5.11.01 Kollegialprüfung Ellen Wohlfart, Note 1,0

Arzt: Was ist der Ausdehnungskoeffizient?

* Bei thermischer Erwärmung → Vergrößerung der Atomabstände
  ⇒ kommt vom asymmetrischen Bindungspotential
  (klassische Physik, genauer → Quantenmechanik)

Arzt: Wie lautet die Formel?

* $\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{\Delta l}{\Delta T}$

Arzt: Wenn ich Ihnen jetzt α und ΔT angebe, welche Größe benötigen Sie noch, um die wirkende Spannung auszurechnen?

* E-Modul

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta T} = \frac{1}{\Delta T} \underbrace{\frac{\Delta l}{l_0}}_{\varepsilon} \Rightarrow \varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

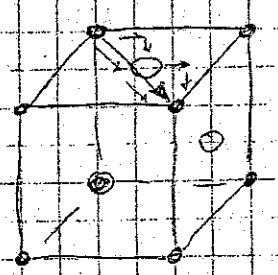
$$\rightarrow \sigma = E \cdot \varepsilon$$

Arzt: Wie entstehen Versetzungen?

* Durch plastische Verformung

Arzt: Nehmen wir $AlCu_3$, ~~wie passiert es~~ wie sieht dort eine Versetzung aus?

*



○ Al ○ Cu

$[110] \rightarrow \frac{1}{2}[110] + \frac{1}{2}[110]$

nochmals Aufspaltung in Shockley-Partialversetzungen

Gleichgewicht zwischen Abstoßung der Versetzungen und Stapelfehlerenergie

Arzt: Wie hängen Stapelfehlerenergie und Aufspaltungsweite zusammen?

* $w \approx \frac{1}{\gamma_{SF}}$ (genau $w = \frac{Gb_1b_2}{2\pi\gamma_{SF}}$)

verschieben sich

Aldinger: Wenn Sie an Keramiken denken, welche Fehler fallen ihnen ein?

* Poren, Leerstellen, ~~Ausscheidungen~~ Zweitphasen

A: Können Sie diese in 2 Klassen einteilen?

* Gitterfehler, Gefügefehler

A: Beschreiben Sie diese:

* 0-Dimensionale Defekte: Leerstellen, Frenkel-Defekt, Schottky-D

A: Unter Leerstellen kann ich mir etwas vorstellen, erklären Sie die andern genauer

* Frenkel-Defekt: Leerstelle + Zwischengitteratom, Ladungsneutralität

Schottky-Defekt: Leerstelle von einem Anion und einem Kation

→ es muß Ladungsneutralität herrschen !!!

1-D-Defekte: Versetzungen

2D-Defekte: Korngrenzen

Gefügefehler: Poren, Ausscheidungen, Zweitphasen

A: Wozu sind Leerstellen nur gebraucht?

* Volumendiffusion; Ionenleiter → Lambdasonde erklärt

beim Sintern wichtig

Irgendwie sind wir noch darauf gekommen, dass beim Sintern Korngrenzen entstehen → Stellen erhöhter Energie

→ Korngrenzendiffusion; Triebkraft beim Sintern: Verringerung der Oberflächenenergie

A: Warum sind Keramiken nicht plastisch verformbar?

* Versetzungsbewegung kaum möglich. Burgersvektor ist länger als in Metallen; elastische Verzerrungsenergie proportional zu b^2, Versetzungsbewegung proportional zu b

Note: 1,3 Prüfungsprotokoll Kollegial Prüfung 29.11.01 -1-

Arzt - Was ist der thermische Ausdehnungskoeffizient

$$\alpha = \left(\frac{dL}{dT}\right)\frac{1}{L_0}$$

- Wo findet man scheinbar negative α?

Invar

- Ehr keine Anwendung. Denken Sie an etwas das heute in fast jedem Haushalt vorkommt

Ceran

- Und bei Kunststoffen?

?

- Wie ist das mit dem E-Modul?

Entropieelastizität $E = -\frac{T}{n\Omega}\frac{d^2S}{d\varepsilon^2}\Big|_{\varepsilon=0}$

Temperaturabhängigkeit

$$E = \frac{kT}{n\Omega} \qquad E \sim T$$

Mit steigender Temperatur nimmt E zu

- Was heißt das für eingespannte Kunststoffe?

Mit zunehmender Temperatur steigt E und bei gleichbleibendem σ wird ε kleiner, der Kunststoff zieht sich zusammen → scheinbar negatives α

- Nennen sie die Gleitsysteme im fcc.

$\{111\}\langle 1\bar{1}0\rangle$

Zwischenfrage Mittemeier: Was soll das nutzen? Damit die Ebenennormale und die Richtung senkrecht sind

M.: Dann aber keine dichten Kammern

- bcc, hcp

bcc: $\{110\}\langle 1\bar{1}1\rangle$

$\{112\}\langle 111\rangle$

$\{123\}\langle 111\rangle$

hcp $\{0001\}\langle 11\bar{2}0\rangle$

$\{\bar{1}011\}\langle 11\bar{2}0\rangle$

$\{\bar{1}100\}\langle 11\bar{2}0\rangle$

- Wohin Verzerrung bei martensitischer Umwandlung
  Volumenzunahme
- welche Kristallstruktur?
  Tetragonal

Aldinger:
- Welche Fehler gibt es in Keramiken
  A-dim Schottky, Frenkel
  kurze Erklärung
- 3-dim?
  Poren, Einschlüsse
- Wie beeinflussen Poren mechanische Eigenschaften?
  leichter Rissbildung
- Was ist unterkritisches Risswachstum
  Rissausbreitung unter K_I^c durch Abbau der Oberflächenenergie durch in den Riss diffundierendes H_2O.
- Kinetik?
  Erst durch Reaktion dann durch Transport des H_2O an die Rissspitze bestimmt.
- Sinterprozess?
  3 Stadien, Erklären Diffusion (Korngrenzen-, Volumendiffusion)
  Kornwachstum

Kollegialprüfung Werkstoffwissenschaft vom 18.10.1999 – Michael Stanislowski

Prüfer: Aldinger (Keramik), Arzt (Werkstoffphysik), Mittemeier (?/Metalle)

Die Reihenfolge der Themengebiete durfte gewählt werden

Werkstoffphysik:
A: Wie sieht es mit der Energie von Versetzungen aus?
-Verzerrungsenergie; zwei Arten von Versetzungen: Stufen- mit Druck- und Zugbereichen, Schrauben- mit reinen Scherzuständen; Für die Schrauben- gilt: $E \sim Gb^2/2$
A: Wie weit reicht so eine Verzerrung?
- 1/r Singularität
A: Wie kommt man von einer Spannung auf eine Energie?
- Integration der Spannung nach der Dehnung
A: Welche mathematischen Vereinfachungen macht man hierbei?
- Abschneideradius wird angenommen *(und noch mehr...bitte selbst nachlesen)*
A: Wie liegen Versetzungen eigentlich vor?
- meist als Partialversetzungen; bei fcc und hdp Shockley-
A: Warum Partialversetzungen?
- Energieminimierung; *dichtestgepackte Ebene aufgezeichnet und Weg der Versetzung erklärt;* es gilt: $b^2 > b_2^2 + b_3^2$; der Burgersvektor muß erhalten bleiben: $b = b_2 + b_3$ (vektoriell)
A: Wovon hängt die Aufspaltungsweite ab?
- von der Stapelfehlerenergie
A: Genauerer mathematischer Zusammenhang bitte!
- $w = (Gb_2b_3)/(2\chi_{sf})$
A: Warum Stapelfehler?
- *anhand der oberen Zeichnung gezeigt, daß es sich um einen Stapelfehler handelt*
A: Was steht nun im Gleichgewicht bei der Versetzungsaufspaltung?
- Stapelfehlerenergie, die Aufspaltungsweite gering halten will, und Abstoßungskräfte der gleichnamigen Versetzungsanteile (Schrauben)
A: Wie sieht es nun mit der Versetzungsbewegung aus?
- Über die Peierls-Spannung...
A: Lassen Sie die Peierls-Spannung. Ich glaube Sie sind da auf dem falschen Weg. Was ist mit der sonstigen Beweglichkeit? Ich meine, bei normalem Gleiten stellen die aufgespaltenen Partialversetzungen doch kein Hindernis dar...
- Ja, die Aufspaltung hat vor allem Einfluß auf das Klettern und Quergleiten. Zum Quergleiten sind große Aufspaltungsweiten hinderlicher als kleine.
A: Hm, eine große Stapelfehlerenergie behindert also das Wandern von Versetzungen. Können Sie sich vorstellen, daß Verfestigung auch einen günstigen Einfluß auf die Duktilität hat?
- *grübel, grübel*
A: Na denken Sie doch mal an den Zugversuch...
-Ach ja, Verfestigung in übermäßig gedehnten Bereichen führt insgesamt zu gleichmäßiger Dehnung der gesamten Probe.
A: Gut, dann gebe ich mal weiter.

Kollegialprüfung Werkstoffwissenschaft vom 18.10.1999 – Michael Stanislowski

Prüfer: Aldinger (Keramik), Arzt (Werkstoffphysik), Mittemeier (?/Metalle)

Die Reihenfolge der Themengebiete durfte gewählt werden

Werkstoffphysik:
A: Wie sieht es mit der Energie von Versetzungen aus?
-Verzerrungsenergie; zwei Arten von Versetzungen: Stufen- mit Druck- und Zugbereichen, Schrauben- mit reinen Scherzuständen; Für die Schrauben- gilt: $E \sim Gb^2/2$
A: Wie weit reicht so eine Verzerrung?
- 1/r Singularität
A: Wie kommt man von einer Spannung auf eine Energie?
- Integration der Spannung nach der Dehnung
A: Welche mathematischen Vereinfachungen macht man hierbei?
- Abschneideradius wird angenommen *(und noch mehr...bitte selbst nachlesen)*
A: Wie liegen Versetzungen eigentlich vor?
- meist als Partialversetzungen; bei fcc und hdp Shockley-
A: Warum Partialversetzungen?
- Energieminimierung; *dichtestgepackte Ebene aufgezeichnet und Weg der Versetzung erklärt;* es gilt: $b^2 > b_2^2 + b_3^2$; der Burgersvektor muß erhalten bleiben: $b = b_2 + b_3$ (vektoriell)
A: Wovon hängt die Aufspaltungsweite ab?
- von der Stapelfehlerenergie
A: Genauerer mathematischer Zusammenhang bitte!
- $w = (Gb_2b_3)/(2\chi_{sf})$
A: Warum Stapelfehler?
- *anhand der oberen Zeichnung gezeigt, daß es sich um einen Stapelfehler handelt*
A: Was steht nun im Gleichgewicht bei der Versetzungsaufspaltung?
- Stapelfehlerenergie, die Aufspaltungsweite gering halten will, und Abstoßungskräfte der gleichnamigen Versetzungsanteile (Schrauben)
A: Wie sieht es nun mit der Versetzungsbewegung aus?
- Über die Peierls-Spannung...
A: Lassen Sie die Peierls-Spannung. Ich glaube Sie sind da auf dem falschen Weg. Was ist mit der sonstigen Beweglichkeit? Ich meine, bei normalem Gleiten stellen die aufgespaltenen Partialversetzungen doch kein Hindernis dar...
- Ja, die Aufspaltung hat vor allem Einfluß auf das Klettern und Quergleiten. Zum Quergleiten sind große Aufspaltungsweiten hinderlicher als kleine.
A: Hm, eine große Stapelfehlerenergie behindert also das Wandern von Versetzungen. Können Sie sich vorstellen, daß Verfestigung auch einen günstigen Einfluß auf die Duktilität hat?
- *grübel, grübel*
A: Na denken Sie doch mal an den Zugversuch...
-Ach ja, Verfestigung in übermäßig gedehnten Bereichen führt insgesamt zu gleichmäßiger Dehnung der gesamten Probe.
A: Gut, dann gebe ich mal weiter.

Kollegialprüfung Oktober 2002 Note: 1,7 Arzt/Mittemeijer/Aldinger

Arzt:

- Bindungspotential & was man daraus ablesen kann
  - Atombindung/Gitterparameter
  - E-Modul
  - Wie kommt man auf $U(r) = -\frac{A}{r^m} + \frac{B}{r^n}$ ⇒ rein empirisch gefunden
  - Ausdehungskoeffizient ⇒ Faustformel
    - Verlauf des α mit der T: $a \sim c_v$
- Versetzungen
  - OROWAN-Mechanismus
  - Linienspannung
  - Krümmungsradius entscheidend

Mittemeijer:

- Was ist ein Kristall: Nahordnung und Fernordnung
- Elementarzellen bauen den Kristall translatorisch auf
  - fcc + Lücken zeigen
    - Oktaederlücke
      Man nimmt fcc-Fe und positioniert ein N-Atom in die zentrale Oktaederlücke mit (1/2,1/2,1/2): nun hat man Fe_4N.
      Dieses Fe_4N ist nun kubisch primitiv:
      Röntgenanalyse:
      {100}-Flächen im fcc-Fe sind verboten, aber {100} im Fe_4N tauchen als zusätzlichen Peaks auf ⇒ es muss kubisch primitiv sein!!!
- amorph bei Röntgenanalyse: breiter Peak, da Nahordnung enthalten
- Schmelzen/Verdampfen: Energiebetrachtung
  - Verdampfen: höherer Entropieterm in Gibbs-Helmholtz-Gesetz

Aldinger:

- Keramikherstellung
  - Pulver/Pulverfrei
  - Alle Verfahren aus Skript aufgezeigt & erklärt
- Pulververfahren durchflogen (also nur grob die Vorgänge und ihre Bedeutung angesprochen)
- Fehler: Poren/Risse
- Ziel Keramikherstellung:
  - poren-/rissfrei
  - kleine Körner ⇒ Bruchmechanik (Griffith-Gleichung der Spannungsintensität)

Resumée:

- Arzt und Aldinger liefen perfekt, außer das Arzt mir nicht glaubte, dass $a \sim r$ (siehe Keramikskript Kapitel 6.1.2). Später erklärter er mir, dass das keine allgemeine Regel sei. Tja, das steht aber so nicht im Keramikskript (leider).
- Mittemeijer ist interessant:
  - Er hat Schwierigkeiten, direkt seine Fragen auszudrücken

Zok: 1,3 Prüfungsprotokoll Kollegial Prüfung 29.11.01 -1-

Arzt: - Was ist der thermische Ausdehnungskoeffizient?

$$\alpha = \left(\frac{dL}{dT}\right)\frac{1}{L_0}$$

- Wo findet man scheinbar negative α?

Invar

- Ehr keine Zusammenhang. Denken Sie an etwas was heute in fast jedem Haushalt vorkommt.

~~[illegible]~~ Ceran

- Und bei Kunststoffen?

?

- Wie ist das mit dem E-Modul?

Entropieelastizität $E = -\frac{T}{n\Omega}\frac{d^2S}{de^2}\Big|_{\varepsilon=0}$

Temperaturabhängigkeit

$$E = \frac{2k_BT}{n\Omega} \qquad E \sim T$$

Mit steigender Temperatur nimmt E zu

- Was heißt das für eingespannte Kunststoffe?

Mit zunehmender Temperatur steigt E und bei gleichbleibenden σ wird ε kleiner, der Kunststoff zieht sich zusammen → scheinbar negatives α

- Nennen Sie die Gleitsysteme im fcc

$\{111\}\langle 1\bar{1}0\rangle$

Zwischenfrage Mittemeijer: Was soll das Minus? Damit die Ebenennormale und die Richtung senkrecht sind

M.: Dann aber keine eckigen Klammern.

- bcc, hcp

bcc: $\{110\}\langle 1\bar{1}1\rangle$

$\{112\}\langle 1\bar{1}1\rangle$

$\{123\}\langle 1\bar{1}1\rangle$

hcp $\{0001\}\langle 11\bar{2}0\rangle$

$\{\bar{1}01\}\langle 11\bar{2}0\rangle$

$\{10\bar{1}0\}\langle 11\bar{2}0\rangle$

- Wohin Verzerrung bei martensitischer Umwandlung
  Volumenzunahme
- welche Kristallstruktur?
  Tetragonal

Akinger:
- Welche Fehler gibt es in Keramiken
  1-dim Schottky, Frenkel
  kurze Erklärung
- 3-dim?
  Poren, Einschlüsse
- Wie beeinflussen Poren mechanische Eigenschaften?
  leichter Rissbildung
- Was ist unterkritisches Rissaufbrechen
  Rissausbreitung unter K_I^c durch Abbau der Oberflächenenergie durch in den Riss diffundierendes H_2O.
- Kinetik?
  Erst durch Reaktion dann durch Transport des H_2O an die Rissspitze bestimmt.
- Sinkprozess?
  3 Stadien, Erklären Diffusion (Korngrenzen-, Volumendiffusion)
  Kornwachstum

verschieben sich

<u>Aldinger</u>: Wenn Sie an Keramiken denken, welche Fehler fallen ihnen ein?

* Poren, Leerstellen, ~~[illegible]~~ Zweitphasen

A: Können Sie diese in 2 Klassen einteilen?

* Gitterfehler, Gefügefehler

A: Beschreiben Sie diese:

* 0-Dimensionale Defekte: Leerstellen, Frenkel-Defekt, Schottky-Defekt

A: Unter Leerstellen kann ich mir etwas vorstellen, erklären Sie die anderen genauer.

* Frenkel-Defekt: Leerstelle + Zwischengitteratom, Ladungsneutralität

Schottky-Defekt: Leerstelle von einem Anion und einem Kation

→ es muß Ladungsneutralität herrschen !!!

1-D-Defekte: Versetzungen

2D-Defekte: Korngrenzen

Gefügefehler: Poren, Ausscheidungen, Zweitphasen

A: Wozu sind Leerstellen zu gebrauchen?

* Volumendiffusion, Jonenleiter → Lambdasonde erklärt

beim Sintern wichtig

Irgendwie sind wir noch darauf gekommen, dass beim Sintern Korngrenzen entstehen → Stellen erhöhter Energie

→ Korngrenzendiffusion; Triebkraft beim Sintern

Verringerung der Oberflächenenergie

A: Warum sind Keramiken nicht plastisch verformbar?

* Versetzungsbewegung kaum möglich. Burgersvektor ist länger als in Metallen, elastische Verzerrungsenergie proportional zu b^2, Versetzungsbewegung proportional zu b

5.11.01 Kollegalprüfung Ellen Wolfart, Vok 1,0

Arzt: Was ist der Ausdehnungskoeffizient?

* Bei thermischer Erwärmung → Vergrößerung der Atomabstände
  ⇒ kommt vom asymmetrischen Bindungspotential
  (klassische Physik, genauer → Quantenmechanik)

Arzt: Wie lautet die Formel.

* $\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{\Delta l}{\Delta T}$

Arzt: Wenn ich Ihnen jetzt α und ΔT angebe, welche Größe benötigen Sie noch, um die wirkende Spannung auszurechnen?

* E-Modul

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta T} = \frac{1}{\Delta T} \underbrace{\frac{\Delta l}{l_0}}_{\varepsilon} \Rightarrow \varepsilon = \alpha \, \Delta T$$

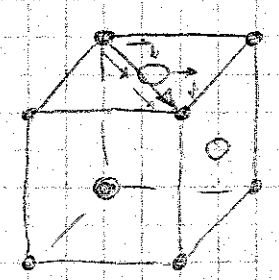
$$\rightarrow \sigma = E \cdot \varepsilon$$

Arzt: Wie entstehen Versetzungen?

* Durch plastische Verformung

Arzt: Nehmen wir $AlCu_3$, ~~wie positiv ist~~ wie sieht dort eine Versetzung aus?

*



∘ Al ∘ Cu

$$[110] \rightarrow \frac{1}{2}[110] + \frac{1}{2}[110]$$

nochmals Aufspaltung in Shockley-Partial-versetzungen

Gleichgewicht zwischen Abstoßung der Versetzungen und Stapelfehlerenergie

Arzt: Wie hängen Stapelfehlerenergie und Aufspaltungsweite zusammen?

* $w \approx \frac{1}{\gamma_{SF}}$ (genau $w = \frac{Gb_1b_2}{2\pi\gamma_{SF}}$)

Arzt:

- Bindungspotential & was man daraus ablesen kann
  - Atombindung/Gitterparameter
  - E-Modul
  - Wie kommt man auf $U(r) = -\frac{A}{r^m} + \frac{B}{r^n}$ ⇒ rein empirisch gefunden
  - Ausdehungskoeffizient ⇒ Faustformel
    - Verlauf des α mit der T: $a \sim c_v$
- Versetzungen
  - OROWAN-Mechanismus
  - Linienspannung
  - Krümmungsradius entscheidend

Mittemeijer:

- Was ist ein Kristall: Nahordnung und Fernordnung
- Elementarzellen bauen den Kristall translatorisch auf
  - fcc + Lücken zeigen
    - Oktaederlücke
      Man nimmt fcc-Fe und positioniert ein N-Atom in die zentrale Oktaederlücke mit (1/2,1/2,1/2): nun hat man Fe_4N.
      Dieses Fe_4N ist nun kubisch primitiv:
      Röntgenanalyse:
      {100}-Flächen im fcc-Fe sind verboten, aber {100} im Fe_4N tauchen als zusätzlichen Peaks auf ⇒ es muss kubisch primitiv sein!!!
- amorph bei Röntgenanalyse: breiter Peak, da Nahordnung enthalten
- Schmelzen/Verdampfen: Energiebetrachtung
  - Verdampfen: höherer Entropieterm in Gibbs-Helmholtz-Gesetz

Aldinger:

- Keramikherstellung
  - Pulver/Pulverfrei
  - Alle Verfahren aus Skript aufgezeigt & erklärt
- Pulververfahren durchflogen (also nur grob die Vorgänge und ihre Bedeutung angesprochen)
- Fehler: Poren/Risse
- Ziel Keramikherstellung:
  - poren-/rissfrei
  - kleine Körner ⇒ Bruchmechanik (Griffith-Gleichung der Spannungsintensität)

Resumée:

- Arzt und Aldinger liefen perfekt, außer das Arzt mir nicht glaubte, dass $a \sim r$ (siehe Keramikskript Kapitel 6.1.2). Später erklärter er mir, dass das keine allgemeine Regel sei. Tja, das steht aber so nicht im Keramikskript (leider).
- Mittemeijer ist interessant:
  - Er hat Schwierigkeiten, direkt seine Fragen auszudrücken

Keramik:
A: Können Sie mir etwas zu Polymorphie sagen?
- (Zunächst habe ich das mit Polytypie verwechselt) entspricht allotroper Umwandlung. Beispiele sind α-SiC$\rightarrow\beta$-SiC, α-$Si_3N_4\rightarrow\beta$-Si_3N_4 (nur in einer Richtung!), ZrO_2, kubisch, monoklin, tetragonale HT-Modifikation.
A: Wissen Sie in welchen Strukturen SiC vorliegt?
- α-SiC im Wurzitgitter, β-SiC im Zinkblendegitter; *aufzeichnen*
A: Nun zu Ihrer Polytypie. Was fällt Ihnen dazu ein?
- Stapelfehler in bestimmter Reihenfolge. Bei SiC sehr verbreitet.
A: Können Sie das mit dem Stapelfehler genauer aufzeigen?
- Zinkblendegitter läßt sich von fcc-EZ ableiten, also Stapelfolge ABCABC... , Wurzitgitter von hdp-EZ, also ABAB..., Stapelfehler könnte z.B. so aussehen ABACABAB...
A: Wovon hängt die Ausbildung eines bestimmten Gitters ab?
- Von den Atomradienverhältnissen, bei den Ionenverbindungen von den Wertigkeiten...
A: Wie kann man sich das mit den Radienverhältnissen vorstellen?
- Große Ionen, meist Anionen, bilden ein Grundgerüst, in dessen Lücken sich dann die kleineren Atome anordnen.
A: Beispiele?
- CsCl, *gezeichnet*, Cl in der Mitte.
A: Was für Lücken gibt es?
- Würfel, Oktaeder, Tetraeder, Dreieck, *jeweils an bcc und fcc gezeigt*
A: Das ZrO_2 von vorhin, welche Struktur wird das wohl haben?
- Antifluorit, *gezeichnet, Atome gezählt*
A: In welchen Gittertypen werden wohl zumeist kovalente Bindungen zu finden sein?
-Wahrscheinlich in Diamantstruktur, da die Tendenz von kovalenten Gefügen zur geringen Raumausnutzung hier mit (glaube ich) 36% besonders gut erfüllt ist.
A: Wieviel Zeit habe ich eigentlich noch?-(Arzt:) noch 2 Minuten – gut, dann gehen wir noch schnell zum Herstellungsprozess. Welche Arten gibt es?
- Pulver- und pulverfreie Verfahren. Bei den Pulververfahren verfährt man nach den Schritten Pulverherstellung, -aufbereitung, Masseherstellung und Formgebung, Ausheizen, Sintern und Nachbearbeiten.
A: Bleiben wir beim Sintern. Welche Mechanismen laufen hier ab?
- Zunächst Umordnung, dann Bildung von Sinterhälsen. Dabei spielen v.a. Oberflächen- und Korngrenzendiffusion eine große Rolle. Treibende Kraft ist Minimierung der Oberflächenenergie. Es wirken aufgrund der konvexen und konkaven Krümmungen Kapillardruck, unterschiedliche Gasdrücke als über ebenen Flächen (Materietransport), Leerstellenquellen und –senken...
A: Der letzte Teil ist nur im Praktikum drangewesen. Das gibt ein (*). Wie sieht es mit Flüssigphasensintern aus?
- *aufgezeichnet als Bollen, die von einer Glasphase umgeben sind*, v.a. wichtig beim Si_3N_4.
A: Liegt das wirklich so vor?
- ???
A: Sie haben recht. Wichtig ist das Verhältnis der verschiedenen Phasengrenzenergien zueinander und das Benetzungsverhalten. Ausgezeichnet, dann gebe ich, glaube ich, weiter.

Kollegialprüfung Werkstoffwissenschaft vom 18.10.1999 -- Michael Stanislowski

Prüfer: Aldinger (Keramik), Arzt (Werkstoffphysik), Mittemeier (?/Metalle)

Die Reihenfolge der Themengebiete durfte gewählt werden

Werkstoffphysik:
A: Wie sieht es mit der Energie von Versetzungen aus?
-Verzerrungsenergie; zwei Arten von Versetzungen: Stufen- mit Druck- und Zugbereichen, Schrauben- mit reinen Scherzuständen; Für die Schrauben- gilt: $E \sim Gb^2/2$
A: Wie weit reicht so eine Verzerrung?
- 1/r Singularität
A: Wie kommt man von einer Spannung auf eine Energie?
- Integration der Spannung nach der Dehnung
A: Welche mathematischen Vereinfachungen macht man hierbei?
- Abschneideradius wird angenommen *(und noch mehr...bitte selbst nachlesen)*
A: Wie liegen Versetzungen eigentlich vor?
- meist als Partialversetzungen; bei fcc und hdp Shockley-
A: Warum Partialversetzungen?
- Energieminimierung; *dichtestgepackte Ebene aufgezeichnet und Weg der Versetzung erklärt;* es gilt: $b^2 > b_2^2 + b_3^2$; der Burgersvektor muß erhalten bleiben: $b = b_2 + b_3$ (vektoriell)
A: Wovon hängt die Aufspaltungsweite ab?
- von der Stapelfehlerenergie
A: Genauerer mathematischer Zusammenhang bitte!
- $w = (Gb_2b_3)/(2\chi_{sf})$
A: Warum Stapelfehler?
- *anhand der oberen Zeichnung gezeigt, daß es sich um einen Stapelfehler handelt*
A: Was steht nun im Gleichgewicht bei der Versetzungsaufspaltung?
- Stapelfehlerenergie, die Aufspaltungsweite gering halten will, und Abstoßungskräfte der gleichnamigen Versetzungsanteile (Schrauben)
A: Wie sieht es nun mit der Versetzungsbewegung aus?
- Über die Peierls-Spannung...
A: Lassen Sie die Peierls-Spannung. Ich glaube Sie sind da auf dem falschen Weg. Was ist mit der sonstigen Beweglichkeit? Ich meine, bei normalem Gleiten stellen die aufgespaltenen Partialversetzungen doch kein Hindernis dar...
- Ja, die Aufspaltung hat vor allem Einfluß auf das Klettern und Quergleiten. Zum Quergleiten sind große Aufspaltungsweiten hinderlicher als kleine.
A: Hm, eine große Stapelfehlerenergie behindert also das Wandern von Versetzungen. Können Sie sich vorstellen, daß Verfestigung auch einen günstigen Einfluß auf die Duktilität hat?
- *grübel, grübel*
A: Na denken Sie doch mal an den Zugversuch...
-Ach ja, Verfestigung in übermäßig gedehnten Bereichen führt insgesamt zu gleichmäßiger Dehnung der gesamten Probe.
A: Gut, dann gebe ich mal weiter.

- Auch der Schwierigkeitsgrad ist unterschiedlich: ich konnte gar nicht wissen, dass Fe4N kubisch primitiv ist. Das war kein Vorlesungsstoff bei Papa Gust. Aber das juckt den Mittemeijer nicht sonderlich. Er hält die Vorlesung nicht und weis wahrscheinlich auch nichts über deren genauen Inhalt!
- Seine Frage über die Schmelzen und Verdampfen hat mich dann zur Weißglut gebracht. Jeder PC-Absolvent unseres Studienganges hat soviel von Thermodynamik verstanden, dass der Entropieterm eben wichtig ist. Na ja, es hat bestimmt 5 min gedauert, bis ich drauf gekommen bin, dass nur wissen wollte, dass der Entropieterm mit größerem ΔS größer wird. Das ist wahr! Eine unglaubliche Erkenntnis *g*.

Zum Schluss kann ich nur einen Tipp geben:

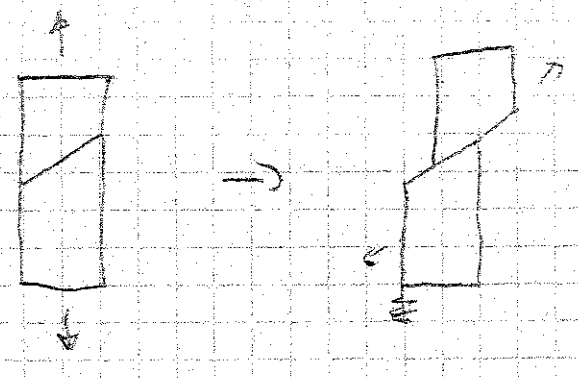
Wenn ihr was nicht wisst oder glaubt es besser zu wissen, dann sagt einfach:

„Ich weis es nicht!".

Das rettet euch. Die drücken sich dann klarer aus oder man beginnt ein anderes Thema und alle sind glücklich. Mir hat man hinterher gesagt, ich soll nicht so ein Besserwisser sein. Na ja, da hab ich wohl zu oft gestritten – das hat den Herren Professoren nicht gepasst.

Viel Glück!

Arzt: Bsp. Zugversuch, Nehmen wir an, es gibt nur eine Gleitebene, wie sieht das aus?

* 

Arzt: Wie wird entschieden, welche Gleitebene aktiviert wird?

* Schmid-Faktor

<u>Mittemeijer</u>: Wie bestimmt man die Kristallstruktur?

* Röntgenbeugung

M: Wie funktioniert das

*: Herleitung Bragg, Schaubild J / 2θ

Auslöschung / Interferenz

M: Was passiert mit den Peaks, wenn Fremdatome eulegiert werden?

* Gitterverzerrung → Peaks werden schwächer (kleiner + breiter)

M: Was ändert sich bei den Peaks bei Substitutionsmischkristallen, Einlagerungsmischkristallen, Superlegierungen?

M: Kann durch Röntgen erkannt werden, ob es Ausscheidungen gibt und welche Ausscheidung (kontinuierlich / diskontinuierlich) vorliegt?

* Ja

M: Erklären sie mir zuerst kontinuierliche / diskontinuierliche Ausscheidung

M: Wie verändern sich die Peaks dabei?

* Bei kont. Ausscheidung: Peaks werden kleiner und breiter

allgemein: Peaks werden [illegible] kleiner + schwächer und sie

A: Wann ist trotzdem plastische Verformung möglich?

* Wenn Zweitphase feine schmilzt → Korngrenzengleiten

A: Denken Sie an hohe Temperaturen?

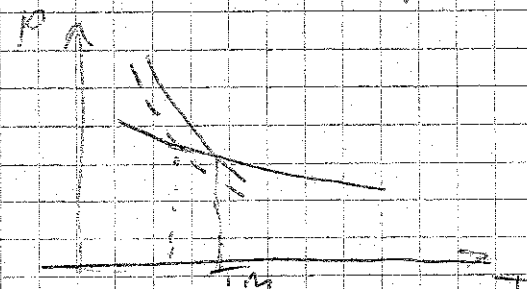
* Kriechen → Versetzungsklettern

Keine Garantie für Ausführlichkeit und richtige Antworten (!)

- Wann bei kup Prismen- und Pyramidengleitung?
  $\tau_a < 10$ cal

Mittemajer

- Was ist im Gleichgewicht?
  $\Delta G = 0$
- Wie ist das am Schmelzpunkt?
  beide Phasen nebeneinander
- Zeichnen Sie ein p-T-Diagramm



- Wieso kommt es kaum zu größeren Aufl. zu einer Schmelzpunkterniedrigung?
  Einfaches Modell: weniger Oberflächenatome des Stoffs A die verdampfen können → weniger p → Diagramm --
- Welche Energiebeiträge treten bei Ausscheidung auf?
  chem Energie negativ
  Grenzflächen- und Verzerrungsenergie positiv
- Ausscheidungen auf Teilchenform?
  $\sigma_{gr} > \sigma_{ver}$ → runde Teilchen
  $\sigma_{gr} < \sigma_{ver}$ → flache Teilchen
  meist Mischform: linsenförmig
- Beispiel?
  Martensit
- Welche Phasen eigentlich im Gleichgewicht?
  α-Fe und C

- Auch der Schwierigkeitsgrad ist unterschiedlich: ich konnte gar nicht wissen, dass Fe4N kubisch primitiv ist. Das war kein Vorlesungsstoff bei Papa Gust. Aber das juckt den Mittemeijer nicht sonderlich. Er hält die Vorlesung nicht und weis wahrscheinlich auch nichts über deren genauen Inhalt!
- Seine Frage über die Schmelzen und Verdampfen hat mich dann zur Weißglut gebracht. Jeder PC-Absolvent unseres Studienganges hat soviel von Thermodynamik verstanden, dass der Entropieterm eben wichtig ist. Na ja, es hat bestimmt 5 min gedauert, bis ich drauf gekommen bin, dass nur wissen wollte, dass der Entropieterm mit größerem ΔS größer wird. Das ist wahr! Eine unglaubliche Erkenntnis *g*.

Zum Schluss kann ich nur einen Tipp geben:

Wenn ihr was nicht wisst oder glaubt es besser zu wissen, dann sagt einfach:

„Ich weis es nicht!".

Das rettet euch. Die drücken sich dann klarer aus oder man beginnt ein anderes Thema und alle sind glücklich. Mir hat man hinterher gesagt, ich soll nicht so ein Besserwisser sein. Na ja, da hab ich wohl zu oft gestritten – das hat den Herren Professoren nicht gepasst.

Viel Glück!

Keramik:
A: Können Sie mir etwas zu Polymorphie sagen?
- (Zunächst habe ich das mit Polytypie verwechselt) entspricht allotroper Umwandlung. Beispiele sind α-SiC$\rightarrow\beta$-SiC, α-$Si_3N_4\rightarrow\beta$-Si_3N_4 (nur in einer Richtung!), ZrO_2, kubisch, monoklin, tetragonale HT-Modifikation.
A: Wissen Sie in welchen Strukturen SiC vorliegt?
- α-SiC im Wurzitgitter, β-SiC im Zinkblendegitter; *aufzeichnen*
A: Nun zu Ihrer Polytypie. Was fällt Ihnen dazu ein?
- Stapelfehler in bestimmter Reihenfolge. Bei SiC sehr verbreitet.
A: Können Sie das mit dem Stapelfehler genauer aufzeigen?
- Zinkblendegitter läßt sich von fcc-EZ ableiten, also Stapelfolge ABCABC... , Wurzitgitter von hdp-EZ, also ABAB..., Stapelfehler könnte z.B. so aussehen ABACABAB...
A: Wovon hängt die Ausbildung eines bestimmten Gitters ab?
- Von den Atomradienverhältnissen, bei den Ionenverbindungen von den Wertigkeiten...
A: Wie kann man sich das mit den Radienverhältnissen vorstellen?
- Große Ionen, meist Anionen, bilden ein Grundgerüst, in dessen Lücken sich dann die kleineren Atome anordnen.
A: Beispiele?
- CsCl, *gezeichnet*, Cl in der Mitte.
A: Was für Lücken gibt es?
- Würfel, Oktaeder, Tetraeder, Dreieck, *jeweils an bcc und fcc gezeigt*
A: Das ZrO_2 von vorhin, welche Struktur wird das wohl haben?
- Antifluorit, *gezeichnet, Atome gezählt*
A: In welchen Gittertypen werden wohl zumeist kovalente Bindungen zu finden sein?
-Wahrscheinlich in Diamantstruktur, da die Tendenz von kovalenten Gefügen zur geringen Raumausnutzung hier mit (glaube ich) 36% besonders gut erfüllt ist.
A: Wieviel Zeit habe ich eigentlich noch?-(Arzt:) noch 2 Minuten – gut, dann gehen wir noch schnell zum Herstellungsprozess. Welche Arten gibt es?
- Pulver- und pulverfreie Verfahren. Bei den Pulververfahren verfährt man nach den Schritten Pulverherstellung, -aufbereitung, Masseherstellung und Formgebung, Ausheizen, Sintern und Nachbearbeiten.
A: Bleiben wir beim Sintern. Welche Mechanismen laufen hier ab?
- Zunächst Umordnung, dann Bildung von Sinterhälsen. Dabei spielen v.a. Oberflächen- und Korngrenzendiffusion eine große Rolle. Treibende Kraft ist Minimierung der Oberflächenenergie. Es wirken aufgrund der konvexen und konkaven Krümmungen Kapillardruck, unterschiedliche Gasdrücke als über ebenen Flächen (Materietransport), Leerstellenquellen und –senken...
A: Der letzte Teil ist nur im Praktikum drangewesen. Das gibt ein (*). Wie sieht es mit Flüssigphasensintern aus?
- *aufgezeichnet als Bollen, die von einer Glasphase umgeben sind*, v.a. wichtig beim Si_3N_4.
A: Liegt das wirklich so vor?
- ???
A: Sie haben recht. Wichtig ist das Verhältnis der verschiedenen Phasengrenzenergien zueinander und das Benetzungsverhalten.
Ausgezeichnet, dann gebe ich, glaube ich, weiter.

Keramik:
A: Können Sie mir etwas zu Polymorphie sagen?
- (Zunächst habe ich das mit Polytypie verwechselt) entspricht allotroper Umwandlung. Beispiele sind α-SiC$\rightarrow\beta$-SiC, α-$Si_3N_4\rightarrow\beta$-Si_3N_4 (nur in einer Richtung!), ZrO_2, kubisch, monoklin, tetragonale HT-Modifikation.
A: Wissen Sie in welchen Strukturen SiC vorliegt?
- α-SiC im Wurzitgitter, β-SiC im Zinkblendegitter; *aufzeichnen*
A: Nun zu Ihrer Polytypie. Was fällt Ihnen dazu ein?
- Stapelfehler in bestimmter Reihenfolge. Bei SiC sehr verbreitet.
A: Können Sie das mit dem Stapelfehler genauer aufzeigen?
- Zinkblendegitter läßt sich von fcc-EZ ableiten, also Stapelfolge ABCABC... , Wurzitgitter von hdp-EZ, also ABAB..., Stapelfehler könnte z.B. so aussehen ABACABAB...
A: Wovon hängt die Ausbildung eines bestimmten Gitters ab?
- Von den Atomradienverhältnissen, bei den Ionenverbindungen von den Wertigkeiten...
A: Wie kann man sich das mit den Radienverhältnissen vorstellen?
- Große Ionen, meist Anionen, bilden ein Grundgerüst, in dessen Lücken sich dann die kleineren Atome anordnen.
A: Beispiele?
- CsCl, *gezeichnet*, Cl in der Mitte.
A: Was für Lücken gibt es?
- Würfel, Oktaeder, Tetraeder, Dreieck, *jeweils an bcc und fcc gezeigt*
A: Das ZrO_2 von vorhin, welche Struktur wird das wohl haben?
- Antifluorit, *gezeichnet, Atome gezählt*
A: In welchen Gittertypen werden wohl zumeist kovalente Bindungen zu finden sein?
-Wahrscheinlich in Diamantstruktur, da die Tendenz von kovalenten Gefügen zur geringen Raumausnutzung hier mit (glaube ich) 36% besonders gut erfüllt ist.
A: Wieviel Zeit habe ich eigentlich noch?-(Arzt:) noch 2 Minuten – gut, dann gehen wir noch schnell zum Herstellungsprozess. Welche Arten gibt es?
- Pulver- und pulverfreie Verfahren. Bei den Pulververfahren verfährt man nach den Schritten Pulverherstellung, -aufbereitung, Masseherstellung und Formgebung, Ausheizen, Sintern und Nachbearbeiten.
A: Bleiben wir beim Sintern. Welche Mechanismen laufen hier ab?
- Zunächst Umordnung, dann Bildung von Sinterhälsen. Dabei spielen v.a. Oberflächen- und Korngrenzendiffusion eine große Rolle. Treibende Kraft ist Minimierung der Oberflächenenergie. Es wirken aufgrund der konvexen und konkaven Krümmungen Kapillardruck, unterschiedliche Gasdrücke als über ebenen Flächen (Materietransport), Leerstellenquellen und –senken...
A: Der letzte Teil ist nur im Praktikum drangewesen. Das gibt ein (*). Wie sieht es mit Flüssigphasensintern aus?
- *aufgezeichnet als Bollen, die von einer Glasphase umgeben sind*, v.a. wichtig beim Si_3N_4.
A: Liegt das wirklich so vor?
- ???
A: Sie haben recht. Wichtig ist das Verhältnis der verschiedenen Phasengrenzenergien zueinander und das Benetzungsverhalten. Ausgezeichnet, dann gebe ich, glaube ich, weiter.

- Wann bei Prismen- und Pyramidengleitung?

$\epsilon/a < \text{ideal}$

Mittemajer

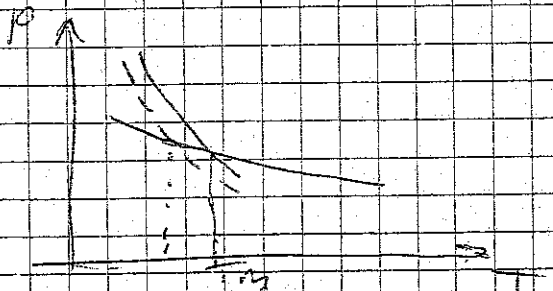
- Was ist ein Gleichgewicht?

$\Delta G = 0$

- Wie ist das am Schmelzpunkt?

beide Phasen relevantes

- Zeichnen Sie ein p-T Diagramm



- Wieso kommt es beim Zulegieren auf ein eines Schmelzpunktserniedrigung?

Einfaches Modell: weniger Oberflächenatome der Sorte A die verdampfen können → weniger p → Diagramm

- Welche Energiebeiträge treten bei Ausscheidung auf?

chem Energie negativ

Grenzflächen- und Verzerrungsenergie positiv

- Ausscheidungen auf Teilchenform?

$\sigma_{gr} > \sigma_{ver}$ → runde Teilchen

$\sigma_{gr} < \sigma_{ver}$ → flache Teilchen

meist Mischform: linsenförmig

- Beispiel?

Martensit

- Welche Phasen eigentlich im Gleichgewicht?

α-Fe und C

A: Wann ist trotzdem plastische Verformung möglich?

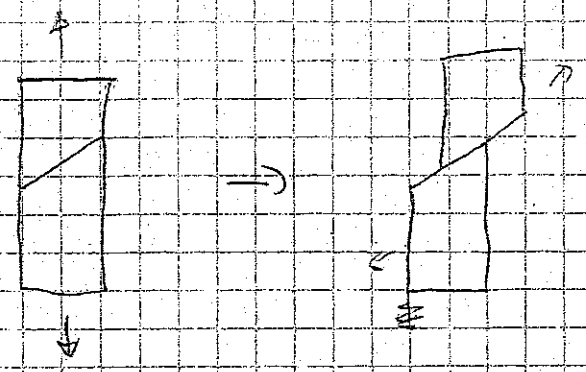
* Wenn Zweitphase früher schmilzt → Korngrenzengleiten

A: Denken Sie an hohe Temperaturen?

* Kriechen → Versetzungsklettern

Keine Garantie für Ausführlichkeit und richtige Antworten (!)

Arzt: Bsp. Zugversuch, Nehmen wir an, es gibt nur eine Gleitebene, wie sieht das aus?

* 

Arzt: Wie wird entschieden, welche Gleitebene aktiviert wird?

* Schmid-Faktor

Kittemeyer: Wie bestimmt man die Kristallstruktur?

* Röntgenbeugung

M: Wie funktioniert das

*: Herleitung Bragg, Schaubild $J/2\Theta$

Auslöschung / Interferenz

M: Was passiert mit den Peaks, wenn Fremdatome eingelagert werden?

* Gitterverzerrung → Peaks werden schwächer (kleiner + breiter)

M: Was ändert sich bei den Peaks bei Substitutionsmischkristallen, Einlagerungsmischkristallen, Superlegierungen?

M: Kann durch Röntgen erkannt werden, ob es Ausscheidungen gibt und welche Ausscheidung (kontinuierlich / diskontinuierlich) vorliegt?

* Ja

M: Erklären sie mir zuerst kontinuierliche / diskontinuierliche Ausscheidung

M: Wie verändern sich die Peaks dabei?

* Bei Kont. Ausscheidung: Peaks werden kleiner und breiter

Protokoll Kollegialprüfung Werkstoffwissenschaft Stefan Oberhoff

Datum: 13.10.1999
Gewählte Reihenfolge: Werkstoffphysik (Arzt), Metallkunde (Predel), Keramik (Aldinger)

1.Werkstoffphysik
A: Definieren Sie bitte mal den Begriff Elastizität!
-Spannung wirkt auf Körper, reversible Verformung
A: Das ist mal die grundlegende Definition, was gehört noch dazu?
-lineare Elastizität
A: Das muß aber nicht der Fall sein, Beispiel?
-Polymere, Spannungs-Dehnungskurve nicht linear
A: Wie sieht es mit der Energie aus?
-Bei elastischer Verformung kein Energieverlust
A: Wie nennt man Verformung mit Energieverlust?
-Anelastische Verformung
A: Noch ein Faktor gehört zur elastischen Verformung!
-Zeitunabhängigkeit
A: Wie ist der E-Modul definiert?
-Hooksches Gesetz, Bindungspotential $E=1/r_0\ d^2U/dr^2 \mid r=r_0$
A: Größenordung, E-Modul von Stahl, Aluminium?
-GPa, Stahl: 200 GPa, Aluminium:70 GPa
A: Dichte von beiden?
-Eisen: 7,9 g/cm^3, Aluminium: 2,7 g/cm^3
A: E/ρ ist also für beide Materialien etwa gleich, was kennzeichnet denn diese Größe?
-Steifigkeit
A: Wo ist das wichtig:
-Leichtbau
A: Wieso ist Aluminium im Automobilbau so wichtig?
-Korrosion???
A: Das hat man auch bei Stahl schon gut im Griff! Denken sie daran, es gibt auch die Größe E/Wurzel(ρ), was charakterisiert denn die?
-Knickstabilität
A: Genau, und welche Größe ist da wichtiger?
-Die Dichte, d.h. Aluminium wird wegen geringerer Dichte bevorzugt
A: Schauen wir uns doch mal die Elastizität von Polymeren an. Welche Größen sind da von Bedeutung?
-Energieelastizität versus Entropieelastizität, Grundformel
A: Ja, die Energieelastizität fällt ja weg, wie kommen sie jetzt auf den E-Modul?
-Gauss-Verteilung (eindimensionale gezeichnet), die Entropie über die Boltzmann-Formel $S=k\ln W$, W: thermodynamische Wahrscheinlichkeit, Anzahl der mikroskopischen Realisierungszustände eines Makrozustands.
A: Und was sind hier die mikroskopischen Realisierungszustände?
-Anordung der Kette im Raum, Konformation des Moleküls
A: Gut, dann setzen Sie das in die Grundformel ein und rechnen, das können wir hier nicht machen. Was kommt denn am Ende raus?
- $E=3N_vkT$ (bei präziser Rechnung), N_v bedeutet Anzahl Ketten/Volumen
A: Zeichnen Sie mal die Spannungs-Dehnungskurve eines Polymers auf
-Theoretische Kurve, reale Kurve mit Anstieg bei hohen Dehnungen
A: Woher kommt denn dieser Anstieg am Schluß?
-Die Moleküle sind ja jetzt ganz gestreckt...

A: Genau, was passiert jetzt mit den Bindungen?
-Energieelastizität?
A: Richtig, natürlich kann es jetzt auch zu einer energieelastischen Dehnung der C,C-Bindungen kommen!
Da fällt mir was ein, es gibt da einen besonderen Effekt, wenn man das Spannungs-Dehnungsdiagramm von Dna betrachtet. Wissen Sie, wie die aussieht?
-Doppelhelixstruktur, vom Prinzip her ein Polymer
A: Ja, was passiert, wenn man die dehnt?
-Leiterstruktur, Doppelhelix getrennt, linear?
A: Wie ändert sich dabei der E-Modul? Wird die Dehnung leichter?
-E-Modul sinkt!
A: Richtig, im Spannungs-Dehnungs-Diagramm erhält man ein Plateau, danach dann wieder energieelastische Dehnung. Aber das nur nebenbei, jetzt gehen wir mal zu Versetzungen über. Was für Versetzungen gibt es?
-Stufen-, Schrauben-Versetzung
A: Wie ist eine Stufenversetzung definiert?
-Burgers-Vektor orthogonal Versetzungslinie, Definition Versetzungslinie
A: Welche Kräfte übt eine positive Stufenversetzung längs der z-Achse auf eine Schauben-versetzung aus, die sich im ersten Quadranten befindet? (etwa unter 30° zur Stufenversetzung)
-Keine?
A: Zeichnen sie mal das Spannungsfeld der Stufenversetzung an diesem Punkt
-Scherkräfte, in y-Richtung Zugkraft, in x-Richtung Druckkraft
A: Wie berechnen sie die Kräfte auf Versetzungen?
-Peach-Köhler-Kraft
A: Also, es wird tatsächlich keine Kraft ausgeübt, wir haben in der Vorlesung behandelt, daß in dem Spannungstensor der Schraubenversetzung genau dort Nullen stehen, wo im Spannungstensor der Stufenversetzungen Spannungen stehen, und andersherum.
Was ist denn charakteristisch für die Aufspaltungsweite von Shockley-Partialversetzungen
-Stapelfehlerenergie
A: Wie sieht die Formel für die Auspaltungsweite aus?
-Burgersvektoren der Partialversetzung im Zähler, Stapelfehlerenergie im Nenner, Diffusionskonstante?
A: Das mit der Diffusion verschlucken Sie mal lieber, das habe ich nicht gehört. Natürlich, die Stapelfehlerenergie ist im Nenner. Wenn wir schon mal dabei sind, wie ist denn die Aufspaltung bei Superversetzungen in geordneten Phasen?
-Ni_3Al-Elementarzelle aufgezeichnet, Burgersvektoren, Auspaltung (siehe Skript), Antiphasengrenzen etc.
A: Wie nennt man dann diesen Stapelfehler?
-Komplexer Stapelfehler
A: Vielen Dank, dann gebe ich mal weiter

2. Metallkunde

P: Wir wollen mal den Zusammenhang zwischen Struktur und Zustandsdiagramm herausarbeiten, was ist denn eine Überstrukturphase?
-Atome unterschiedlicher Sorte geordnet auf bestimmten Gitterplätzen
P: Kennen Sie welche?
-Cu_3Au, aufgezeichnet, dann CuAu (tetragonale Struktur)
P: Zeichnen Sie mal das Phasendiagramm
-Schematisch! Überstrukturphasen mit Homogenitätsbereich, zwischen den

Überstrukturphasen (wo sich die Homogenitätsbereiche treffen) eutektoider Punkt

P: Jetzt zeichnen Sie mal die Elementarzelle von γ-Messing!
-27 CsCl-Zellen, Eckatome und innenzentriertes Atom fehlen => 52 Atome

P: Und jetzt NiAs
-As hcp, 6 Oktaederlücken von Ni besetzt.

P: Wie kommt hier der große Homogenitätsbereich zustande?
-$Ni_{0,5}As$: Nur Hälfte der Oktadederlücken besetzt, Ni_2As: trigonal-bipyramidale Lücken teilweise besetzt

P: Was wollen Sie mir jetzt noch erzählen?
-??? (Tja, auf eine solche Frage war ich nicht vorbereitet...)

P: Wie kommen denn Leerstellen zustande?
-Energie/Verzerrung <-> Entropie, GG-Leerstellenkonz.

P: Wie kann man sie künstlich erzeugen?
-Neutronenbeschuß

P: Zeichnen Sie mir doch mal das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm auf
-... (Peritektikum, Eutektikum, eutektoider Punkt, Phasen etc.) ...

P: Was passiert jetzt, wenn sie aus dem Austenit-Gebiet abkühlen? Kennen Sie das ZTU-Diagramm?
-ZTU-Diagramm aufgezeichnet, erklärt, Perlit, Sorbit, Troostit, treibende Kraft, C-Diffusion, unterschiedliche Lamellendicken

3. Keramik

A: Jetzt werden wir mal ein bißchen technisch. Erzählen Sie mir doch mal etwas über die Herstellung von Keramiken
-Pulverherstellung, -aufbereitung, Masseherstellung, Formgebung, Ausheizen, Sintern Bearbeitung

A: Pulverfreie Verfahren?
-CVD, PVD, Herstellung dünner Schichten

A: Pulveraufbereitung?
-Naß, plastisch, trocken. Naß: stabile Suspension der Pulver notwendig, Verschlickern, sterische und elektrostatische Stabilisation. Formgebung: Foliengiessen, Schlickergiessen (Form aus Gips).
Plastisch: Plastifizierung der Pulver durch Binder, Spritzgiessen, Extrudieren, Kalandern

A: Binder: Unterschied zu nasser Formgebung?
-Bis zu 50% Binder-Anteil bei plastischer Formgebung
Trockene Formgebung: rieselfähige Pulveragglomerate erforderlich

A: Warum keine reinen Pulver?
-???

A: Agglomerat aufgezeichnet
Gleitkräfte zwischen Pulverteilchen müssen gleich sein, verwendet man Pulver, das z.B. aus kalziniertem Aluminiumoxid entstanden ist, sind evt. schon Sintervorstufen im Pulver vorhanden, dies muss vermieden werden.
-Beispiele für trockene Formgebung: Isostatisches Pressen, Uniaxiales Pressen

A: Jetzt nochmal zurück zu den Versetzungen, welche Rolle spielen die denn in Keramiken?
-Keine so grosse, Versetzungsbewegung sehr erschwert.

A: Genau, aber welche Defekte sind dann wichtig bei Keramiken?
-Risse bestimmen die Festigkeit des Materials

A: Und, was noch?
-Poren, Korngrenzen

A: Wie können Korngrenzen die Stabilität des Materials beeinträchtigen?
-Nach Sintervorgang Abkühlung => Spannungen an den Korngrenzen, wenn z.B.

Prüfungsprotokoll „Kollegialprüfung" vom 9.11.2001

Prüfer: Prof. Arzt (Werkstoffphysik)
Prof. Aldinger (Keramik)
Prof. Mittemeijer (Metallkunde)

Werkstoffphysik:

- Definition Bindungspotential
- Formel und Diagramm für Bindungspotential bzw. Bindungskraft etc.
- Allgemeines Hookesches Gesetz (mit Tensorschreibweise)
- Bestimmung E-Modul →Druckversuch (einachsige Dehnung!)
- Definition Anisotropie (Bestimmung von $C_{11}/C_{44}/C_{12}$)
- Versetzungen: Kleinwinkelkorngrenzen (Kippwinkel)
- Versetzungsaufspaltung → Stapelfehler

Keramik:

- Kristallstrukturen: NaCl, Zinkblende
- Warum bestimmte (ionische) Kristallstruktur (Ladungsneutralität, Elektronegativitätsdiff., geometrische Aspekte, Gitterlücken)
- Kovalente Keramiken (Beispiele); warum kovalente Bindung

Metallkunde:

- Definition „Legierung" und „Feste Lösung"
- Beispiel für Mischkristall (→Thermodynamik, Mischungsentropie)
- Intermetallische Phasen (Laves, Hume-Rothery)
- Packungsdichten
- Mech. Eigenschaften → Verformung, Rekristallisation