(an Christian Meyer schicken)

Transport durch Nanostrukturen

Literatur

S. Datta Electronic Transport in Mesoscopic Systems (Cambridge U. Press)

$\boxed{\text{Theorie}}$

$\boxed{\text{Überblick}}$ M. Reed: Molecular Nanoelectronics

Ballistischer Transport

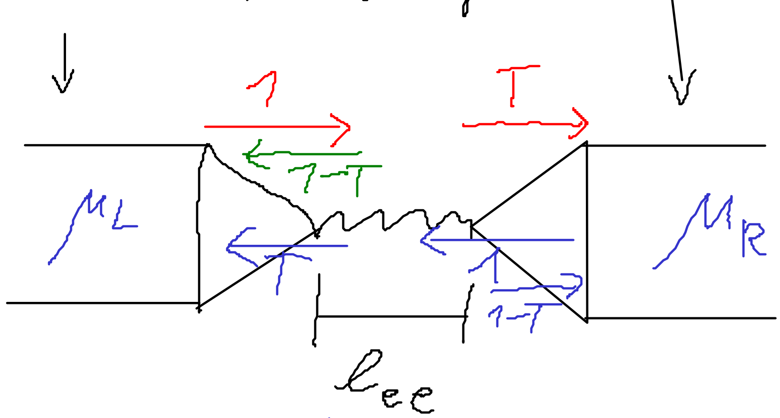
$$I = \frac{2e^2}{h} \int dE \left[f_L(E) - f_R(E) \right] T(E)$$

Transmissionsfunktion
≈ 1 für ein ideales Niveau

bisher

jetzt: Aufteilen, denn wo bleibt beim Gleichgewicht die äußere Spannung?

im Gleichgewicht
$\Rightarrow$ Fermi-Statistik gilt noch



T Transmissionskoeff
Umgekehrt symmetrisch

Längenskala der Elektronen-Elektronen-Wechselwirkung

Zur weiteren Betrachtung: $\Delta x \gtrsim l_{ee}$

$\mu_\pm(x)$

$+ \longrightarrow k > 0$ (rechtslaufende Welle)

$- \longrightarrow k < 0$ (linkslaufende ")

$$\Delta n_\pm(x) = \int dE\, N(E)\, f_I(E,x) = N(E_F)\,\Delta\mu_\pm(x)$$

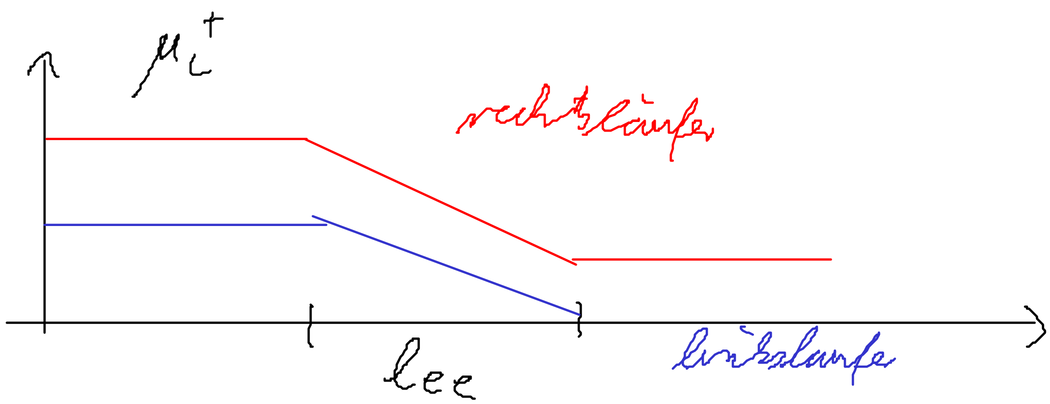
$N(E) \approx N(E_F)$ $\qquad \mu_\pm(x)$

Fermi Energie

$$\Delta\mu_\pm(x) = \mu_\pm(x) - E_F$$

μ chem. Potential im Gleichgewicht (Leitung vernachlässigbar)

$$\bar{\mu}_\pm(x) = \frac{\Delta\mu_\pm(x)}{\mu_L - \mu_R}$$



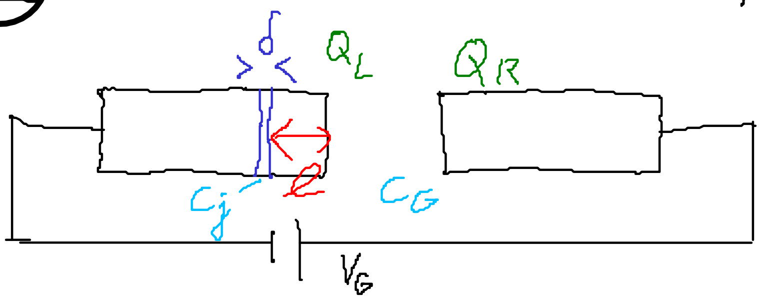
$$\Delta V_{draht} = \frac{1}{e}(1-T)(\mu_L - \mu_R)$$

$$\Delta V_{Kontakt} = \frac{1}{e}T(\mu_L - \mu_R)$$

bei $T=0$ fließt kein Strom

$\Rightarrow$ Kondensator

② Einzelelektronentransport:



δ klein "Lücke" von der Größenordnung der Kohärenzlänge der Elektronen

Kapazität $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi A}$ $\qquad S = \ell^2 = 100\ nm^2$

$d = 10\ Å = 1\ nm$

$\varepsilon = 10$

$$E_C = \frac{e^2}{2C} \Rightarrow \frac{E_C}{k_B} \approx 1\,K \Rightarrow E_c \approx k_B T$$

↑ Energie um 1 Elektron auf den Kondensator zu bringen

$\ell \to 100\ nm \longrightarrow 10\ nm$

(Halbleiter-Litographie) (Molekulgröße)

⇒ Energie eines Elektrons liegt im Bereich der Raumtemperatur

$$n_e = Q_L + Q_R \qquad V_G = \frac{Q_L}{C_j} - \frac{Q_R}{C_G}$$

$$E_{\text{Ladung}}: \frac{Q_L}{2C_j} + \frac{Q_R}{2C_G} \quad ; E = V_G Q_R$$

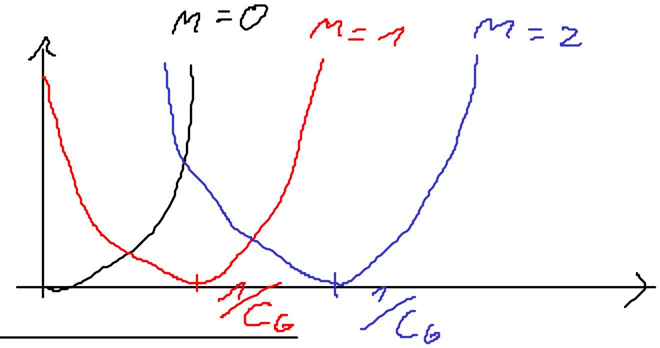
?

$$Q_R = -(n_e + Q_L) \qquad (?)$$

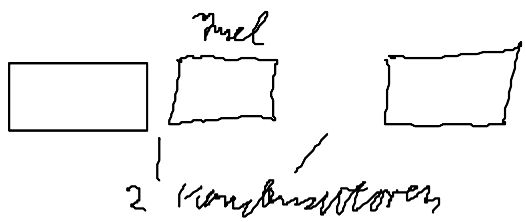
$$Q_L = C_j \left(V_G + \frac{Q_R}{Q_L} \right)$$

$$E(n, V_G) = \frac{(n_e - C_G V_G)^2}{2C}$$

$$C = C_J + C_G$$



System hat linke Elektrode, Insel, rechte Elektr.



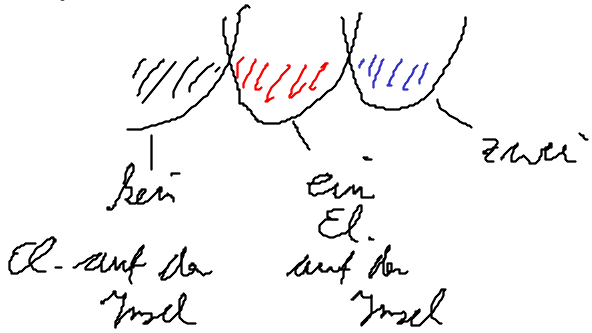
n_e Anzahl Elektronen auf der Insel

$= Q_{links} + Q_{rechts}$

Energie des Systems

Ziel: Wie ändert sich die Ladung auf der Insel in Abhängigkeit von der Spannung

$\Rightarrow$ System sucht sich (durch Tunneln auf die Insel) den Zustand niedrigster Energie.



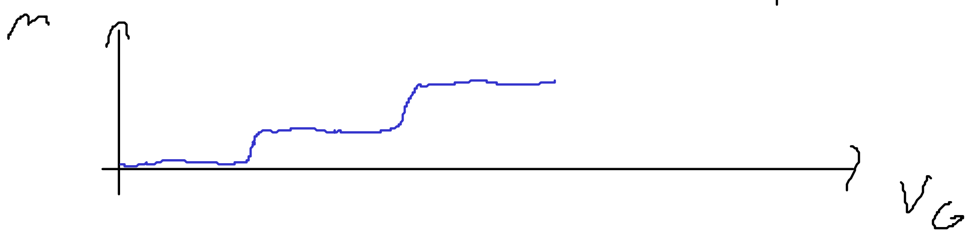
Literatur fragen

„Einzelatomtransistor"

aus

wenzel@int.fzk.de

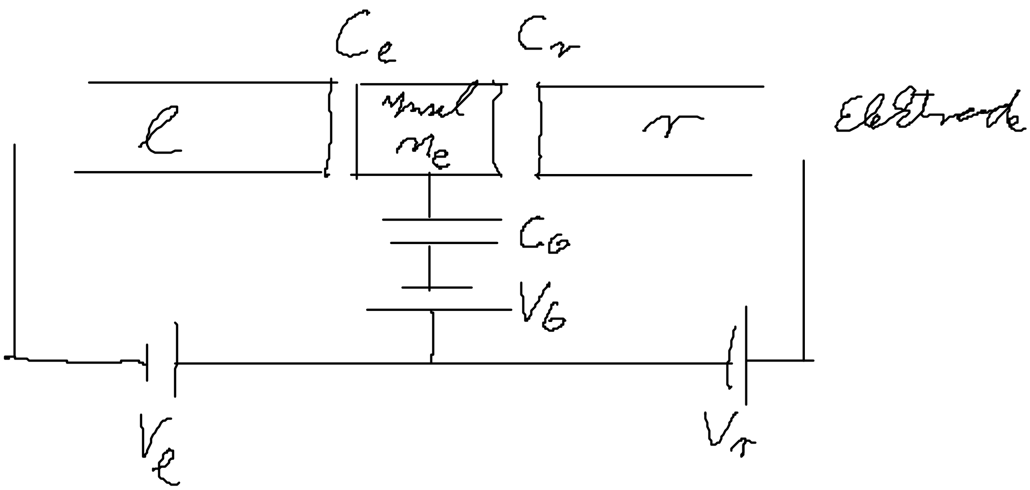
Anzahl Elektronen auf der Insel



---

bisher konnte kein Strom fließen

jetzt



Energie der Insel:

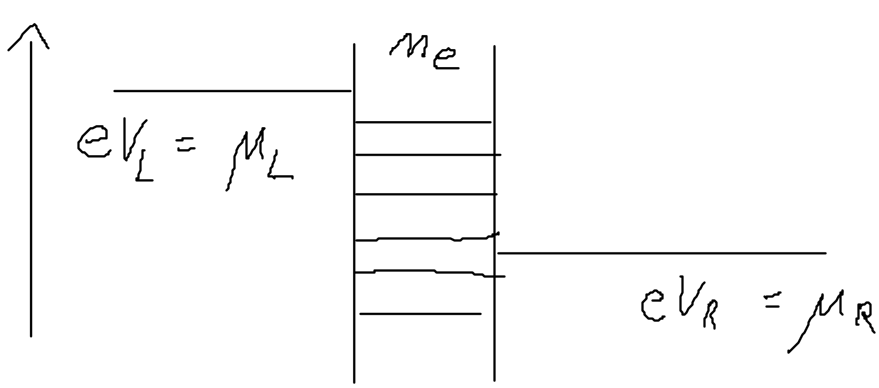
$$E_{n_e}(n, V_G) = \frac{(n_e - V_G C_G)^2}{2C}$$

$C = C_L + C_R + C_G$ Gesamtkapazität

Wie wird Elektronentransport möglich?

$$E(n+1, V_G) - E(n, V_G) = \left(n + \frac{1}{2} - \frac{V_G C_G}{e}\right)\frac{e^2}{C}$$

$\Longrightarrow$ Energiedifferenz proportional zu n



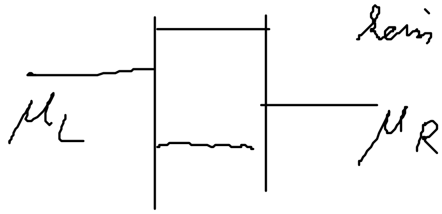
V_G schiebt die Niveaus in der Mitte hoch und runter,

Energieniveaus sind $E(0, V_G) - E(1, V_G)$

$E(1, V_G) - E(2, V_G)$

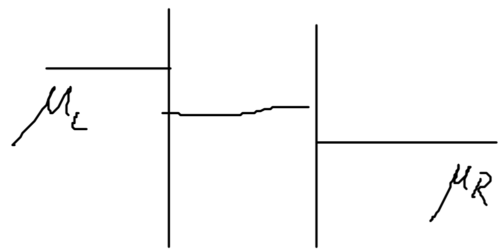
1. Möglichkeit

kein Strom

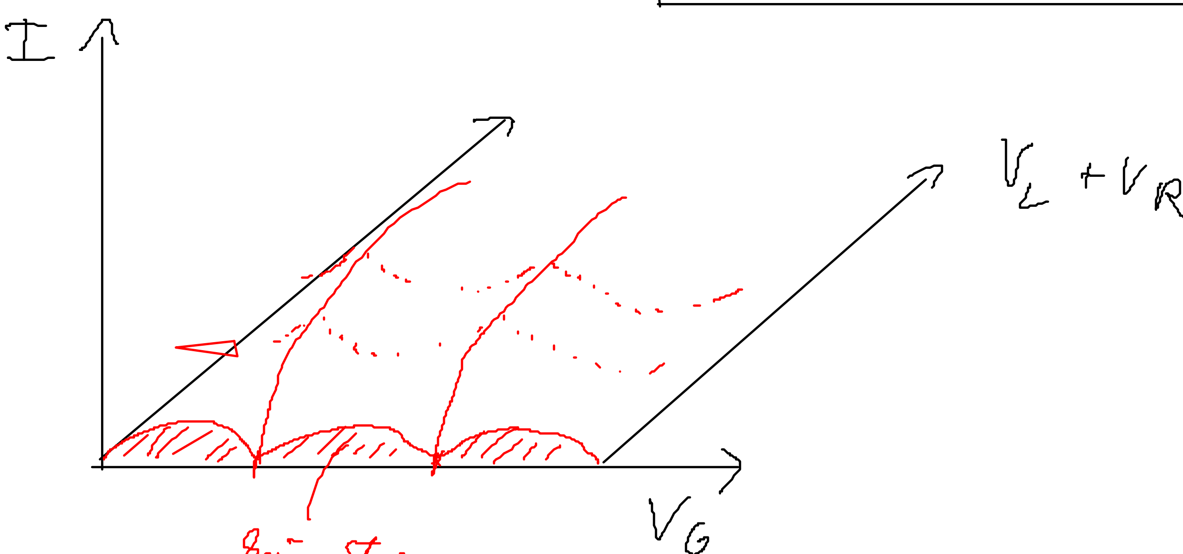


kein Strom

2. Mögl.



Es kann Strom fließen (hängt stark von Tunnelwahrscheinl. ab)



kein Strom,

erst für $V_L + V_R$ "groß" fließt Strom

für $T = 0$ sind die Parabeln Dreiecke "Coulomb Diamond"