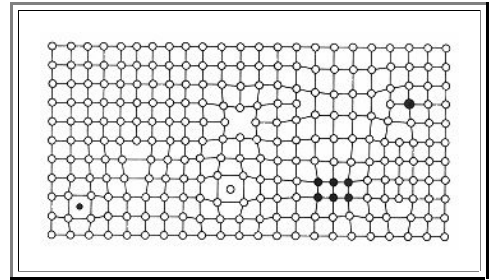


## 4.4 Zusammenfassung / Merkpunkte zu Kapitel 4: Reale Kristalle

Kristalle enthalten Kristallgitterdefekte, die man nach ihrer Dimensionalität einteilt

- **Nulldimensionale Defekte** oder **Punktdefekte**, **Punktfehler**, **atomare Defekte**.
- **Eindimensionale Defekte** oder **Versetzungen**.
- **Zweidimensionale Defekte** oder **Flächendefekte**.
- **Dreidimensionale Defekte** oder **Volumendefekte**.



**Intrinsische** nulldimensionale Defekte sind **Leerstelle** und (Eigen)**zwischengitteratom**; sie müssen für thermisches Gleichgewicht mit einer Konzentration  $n_i$  vorhanden sein

**Extrinsische** nulldimensionale Defekte sind **interstitielle** und **substitutionelle Fremdatome**; ihre Konzentration ist "fremdbestimmt".

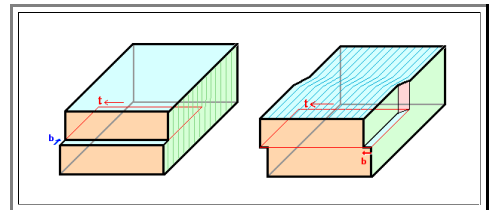
Die **Diffusion** von atomaren Fehlstellen ist die Grundlage fast aller Materialbearbeitung!

$$n_i = a \cdot \exp - \frac{E_{v,i}^F}{kT}$$

$E_{v,i}^F$  = Bildungsenthalpie der Leerstelle (V) oder des Zwischengitteratoms (i)

Versetzungen sind durch **Linienvektor**  $\underline{t}$  und **Burgersvektor**  $\underline{b}$  gekennzeichnet

- Die geometrische Konfiguration kann am einfachsten durch eine "Schneiden und Verschieben" Konstruktion veranschaulicht werden
- Regeln: Burgersvektor  $\underline{b}$  = kleinstmöglicher Translationsvektor des Gitters; Linienvektor  $\underline{t}$  im Prinzip beliebig, aber meist auf dichtest gepackter Ebene.
- **Stufenversetzung**: Winkel( $\underline{b}$ ,  $\underline{t}$ ) =  $90^\circ$   
**Schraubenversetzung**: Winkel( $\underline{b}$ ,  $\underline{t}$ ) =  $0^\circ$



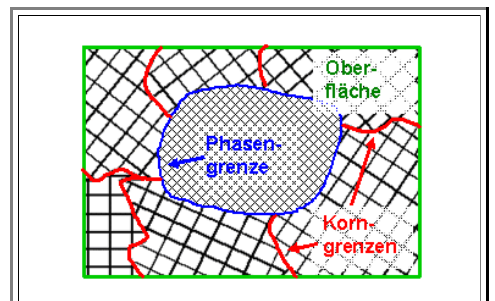
**Versetzungsdichte**  $\rho_V$  = Gesamtlänge aller Versetzungen pro **cm**

- $\rho_V \approx (10^3 - 10^{12}) \text{ cm}^{-3}$   
je nach Verformungszustand

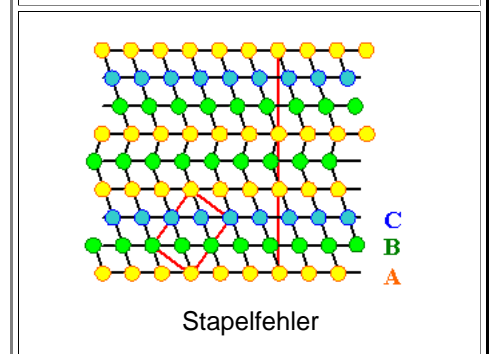
**Versetzungen ermöglichen plastische (= bleibende) Verformung; ohne (bewegliche) Versetzungen wären alle Kristalle spröde.**

Flächendefekte sind die **Oberfläche**, **Korn-** und **Phasengrenzen** sowie **Stapelfehler**; sie sind durch ihre Energie  $\gamma$  pro **cm<sup>-2</sup>** gekennzeichnet

- In den üblichen **Polykristallen** dominieren die dann immer reichlich vorhandene Korngrenzen einige wichtige Eigenschaften.

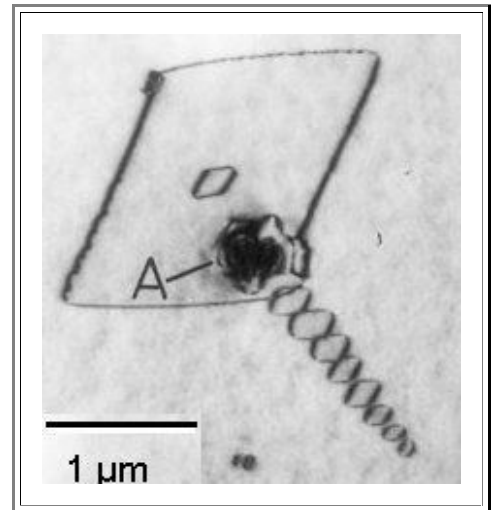


- Phasengrenzen begrenzen notwendigerweise den dreidimensionalen Defekt "Ausscheidung"; Stapelfehler sind durch Versetzungen berandet.



Volumendefekte sind in erster Linie Einschlüsse von 2. Phasen ("**Ausscheidungen**" oder "**Präzipitate**") und "**Voids**", Hohlräume

- Ausscheidungen sind extrem wichtig für z.B. Metallurgie. Sie entstehen durch Zusammendifundieren von Fremdatomen
- Die erforderliche **Keimbildung** muß jedoch immer zuerst eine **Energiebarriere** überwinden
- Die durch die Ausscheidungsbildung erzeugten mechanischen Spannungen können durch Versetzungserzeugung abgebaut werden



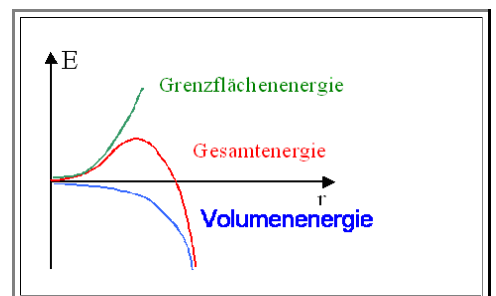
Zwischen allen Defektarten bestehen enge Beziehungen.

- Atomare Fehlstellen lagern sich zu zweidimensionalen (Stapelfehler) oder dreidimensionalen Agglomeraten (Ausscheidungen, Voids) zusammen.
- Zweidimensionale Defekte sind von eindimensionalen Defekten (= Versetzungen) begrenzt.
- Ausscheidungen sind von Phasengrenzen umgeben.
- Phasen- und Korngrenzen enthalten spezielle Versetzungen.



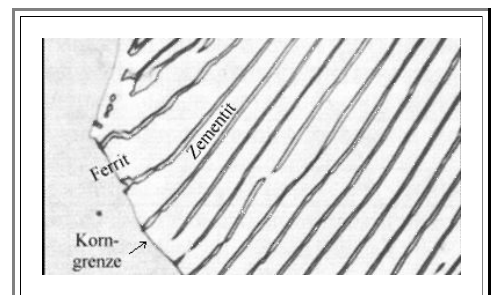
Entscheidend für die Bildung größerer Defekte ist die **Keimbildung**.

- Bei der Bildung einer Ausscheidungen mit Radius  $r$  konkurrieren z.B. Energieabsenkung durch Verringerung der Punktfehlerübersättigung ( $\propto r^3$ ) mit der Energieerhöhung durch die notwendige Phasengrenze ( $\propto r^2$ ).
- Für kleine Ausscheidungen (= Keime) ist die Energiebilanz ungünstig; es existiert eine **Energiebarriere**.
- Durch Manipulation dieser Energiebarriere können Ausscheidungen vermieden oder bewußt gefördert werden.



Die Gesamtheit der Kristallgitterdefekte in ihrer spezifischen Anordnung heißt das **Gefüge** des Materials.

- Etwas eingeschränkter und basierend auf der Historie, ist das Gefüge das, was man im Lichtmikroskop nach geeigneter Anätzung (= Sichtbarmachung) von Gefügebestandteilen sieht.
- Im Bild sieht man beispielsweise die langezogenen **Fe<sub>3</sub>C** Ausscheidungen in Stahl (Zementit Lamellen) sowie eine Korngrenze. Was man nicht sieht sind Versetzungen und Punktdefekte im **bcc** Eisen (= Ferrit).



## Fragebogen

Multiple Choice Fragen zu 4.