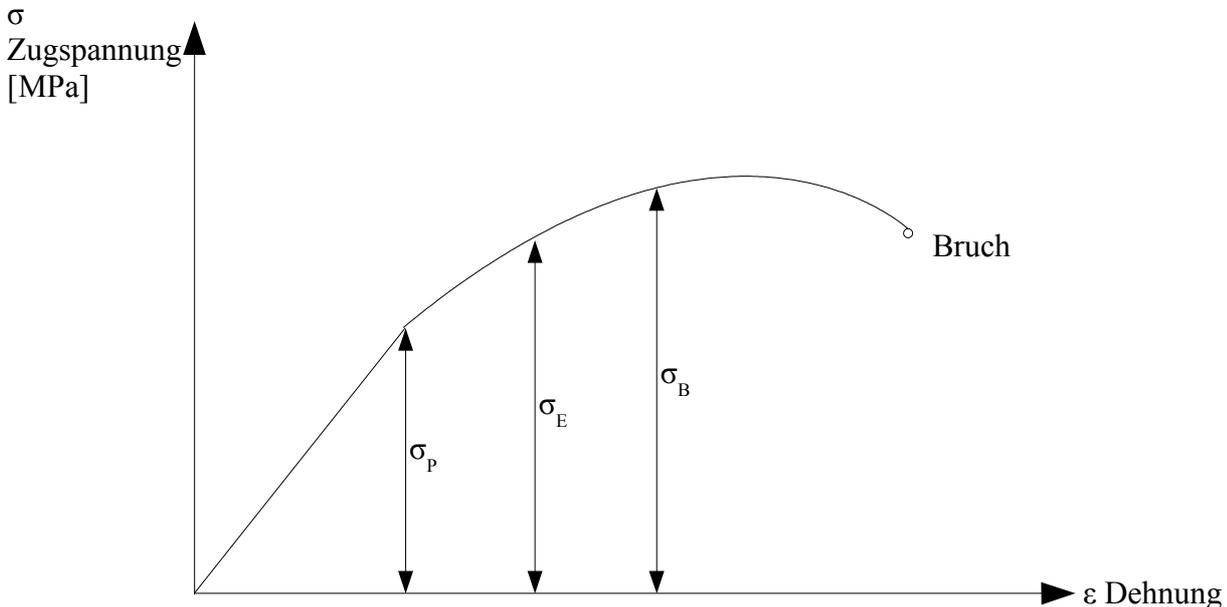


Kleines Repetitorium zur Vorlesung Werkstoffkunde für E-Techniker (Prof. Dr. A. Winnacker)

WET Kapitel 1 - Mechanische Eigenschaften von Festkörpern

- Skizzieren Sie ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm (Bezeichnungen nicht vergessen).



σ_P : Proportionalitätsbereich

σ_E : Elastizitätsbereich

σ_B : Belastungsgrenze

- Welche Module kennen Sie?
 - Elastizitätsmodul E
 - Schermodul G
- Welche Ansatzpunkte gibt es Werkstoffe zu härten?
 - Komposithärtung
 - Schäumhärtung

WET Kapitel 2 - Kristalle

- Welche Defekte gibt es? Nennen Sie 0-, 1-, 2-, 3-dim sowie intrinsische und extrinsische Defekte.
 - 0 dim: Punktdefekte
 - 1 dim: Versetzung
 - 2 dim: Korngrenze
 - 3 dim: Fremdphase oder gleiches Material aber andere Kristallstruktur
 - intrinsischer Defekt: Schottkydefekt, Zwischengitteratome
 - extrinsischer Defekt: Dotierungen
- Was versteht man unter dem Burgersvektor?
Parameter, der die Größe und Richtung einer Verschiebung beschreibt.
- Was sind Stufen-, was Schraubenversetzungen?
 - Stufenversetzung: Burgersvektor senkrecht auf Versetzungslinie
 - Schraubenversetzung: Burgersvektor parallel zu Versetzungslinie
- Was sind Schottky-, was Frenkeldefekte?
 - Schottky: nur Leerstellen

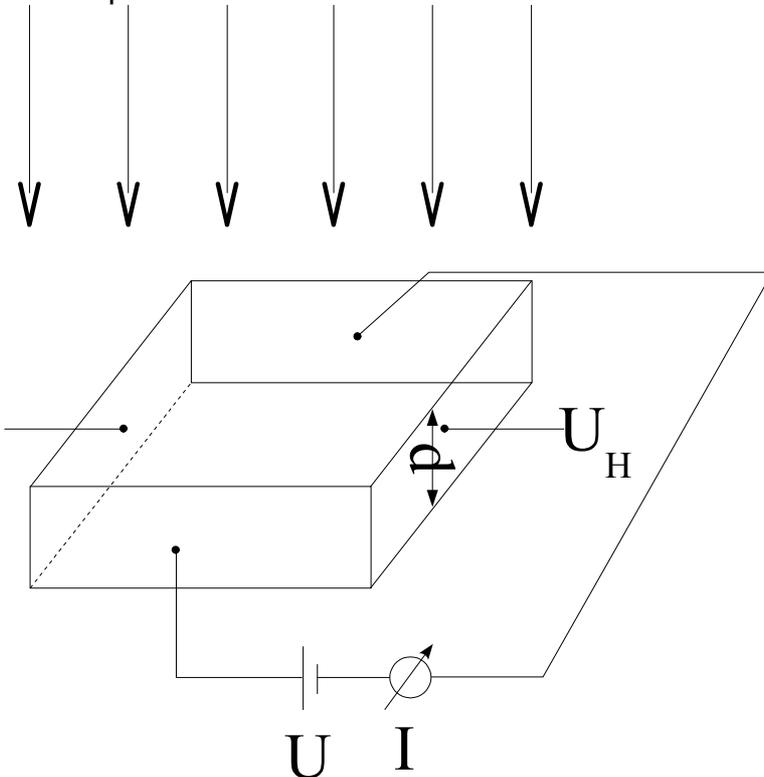
- Frenkeldefekt: Leerstelle + Zwischengitterplatz
- Nennen Sie Kristallgitter der dichtesten Kugelpackung
hcp = hexagonale Gitter, fcc = kubisch flächenzentriert; Raumfüllung: 74%
- Nennen Sie zwei Züchtungsverfahren von Silizium (Namen & Skizze).

Tiegelziehen	Zonenziehen

WET Kapitel 3 - Elektrische Eigenschaften der Materie

- Mit welcher Messmethode kann man die Ladungsträgerkonzentration in einem Halbleiter bestimmen? (Name, Aufbau, Formel)

Hall-Experiment



$$U_H = \frac{1}{ne} \cdot \frac{IB}{d}; R_H = \frac{1}{ne} \quad R_H: \text{Hall-Koeffizient} \Rightarrow n = \frac{1}{U_H e} \cdot \frac{IB}{d}$$

- Wie bestimmt man zusätzlich die Ladungsträgerbeweglichkeit?

Leitfähigkeit: $\sigma = ne\mu \Rightarrow \mu = \frac{\sigma}{ne}$ n: Ladungsträgerkonzentration; μ : Beweglichkeit

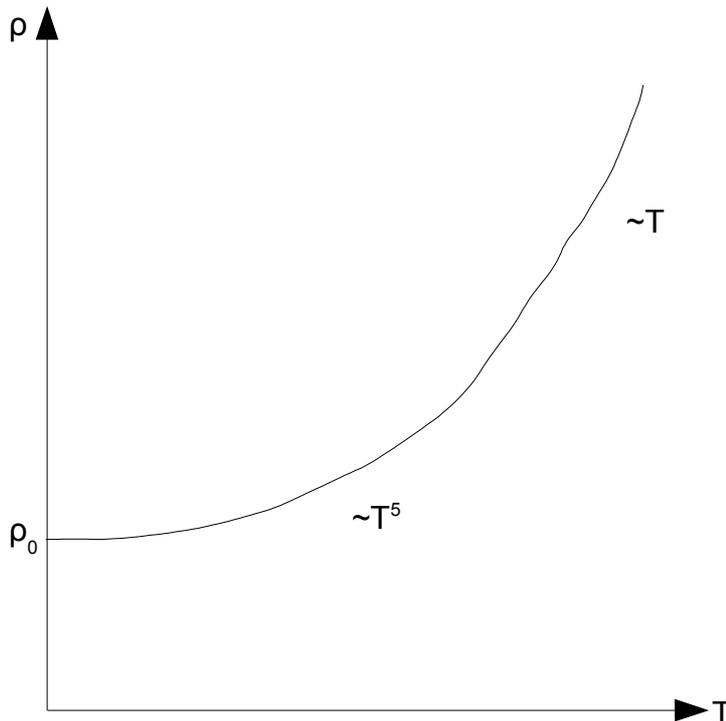
- Zeigen Sie, dass das Ohm'sche Gesetz in der Form $i = \sigma E$ identisch ist mit $U = IR$.

Q: Querschnitt, l: Länge, I: Strom

$$i = \frac{I}{Q}; \quad \sigma = \frac{I}{\rho Q}; \quad \rho = R \frac{Q}{l}; \quad E = \frac{U}{l}; \quad \sigma = \frac{I}{RQ}; \quad \frac{l}{Q} = \frac{l}{RQ} \frac{U}{l}; \quad I = \frac{U}{R}; \quad U = IR$$

WET Kapitel 4 - Metalle

- Wie sieht der Zusammenhang vom spezifischem Widerstand und der Temperatur aus?



- Erklären Sie die Matthiessensche Regel.

$$\rho(t) = \rho_0 + \rho(T)$$

bei größerem T mehr Bewegung der Atome

- ρ_0 : Restwiderstand bedingt durch Streuung an Fremdatomen und Kristallbaufehler --> Maß für die Reinheit
- $\rho(T)$: rührt von den Gitterschwingungen her.

Für tiefe T ist $\rho(T)$ proportional zu T^5 , für größere T proportional zu T

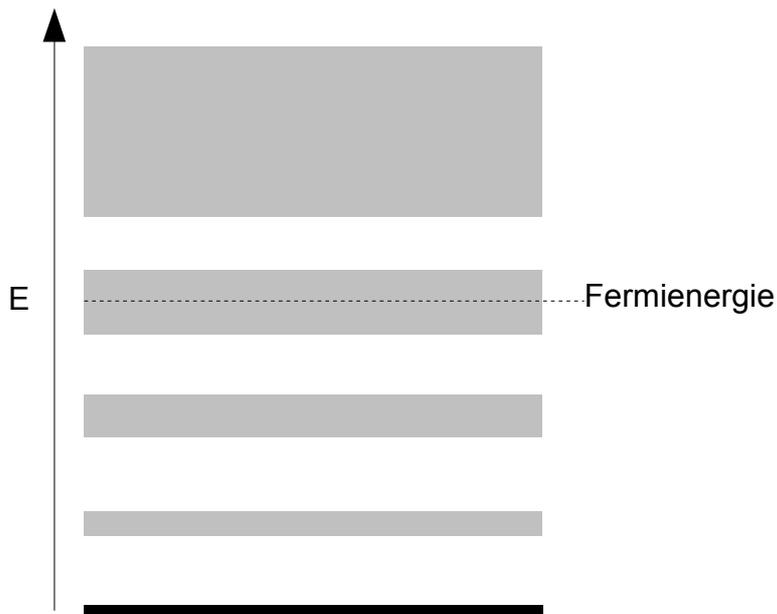
- Nennen Sie typische Metalle die als elektrische Leiter eingesetzt werden.

- Ag = Silber --> teuer
- Cu = Kupfer --> sehr beliebt
- Al = Aluminium --> leichtes Gewicht

- Nennen Sie Metalle die vorwiegend als Kontaktmaterialien eingesetzt werden.

Gold und Silber, weil diese nicht korrodieren

- Was versteht man unter der Fermi-Energie? Wie sieht das Energiediagramm eines Metalls aus?

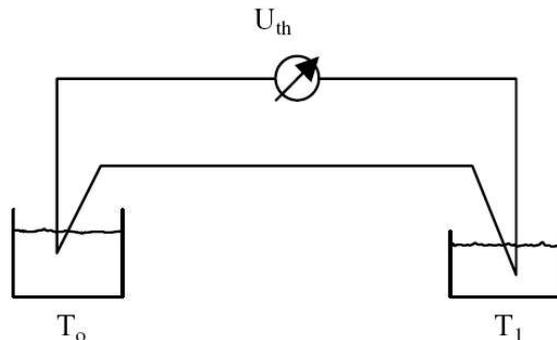
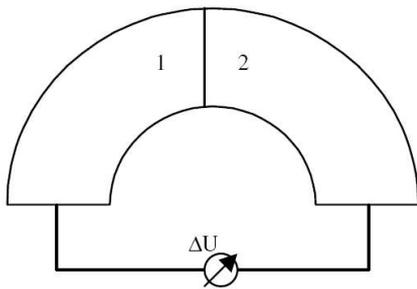


Unter Fermienergie versteht man die Energie des höchsten Niveaus, das mit Elektronen (voll) besetzt ist (Fermi-niveau).

- Was ist ein Thermoelement. Was ist ein Peltierelement?

– Thermoelement:

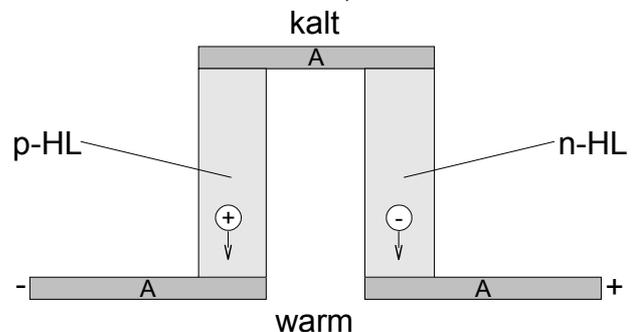
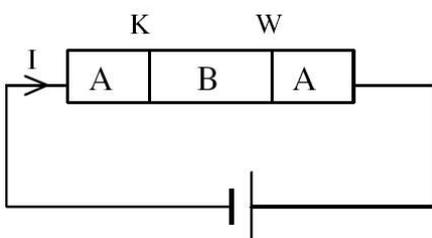
An der Kontaktstelle zweier Metalle entsteht eine Potentialdifferenz. Möglichkeit zum Messen von Temperaturen anhand einer Referenztemperatur!



– Peltierelement:

Übergang von einem Metall A zu einem Metall B und wieder zurück: Kühleffekt ~ 25°C - 35°C pro Stufe bei mehrmaligem Hintereinanderschalten. Beim Stromfluss wird eine Kontaktstelle kalt, die andere warm.

Verwendung von Halbleitern (HL), weil diese besser Strom leiten, als sie Wärme leiten.



- Was versteht man unter Heizleiter, Heißleiter, Kaltleiter?

Heizleiter: hochschmelzende Metalle mit hohem spezifischem Widerstand

Heißleiter: elektrischer Widerstand aus Halbleitermaterial (Kohlenstoff), das bei geringen Temperaturen einen hohen, bei hohen Temperaturen allerdings einen niedrigen spezifischen Widerstand besitzt

Kaltleiter: elektrischer Leiter, i. d. R. Metalle, deren Widerstand mit steigender Temperatur anwächst

Heizleiter: für Öfen, hoch schmelzende Metalle wie W, Mo, Ta/Graphit

Heißleiter: leiten bei höheren Temperaturen besser, als bei niedrigeren, Einsatz: z.B. als Temperaturfühler aus Eisenoxid

Kaltleiter: fast alle Metalle leiten bei geringerer Temperatur besser, als bei höherer Einsatz: z.B. Temperaturregelung für Heizung

WET Kapitel 5 - Phasendiagramm

• Nennen Sie die 4 wichtigsten Typen von Metallbindungen!

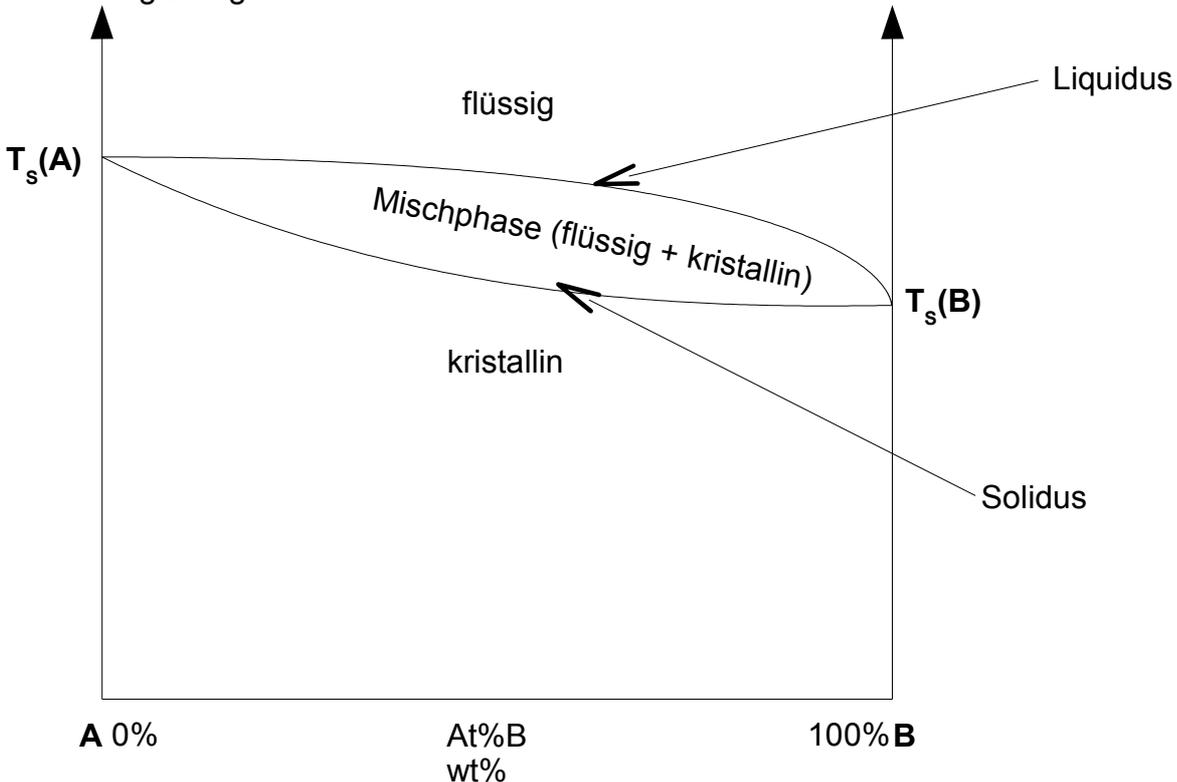
- Ionenbindung
- metallische Bindung
- kovalente Bindung
- Van der Waals Bindung

• Welche Bindung(en) liegt / liegen Halbleitern zu Grunde?

Kovalente Bindung (+ ionische Bindung)

• Wie sieht das Zustandsdiagramm eines beliebig mischbaren binären Systems aus?

Metall-Legierung

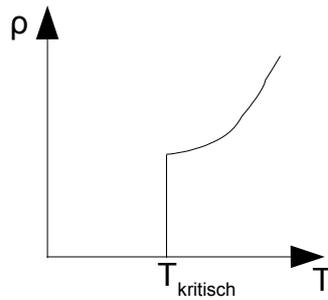


WET Kapitel 6 - Supraleiter

• Was versteht man unter einem Supraleiter?

Ein Leiter, bei dem abrupt der Widerstand zusammenbricht, wenn die kritische Temperatur erreicht wird.

• Zeichnen Sie das $\rho(T)$ Diagramm.



- Was sind SL 1. und 2. Art?

Ein SL 1. Art wird nicht von einem H-Feld durchsetzt. Das Innere des SL ist H-Feld frei. Im SL 2. Art durchsetzt das H-Feld den SL ab einem unteren kritischen Punkt in Form von Flussschläuchen. Der obere kritische Punkt, an dem das H-Feld zusammenbricht ist viel höher!

- Was sind Hochtemperatur-Supraleiter? Nennen Sie typische Sprungtemperaturen?

keramische Elemente; Herstellung durch Sintern

$(\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x)\text{CuO}_{4.5}$ $T_c = 30 \text{ K}$

Wichtig sind die CU-O-Ebenen. T_c von 90 – 125 K erreichbar.

Vor 2 Jahren: MgB_2 $T_c = 40 \text{ K}$ entdeckt.

- Nennen Sie Beispiele für metallische und keramische Supraleiter.

metallische Supraleiter: Hg, Pb, Nb, Nb₃Sn, MgB₂

keramische Supraleiter: YBa₂Cu₃O₇, Tl₂Ba₂CaCu₂O₈, Tl₂Ba₂Ca₂Cu₃O₁₀

Metallisch: Niob, Blei, Cäsium, Aluminium

Keramisch: $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$

$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

- Aus welchem Material werden supraleitende Drähte für industrielle Anwendungen hergestellt?

supraleitende Drähte (Nb₃Sn) sind in eine Matrix aus Cu(Sn) eingebettet, außen herum eine ringförmige Schicht Ta und dann nochmals eine Schicht Cu. (vgl. Skizze, die du im Repetitorium hast zum Aufbau von Supraleitern)

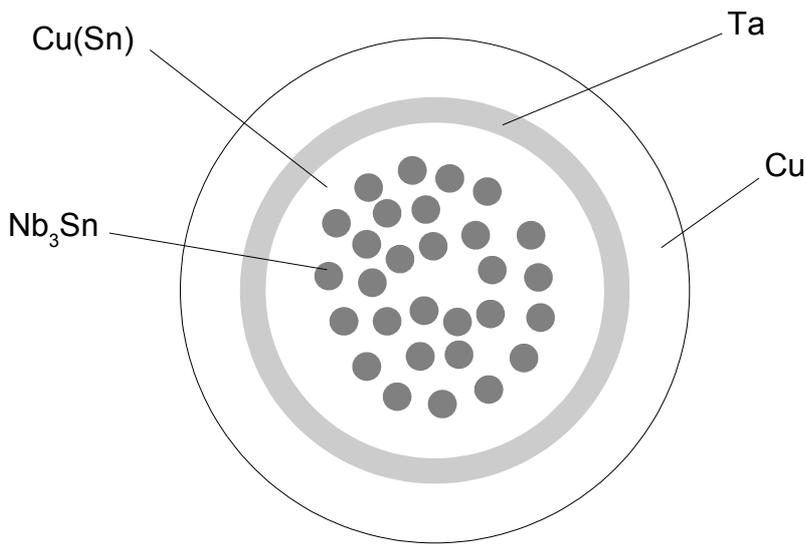
Multifilament-Draht:

-Ziehen von reinem Niob, umgeben von Bronze

-Diffusionsprozess, Bildung von Nb₃Sn

-Leiter umgeben von reinem Kupfer (durch Diffusionssperre Ta gegen Verunreinigung durch Zinn geschützt)

- Wie ist ein SL aufgebaut?



- Was ist der Meissner-Ochsenfeld-Effekt?
Magnetfeld wird aus dem SL verdrängt, so dass das Innere des Magnetfeldes gleich Null ist. Es bildet sich ein inneres Magnetfeld M die das äußere Magnetfeld H_a kompensiert. $M = -H_a$
- Welche Anwendungsbeispiele gibt es für SL in der Technik?
Großmagnete:
Teilchenbeschleuniger
Kernspintomographie

WET Kapitel 7 - Halbleiter

- Was sind direkte und indirekte HL (Bänderschema zeichnen)? Nennen Sie Materialbeispiele. Wo finden sie Anwendung?

<i>direkte Halbleiter</i>	<i>indirekte Halbleiter</i>
<p style="text-align: center;">GaAs, GaN</p>	<p style="text-align: center;">Si, Ge, SiC</p>
Optoelektronik, HF-Elektronik	Mikroelektronik

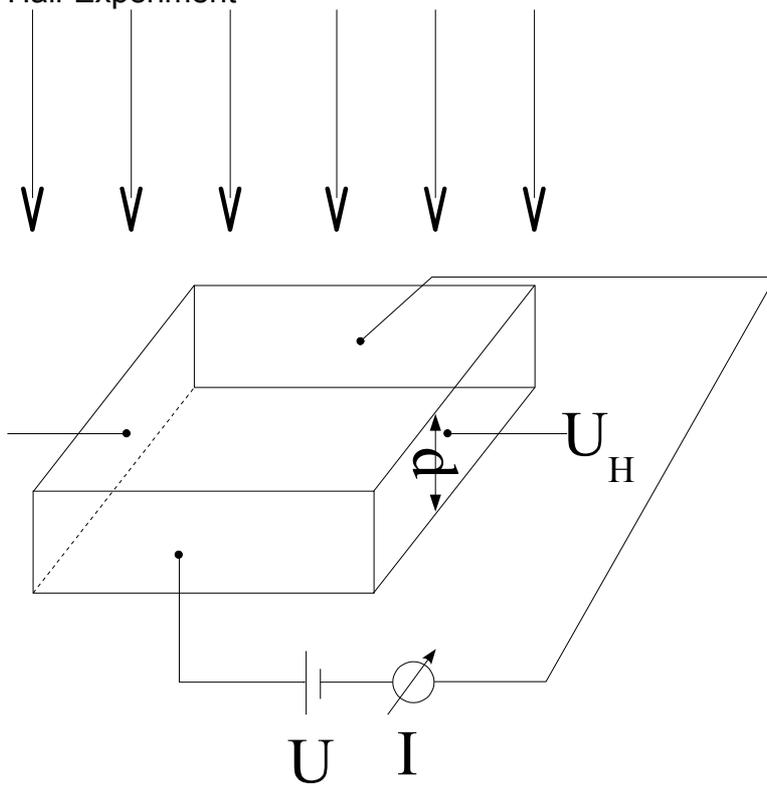
- Zusammenhang zwischen Ladungsträgergeschwindigkeit und -beweglichkeit.
 $v = \mu \cdot E$ E: Elektrisches Feld, μ : Beweglichkeit; v: Geschwindigkeit
- Wie ist die Ladungsträgerbeweglichkeit definiert, wie kann man sie messen?

$$\mu = \frac{e\tau}{m^*} \quad \text{Hall-Effekt}$$

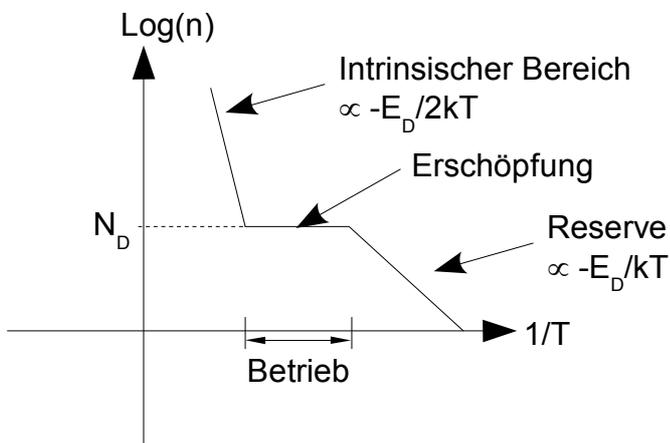
- Wie ist die Leitfähigkeit, wie der spezifische Widerstand definiert?

$$\sigma = ne\mu \quad \rho = \frac{1}{\sigma}$$

- Wie kann man die Ladungsträgerkonzentration messen (Namen & Skizze des Aufbaus)? Wie sieht der Temperaturverlauf in der $\log\{n(1/T)\}$ -Auftragung aus?

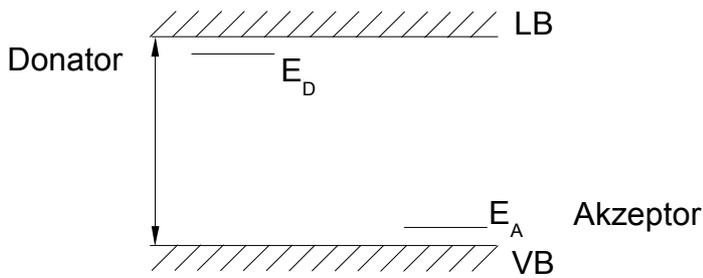


$$U_H = \frac{1}{ne} \cdot \frac{IB}{d};$$



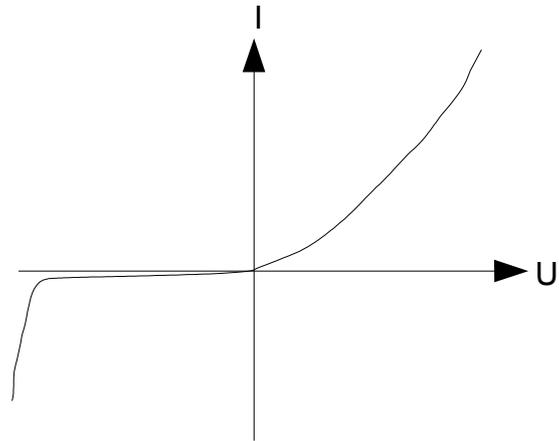
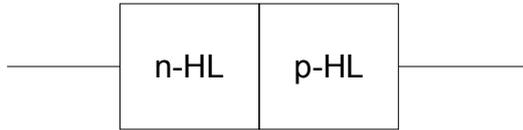
Donatorenkonzentration: $N_D = \exp\left(\frac{-E_D}{2kT}\right)$

- Was sind flache Donatoren bzw. Akzeptoren? Nennen Sie Beispiele für Silizium.



Bei Si: Donator: P, Akzeptor: B

- Was ist ein pn-Übergang? I(U)-Diagramm.



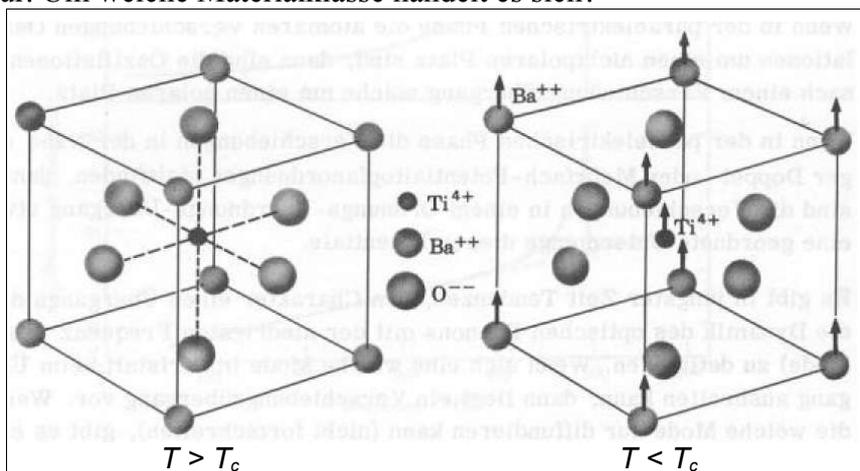
$$I = I_s \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right) \quad \text{wobei } q = e (\text{Elementarladung})$$

- Wie lautet das Massenwirkungsgesetz für Ladungsträger? Warum gilt: $n_i = p_i$.

$$n \cdot p = N_V \cdot N_L \cdot e^{\frac{-E_g}{2kT}}$$

WET Kapitel 8 - Isolatoren (Dielektrika)

- Skizzieren Sie die Kristallstruktur von Bariumtitanat oberhalb und unterhalb der Curie-Temperatur. Um welche Materialklasse handelt es sich?



Für $T < T_c$ rückt das Titan aus dem Zentrum heraus, die Zelle wird leicht tetragonal, sie erhält ein Dipolmoment.

Bariumtitanat BaTiO_3 ist ein Ferroelektrikum.

- Was sind Ferroelektrika? Nennen Sie Beispiele. Nennen Sie 2 Anwendungen.

Ferroelektrika sind Stoffe, die spontane Polarisation ($P \neq 0$ bei $E_0 = 0$) zeigen.

Beispiele: BaTiO_3 ; Bariumtitanat; $\text{Ba}(\text{Sr})\text{TiO}_3$; PZT-Keramiken

Anwendungen: Verwendung bei Kondensatoren als Dielektrikum und alle

Anwendungsgebiete von Piezoelektrika, da alle Ferroelektrika automatisch auch Piezoelektrika sind

• Was sind Piezoelektrika? Nennen Sie Beispiele. Nennen Sie 2 Anwendungen.

Eine Deformation des Materials erzeugt in diesem ein elektrisches Feld.

Beispiele: Quarz, Bariumtitanat, Seignette-Salz, Rochelle-Salz, Lithiumniobat LiNbO_3 , PZT-Keramiken

Anwendungen: Druckmessung, Messung mechanischer Spannungen („Sensor“); kleine mechanische Verstellungen, Ultraschallgebung, Sprachgeneratoren, Hochfrequenzfilter

• Nennen Sie die kristallographische Voraussetzung für Piezoelektrizität.

Schwerpunkte der positiven und negativen Ladungen fallen nicht zusammen, so dass sich im Kristall ein Dipolmoment bildet.

• Gibt es leitfähige Polymere? Wie sind sie aufgebaut.

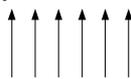
Polymere mit abwechselnd Einfachbindung und Doppelbindung in der Kohlenstoffkette --> sog. konjugierte Kohlenstoffkette

WET Kapitel 9 - Magnetismus

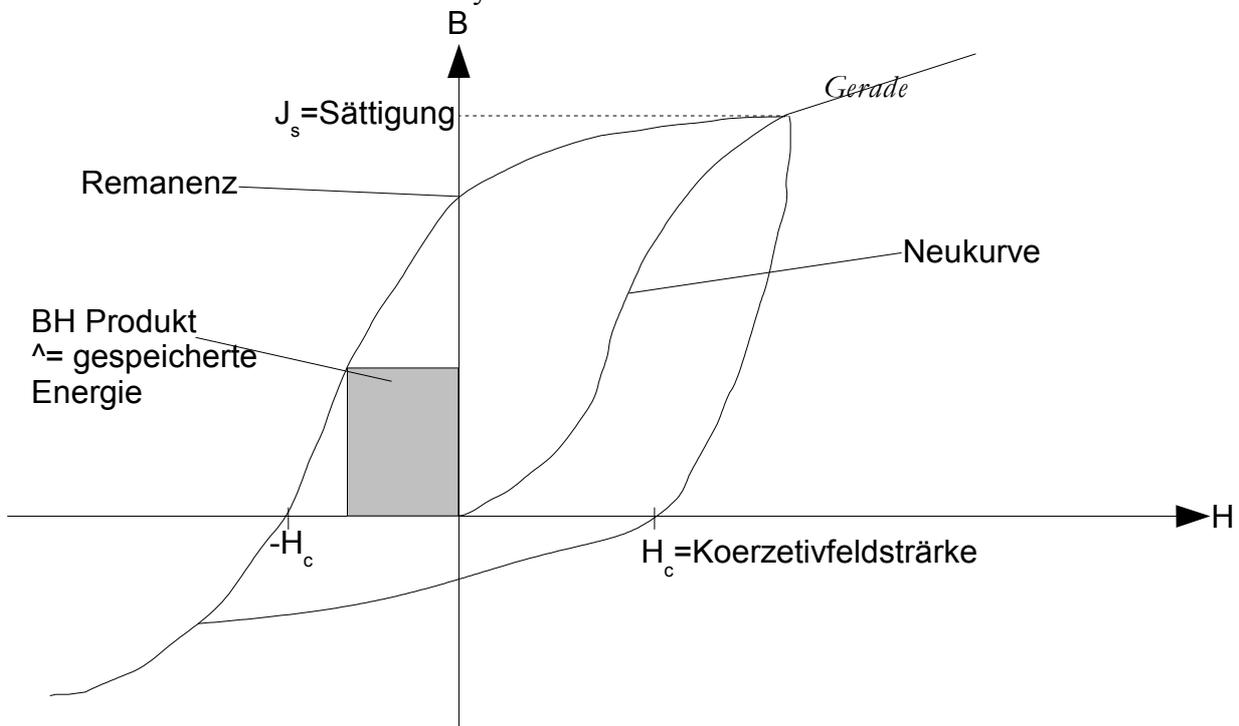
• Welche Arten von Magnetismus gibt es (nennen Sie mindesten 3)?

- Ferromagnetismus 
- Ferrimagnetismus 
- antiferromagnetisch 
- paramagnetisch 
- diamagnetisch

• Was versteht man unter Ferromagnetismus?

parallele Ordnung der Spins
ungepaarter Elektronen im Festkörper 

• Zeichnen und beschriften sie eine Hysterese-Kurve.



• Was sind hart- bzw. weichmagnetische Werkstoffe, nennen Sie jeweils zwei Beispiele und ein Anwendungsgebiet.

Hartmagnete:

SmCo_5 , NdFeB , AlNiCo (FeCaNiAl), Cr-Fe-Co-Legierung

Anwendungsgebiet: Permanentmagnete

Weichmagnete:

Ni-Fe (Permalloy) --> für Sensorik

Ni-Zn-Ferrit oder MnZn-Ferrit --> für Spulenkörper

3% Si-Fe --> Trafoblech

Anwendungsgebiet: Energietechnik und Nachrichtentechnik (z.B. Festplatte, Transformator)