

# Quanten-Hall-Effekt

Michael Rößner   Jonas Schambeck

26. November 2020

# Inhalt

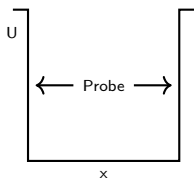
2D Elektronengas

Hall-Effekt

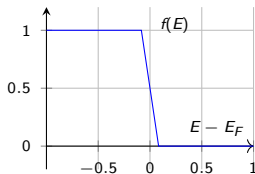
## 2D Elektronengas

# Definition

- ▶ Elektronen in konstantem Potential delokalisiert
- ▶ In Potenzialbarriere (Probenrand) eingesperrt
- ▶ Pauliprinzip für Elektronen: Ein Teilchen pro Zustand



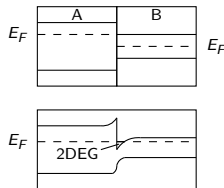
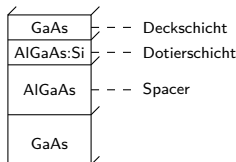
(a) Potentialverlauf der Probe



(b) Zustandsverteilung im Elektronengas

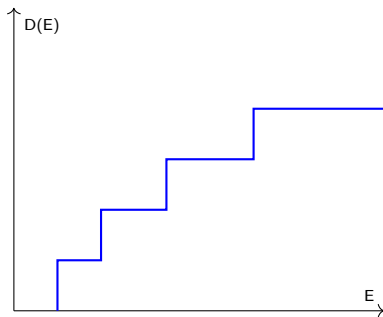
# Herstellung

- ▶ Halbleiter-Heterostruktur aus Materialien mit unterschiedlichen Bandlücken
  - ▶ Im Versuch: GaAs (1.4 eV) & AlGaAs (1.4 – 2.2 eV)
- ▶ Angleichen der Fermi-Niveaus bei Kontakt
- ▶ Wanderung der Elektronen aus n-dot. AlGaAs:Si in reines GaAs in tief liegenden Potentialtopf
- ▶ Sehr hohe Beweglichkeit durch hohe Ladungsträgerdichte in weitgehend defektfreiem Material



# Zustandsdichte (DOS)

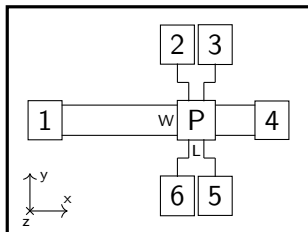
- ▶ Beschreibt Anzahl besetzter Zustände pro Energie und Volumen
- ▶ DOS für 2D Systeme:  $D^{(2)}(E) = \frac{m}{\pi\hbar^2}$  konstant!
- ▶ Aufspaltung der Dispersionskurve in Subbänder auf  
⇒ Stufen konstanter DOS mit Abstand  $\frac{m}{\pi\hbar^2}$



# Hall-Effekt

# Hallprobe

- ▶ Stromfluss in x-Richtung durch Probe (P)
- ▶ B-Feld in z-Richtung
- ▶ Messung der Längsspannung  $U_{xx}$  ( $2 \rightarrow 3$ ) und Hall-Spannung  $U_H$  ( $3 \rightarrow 5$ )
- ▶ Aus Widerstandstensoren:  $R_H = \frac{U_H}{I}$ ,  $R_{\square} = \frac{U_{xx}}{I} \frac{W}{L}$



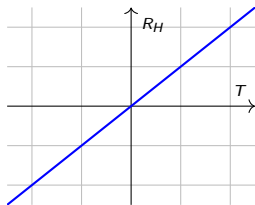


# Definition

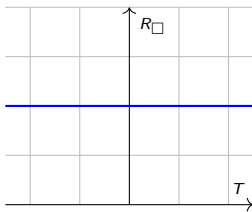
- Aus klassischer statischer BGL mit  $\vec{B} = (0, 0, B)$  errechnet man:

$$R_H = \frac{B}{n_s e} \quad R_{\square} = \frac{1}{n_s e \mu}$$

$n_s$ : Ladungsträgerdichte,  $e$ : Elementarladung,  $\mu$ : Beweglichkeit



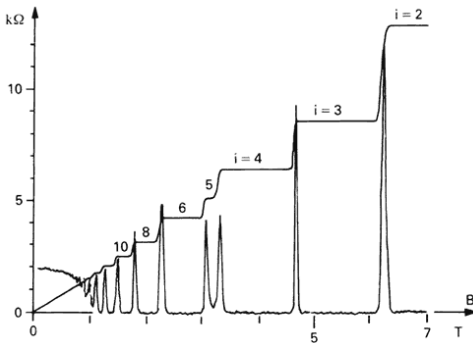
(a) Hall-Widerstand



(b) Schichtwiderstand

# Quanten-Hall-Effekt

- Auftreten von Quanteneffekten bei sehr tiefen Temperaturen und starken Magnetfeldern



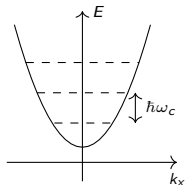
(a) Widerstände mit Quanteneffekten

# Landau-Level

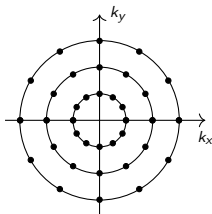
- Quantelung der Elektronenenergie im homogenen Magnetfeld

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar \omega_c, \quad \omega_c = \frac{eB}{m^*}$$

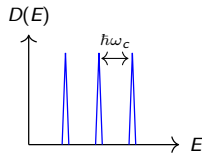
- Energiewerte der „Landauniveaus/-levels“



(a) Diskrete Zustände bei Energiewerten, der Landauniveaus



(b) Zustände kondensieren auf Kreislinien



(c) Zustandsdichte spaltet in diskrete Landauniveaus auf