

## 8.3 Verfestigung

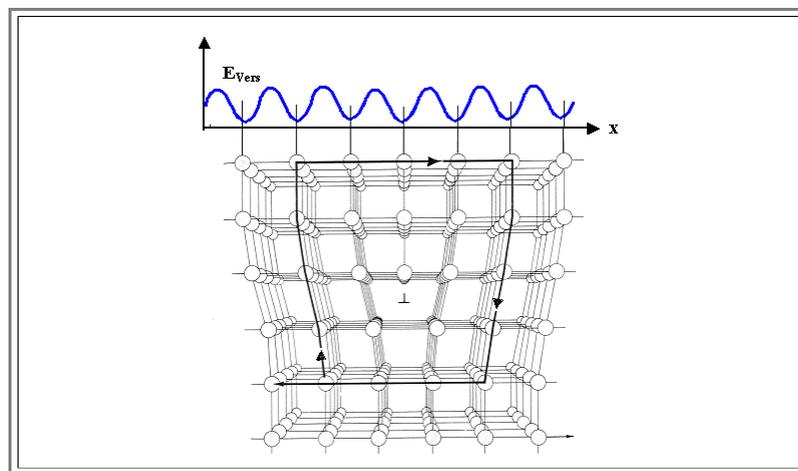
### 8.3.1 Intrinsische Fließgrenze

#### Vorbemerkungen

- ▶ Aus den vorhergehenden Kapiteln wurde deutlich, daß die plastische Verformung eines Kristalls ein sehr komplexes Phänomen ist.
  - Zwar kann plastische Verformung im Grunde vollständig verstanden werden durch die Eigenheiten der Wechselwirkung von Versetzungen mit mechanischen Spannungen im Material, aber in der Praxis nützt das nicht viel.
  - Der ingenieurmäßige Umgang mit plastischer Verformung benützt deshalb nach wie vor ganze Sätze von mechanischen Kenngrößen, die aus Zugversuchen und ähnlichen Experimenten ermittelt werden.
- ▶ Eine der wichtigsten Materialparameter ist zweifellos die Fließgrenze  $R_p$ . Wir wissen auch schon einiges über  $R_p$ :
  - Wir wissen wie wir es messen können, und welche geometrische Parameter die erhaltenen Werte etwas beeinflussen können.
  - Wir wissen, daß  $R_p$  bedingt ist durch das Erreichen einer kritischen Scherspannung auf einem Gleitsystem.
  - Wir ahnen, daß  $R_p$  durch das Gefüge massiv beeinflusst werden kann. Was passiert, beispielsweise, wenn eine laufende Versetzung auf ein Korngröße stößt? Was immer passiert, es wird die Versetzungsbewegung *behindern* und damit  $R_p$  tendenziell erhöhen.
- ▶ Indem wir  $R_p$  gezielt manipulieren, können wir ein Material "weicher" oder "härter" machen, mehr duktil oder mehr spröde, und darüber hinaus eventuell noch die Temperaturabhängigkeit der wichtigen Parameter ändern.
  - Dabei ist einsichtig, daß jede Maßnahme, die  $R_p$  ändert, alle anderen mechanischen und sonstigen Eigenschaften (und man kommt schnell über **20**) *auch* ändern kann.
  - Ein simples Beispiel: Einige Promille Kohlenstoff in **Fe** macht aus weichem Schmiedeeisen harten Stahl - aber gleichzeitig auch aus relativ korrosionsfestem Eisen einen leicht rostenden Stahl.
- ▶ Wie kann man  $R_p$  beeinflussen. Einsichtig ist: Jede Maßnahme, die Versetzungen die Bewegung erleichtert oder erschwert, wird Einfluß auf  $R_p$  nehmen.
  - Und das bedeutet, daß potentiell *jeder* Defekt - atomare Fehlstellen, andere Versetzungen, flächenhafte Defekte wie Korngrenzen und Volumendefekte, z.B. Ausscheidungen, Einfluß auf  $R_p$  nehmen können - und genau das tun sie auch.
- ▶ Im folgenden werden wir die wichtigsten Mechanismen kurz betrachten. Alle Scherspannungsangaben sind jetzt direkt auf die Gleitebene der Versetzung bezogen; wir haben damit immer die minimalen extern beobachtbaren Werte.

#### Intrinsische Fließgrenze

- ▶ Falls wir in Gedanken einen Einkristall verformen, der außer einigen Versetzungen keine anderen Defekte enthält, werden wir *trotzdem* eine Mindestspannung aufbringen müssen, bevor sich die Versetzungen bewegen.
  - Dies ist die **intrinsische Fließgrenze**  $\tau_i$ ; sie ist eine Eigenschaft des jeweiligen *Ideal*kristalls. Man definiert sie als die Spannung, bei der eine Versetzung sich im Mittel mit einer Geschwindigkeit von **1 cm/s** bewegt (wie man das mißt lassen wir hier offen).  
Die *intrinsische Fließgrenze* ist *temperaturabhängig*; sie wird mit zunehmender Temperatur kleiner.
- ▶ Woher kommt  $\tau_i$ ?
  - Betrachten wir die Stufenversetzung in dem Bild unten und überlegen uns, wie sie sich bewegt.



- Die eingeschobene Halbebene muß gegen die Atome der Nachbarebene drücken; das erfordert Arbeit und damit potentielle Energie.
- Drückt sie mit ausreichend viel Kraft, wird die Konfiguration umschnappen, die Halbebene ist jetzt einen Burgersvektor weiter gelaufen. Energetisch stellt sich das als ein periodisches Potential dar - das sogenannte **Peierls Potential**; es ist im Bild oben schematisch dargestellt.
- ▣ Das Peierls Potential ist sicherlich eine Eigenschaft der Bindungen, und damit des intrinsischen Materials. Es gibt das absolute Minimum der Fließgrenze - mit weniger Spannung wird man keine Versetzung bewegen können.
- Das **Peierls Potential** oder die zugehörige **Peierls Spannung** kann recht klein sein, und ist dann schwer zu messen, da die nachfolgend besprochenen anderen Effekte höhere Fließgrenzen erzwingen.