

## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

– 3 –

### Struktur der Materie. Grenzflächenphänomene. Phase und Phasenübergang

erarbeitet von: Gergely AGÓCS, Ferenc TÖLGYESI  
24. September 2020.

Kapitel des  
Lehrbuches:  
6, 7

FAFA\_DE

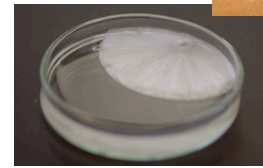
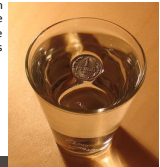
3 | Grenzflächenphänomene. Phase

1

## Schwerpunkte

- ❖ Oberflächenspannung
- ❖ Adhäsion, Benetzung
- ❖ Phase, Phasendiagramm
- ❖ Phasenübergänge  
(1. und 2. Ordnung und Kinetik)

eine aluminium  
1 pengő-Münze  
auf der Oberfläche  
eines Glas Wassers



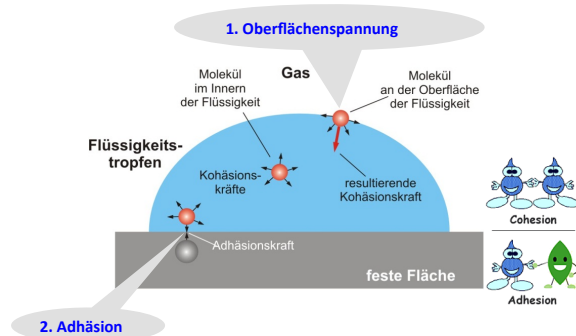
kristallisation von Natriumacetat  
aus seiner übersättigten Lösung

FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

2

## Grenzflächenphänomene



FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

3

## Oberflächenspannung I.

**Oberflächenspannung** oder  
spezifische Oberflächenenergie ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left( \frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

Energiezunahme bei der  
Flächenzunahme von  $\Delta A$

Flächenzunahme



Wassertropfen



Wasserkäfer auf der Wasseroberfläche



Stoff	$\sigma$ (J/m <sup>2</sup> )*
Wasser	0,073
Blut	0,06
Speichel	0,05
Paraffin	0,025
Alkohol	0,023
Dentin	0,092
Zahnschmelz	0,087
Quecksilber	0,484

\* In Bezug auf Luft, 20°C

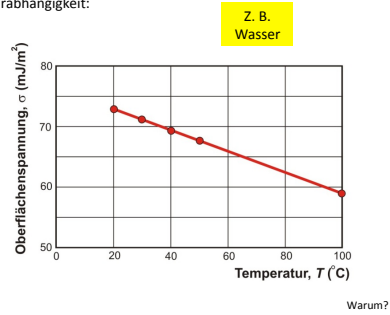
FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

4

## Oberflächenspannung II.

Die Temperaturabhängigkeit:



FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

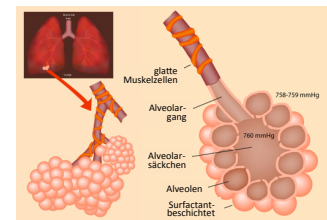
5

## Oberflächenspannung III.

Folgerungen:



Atemnotsyndrom des Frühgeborenen (Surfactantmangelsyndrom)



FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

6

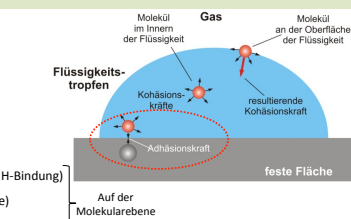
## Adhäsion I.



Typen:

- Chemische (ionische, kovalente, H-Bindung)
- Adsorption (van der Waals-Kräfte)
- Diffusion

Der häufigste und allgemeinste Adhäsionstyp



FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

7

## Adhäsion II.

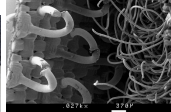
Weitere Typen:

- Elektrostatische (aufgeladene Flächen)
  - Mechanische
- Auf der makroskopischen Ebene

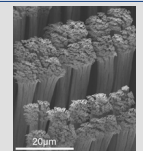
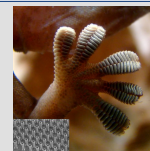
Frucht der großen Klette



Klettverschluss und sein mikroskopisches Bild



Geckofuß: „Superadhäsion“



FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

8

## Adhäsion III.

Specific interfacial energy, ( $\sigma$ ):

Quantitative Beschreibung:  
spezifische Grenzflächenenergie

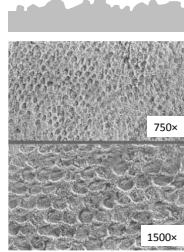
$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left( \frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

Energiezunahme bei der  
Flächenzunahme von  $\Delta A$

Flächenzunahme

Adhäsion in der Zahnmedizin:

- Oberfläche – Säurenbehandlung
- Viskosität
- Benetzung (Adhäsion zwischen Festkörper und Flüssigkeit)



die mikroskopische Struktur von Zahnschmelz nach einer 20 s-Behandlung mit 36% Phosphorsäure

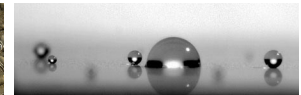
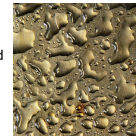
FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

9

## Benetzung I.

**Benetzung:** Adhäsion zwischen Festkörper und Flüssigkeit



$\theta$ : Kontaktwinkel (Randwinkel)

Young-Gleichung:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{s,l}}{\sigma_l}$$

- s : fester Körper [engl. *solid*] (– Luft)
- s, l : fester Körper – Flüssigkeit
- l : Flüssigkeit [engl. *liquid*] (– Luft)

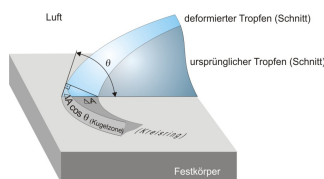
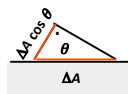
FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

10

## Benetzung II.

Herleitung der Young-Gleichung



Gleichgewicht = Energieminimum → eine kleine Änderung in der Form (Oberfläche) wird die Energie nicht ändern

$$\sigma_{s,l} \cdot \Delta A - \sigma_s \cdot \Delta A + \sigma_l \cdot \Delta A \cdot \cos \theta = 0$$

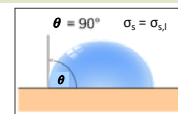
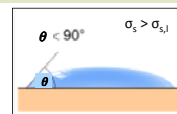
$$\cos \theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{s,l}}{\sigma_l}$$

FAFA\_DE

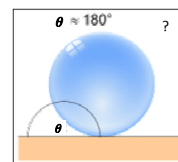
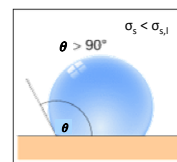
3 | Grenzflächenphänomene. Phase

11

## Benetzung III.



$$\cos \theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{s,l}}{\sigma_l}$$

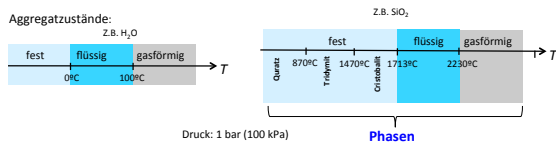


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

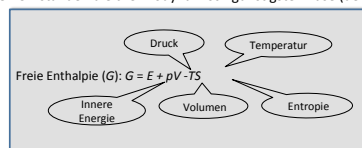
12

## Phase



**Phase:** physikalisch und chemisch homogener Stoffbereich

**Stabile Phase:** unter den gegebenen Umständen die thermodynamisch günstigste Phase (der minimalen freien Enthalpie)

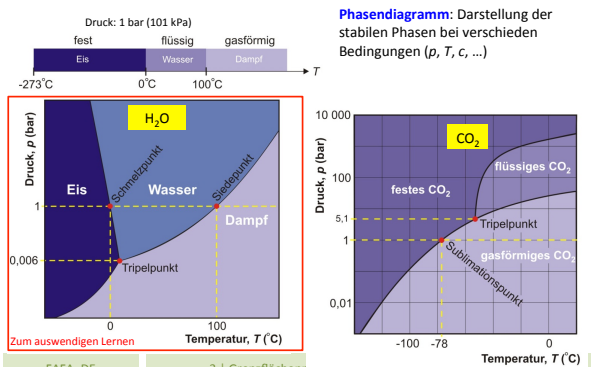


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

13

## Phasendiagramm I.

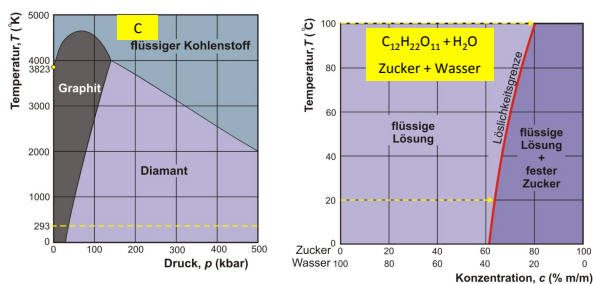


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

14

## Phasendiagramm II.

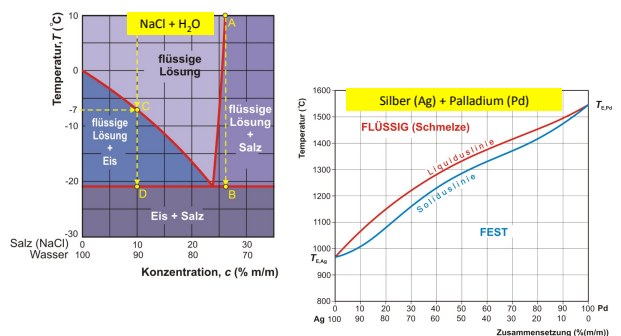


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

15

## Phasendiagramm III.

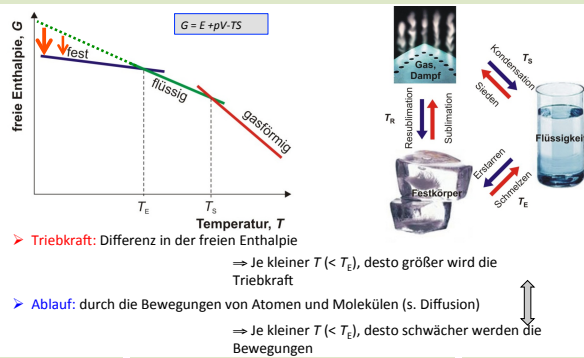


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

16

## Phasenübergang I.

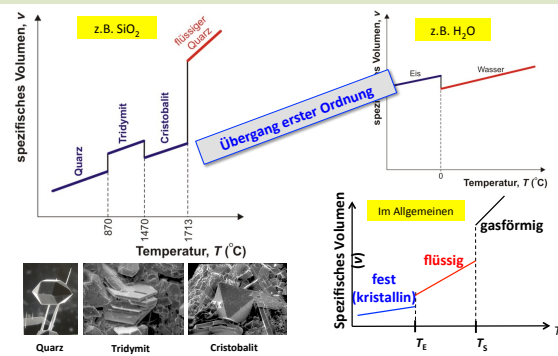


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

17

## Phasenübergang II.

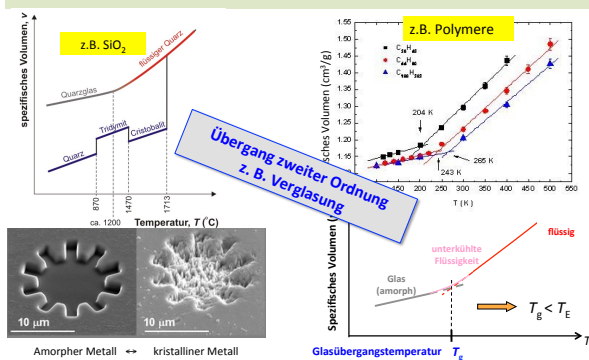


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

18

## Phasenübergang III.



FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

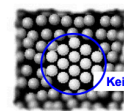
19

## Phasenübergang IV.

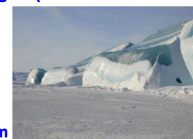
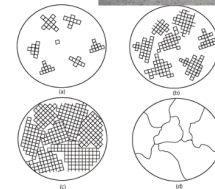
### Kinetik des Phasenüberganges (z. B. der Erstarrung)

Unterkühlung:  $T < T_E$ !

#### 1. Keimbildung



#### 2. Wachstum

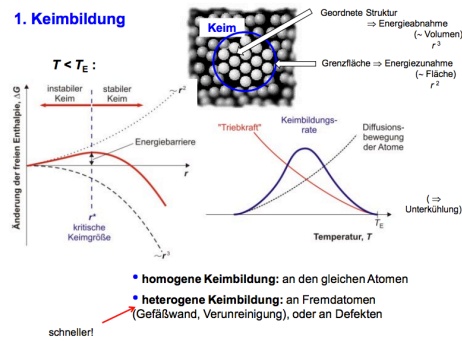


FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

20

## Phasenübergang V.



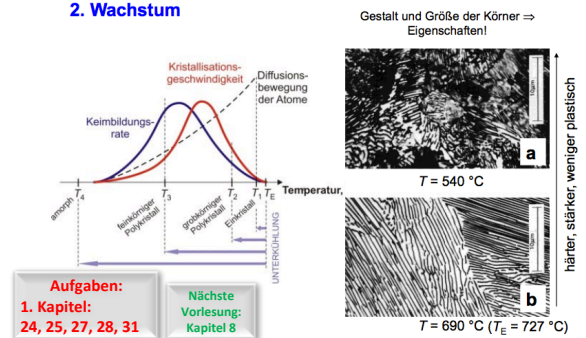
FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

21

## Phasenübergang VI.

## 2. Wachstum



FAFA\_DE

3 | Grenzflächenphänomene. Phase

22