

# Literatur

FK - Physik: Ashcroft & Mermin  
Kittel  
Vuch & Luth  
Kapitalki

Nanostrukturen, Surpriso Data, El. Transport in  
Mesoscopic Systems

Joseph Jurey, Introduction to Mesoscopic  
Physics

## 1.3 Grenzflächen und Oberflächen

Def: elektronische Zustände, die über den ganzen  
Festkörper ausgedehnt sind  
Aber an Oberflächen & Grenzflächen anders  
gebunden als im Volumen

⇒ veränderte Eigenschaften

Beispiel • 2-dim. Elektronengase in Halbleiter-Strukturen  
• nanokristalline Materialien

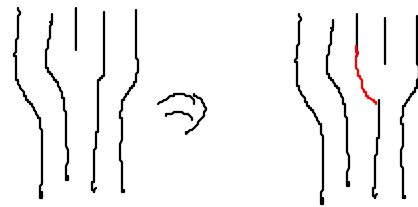
⇒ mehr Atome am Rand eines Kristalls als an  
der Oberfläche

⇒ Oberflächeneffekte bestimmen die Eigenschaften

• mechanische Eigenschaften

Plastizität definiert durch

Grenzflächenatome



Verformung  $\hat{=}$  plast.  
Verformung

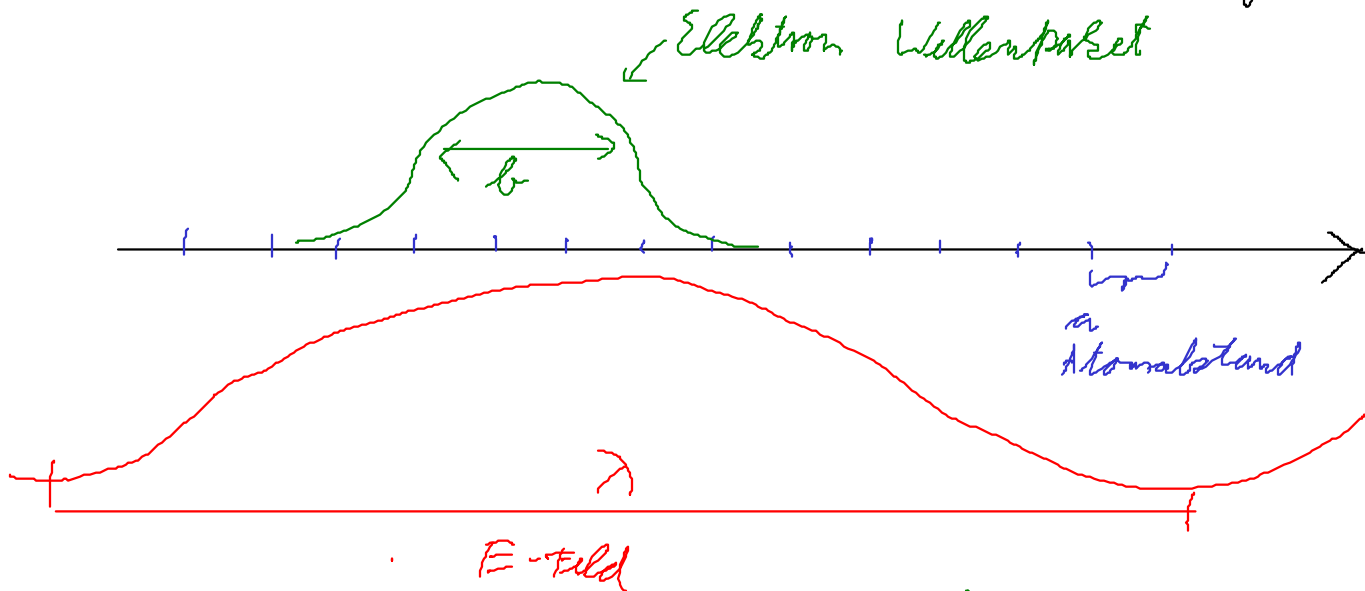
• thermodyn. Eigenschaften

z.B. Schmelzpunkt

- magnetische Eigenschaften
  - magnetisches Moment & Anisotropie
- ⇒ materials Design

## 1.4 Elektronischer Transport

In Volumen - FK: semiklassische Beschreibung



$$b \gg a$$

$$\lambda \gg b$$

⇒ Elektron bewegt sich auf semiklassischer Trajektorie

⇒ klassische Bewegungsgleichung + andere Dispersionsrelation

$$\left( \text{vgl. freie Elektron hat } E \sim \frac{p^2}{2m} \right) \quad E(\vec{k})$$

Bandstruktur geht in Maxe in ein

Stöße sind erinnerungsloschend;

$l \hat{=}$  mittlere freie Weglänge

$$\Rightarrow \text{Ohmsches Gesetz, } R = \frac{\rho L}{A}$$



$$\rho \text{ spez. Widerstand / Leitfähigkeit } \sigma = \frac{1}{\rho} = Ne^2 D$$

$$N \text{ Zustandsdichte } N(E_k)$$

D Diffusionskonstante

$$D = \frac{v_F \ell}{d} \leftarrow \text{Dimensionalität } (1, 2, 3)$$

$$v_F = \frac{\partial \epsilon}{\hbar \partial k} \Big|_{k=k_F} = \frac{\hbar k_F}{m^*} \quad \text{Fermivgeschwindigkeit}$$

$$\text{Metall: } \sim 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \sim 0,01 \tau$$

See: Elektronen werden an Kristallfehlern nur gestreut

$\ell_{el}$  elastische Streuung (Defekte)

$\ell_{in}$  inelastische Streuung (Gitterschwingung, Coulomb WW zwischen Elektronen)

## In Nanostrukturen treten neue Phänomene auf

- Quantisierung der Elektronenenergie
- Phasenkohärenz
- Einzelladungseffekte (Ladungsquantisierung)

Verschiedene Transportregime

(freie Weglänge  $\ell$ , Abmessung  $L$ , Phasenkohärenzlänge  $\ell_\phi$ )

- diffusiv  $\ell \ll L$
- ballistisch  $\ell \gg L$
- mikroskopisch  $\ell \ll L, \ell_\phi \gtrsim L$

## Leitwertquantisierung

lokale Einschnürung,  $w \sim \lambda_F \rightarrow$  diskrete transversale Moden  
*breite*

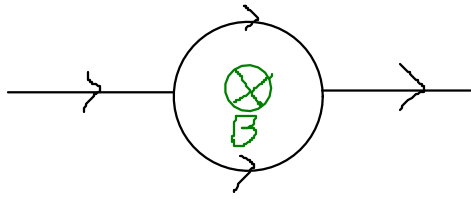
„Wellenleiter“ für Elektronen. Jede Mode liefert

$$\text{Beitrag } \frac{2e^2}{\hbar} \text{ zu } G \quad \left( G = \frac{1}{R}, \text{ Leitwert} \right)$$

$\Rightarrow$  diskrete Leitwertsprünge

# Phasenkohärenz

z.B. Aharonov-Bohm Effekt



$$\varphi = \frac{e}{\hbar} \int \vec{A} \cdot d\vec{s}$$

( $\varphi$  = Phase der El. Wellenfunkt.)

$$\Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi \frac{\bar{\Phi}}{\Phi_0} \quad (\bar{\Phi} \text{ Flussdichte})$$

$$\bar{\Phi} = B \cdot A, \quad \Phi_0 = \frac{h}{e}$$

Leitwert wird durch B-Feld beeinflusst, da Elektron mit sich selbst interferiert

Längenskala  $\lambda_\varphi$  kontrolliert durch inelastische Streuung

$\Rightarrow$  ein Elektron kann viele Wege gehen und dann mit sich selbst interferieren

---

Der kleine Anstieg bei  $B=0$

Schwankungen sind - unabhängig von Probengröße

- in der Größenordnung von  $\frac{e^2}{h}$

---

## Coulomb - Blockade

ladungsquantisierung + Coulomb Wechselwirkung

$$E_c = \frac{e^2}{2C}$$

$$C = \sum_i C_i$$

