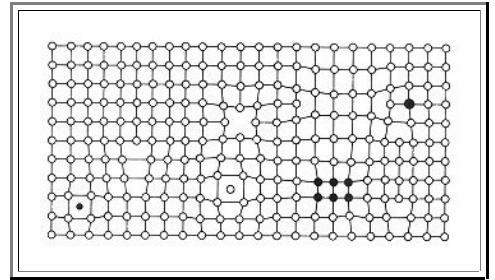


4.4 Zusammenfassung / Merkpunkte zu Kapitel 4: Reale Kristalle

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".

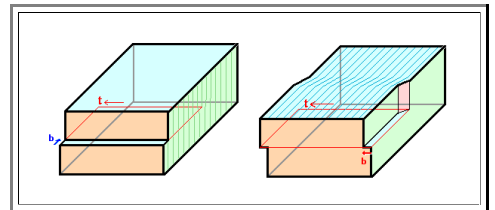
Die *Diffusion* von atomaren Fehlstellen ist die Grundlage fast aller Materialbearbeitung!

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

$E_{v,i}^F$ = 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°
Schraubenversetzung: Winkel($\underline{b}, \underline{t}$) = 0°



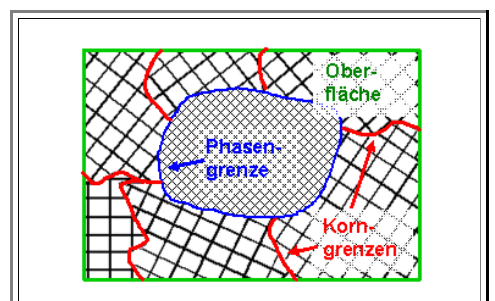
Versetzungsdichte ρ_V = Gesamtlänge aller Versetzungen pro cm

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

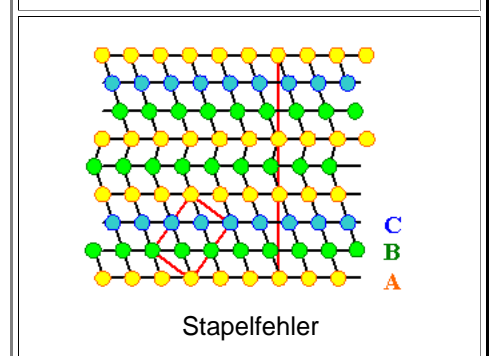
Versetzungen ermöglichen plastische (= bleibende) Verformung; ohne (bewegliche) Versetzungen wären alle Kristalle spröde.

Flächendefekte sind die *Oberfläche*, *Korn-* und *Phasengrenzen* sowie *Stapelfehler*; sie sind durch ihre Energie γ pro cm^{-2} gekennzeichnet

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

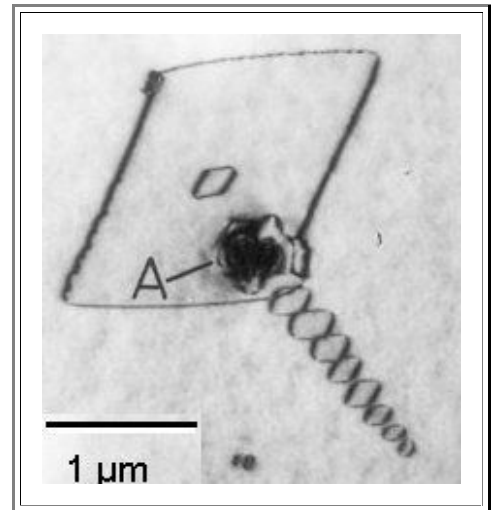


- Phasengrenzen begrenzen notwendigerweise den dreidimensionalen Defekt "Ausscheidung"; Stapelfehler sind durch Versetzungen berandet.



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



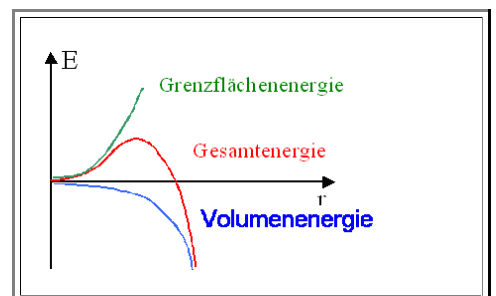
Zwischen allen Defektarten bestehen enge Beziehungen.

- 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.



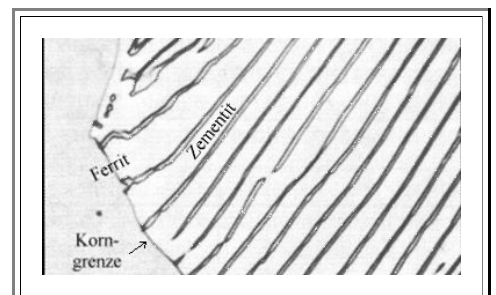
Entscheidend für die Bildung größerer Defekte ist die **Keimbildung**.

- 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 **Fe₃C** 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.