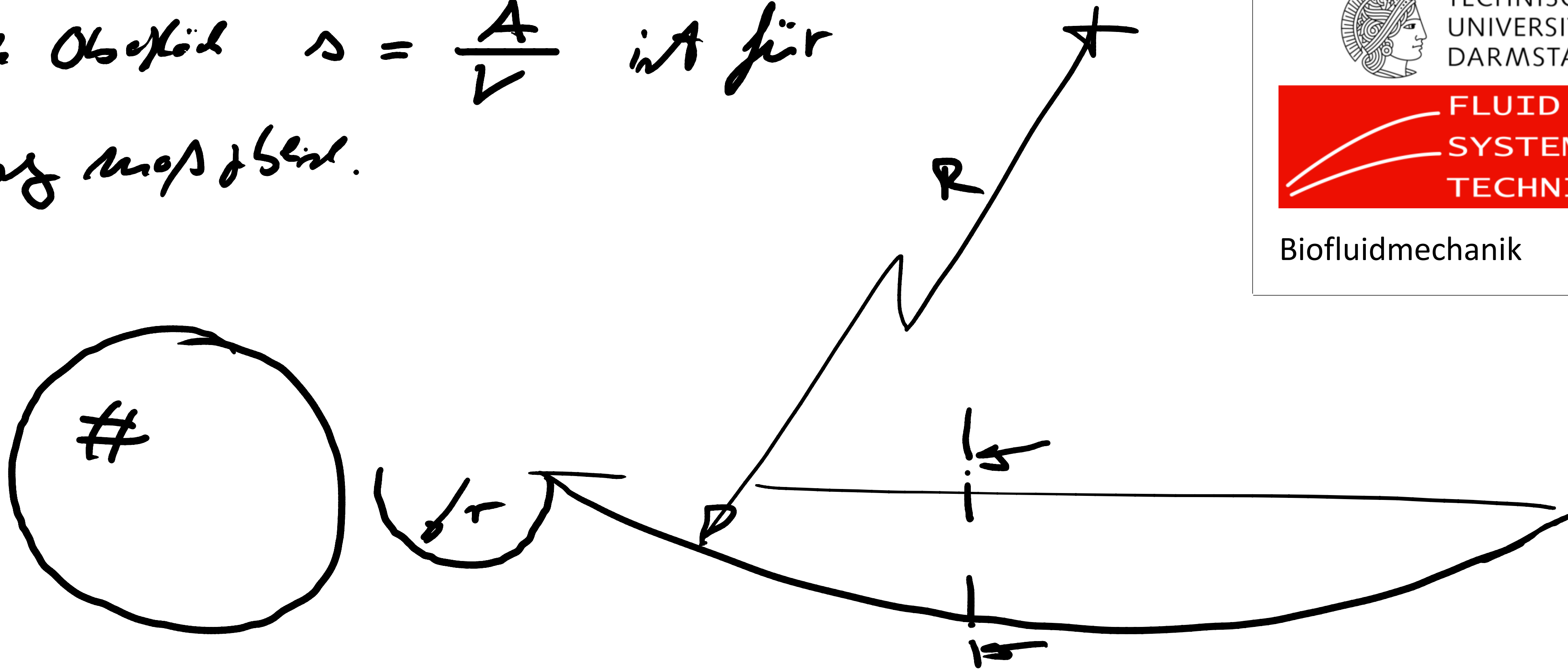
$$\mathcal{K} = \frac{A}{V^{2/3}} \approx 11.6$$



$N=8$

$\mathcal{K} = 12.6$

spezifische Oberfläche $s = \frac{A}{V}$ ist für die Reibung maßgeblich.



s wird minimal für eine Kugel.

Gesamtwiderstand

Schlagfr. Wassertief.

$$W = W(u, L, \rho, \mu, g, f, H)$$

$$W = c_D \frac{\rho}{2} u^2 L^2 \qquad c_D = c_D\left(\frac{uL\rho}{\mu}, \frac{u}{\sqrt{gL}}, \cancel{\frac{u}{fL}}, \frac{H}{L}\right)$$

↓ Froudsche Hypothese.

$$c_D = c_f\left(\frac{uL\rho}{\mu}, \text{Gestalt}\right) + c_w\left(\frac{u}{\sqrt{gL}}, \frac{H}{L}\right)$$

$c_D = \text{const}$ für die Ruderboote.

Gesamtwiderstd. = Reibungswiderst. + Wellenwiderstand.

↳ Ruderboote sind geometrisch und physikalisch ähnlich.

Leistungsdichte oder physiologische Qualität der Ruderer.

~~bzw.~~

physiologische Qualität $\overline{P}_0 = \varepsilon \, m^{3/4}$ Kleiber-Gesetz.

oder

Kleiber Konstant.

$$\varepsilon = \frac{\overline{P}_0}{m^{3/4}}$$

od. Allometrische Skalierung..

Lebensdauer $\quad T \sim m^{\frac{1}{4}}$

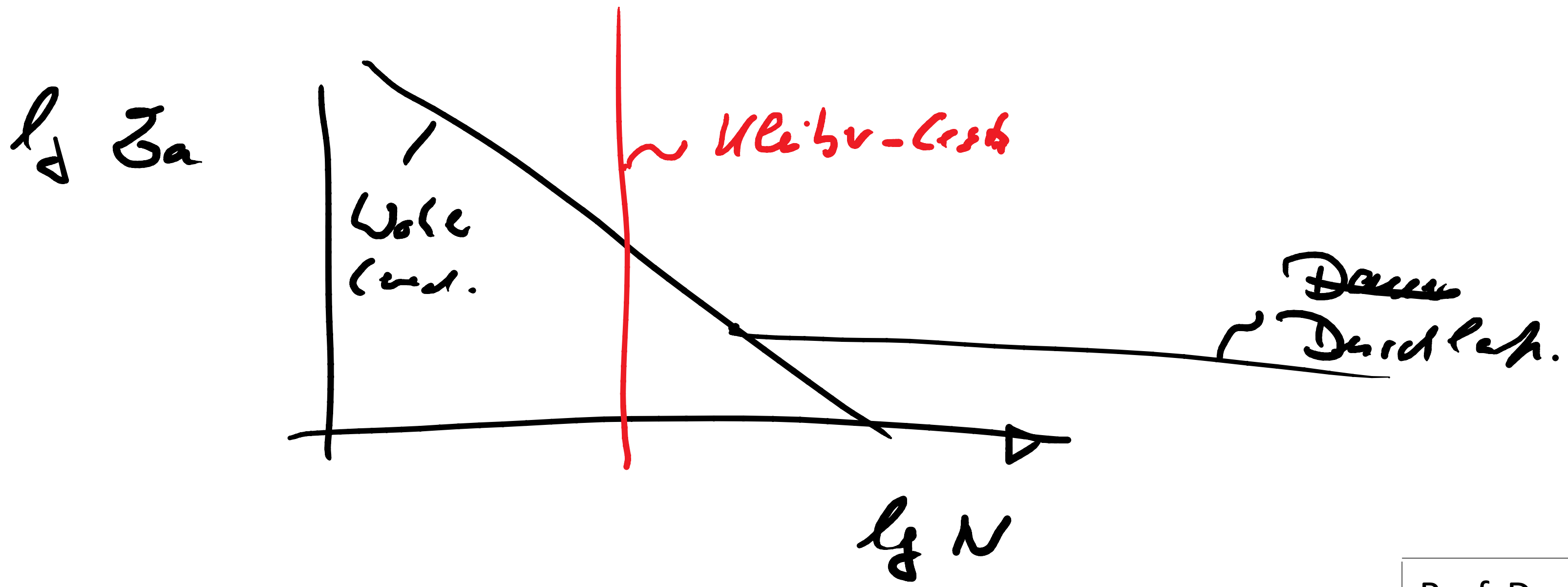
Herzfrequenz $\quad f \sim m^{-\frac{1}{4}}$

$\left.\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}\right\}$ Zahl der Herzschläge

≙ Lebensdauer in Lastspielen

≙ Wöhlerkonzept.

$N = \text{const.}$



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Biofluidmechanik

Zwei unabhängige Zugänge:

1.) Dimensionsanalyse

2.) 1. HS.

$$[\rho] = M^1 L^{-3}$$

$$[n] = N^1$$

$$[\bar{u}] = L^1 T^{-1}$$

$$[\varepsilon] = \left[\frac{\bar{P}_0}{m^{3/4}}\right] = \frac{ML^2/(T^3 N)}{(M/N)^{3/4}} = M^{1/4} L^2 T^{-3} N^{-\frac{1}{4}}.$$

Zu 1.) $\bar{u} = fn(\varepsilon, m, \rho, n)$

physiologische Qualit. — Masse — Zahl der Ruderer

Basisgrößen $[LMTN]$ $\quad [m] = M^1 N^{-1}$

	$\bar{\mu}$	ε	m	ρ	n
L	1	2		-3	
M		1/4	1	1	
T	-1	-3			
N		-1/4	-1		1

$$\Pi = \frac{\bar{\mu}\,\rho^{1/3}}{\varepsilon^{1/3}\, m^{1/36}\, n^{1/9}} = \text{const}\left(\text{Qualität der Borste, Qualität der Propellerwirkung}\right)$$

$$\bar{u} = \left(\frac{2}{\mathcal{K}\,\bar{c}_D}\right)^{1/3}\left(\frac{2\lambda}{1+\lambda}\right)^{1/3}\eta^{\frac{1}{3}}\,\underbrace{\varepsilon^{\frac{1}{3}}\,m^{\frac{1}{36}}\,n^{\frac{1}{3}}\,\varrho^{-\frac{1}{3}}}$$

$\eta_{Fr,opt}$

Hydrodynamische Qualität des Bootes.

Qualität der Propulsion

Qualität der Bewegung.

1. HS oder Dimensionsanalyse

1. HS + physikalisches Modell für die Reibung