



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

2.

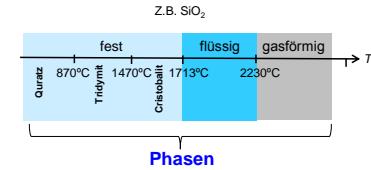
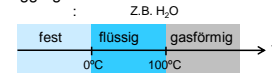
Struktur der Materie

Multiatomare Systeme : Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle

1

Phase

Aggregatzustände



Phase: physikalisch und chemisch homogener Stoffbereich

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

$$\text{Freie Enthalpie (G): } G = E - TS$$

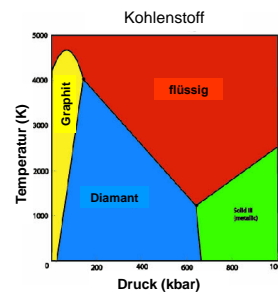
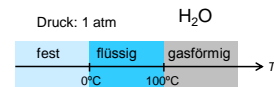
Diagramm zur freien Enthalpie (G):

- Freie Enthalpie (G) ist die Differenz aus der inneren Energie (E) und dem Produkt aus Temperatur (T) und Entropie (S).

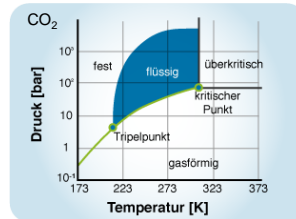
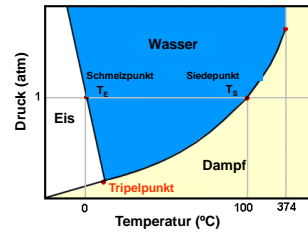
2

Phasendiagramm

Beispiele:

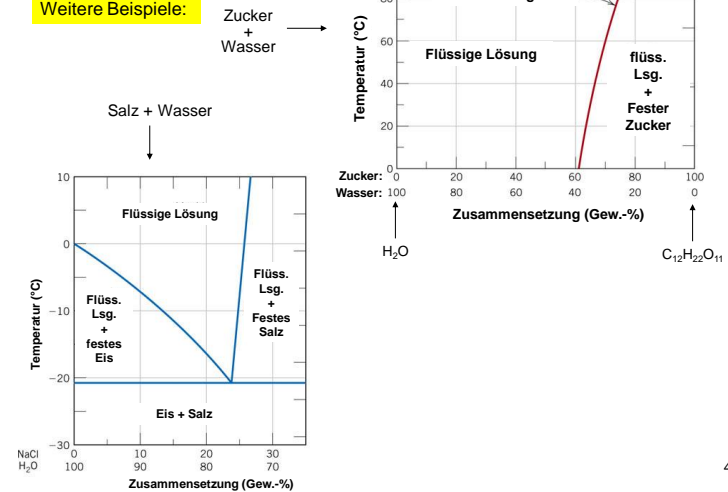


Phasendiagramm: Darstellung der stabilen Phasen bei verschiedenen Bedingungen



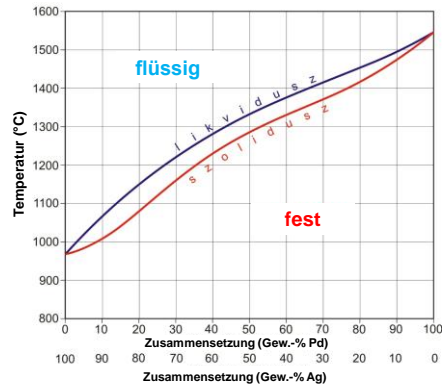
3

Weitere Beispiele:

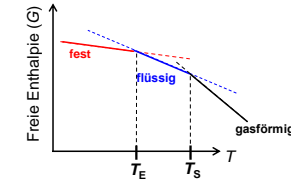


4

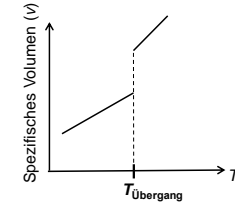
Weitere Beispiele:



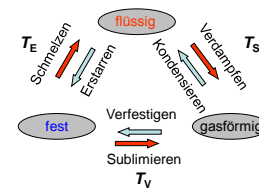
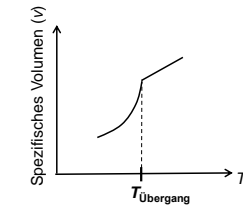
Phasenübergang



Phasenübergang erster Ordnung:

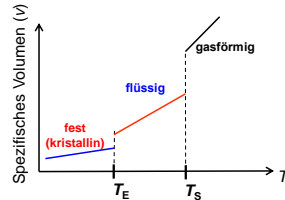


Phasenübergang zweiter Ordnung:

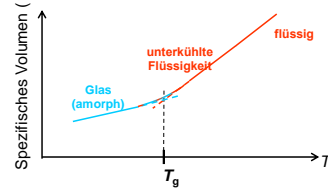


Phasenübergang

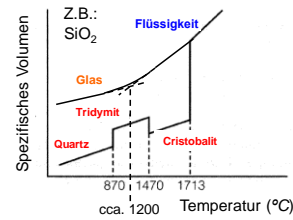
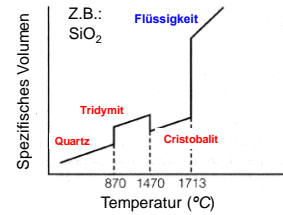
Phasenübergang erster Ordnung:



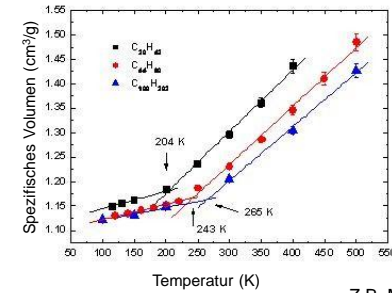
Phasenübergang zweiter Ordnung:



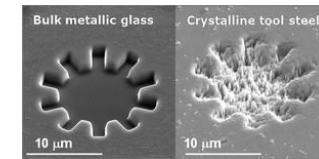
Glasübergangstemperatur (T_g)



Z.B. Polymere



Z.B. Metallisches Glas



5

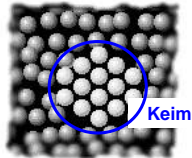
7

8

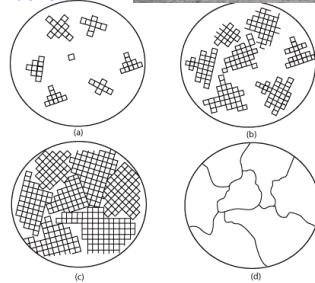
Kinetik des Phasenüberganges (z. B. der Erstarrung)

Unterkühlung: $T < T_E$!

1. Keimbildung

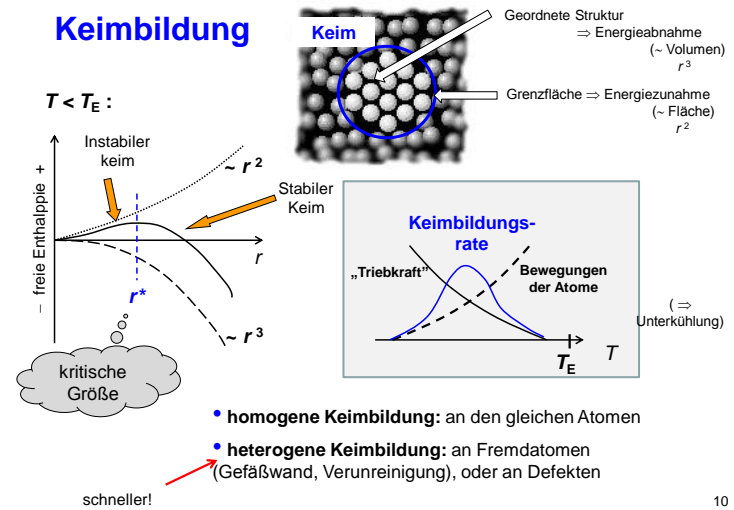


2. Wachstum



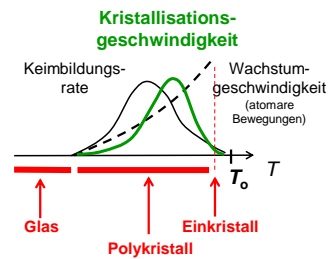
9

Keimbildung



10

Wachstum



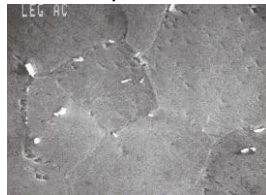
$T_g < T_E$



Wachsen mit Dendriten
(Tannenbaumkristallen)



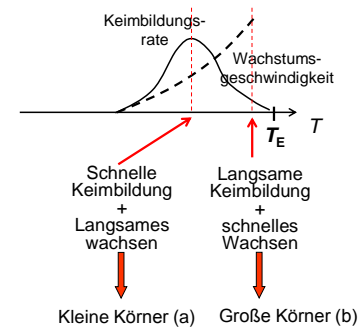
Isotropes Wachsen



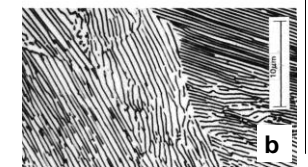
\Rightarrow Gestalt und Größe der Körner \Rightarrow Eigenschaften!

11

Korngröße in den Polykristallen:



$T = 540^\circ\text{C}$

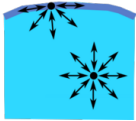


$T = 690^\circ\text{C}$ ($T_0 = 727^\circ\text{C}$)

härter, stärker, weniger plastisch

12

Kohäsion, Oberflächenenergie (Oberflächenspannung)



**Oberflächenenergie,
-spannung (σ):**

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

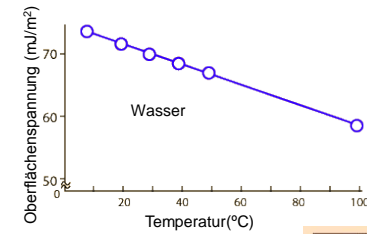
Ein Maß für „Narzissmus“.

Stoff	σ (J/m ²)*
Wasser	0,073
Blut	0,06
Speichel	0,05
Paraffin	0,025
Alkohol	0,023
Dentin	0,092
Zahnschmelz	0,087
Quecksilber	0,484

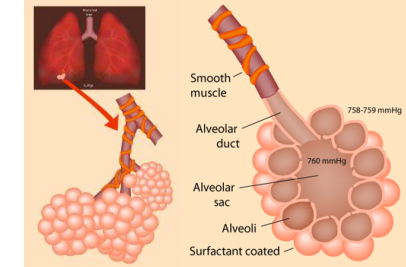
* In Bezug auf Luft, 20°C



13



Die hohe Oberflächenspannung des Wassers kann Probleme verursachen!

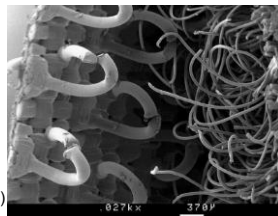


14

Adhäsion



- Mechanische



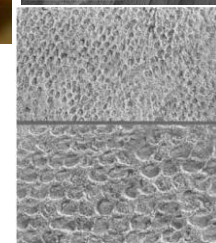
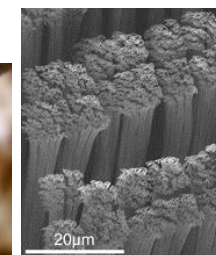
- Chemische (Ionische, kovalente, Bindung)
- Adsorption (van der Waals-Kräfte)
- Elektrostatische (aufgeladene Flächen)
- Diffusion ← z.B. beim Sinter

15

~ Kontaktfläche



Geckofuß
„Superadhäsion“



Säurebehandlung in
der Zahnärztlichen
Praxis

Figure 1. Morphological aspect of the surface of enamel conditioned with 36% phosphoric acid for 20 s. The formation of micropores with type I pattern of conditioning can be observed. (Original magnification: top, 750X; bottom, 1500X).

16

~ Nähe

Festkörper–Festkörper



Festkörper–Flüssigkeit

- Viskosität
- Benetzung

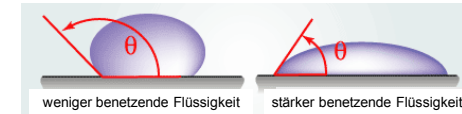
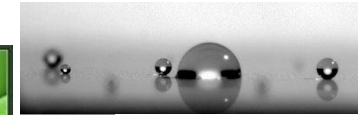


weniger benetzende Flüssigkeit

stärker benetzende Flüssigkeit

17

Benetzung



θ : Kontaktwinkel

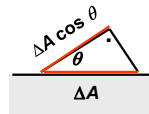
Young-Gleichung:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{f,g} - \sigma_{f,fl}}{\sigma_{fl,g}}$$

- f,g : fest–gas
- f,fl : fest–flüssig
- fl,g : flüssig –gas

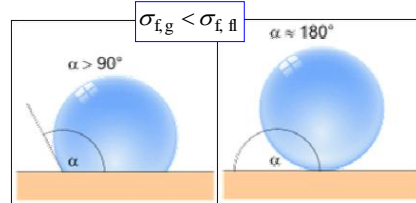
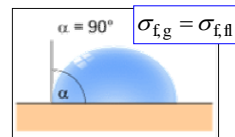
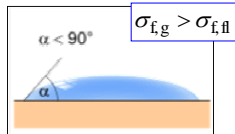
18

Gleichgewicht = Energieminimum \rightarrow Eine kleine Änderung in der Kontaktfläche verursacht keine Änderung in der Energie:



$$\Delta E = \Delta A \cdot \sigma_{f,fl} - \Delta A \cdot \sigma_{f,g} + \Delta A \cos \theta \cdot \sigma_{fl,g} = 0$$

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{f,g} - \sigma_{f,fl}}{\sigma_{fl,g}}$$

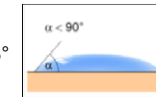


θ wird in der Abbildung mit α bezeichnet!

19

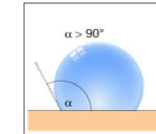
Z.B. Wasser: 73 mJ/m²
Glas: 130 mJ/m²
Glas–Wasser: 60 mJ/m²

$\theta = 16,5^\circ$



Z.B. Hg: 500 mJ/m²
Glas: 130 mJ/m²
Glas–Hg: 430 mJ/m²

$\theta = 127^\circ$



Oberflächenenergie von einigen Stoffen:

Stoff	σ (mJ/m ²)
Wasser	73 (25° C)
Speichel	50 (37° C)
Dentin	92
Zahnschmelz	87
PMMA	45
Paraffin	25

20

Hausaufgaben

1.24. Die Oberfläche einer Seifenblase kann durch eine Arbeit von 4,4 mJ von 3 cm^2 auf 5 cm^2 erhöht werden. Wie groß ist die Oberflächenspannung der Seifenlösung?

1.27. Berechnen Sie den Kontaktwinkel des Speichels auf dem Zahnschmelz! Die Oberflächenenergien sind: Speichel-Luft 53 mJ/m^2 , Zahnschmelz-Speichel 35 mJ/m^2 , Zahnschmelz-Luft 87 mJ/m^2 .

Lösungen:
1.24. – $0,022 \text{ J/m}^2$
1.27. – $11,1^\circ$