

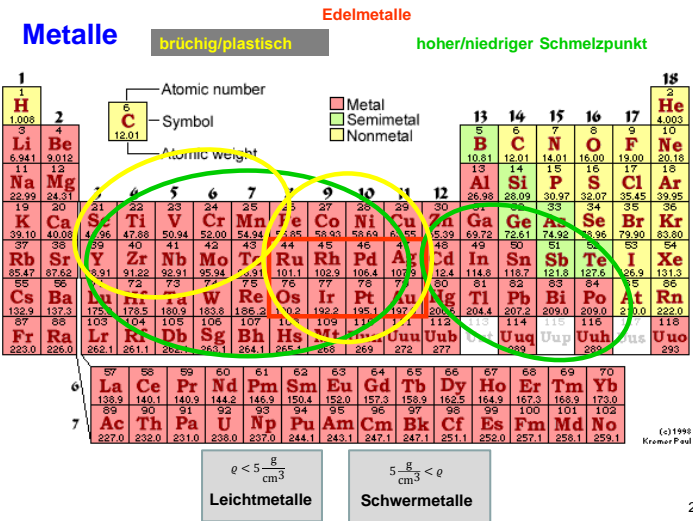


Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

5.

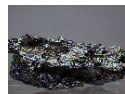
Struktur der Materie Metalle, Legierung

1



2

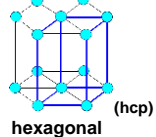
Allgemein über Metalle



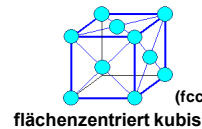
- viele Elemente mit diversen Eigenschaften
- i. A. hohe Dichte
- fest bei Raumtemperatur (bis auf Ga und Hg)
- i. A. hohe Festigkeit und Zähigkeit
- i. A. plastisch
- Neigung zur Korrosion
- Eigenschaften können relativ leicht geändert werden durch Legierung
- hohe elektrische und Wärmeleitfähigkeit



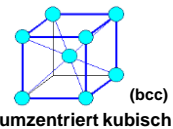
Submikroskopisches Niveau:



Z. B. Ti, Cd, Co, Zn, ...



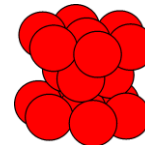
Z.B. Ag, Au, Pd, Pt, Al, Cu, Ni, ...



Z.B. Fe, Cr, ...

3

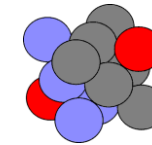
Dichte Packung von Kugeln



hexagonal-dichtest-gepackt

Z.B. Ti, Cd, Co, Zn, ...

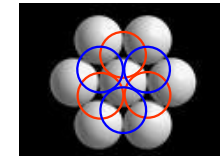
Raumerfüllung: 74 %



kubisch-flächenzentriert

Z.B. Ag, Au, Pt, Al, Cu, Ni, ...

74 %



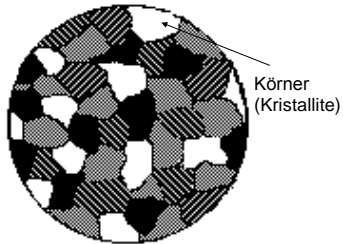
weniger dicht:
kubisch-
raumzentriert

Z.B. Fe, Cr, ...

68 %

4

Mikroskopisches Niveau: Gefüge

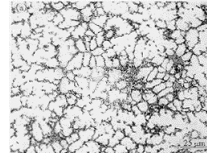


Körner
(Kristallite)

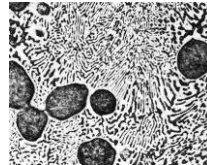
Untersuchung:

- Schleifen/Polieren
- Ätzen
- Mikroskopieren

homogenes Gefüge

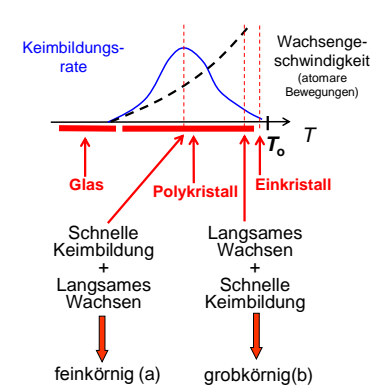


heterogenes Gefüge



5

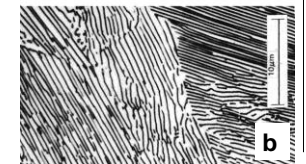
Zur Erinnerung:



Zum Beispiel:



$T = 540 \text{ °C}$



$T = 690 \text{ °C}$ ($T_c = 727 \text{ °C}$)

härter, stärker, weniger plastisch

6

Legieren

- Metall+Metall, z.B. Fe+Cr
- Metall+Nichtmetall, z.B. Fe+C

Ziel: Verbesserung bestimmter Eigenschaften, z.B.

- Korrosionsbeständigkeit z.B. Fe, Ni, Co, ...+Cr
- Härte, Rigidität z.B. Au+Cu
- Adhäsion zw. Metall und Keramik z.B. Edelmetall+Fe, Sn, In



7

Legierungen

Konzentration:

- Gewichtskonzentration (Gew.%):

$$c_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} (\cdot 100\%)$$

- Atomkonzentration (At.%):

$$c_1' = \frac{V_1}{V_1 + V_2} (\cdot 100\%)$$

→ Eigenschaften!

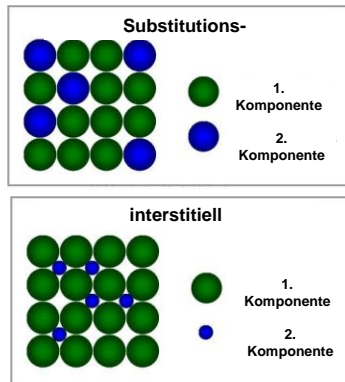
Einteilung nach:

- dem Gebrauch (z.B. Inlay, Krone, ...)
- dem Grundmaterial (Gold, Palladium, ...)
- der Zahl der Komponente (binär, ternär, quaternär, ...)
- den 3 wichtigsten Komponenten (z.B. Au-Pd-Ag, Ni-Cr-Be, ...)
- dem Phasendiagramm
 - Mischkristall
 - eutektische Legierung
 - peritektische Legierung
 - intermetallische Verbindung

8

Feste Lösung oder Mischkristall

Lösbarkeit sowohl in der Schmelze als auch in der festen Phase →
homogenes Gefüge



Z.B. Cu-Ni, Pd-Ag, Au-Cu, ...

Z.B. Fe-C, CP Ti (O, C, N, H), ...

(CP: commercial purity)

9

Löslichkeitsvoraussetzungen bei Substitutionsmischkristallen:

- etwa gleiche Atomgröße (< 15%)
- gleiches Raumgitter
- ähnliche Elektronegativität
- gleiche Wertigkeit

Metall	Durchmesser (nm)	Raumgitter	E.N.
Au	0,2882	fcc	2,4
Pt	0,2775	fcc	2,2
Pd	0,2750	fcc	2,2
Ag	0,2888	fcc	1,9
Cu	0,2556	fcc	1,9
Ni	0,25	fcc	1,8
Sn	0,3016	tetragonal	1,8

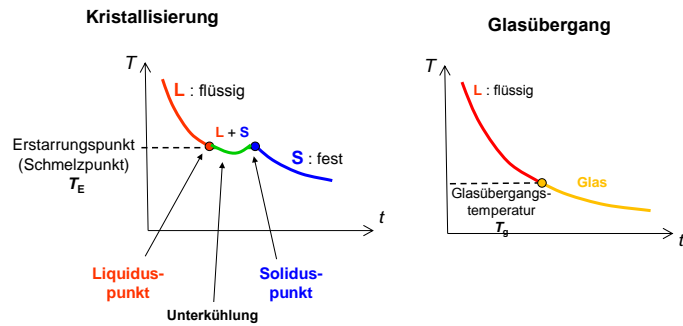
Löslichkeitsvoraussetzungen bei interstitiellen Mischkristallen:

- „gelöste“ Atome wesentlich kleiner
- Menge der „gelösten“ Atome klein (< 10%)

Die Eigenschaften der Mischkristalle sind oft besser, als die eines jeden Komponenten.

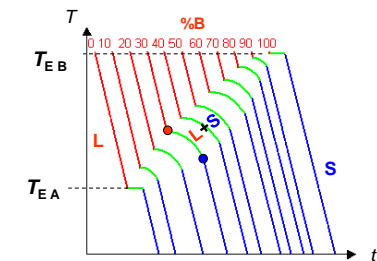
10

Abkühlkurve eines reinen Metalles



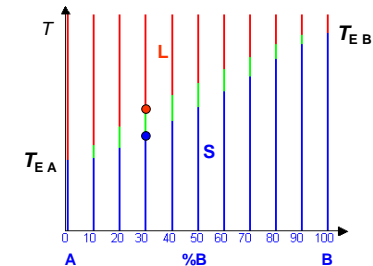
11

Abkühlkurve eines Mischkristalls:



Phasendiagramm:

Im Gleichgewicht!



12

Z.B. Cu-Ni



Im Punkt B:

Konzentrationen in der flüssigen Phase (f):
31,5 Gew.% Ni + 68,5 Gew.% Cu

Konzentrationen in der festen Phase (α):
42,5 Gew.% Ni + 57,5 Gew.% Cu

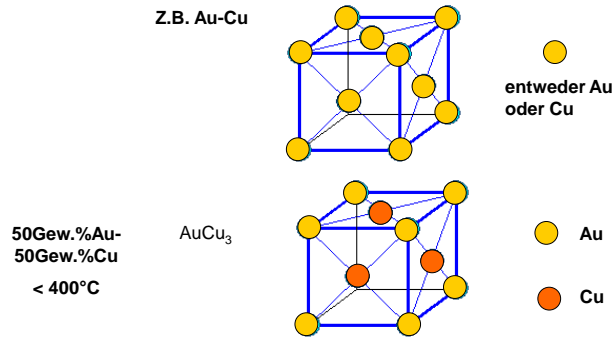
Mengenanteil der flüss. Phase: $\frac{S}{R+S} = 68\%$

Mengenanteil der festen Phase: $\frac{R}{R+S} = 32\%$

Figure 10.10 is a phase diagram for the Ni-Cu system, showing Temperature (°C) on the y-axis (ranging from 1200 to 1300) versus Gew. % Ni on the x-axis (ranging from 20 to 50). The diagram illustrates the liquidus and solidus lines. A vertical yellow arrow points down from the liquidus at 50% Ni. A horizontal blue line at 1250°C intersects the liquidus at 31.5 Gew. % Ni (point B) and the solidus at 42.5 Gew. % Ni. Other horizontal blue lines are at 1280°C (28 Gew. % Ni to 38 Gew. % Ni) and 1240°C (24 Gew. % Ni to 35 Gew. % Ni). Vertical dashed lines mark C_f (30%), C_0 (35%), and C_α (40%).

4

Intermetallische Verbindung



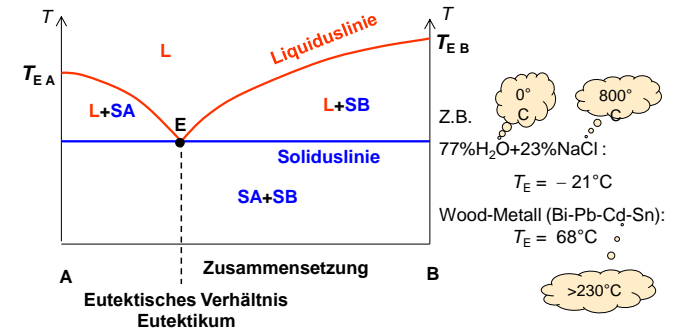
Weitere Beispiele: Amalgam Ag₃Sn und Cu₆Sn₅

21

Eutektische Legierungen

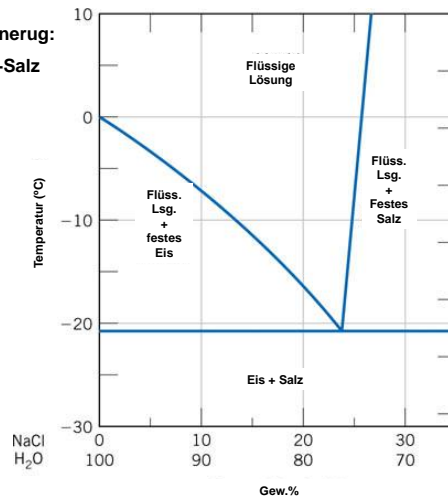
Vollständige Unlöslichkeit im festen Zustand →

Seigerung →
heterogenes Gefüge

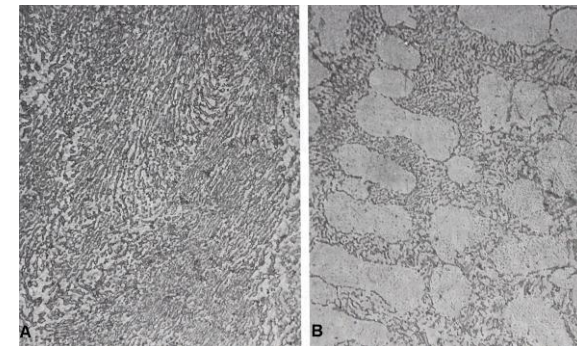


22

Zur Erinnerung:
Wasser+Salz



23

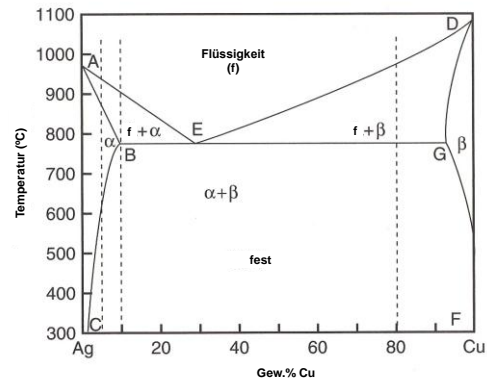


62%Sn-38%Pb
Eutektikum

75%Sn-25%Pb

24

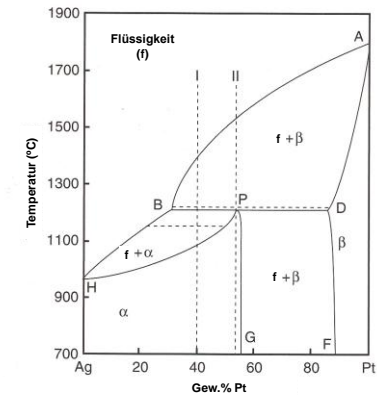
Z.B. Ag-Cu



25

Peritektische Legierungen

Z.B. Ag-Sn
Ag-Pt

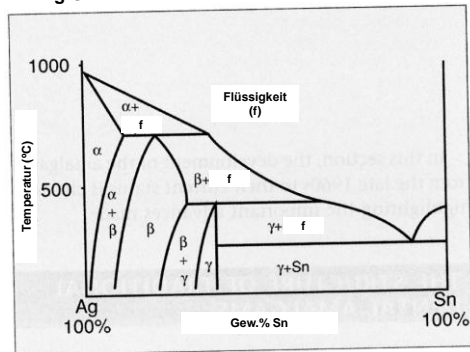


26

Amalgam

typische Zusammensetzung	
Metall	Gew.%
Hg	50
Ag	34
Sn	13
Cu	2
Zn	1

Ag-Sn:

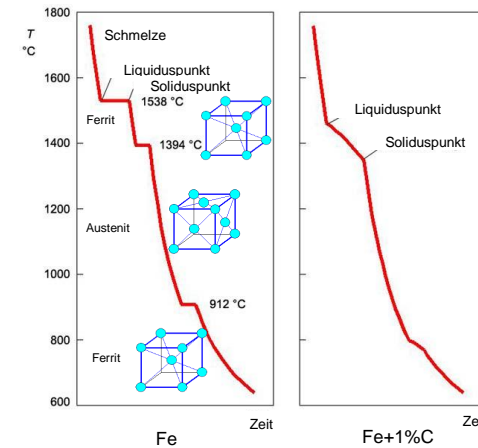


γ Phase: Ag₃Sn

27

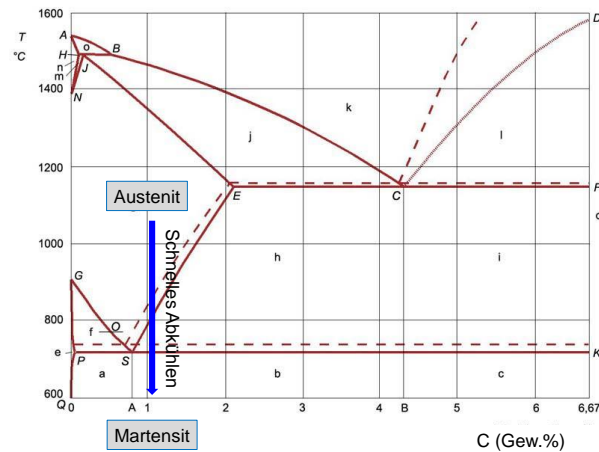
Fe-C-Legierung

Abkühlkurve:



28

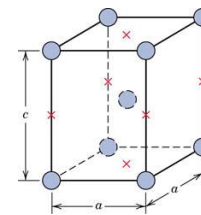
Phasendiagramm:



29

Metastabile Martensite-Phase

raumzentriert tetragonal



● Fe

× C



30

Hausaufgaben

3.1. a) Um wieviel Prozent ist ein Implantat leichter, wenn es aus Titan hergestellt ist, als aus einer Co-Cr Legierung der Dichte 9020 kg/m³?
b) Um wieviel Prozent ist das Implantat schwerer, als es aus Knochengewebe bestehen würde mit einer Dichte von 1700 kg/m³?

3.4. Die Atomkonzentrationen von Au und Cu in einer Legierung sind 50–50 At. %.

- Berechnen Sie die Gewichtskonzentrationen der zwei Komponenten.
- Berechnen Sie die Dichte der Legierung.
- Wieviel Gramm Gold ist in einem aus dieser Legierung hergestellten Gegenstand der Masse 30 g enthalten?

3.5. Die Gewichtskonzentration von Ag in einer Ag-Sn Legierung beträgt 73 Gew. %.

- Berechnen Sie die Atomkonzentrationen der zwei Komponenten.
- Berechnen Sie die Dichte der Legierung.

3.12. In einem Experiment werden Au und Cu in der Schmelze in einem Gewichtsverhältnis von 20:80 zusammengeschüttet. Die Schmelze wird von der Temperatur 1100°C langsam abgekühlt.

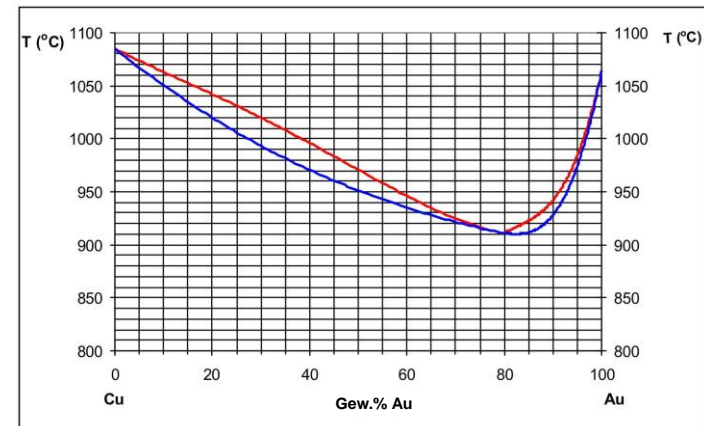
- Bei welcher Temperatur erscheint der erste feste Korn?
- Wie groß ist die Gewichtskonzentration von Cu in dem ersten festen Korn?
- Berechnen Sie die Mengenanteile der Phasen bei der Temperatur von 1030°C.
- Wie groß ist die Gewichtskonzentration von Cu in der flüssigen Phase bei 1030°C?
- Wie groß ist die Gewichtskonzentration von Cu in der festen Phase bei 1030°C?
- Bei welcher Temperatur erstarrt vollständig die Schmelze?
- Wie groß ist die Gewichtskonzentration von Cu in der flüssigen Phase gerade bei der Temperatur, bevor die ganze Schmelze erstarrt?

Lösungen:

- 3.1. – a) 50% b) 165%
- 3.4. – a) Cu: 24,4 Gew.%; Au: 75,6 Gew.%; b) 15,1 g/cm³; c) 22,7 g
- 3.5. – a) Ag: 74,8 At.%; Sn: 25,2 At.%; b) 8,59 g/cm³
- 3.12. – a) cca. 1042°C b) cca. 87Gew. % c) cca. 42% flüssig, 58% fest
d) cca. 75Gew. % e) cca. 83Gew. % f) cca. 1020°C g) cca. 70Gew. %

31

Zur Aufgabe 3.12:



32