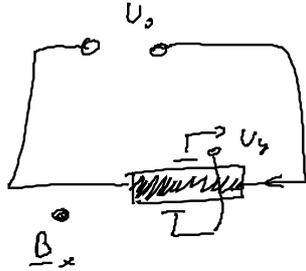


Bonus: Quanten hall effekt

Zusammenfassung Hall effekt (Abschnitt im Saufsystem)
(Skizze!)

Folgende Situation



Magnetfeld erzeugt
eine laterale Spannung.

Magnetfeld in

x-Richtung erzeugt

Hallstrom in y-Richtung

$$j_y = -\underbrace{\sigma_{xy}}_{\text{Hallkonst}} E_x$$

Im klassischen Fall ist das dann mit $\sigma_{xy} = -n \frac{e c}{B}$ gesehen.

wobei n die Ladungsträgerdichte ist, u/c

die Lichtgeschwindigkeit, e Elementarladung und B das Magnetfeld ist!

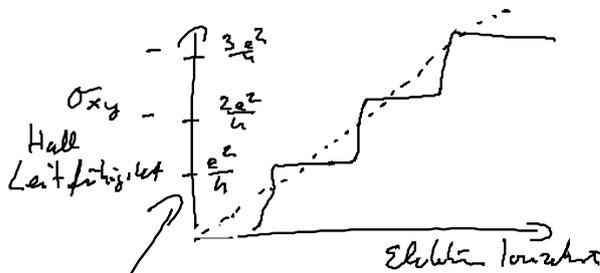
Davon abweicht, sind das bei tiefen Temperaturen

in 2D Elektronensystem Plateaus beobachtet worden

(von Klitzing \Rightarrow Nobelpreis)

$$\sigma_{xy} = -i \frac{e^2}{h}$$

mit i natürliche Zahl



besteht nur aus elementar Konstanten, obwohl in

2D Halbleitern sehr ungewöhnlich ist.

Elektronen mit Widerstand

$$\frac{h}{e^2} = 25813 \Omega,$$

+ Bestimmung der Feinstrukturkonstante

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$$

Ursache des ganzzahligen Quantenhalleffekt.

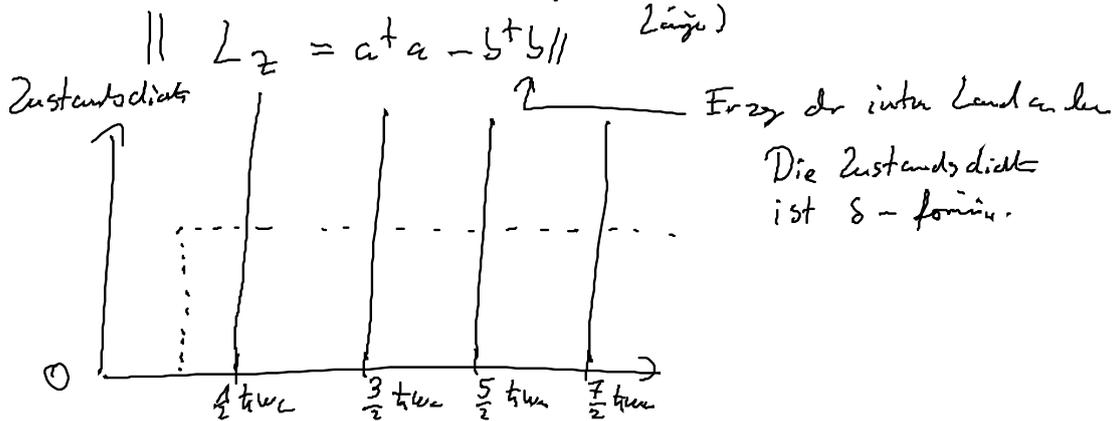
⇒ Landau-Niveaus

Zur Erinnerung der Hamiltonoperatoren in 2D mit

Magnetfeld hat die Form

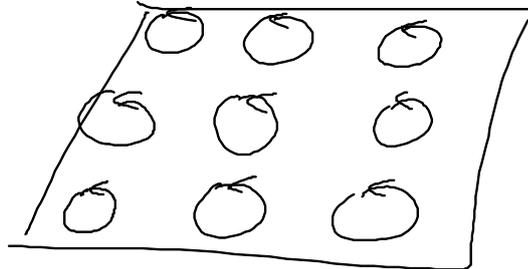
$$\| H_{xy} = \hbar \omega_c (a^\dagger a + \frac{1}{2}) \|$$

↑
Erzeugen und Vernichten der ersten Landau-Niveaus
(in Einheit der charakteristischen magnetischen Länge)



Die Entartung der Niveaus kann grob abgeschätzt werden durch die Anzahl der Kreise mit Radius l (Cyclotron radius) die das System überdecken!

$$N_L = \frac{L^2}{2\pi l^2}$$



D : Die Entartung kommt daher, dass die Cyclotronbewegung um verschiedene Zentren, die gleiche Energie hat!

Aus der Entartung kann man eine Füllfaktor

definieren $\nu = 2\pi l^2 m$ mit dem Faktor wird bestimmt wie die Landaulevel gefüllt sind.

z. B. Ein Wert von $\nu = 3.0$ bedeutet, dass die 3 Landaulevel mit geringer Energie vollgefüllt sind.

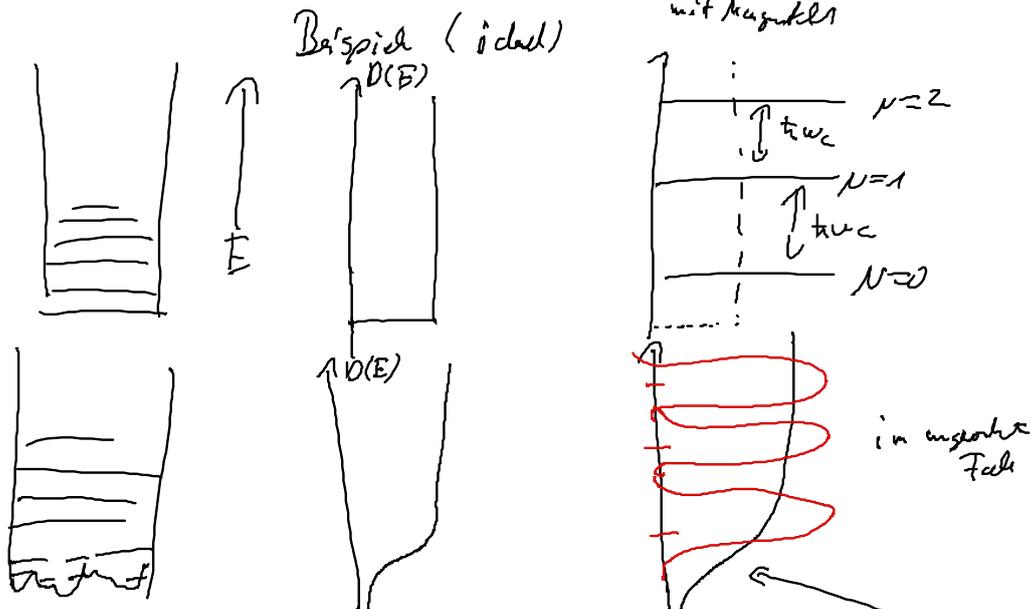
Einfluss von Unordnung

2D - Elektronen sind sehr selten ideal.

In der Regel führt Unordnung wie Dotierung, Variation der Dichte, dazu dass ein Unordnungspotential mitgemittelt werden muss!

$$H = H_0 + \underbrace{V_{\text{dis}}(r)}_{\text{Unordnungspotential}}$$

das führt zur Aufhebung der Entartung mit Magnetfeld



⇒ die Niveaus sind aufgeweitet.

Wir sehen die Ausbilder von aufgeweiteten Plateaus.

Die Struktur der Aufweitung hängt sehr von Unordnungspotential ab.

Das Verhalten von Unordnung + Erklärbarkeit
von Phasen zur tieferen Ordnung, ob wir
in Quantenlimit des Hall-Effekts sind oder nicht.