



Doctoral Thesis

## Spinwellen in den eindimensionalen Antiferromagneten CsNiCl-3 und CsCoCl-3

**Author(s):**

Tellenbach, Ulrich

**Publication Date:**

1977

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000110645> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 5966

SPINWELLEN IN DEN EINDIMENSIONALEN ANTIFERROMAGNETEN  
 $\text{CsNiCl}_3$  UND  $\text{CsCoCl}_3$

---

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines  
Doktors der Naturwissenschaften

der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Tellenbach Ulrich

Dipl. Phys. ETH

geboren am 15.10.1949

von Oberthal /BE

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. W. Hälg, Referent

Prof. Dr. W. Baltensperger, Korreferent

1977

## Zusammenfassung

Im ersten Kapitel wird eine Methode zur Berechnung der Zustandsdichte einer ungeordneten ferromagnetischen Kette entwickelt. Unter einem ungeordneten Magneten versteht man ganz allgemein ein magnetisches System, welches zwei (oder mehrere) Sorten magnetischer Ionen enthält, welche statistisch verteilt auf regulären Gitterplätzen sitzen.

Die Berechnung der Zustandsdichte eines derartigen Systems ist infolge der fehlenden Translationsinvarianz äusserst kompliziert. Wir zeigen jedoch, dass es im eindimensionalen Fall möglich ist, die Stieltjes' Transformierte der Zustandsdichte in einen Kettenbruch zu entwickeln. Anschliessend werden mögliche Anwendungen dieser Formel diskutiert.

Kapitel 2 enthält eine mathematisch strenge Herleitung des Spinwellenspektrums einer unendlichen, antiferromagnetischen Kette mit anisotroper Austauschwechselwirkung zwischen den Spins  $S=1/2$ .

In einem ersten Schritt werden die relevanten Gleichungen für eine endliche Kette von  $N$  Spins aufgestellt. Danach erfolgt der Grenzübergang  $N \rightarrow \infty$ , welcher keineswegs trivial ist, da im Limes  $N \rightarrow \infty$  sowohl die Energie  $E_0$  des Grundzustands als auch die Energie  $E_q$  des ersten angeregten Zustands gegen unendlich strebt, andererseits aber die Spinwellenenergie  $\epsilon_q = E_q - E_0$  endlich bleibt.

In Kapitel 3 und 4 werden die hexagonalen Verbindungen  $\text{CsNiCl}_3$  und  $\text{CsCoCl}_3$ , welche der Modellvorstellung einer linearen, antiferromagnetischen Kette in sehr guter Näherung entsprechen, experimentell mittels der inelastischen Neutronenstreuung untersucht. Das eindimensionale Verhalten dieser

beiden Verbindungen rührt davon her, dass die direkte Austauschwechselwirkung  $J$  zwischen zwei benachbarten magnetischen Ionen auf der  $c$ -Achse viel grösser ist als die indirekte Austauschwechselwirkung  $J'$  vom Typ Ni-Cl-Cl-Ni (beziehungsweise Co-Cl-Cl-Co) zwischen magnetischen Ionen welche auf verschiedenen Ketten sitzen. Für beide Verbindungen wurden die Dispersionskurven parallel und senkrecht zur Kettenrichtung experimentell bestimmt.

Besonders interessant ist die Verbindung  $\text{CsCoCl}_3$ , wo das Kobalt-Ion durch einen effektiven Spin  $S=1/2$  beschrieben werden kann. Infolgedessen können die experimentellen Daten direkt mit den in Kapitel 2 hergeleiteten exakten theoretischen Resultaten konfrontiert werden. Die Uebereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ist gut.

Erstaunlich ist hingegen, dass die kollektiven Anregungen, deren Existenz von J. des Cloiseaux und M. Gaudin vorausgesagt wurde, experimentell nicht nachgewiesen werden konnten.

Zum Schluss untersuchen wir die Temperaturabhängigkeit der magnetischen Anregungen und zeigen insbesondere, dass auch bei Temperaturen weit oberhalb des magnetischen Ordnungspunktes immer noch wohldefinierte Spinwellen vorhanden sind.

## Abstract

In the first part of this work we develop a method for calculating the density of states of a disordered, ferromagnetic chain, and discuss various applications.

The second part contains a rigorous derivation of the dispersion curve for the anisotropic linear magnetic chain.

In the third and fourth part we study the magnetic excitations of  $\text{CsNiCl}_3$  ( $T_N=4.8$  K) and  $\text{CsCoCl}_3$  ( $T_N=21.5$  K) by inelastic neutron scattering. The experimental results confirm that these compounds behave as one-dimensional, anisotropic antiferromagnets.