

**Zusammenfassung der von Dipl.-Phys. Dirk Schmalfuß vorgelegten  
Dissertationsschrift zum Thema  
"Analytische Verfahren zur Untersuchung von Quantenspinsystemen:  
rotationsinvariante Greenfunktionsmethode und lineare Spinwellentheorie"**

Seit der Entdeckung supraleitender Kuprate mit ungewöhnlich hohen Sprungtemperaturen sind Quantenspinsysteme in Bezug auf die Untersuchung der magnetischen Eigenschaften dieser Materialien vermehrt in den Mittelpunkt physikalischen Interesses gerückt. Gegenstand intensiver theoretischer Bemühungen in diesem Zusammenhang ist vor allem das Heisenberg-Modell und seine Anwendung auf unterschiedlichste Gittertypen. Dabei geht es neben der Suche nach neuartigen Quantenphasen und dem Studium von Quantenphasenübergängen hauptsächlich um die Beantwortung der Frage, ob und wie sich die magnetischen Momente ordnen und welche Faktoren in welchem Umfang zur Ausbildung bestimmter magnetischer Strukturen beitragen. Zu den maßgeblichen Faktoren, die den Charakter magnetischer Ordnung in Quantenspinsystemen beeinflussen, zählen die Frustration, die Stärke vorhandener Fluktuationen - seien sie thermischen oder quantenmechanischen Ursprungs - sowie die Gittergeometrie, d.h. konkret die Gitterdimension und die Koordinationszahl  $z$ .

In dieser Arbeit werden zwei approximative Methoden vorgestellt und benutzt, die die näherungsweise Behandlung des nur in Ausnahmefällen exakt lösbaren Heisenberg-Modells gestatten. Es sind dies die lineare Spinwellentheorie und die rotationsinvariante Greenfunktionsmethode. Dabei werden folgende Quantenspinsysteme in Hinblick auf die mögliche Existenz magnetischer Fernordnung eingehend studiert: das  $A$ - $B$ -Gitter, das Maple-Leaf-Gitter und das geschichtete Kagomé-Gitter.

Für das  $A$ - $B$ -Gitter typisch sind seine einander durchdringenden Spinsubsysteme, die über eine frustrierende Kopplung  $J_{AB}$  miteinander wechselwirken. Die Analyse des klassischen Grundzustandes ergibt, daß bis zu einem endlichen  $J_{AB}$  beide Subsysteme magnetisch entkoppeln, wobei jedes Subsystem für sich Néel-geordnet bleibt. Getrieben durch Quantenfluktuationen wird die klassische Entkopplung jedoch aufgehoben und kolineare Ordnung energetisch favorisiert; es handelt sich um einen durch Quantenfluktuationen bewirkten *order-from-disorder*-Effekt.

In der Natur ist das  $A$ - $B$ -Gitter in den Kupraten  $Ba(Sr)_2Cu_3O_4Cl_2$  tatsächlich realisiert, dagegen ist das Maple-Leaf-Gitter vermöge seiner Koordinationszahl eher von prinzipiellem Interesse. Ein Heisenberg-Antiferromagnet (HAFM) auf dem Maple-Leaf-Gitter ist geometrisch frustriert; mit  $z = 5$  "interpoliert" er zwischen dem magnetisch geordneten HAFM auf dem Dreiecksgitter ( $z = 6$ ) und dem magnetisch ungeordneten HAFM auf dem Kagomé-Gitter ( $z = 4$ ). Die Rechnung zeigt, daß es Quantenfluktuationen trotz einer erniedrigten Koordinationszahl nicht gelingt, die klassische Ordnung im Maple-Leaf-Gitter völlig zu zerstören; der Ordnungsparameter wird im Vergleich zum Dreiecksgitter freilich stärker quantenkorrigiert.

Mit dem Übergang von einer zu zwei Dimensionen oder von zwei zu drei Dimensionen kann sich der Grad magnetischer Ordnung in einem Quantenspinsystem grundlegend ändern. Tendenziell unterdrückt eine höhere Dimension den Einfluß ordnungsmindernder Fluktuationen. Der Prototyp eines ungeordneten Spinsystems in zwei Dimensionen ist der in der Literatur vielfach diskutierte HAFM auf dem Kagomé-Gitter. Bisher nicht untersucht wurde die Möglichkeit der Existenz magnetischer Fernordnung im Falle eines geschichteten und deshalb dreidimensionalen Kagomé-Gitters. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit widmet sich dieser Fragestellung und kommt zu dem Schluß, daß in diesem Quantenspinsystem ungeachtet des Vorzeichens und der Stärke der Zwischenebenenkopplung niemals langreichweitige Ordnung auftritt, solange die Spins innerhalb der Ebenen antiferromagnetisch wechselwirken.