



HELMHOLTZ-INSTITUT FREIBERG
FÜR RESSOURCENTECHNOLOGIE

Grenzflächenverfahrenstechnik II

2. Vorlesung

08. November 2019

Dr.-Ing. Martin Rudolph

Inhalt der Lehrveranstaltung

0 Einführung

1 Grundlagen der Benetzung

2 Spreitungskoeffizient

3 Adhäsions-/Kohäsionsarbeit

4 Kontaktwinkelhysterese

5 Messung an Partikelsystemen

6 Dimensionslose Kennzahlen

7 Partikel in Fluiden-Grenzflächen

8 Applikationen

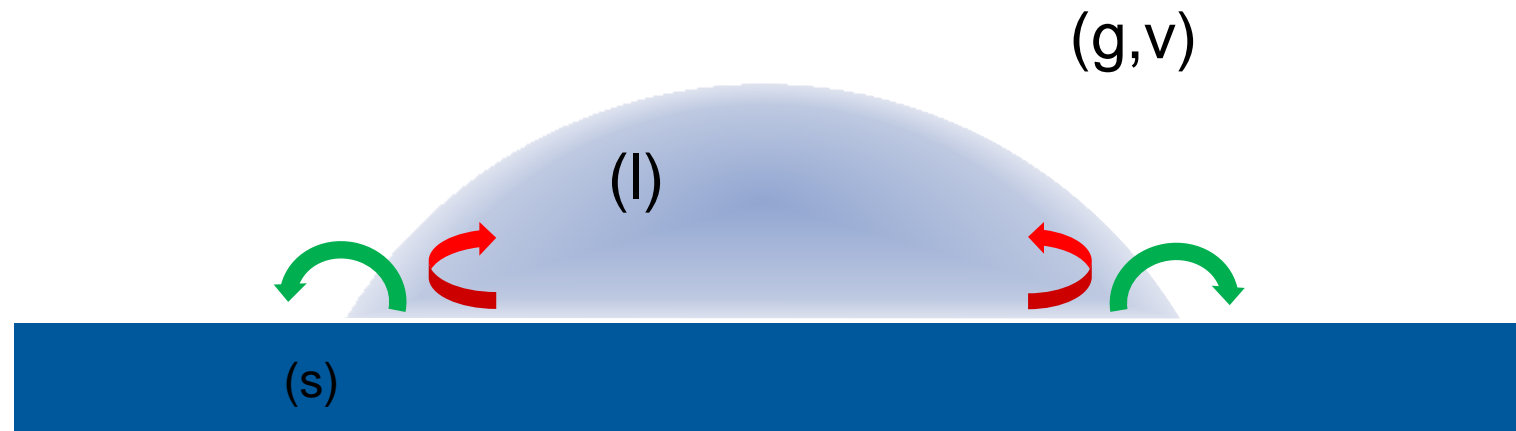
Inhalt der Lehrveranstaltung

- 0 Einführung
- 1 Grundlagen der Benetzung**
- 2 Spreitungskoeffizient
- 3 Adhäsions-/Kohäsionsarbeit
- 4 Kontaktwinkelhysterese
- 5 Messung an Partikelsystemen
- 6 Dimensionslose Kennzahlen
- 7 Partikel in Fluiden-Grenzflächen
- 8 Applikationen

1 Grundlagen der Benetzung

Tropfen im (dynamischen) Kräftegleichgewicht

- a. Spreitung/Adsorption auf den Feststoff
- b. Minimieren der Oberfläche durch Kohäsion



1 Grundlagen der Benetzung

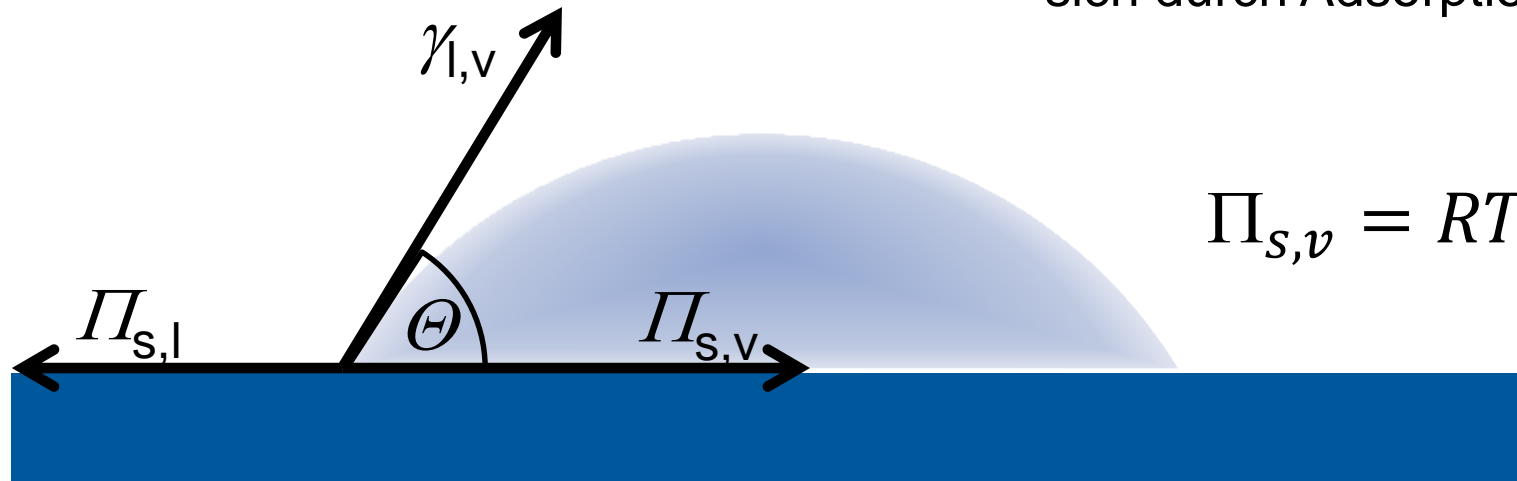
Gibbs-Form der Young-Gleichung

$$\Pi_{s,l} = \gamma_{s,0} - \gamma_{s,l}$$

$$\Pi_{s,v} = \gamma_{s,0} - \gamma_{s,v}$$

$$\gamma_{s,v} = \gamma_{s,0} - \Pi_{s,v}$$

$\Pi_{s,v}$ → Spreitungsdruck
Neigung von Flüssigkeiten
außerhalb der Dreiphasenlinie
sich durch Adsorption anzulagern



$$\Pi_{s,v} = RT \int_0^P \frac{\Gamma_{s,v}}{p} dp$$

Inhalt der Lehrveranstaltung

- 0 Einführung
- 1 Grundlagen der Benetzung
- 2 Spreitungskoeffizient**
- 3 Adhäsions-/Kohäsionsarbeit
- 4 Kontaktwinkelhysterese
- 5 Messung an Partikelsystemen
- 6 Dimensionslose Kennzahlen
- 7 Partikel in Fluiden-Grenzflächen
- 8 Applikationen

2 Spreitungskoeffizient

- prinzipiell kann $\cos\Theta$ nicht größer Eins werden
- aber es kann zur kompletten Benetzung kommen, oft sogar gewünscht
- das steht scheinbar im Widerspruch zur Young-Gleichung
- man muss hier unterscheiden zwischen

Gleichgewicht

$$S_{s,l} = \gamma_{s,v} - \gamma_{l,v} - \gamma_{s,l}$$
$$S_{s,l} = \gamma_{l,v}(\cos\Theta - 1)$$

$S_{s,l} > 0$ komplette Benetzung **ODER**

$S_{s,l} < 0$ teilweise Benetzung, d.h.
Kontaktwinkel

Ungleichgewicht

$$S_{s,l}^* = \gamma_{l,v}(\cos\Theta - 1) + \Pi_{s,v}$$

- eigentlich komplette Benetzung **ABER**
- geringer Dampfdruck des LM

$$\Pi_{s,v} = RT \int_0^P \frac{\Gamma_{s,v}}{p} dp$$

2 Spreitungskoeffizient

- der Spreitungskoeffizient $S_{s,l}$ sagt aus wie stark eine Flüssigkeit eine Oberfläche benetzen kann

Gleichgewicht

$$S_{s,l} = \gamma_{s,v} - \gamma_{l,v} - \gamma_{s,l}$$
$$S_{s,l} = \gamma_{l,v}(\cos\Theta - 1)$$

$S_{s,l} > 0$ komplette Benetzung **ODER**

$S_{s,l} < 0$ teilweise Benetzung, d.h.
Kontaktwinkel

Ungleichgewicht

$$S_{s,l}^* = \gamma_{l,v}(\cos\Theta - 1) + \Pi_{s,v}$$

- eigentlich komplette Benetzung **ABER**
- geringer Dampfdruck des LM

$$\Pi_{s,v} = RT \int_0^P \frac{\Gamma_{s,v}}{p} dp$$

2 Spreitungskoeffizient

- Beispiel 6.3 aus Butt, H.J., *Physics and Chemistry of Interfaces*, S. 150
- Beispiel 6.4

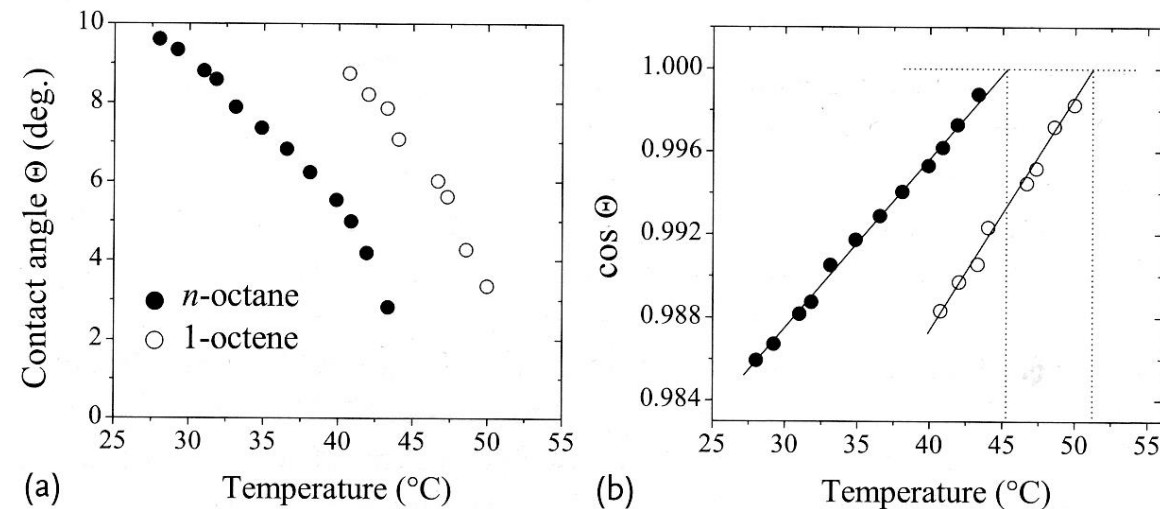


Figure 6.4 Variation of contact angle Θ (a) and of $\cos \Theta$ (b) with temperature for *n*-octane and 1-octene drops situated on a silicon wafer coated with a monolayer of hexadecyltrichlorosilane. Adapted from [340].

2 Spreitungskoeffizient

- bei Spreitung eines Tropfens ist für kleine Tropfen, mit Benetzungsradius $a < 1 \mu\text{m}$ neben den Energie für die Oberflächen (Oberflächenspannung) noch eine **Linienspannung** κ_l zu berücksichtigen, somit gilt für die Young-Gleichung

$$\gamma_{l,v} \cdot \cos\Theta = \gamma_{s,v} - \gamma_{s,l} - \frac{\kappa_l}{a}$$

- die Linienspannung hat eine Größenordnung von $\kappa_l = 10^{-10} \text{ N}$
- sie kann im Gegensatz zur Oberflächenspannung auch negativ sein, wenn es thermodynamisch vorteilhafter ist zusätzliche Drei-Phase-Benetzungslinie zu bilden