

# Oberflächenspannung



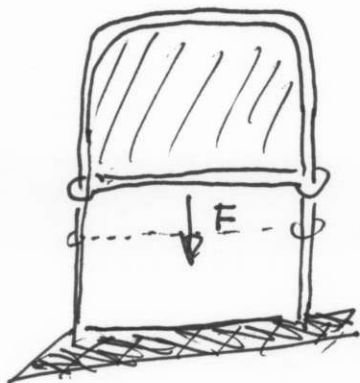
Ein Flüssigkeitsmolekül wird von seinen Nachbar-molekülen angezogen.

Nettokraft im Inneren  $F_R = 0$

An der Oberfläche erfährt ein Molekül eine nach Innen gerichtete "Kohäsionskraft".

$$\boxed{\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta A}}$$

Grenzflächenenergie: Die Arbeit  $\Delta W$ , die aufgewendet werden muß um einen Flächenzuwachs  $\Delta A$  zu erzeugen.



"Lennardbrügel"

Oberflächenspannung

$$\boxed{\tilde{\sigma}_L = \frac{F}{2L}}$$

$$W = F \cdot \Delta s = \varepsilon \cdot 2 \cdot L \cdot \Delta s = \varepsilon \cdot \Delta A$$

$$\boxed{\tilde{\sigma}_L = \varepsilon}$$

Beachte Faktor 2 wegen 2 Seiten!

Beachte Einheit  $\tilde{\sigma} \left[ \frac{N}{m} \right]$  bzw.  $\left[ \frac{J}{m^2} \right]$

$\hat{=}$  Spannung in zwei Dimensionen

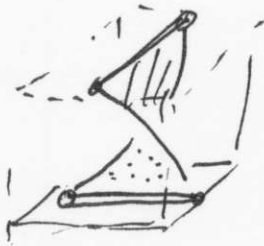
## Minimalflächen

Oberflächenspannung führt zur Minimierung der Oberfläche von Flüssigkeiten

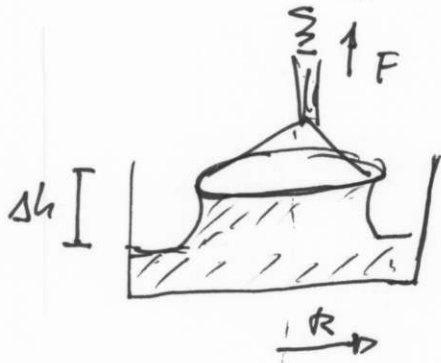
Tropfen : Kugelform

Seifenfilme

Minimalflächen abhängig von den Randbedingungen ab.



# Messung der Oberflächenspannung



$$\Delta W = 2 \cdot \pi \cdot 2R \cdot \Delta h$$

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A} = \frac{F \Delta h}{4\pi R \Delta h} = \frac{F}{4\pi R}$$

Hg	H <sub>2</sub> O	Benzol	
0.471	0.073	0.029	N/m

## Stalagmometer (Tropfen)



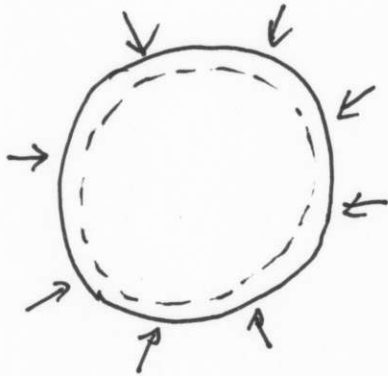
Tropfen reißt ab wenn  $F_G > F_\sigma$

$$F_\sigma = 2\pi R \cdot \sigma$$

$$F_G \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{4\pi}{3} R^3 \cdot \rho_{fl} \cdot g$$

$$V_{\text{Tropfen}} \approx 2\pi R$$

# Binnendruck im Tropfen



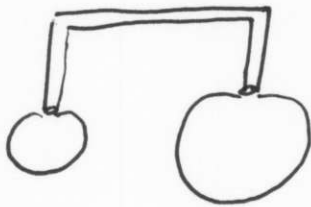
$$p = \frac{2 \cdot \sigma}{r}$$

$$A = 4\pi r^2, \quad \Delta A = 8\pi r \Delta r$$

$$F_\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta r} = \frac{\sigma \Delta A}{\Delta r} = 8\pi r \cdot \sigma$$

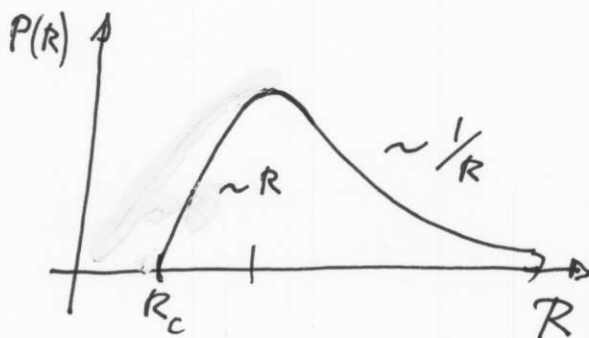
$$p = \frac{F_\sigma}{A} = \frac{8\pi r \cdot \sigma}{4\pi r^2} = \frac{2\sigma}{r}$$

Im Seifenblasen doppelt so groß:  $p_{SB} = \frac{4\sigma}{r}$



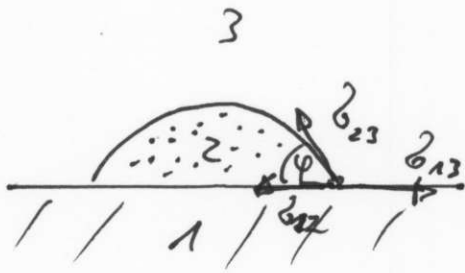
Binnendruck in kleiner Blase größer als in großer Blase!  
VERSUCH

Luftballon und Gummibläse: Zugkraft hängt vom Aufblasezustand ab




"Aufblasedruck eines Luftballons"


# Grenzflächenspannung (Flüssigkeit - Festkörper)

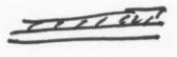


$$\sigma_{12} - \sigma_{13} + (\cos \varphi) \cdot \sigma_{23} = 0$$

$$\cos \varphi = \frac{\sigma_{13} - \sigma_{12}}{\sigma_{23}}$$

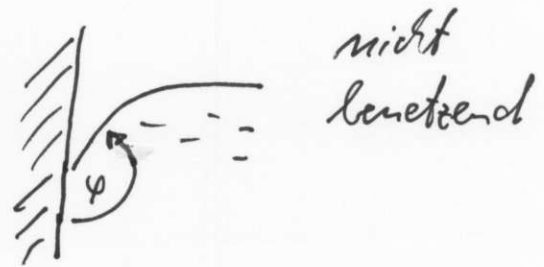
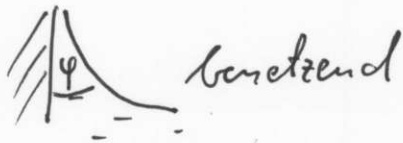
i)  $\sigma_{13} > \sigma_{12} \Rightarrow \cos \varphi > 0$  "benetzend"  $\varphi < 90^\circ$  

ii)  $\sigma_{13} < \sigma_{12} \Rightarrow \cos \varphi < 0$   $\varphi > 90^\circ$   
nicht benetzend 

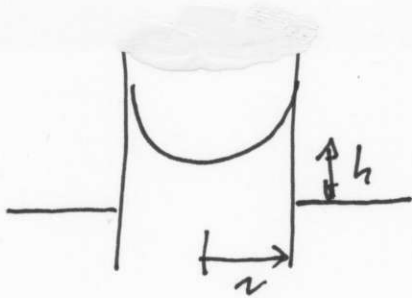
iii)  $\sigma_{13} - \sigma_{12} > \sigma_{23}$  vollständige Benetzung 

# Kapillarwirkung

Flüssigkeit an Gefäßwand  $\rightarrow$  "Randwinkel  $\varphi$ "



Kapillarwirkung im dünnen Rohren



An Rand angreifende Kraft:

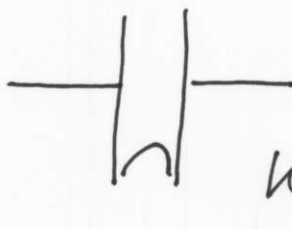
$$3 \cdot \text{Randlänge} = 3 \cdot 2\pi r$$

Gewicht der Flüssigkeitssäule

$$2\pi r^2 h \cdot \rho \cdot g = 3 \cdot 2\pi r$$

$$\frac{2}{r} = 3 \cdot \cos \varphi$$

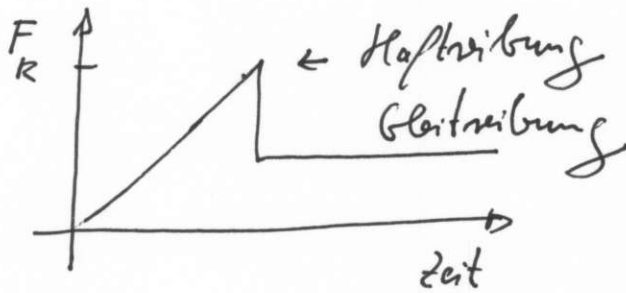
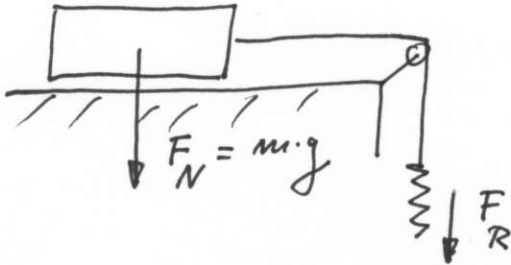
$$\rightarrow h = \frac{2 \cdot 3 \cdot \cos \varphi}{r \cdot \rho \cdot g}$$



(bei nicht benetzenden Flüssigkeiten)

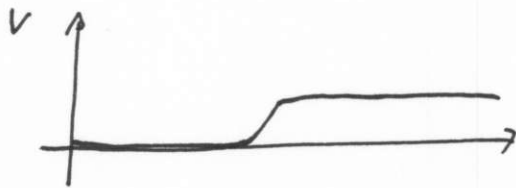
# Reibungskräfte zw. festen Körpern

Versuch:



$$F_H = \mu_H \cdot F_N$$

$\mu_H$ : Haftreibungskoeff.



$$F_G = \mu_G \cdot F_N$$

$\mu_G$ : Gleitreibungskoeff.

Coulomb'sches Reibungsgesetz