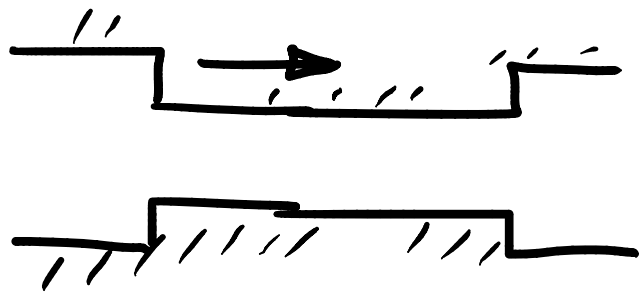
Druckziffer $\quad \Pi = \dfrac{p_2 - p_1}{12\,\mu\,\ell_0 V}\,\dfrac{h_0^3}{h}\,\dfrac{1}{H}$

Durchflußziffer $\quad \varphi = \dfrac{U}{V}\,\dfrac{1}{H}$

Wirkungsgrad $\quad \eta = \dfrac{(p_2 - p_1)\,U h}{F V}$

$\vec{F} \cdot \vec{V} > 0$



Algebra.

Kennlinie

$$\boxed{\Pi = 1 - \frac{\varphi}{\varphi_0}} \quad ,$$

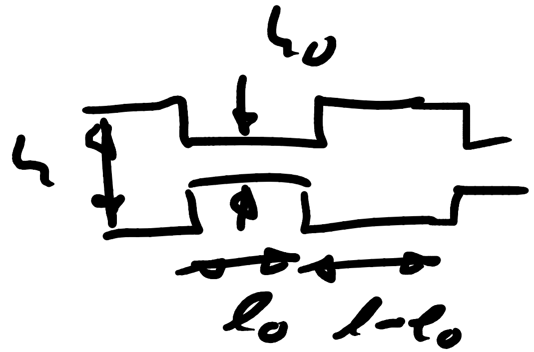
nun f die Abhängigkeit

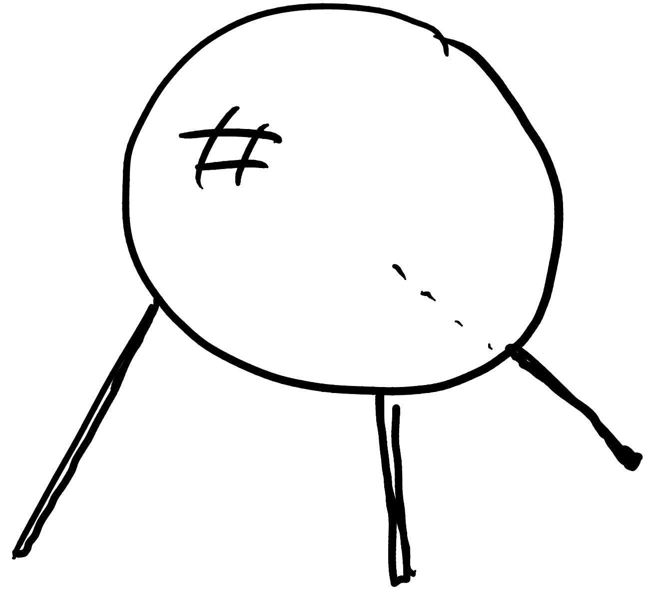
$$\varphi_0 = \frac{(h/h_0)^3\, l_0/l}{1 + \left(\frac{h}{h_0}\right)^3 \frac{l_0}{l}}$$

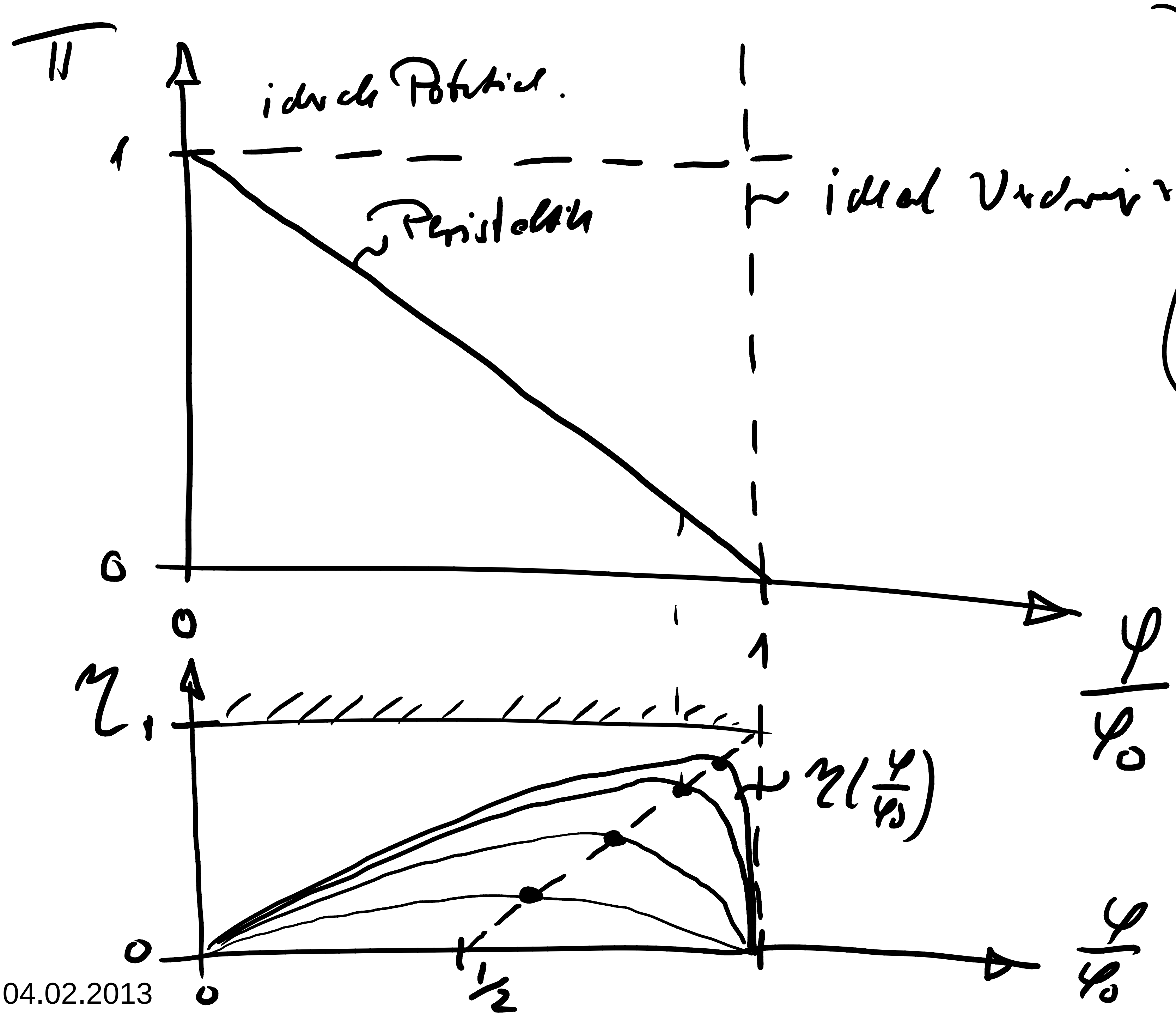
dimensionslose Gestaltparameter.

$$\boxed{\eta = \frac{1}{\varphi_0}\,\frac{\varphi - \varphi_0}{\varphi - 1}}$$

Wissenschaft muss schön sein !?







$$\varphi_{opt} = 1 - \sqrt{1-\varphi_0}$$

$$\Pi_{opt} = 1 - \frac{1-\sqrt{1-\varphi_0}}{\varphi_0}$$

$\triangleright$ Turbomaschine

$\rightsquigarrow$ Cordier-Diagramm

$$n = n(Q, gH)$$

$\leftrightarrow \sigma$ $\triangleleft$

Schnelllaufzahl $\sigma_{opt} = V \frac{h - h_0}{Q} = \frac{1}{\varphi_{opt.}}$ ✓

Durchmesserzahl $\delta_{opt.} = l_0 \frac{12 \mu Q}{\Delta p \, h_0^3} = \left(\frac{\varphi}{\pi}\right)_{opt.}$ ✓

$\triangleright$ Turbo

$d = d(Q, gH) \rightsquigarrow \delta$ $\triangleleft$

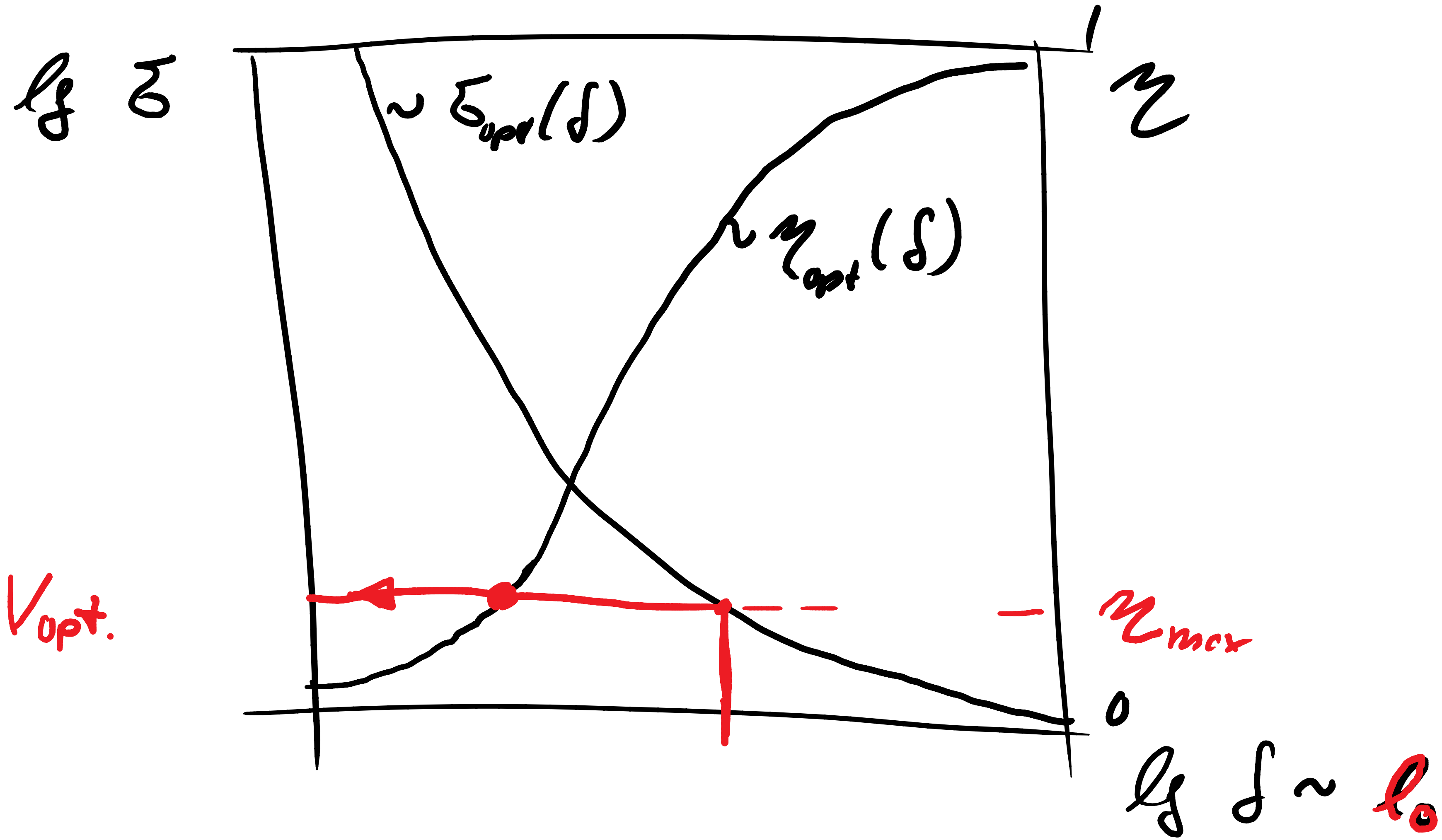

lg ζ
$\sim \zeta_{opt}(\delta)$
$\sim \eta_{opt}(\delta)$
1
η
$V_{opt.}$
η_{max}
0
lg δ ~ l_0

Fig. 5

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Biofluidmechanik

⇝ Druckverlust

⇝ Wie funktioniert Peristaltik.

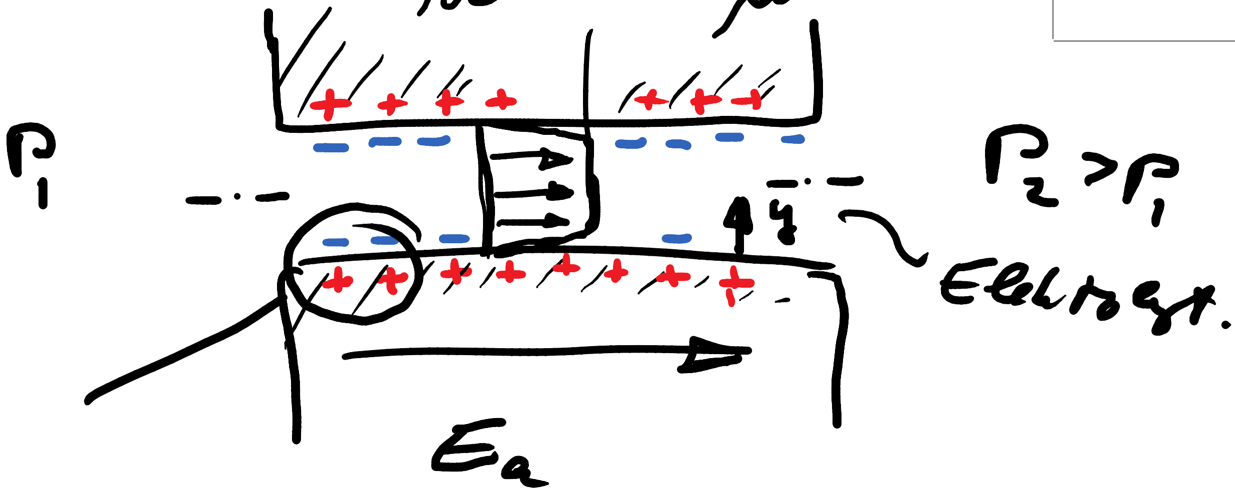
⇝ „Reiz der Abstraktion“[4]

Elektrokinetische Transportprozesse | Helmholtz-Smoluchowski Gleichung

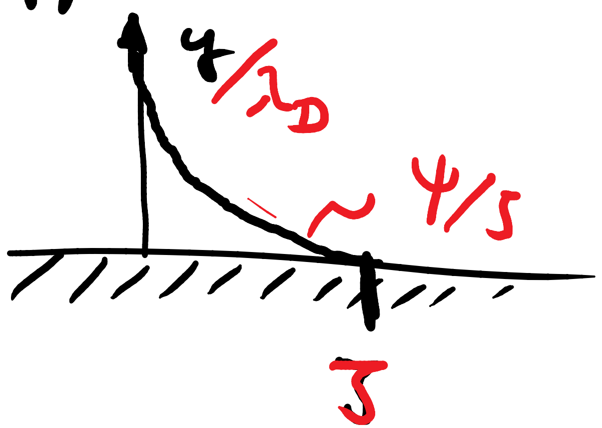
→ spez. Elektroosmose.

1. Elektroosmose

$$u = E_a \frac{\varepsilon \zeta}{\mu} \quad \text{für } p_2 = p_1$$



Doppelschicht



ζ ist eine Eigenschaft der Phasengrenze.

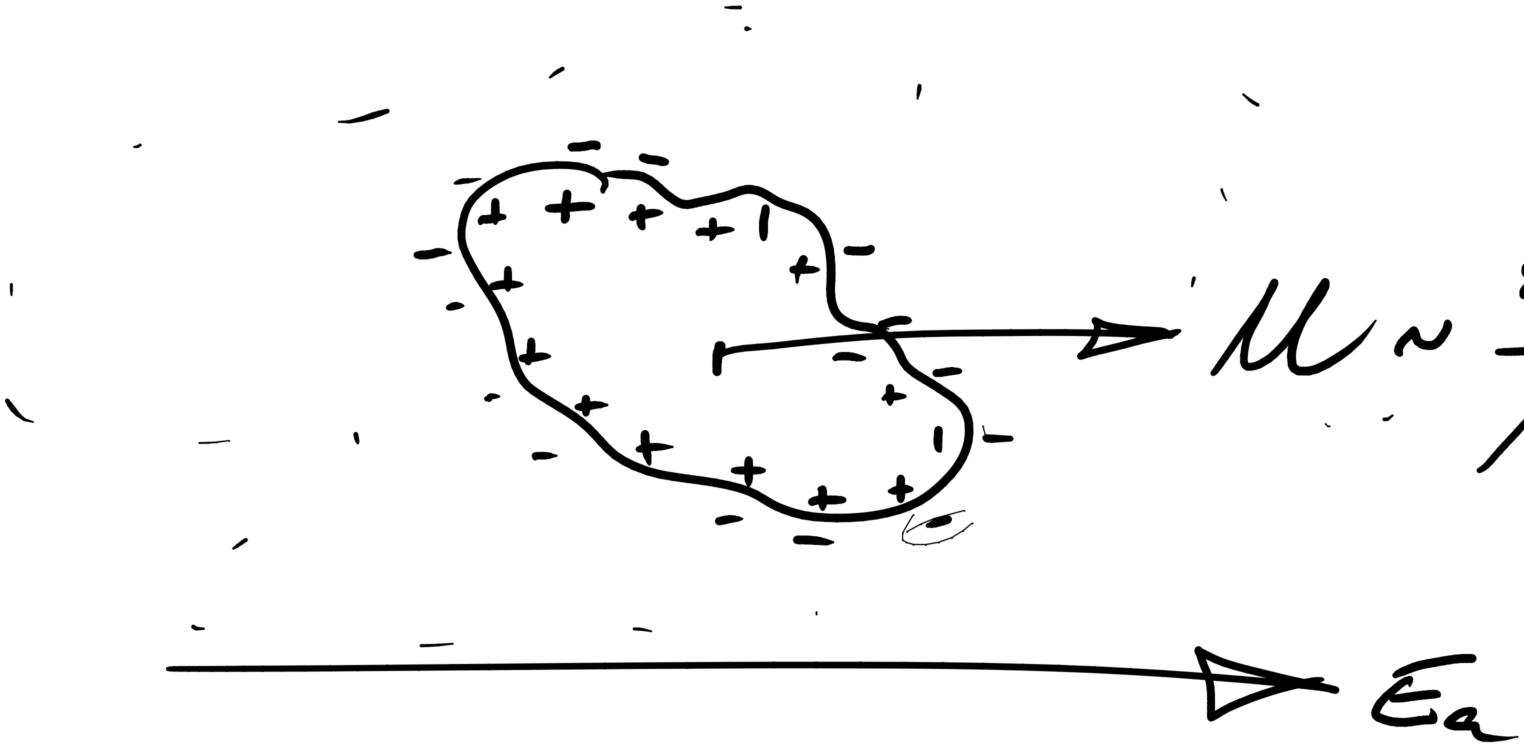
μ dynamische Viskosität

E_a aufgeprägte elektr. Feldstärke

ε Dielektrizität

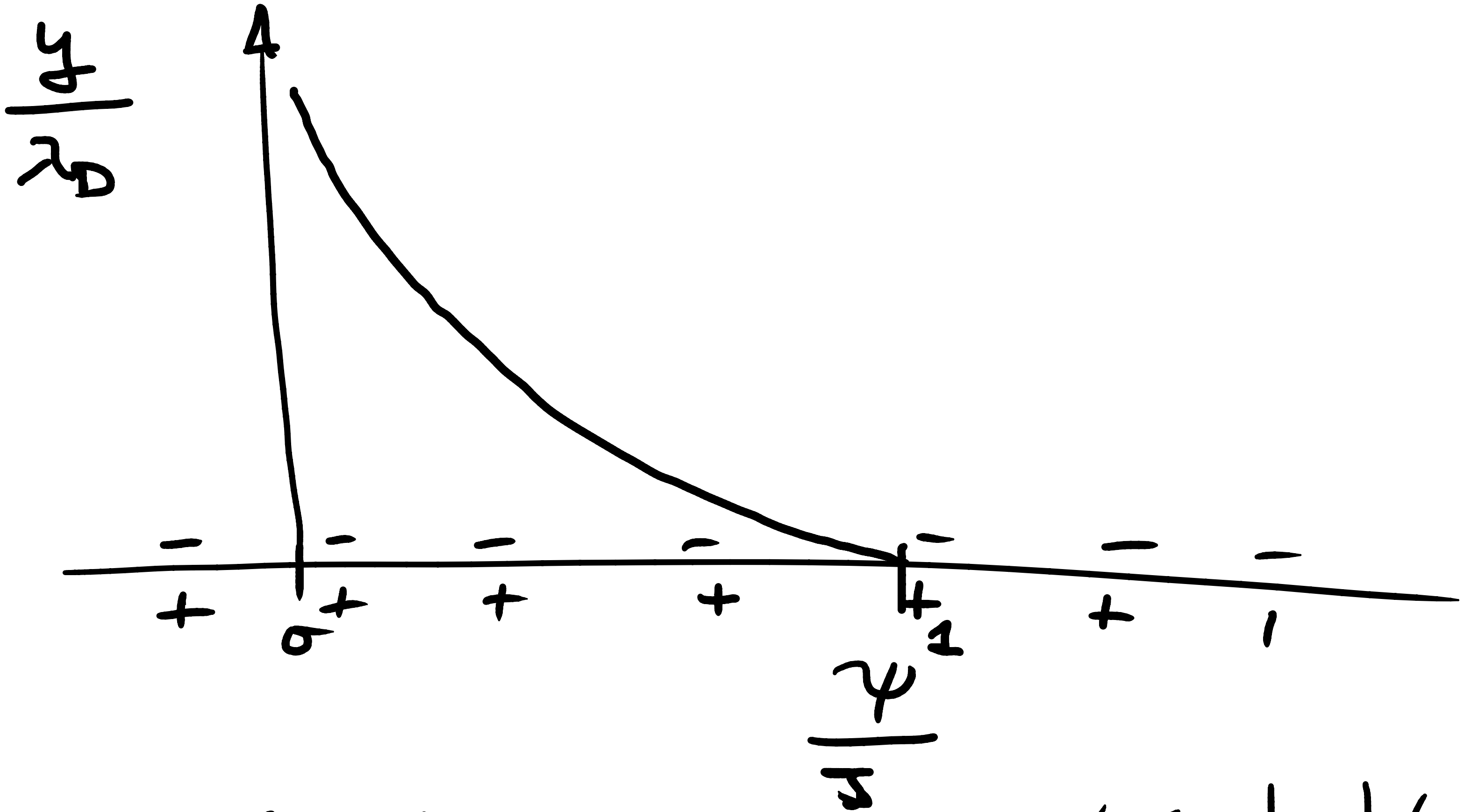
ζ Zeta-Potential

2. Elektrophorese.



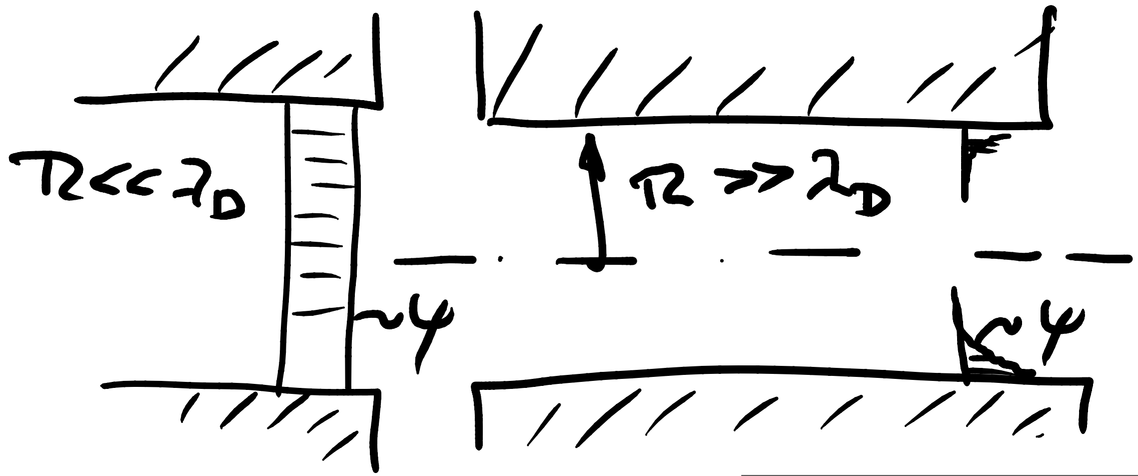
$$U \sim \frac{\varepsilon \zeta}{\mu} E_a$$

► Stabilität von Suspensionen



λ_D Debeysche Abschirmlänge

$$\lambda_D := \sqrt{\frac{\varepsilon R T}{2 (z F)^2 c_0}}$$



Literaturempfehlung

▷ Probstein — Physicochemical Hydrodynamics

▷ Levich — Physicochem. Hydrodyn.

Landau..

Warum kommt es zu einer Flüssigkeitsbewegung bei Anlegen eines Feldes

Bewegungsgleichung

$$\underbrace{\rho \frac{D\vec{u}}{Dt}}_{\approx 0} = \nabla \cdot \underset{\sim}{T} + \underbrace{\rho \vec{g}}_{\approx 0} + \underbrace{\overbrace{\underline{\rho_e \vec{E}}}^{\text{Coulombkraft}} + \overbrace{\cancel{\vec{i} \times \vec{B}}}^{\text{Elektromagnetische Kraft}}}_{\text{Lorentzkraft = Volumenkraft}}$$

$$= \rho_e \left(\vec{E} + \vec{v}_e \times \vec{B} \right)$$

$$\vec{i} := \rho_e \vec{v}_e$$

$$\mu \frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{du}{dr}\right) = \frac{dp}{dx} - \underbrace{\varrho_e E_{ax}}_{\text{Coulombsche Kraft}}$$

Impulsbilanz in axialer Richtg. für ein Newtonsches Fl.

homogene Umstände.

↳ Elektrostatik ⇝ Poissonsche Gleichung der Elektrostatik

1. $\operatorname{rot}\vec{E} = 0$ für $\frac{\partial}{\partial t} = 0$ ⇝ $\vec{E} = -\operatorname{grad}\phi$

$\operatorname{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Faradaysches Gesetz

2. $\mathrm{div}\,\vec{E} = \frac{\rho_e}{\varepsilon}$

Quellen der dielektrischen Versch.. $\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$

sind die Lad.

1. + 2. $\rightsquigarrow$ $\nabla \cdot \nabla \Phi = -\frac{\rho_e}{\varepsilon}$

$$\Delta \Phi = -\frac{\rho_e}{\varepsilon}$$ Poisson Gleichung

- Hydrodynamische Sch.
- Seifenhaut
- Membran
- Torsion
- Rohrströmung

↳ Bewegungsgl.

$$\mu \frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{du}{dr}\right) = \frac{dp}{dx} - \underbrace{\varepsilon \Delta\phi \frac{\partial \phi}{\partial x}}_{\text{Coulombsche Kraft}}$$

ausgedrückt über das elektr. Pot.

Ansatz: Störungsansatz

$$\phi(x,r) = \underbrace{\Phi_a(x)}_{\text{aufgeprägtes Pot.}} + \underbrace{\psi(x,r)}_{\text{Störpot.}}, \text{ mit } -E_a = \frac{d\Phi_a}{dx} \gg \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial \psi}{\partial r}\right) \gg \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}$$

Analog zur Grenzschichttheorie

$$\mu \frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{du}{dr}\right) = \frac{dp}{dx} + \varepsilon \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial\psi}{\partial r}\right)E_a \quad \Big|\; * \, r$$

Integration $\int dr.$

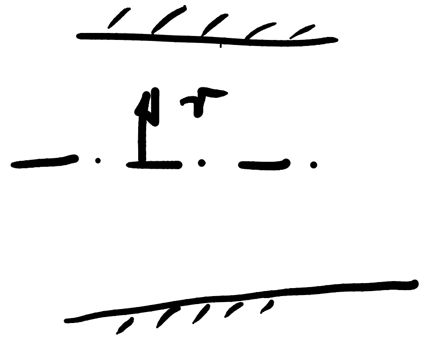
$$\mu \frac{du}{dr} = \frac{1}{2} r \frac{dp}{dx} + \varepsilon \frac{\partial\psi}{\partial r} E_a + \cancel{\frac{f(x)}{r}}$$

so, da $\frac{du}{dr}$ für

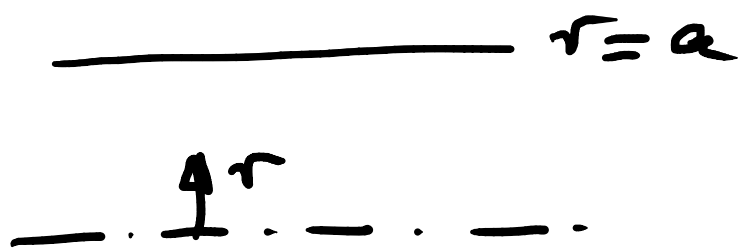
$r \to 0 < \infty$

$\to 0$ aus Symmetrie.

Integrieren $\int dr.$



$$u(r) = \underbrace{\frac{r^2}{4\mu}\frac{dp}{dx}}_{\text{Poiseuille Ant.}} + \underbrace{\frac{\varepsilon\,\psi(r)}{\mu}E_a}_{\text{H-S-Geschw.}} + f(x)$$



Randbedingungen an $r = a$

$u(a) = 0$ Haftbed.

$\psi(a,x) = \zeta(x)$

$$f(x) = -\frac{a^2}{4\mu}\frac{dp}{dx} - \frac{\varepsilon\,\zeta(x)}{\mu}E_a(x)$$

$$u(r) = -\frac{a^2}{4\mu}\frac{dp}{dx}\left[1-\left(\frac{r}{a}\right)^2\right] +$$

Poiseuillescher Anteil

$$+\frac{\varepsilon}{\mu}E_a(x)\left[\underline{\underline{\psi(x,r)}} - \zeta(x)\right]$$

Osmotischer Anteil

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial\psi}{\partial r}\right) = -\frac{\rho_e}{\varepsilon}$$

Poissongleichung lineare Stoßabh.