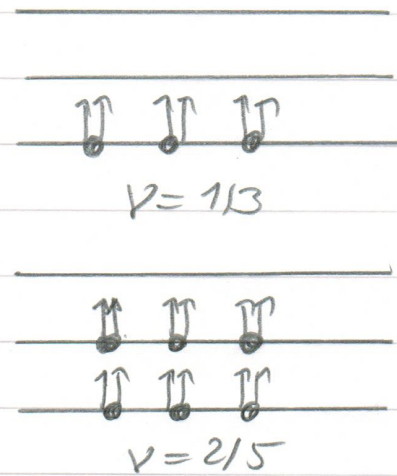
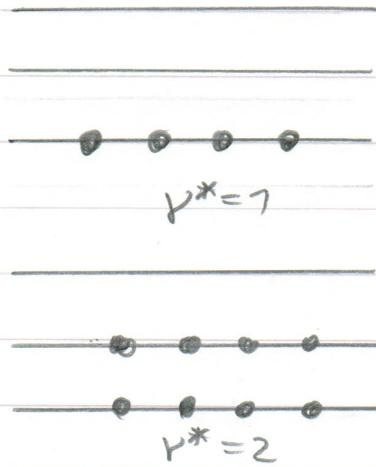
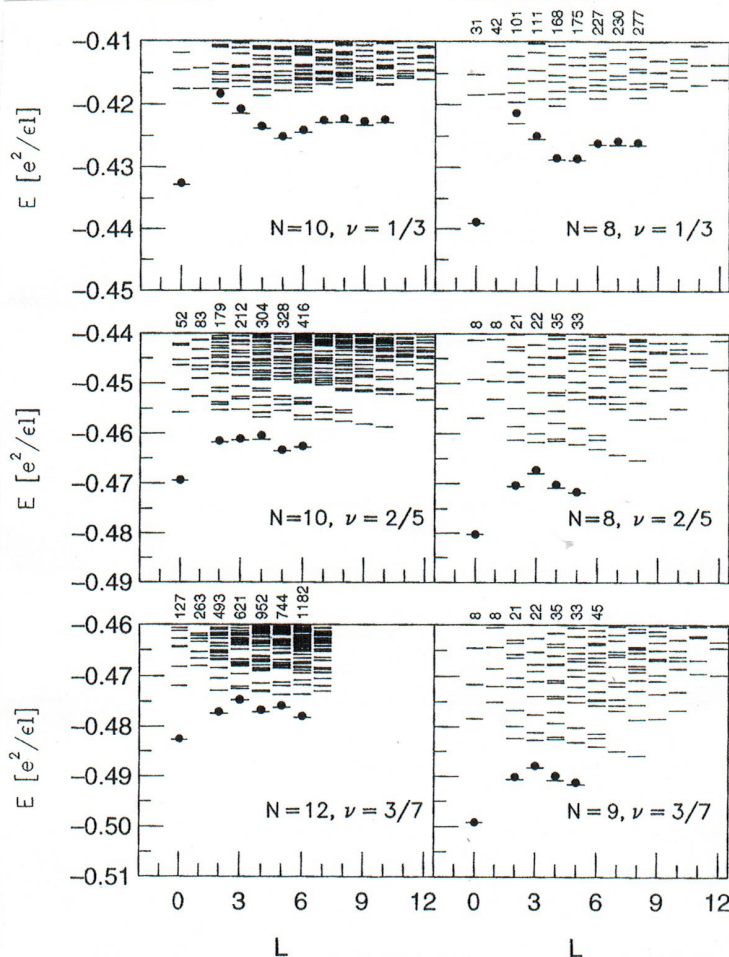


IQHE

FQHE



Λ - Niveaus



Vergleich exakte
Diagonalisierung
des vollen Problems
und CF-Theorie
(Kreise)

Unterschiede zwischen CF-Theorie in L -Niveaus und IQHE in LL

(i) Energie von Teilchen-Loch Paaren von Elektronen bei $\nu^* = n$

$$\hbar \omega_c^* = \frac{\hbar e B^*}{m c} = \frac{\hbar e B}{m c} \frac{1}{2pn+1}$$

ist nicht die Energie einer Teilchen-Loch Anregung im FQHE

(ii) Die Hall Leitfähigkeit ist

$$\sigma_H = \nu \frac{e^2}{h} \quad \text{wicht:} \quad \sigma_H = \nu^* \frac{e^2}{h}$$

d.h. Elektronen werden transportiert, nicht CF's

(E) Quasilöcher, Quasiteilchen und Quasi-exzitonen

Die CF-Theorie sagt vorher, daß die Wellenfunktion

$$(9.22) \quad \psi_\nu^\alpha = P_{LL} \prod_{j < k} (z_j - z_k)^{2p} \Phi_{\nu^*}^\alpha(B)$$

mit $\nu = \frac{\nu^*}{2p\nu^* \pm 1}$ für $\nu^* = n \in \mathbb{N}$ einen inkompressiblen

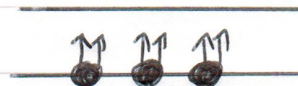
Grundzustand des FQH-Systems beschreibt. Die CF-Theorie erlaubt es aber auch die Form der

energetisch niedrigsten Elementarausregungen zu beschreiben

$$\nu^* = 1 \quad p = 1$$

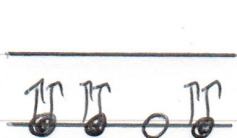
2CF

• Grundzustand

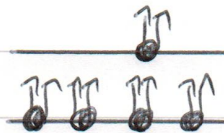


gefülltes
L-Niveau

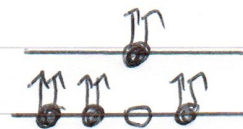
• die niedrigsten energetischen Anregungen



Quasiloch



Quasiteilchen



Quasiexziton

Wellenfunktionen von Quasiloch, Quasiteilchen und Quasiexziton.

(9.22) kann auch in der folgenden Form geschrieben werden

$$(9.23) \quad \boxed{\Psi_{\nu}^{\alpha} = P_{\alpha} \Phi_{\nu}^{\alpha}(B^*) \Phi_1^{2p}}$$

wobei

$$(9.24) \quad \Phi_1 = \prod_{j < k} (z_j - z_k) \exp \left[-\frac{1}{4e_1^2} \sum_j |z_j|^2 \right]$$

bei $2=1$.

In (9.23) ist $\Phi_{\nu^*}^\alpha$ bei B^* und nicht bei B ausgewertet

$$B = B^* + 2p\beta\Phi_0$$

Der füllfaktor in Φ_1 zur Potenz $2p$. e_1 ist so gewählt daß

$$\begin{array}{ccc} \frac{2p}{e_1^2} + \frac{1}{e^{*2}} & = & \frac{1}{e^2} \\ \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \Phi_1^{2p} & \Phi_{\nu^*}^\alpha(B^*) & \Phi_{\nu^*}^\alpha(B) \end{array}$$

$$\frac{2p}{e_1^2} + \frac{eB^*}{\hbar c} = \frac{eB}{\hbar c}$$

d.h. $e_1 = \sqrt{\frac{\hbar c}{2p\Phi_0}}$ bei Füllung 1

Quasilooh (quasi-hole)

$$(9.25) \quad \psi_{\frac{n}{2pn \pm 1}}^{qh} = P_{LL} \Phi_{\nu^*=n}^{qh} \Phi_1^{2p}$$

Quasiteilchen (quasi-particle)

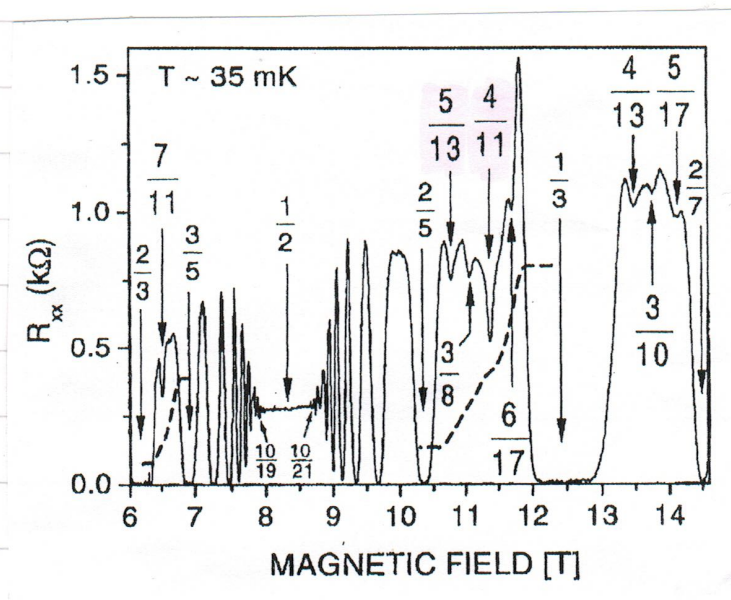
$$(9.26) \quad \psi_{\frac{n}{2pn \pm 1}}^{qp} = P_{LL} \Phi_{\nu^*=n}^{qp} \Phi_1^{2p}$$

9.4. Wechselswirkende Composite-Fermionen

W.v. haben gesehen, daß die CF-Theorie die FQH-Plateaus bei Füllungen

$$(9.27) \quad \nu = \frac{n}{2pn \pm 1}$$

erklären kann. Es gibt aber auch Plateaus von $R_{\perp}$ (bzw. Minima von $R_{\parallel}$) bei anderen Füllungen



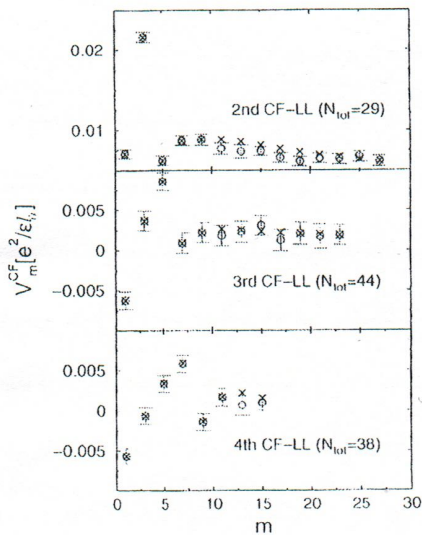
z.B. $\nu = \frac{4}{11}$ oder $\nu = \frac{5}{13}$ die sich nicht in der Form (9.27) darstellen lassen.

$\Rightarrow$ Wechselwirkung von CF!

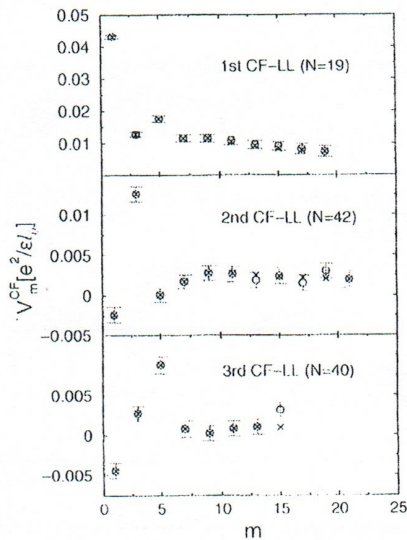
Ähnlich zu den Pseudopotentialen für Elektronen kann man auch Pseudopotentiale für CF berechnen. Dazu braucht man Namenik.

Rechnung notwendig:

CF-Teilchen



CF-Löcher



Pseudopotentiale in den verschiedenen L -Niveaus

(A) FQHE für CF

Elektronen im Bereich (z.B.)

$$\frac{1}{3} < \nu = \frac{\nu^*}{2\nu^* + 1} < \frac{2}{5}$$

bilden sich ab auf ${}^2\text{CF}$ mit effektiven Füllungen

$$(9.28) \quad 1 < \nu^* = 1 + \frac{f}{2f+1} < 2$$

voller L

FQH-Effekt für ${}^2\text{CFs}$ $\rightarrow$ neue Füllungen

$$f=1 \Rightarrow \nu^* = 1 + \frac{1}{3} \Rightarrow \nu = \frac{4}{11}$$

$$f=2 \Rightarrow \nu^* = 1 + \frac{2}{3} \Rightarrow \underline{\underline{\nu = \frac{5}{3}}}$$

(B) Fehlen des FQHE bei $\nu = \frac{1}{2}$

Bei $\nu = \frac{1}{2}$ gibt es keinen FQHE (kein Dip in R_{xx}).

$$\nu = \frac{1}{2} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{2n \pm 1} \quad p=2$$

d.h. $2CF$ mit Füllung

$$(9.29) \quad n = \frac{S}{B_{eff} \Phi_0} = \infty \quad \hat{=} \quad \boxed{B_{eff} = 0}$$

Das sind freie $2CF$ ohne Magnetfeld, d.h. ohne LL-Niveaus. Der Zustand $\nu = \frac{1}{2}$ kann als Fermisee freie $2CF$ beschrieben werden.

(C) Der $\nu = 5/2$ Zustand: CF-Pairing

Willett et al. (PRL 59, 1776 (1987)) haben ein FQH-Plateau bei $\nu = 5/2$ gesehen. Da hier die Zeemannaufspaltung klein ist hat man es mit 2 Spinzuständen zutun

$$(9.30) \quad \nu = \frac{5}{2} = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{unterstes LL} \\ 2 \text{ spins}}}{2} + \underset{\substack{\uparrow \\ \text{zweites LL} \\ 1 \text{ spin}}}{\frac{1}{2}}$$

D.h. handelt es sich um ein Fermisee im zweiten LL?

Nein!

Moore & Read (Nucl. Phys. B 360, 362 (1991)) haben gezeigt, daß ein guter Kandidat für die Vielteilchenwellenfunktion bei $\nu = 5/2$ durch p-Wellen Paarung der spin-polomatisierten Elektronen im zweiten LL entstehen

$$(9.31) \quad \Psi_{1/2}^{\text{Pf}} = \text{Pf} \left(\frac{1}{z_i - z_j} \right) \prod_{j < k} (z_i - z_j)^2 \exp \left[-\frac{1}{4} \sum_k |z_k|^2 \right]$$

"Pfaffian Zustand" von Moore & Read

Bem: Pairing (Supraleitung) resultiert aus attraktiven WW

- effektive WW von CF im zweiten LL ist attraktiv (siehe S. 135)
- numerischer Überlapp von (9.31) mit Grundzustand aus exakter Diagonalisierung mit $N \leq 16$ ist nicht sehr groß.
 $\Rightarrow$ offene Frage!

(D) Grundzustand bei niedrigen Füllungen

Sehr niedrige Füllungen entsprechen $2p$ CF mit großem p . Diese sind instabil gegenüber der Bildung von Wignerkristallen für $T \rightarrow 0$. Das können Kristalle von CF mit kleinerem p sein als einem voll gefüllten Λ -Niveau entsprechen oder aber sogar Kristalle nackter Elektronen sein.

9.5 FQHE für Bosonen

Es gibt keinen IQHE für Bosonen, da es kein Pauli-Prinzip gibt. Aber WW können zu FQH-Zuständen durch Bildung von CF führen: $\nu \geq \frac{1}{2}$

(A) $\nu = \frac{1}{2}$ Laughlinwellenfunktion

$$(9.32) \quad \Psi_{1/2}^B = \Phi_1^2$$

Φ_1 war die Wellenfunktion des voll gefüllten niedrigsten LL

(B) $\nu \geq \frac{1}{2}$ CF

Kopplung einer ungeraden Anzahl von Flußquanten an Bosonen $\Rightarrow$ CF

$$\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow \uparrow \uparrow & \text{etc.} \\ \bigcirc & \bigcirc & \\ {}^1\text{CF} & {}^3\text{CF} & \end{array}$$

$$\psi_V^B = P_{LL} \Phi_{V^*} \Phi_1^m \quad m=2p+1$$

$$(9.33) \quad V = \frac{V^*}{(2p+1)V^* + 1}$$

wichtigste sequenz $p=0$

$$(9.34) \quad V = \frac{n}{n+1}$$

= ENDE =