

Berichte aus der Physik

**Matthias Opel**

**Eigenschaften des Elektronensystems und seiner  
Wechselwirkungen in antiferromagnetischen  
und supraleitenden Kupraten: Eine Raman-Studie**

Shaker Verlag  
Aachen 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Opel, Matthias:*

Eigenschaften des Elektronensystems und seiner Wechselwirkungen in  
antiferromagnetischen und supraleitenden Kupraten: Eine Raman-Studie/  
Matthias Opel. Aachen : Shaker, 2000

(Berichte aus der Physik)

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-7514-8

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-7514-8

ISSN 0945-0963

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# ZUSAMMENFASSUNG

Mittels Raman-Spektroskopie werden einkristalline  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2(\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x)\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$  (Bi-2212) und  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  (Y-123)-Kupratsysteme in einem extrem weiten Dotierungsbereich studiert. Besonderes Augenmerk liegt auf der Bestimmung und dem Vergleich von Energieskalen, die für verschiedene Effekte wie Antiferromagnetismus, Pseudogap und Supraleitung in den Materialien relevant sind. Zur Behandlung dieses Themenkomplexes konzentriert sich die Arbeit auf das Studium magnetischer, elektronischer und phononischer Anregungen und ihrer Interpretation.

Den Schwerpunkt bildet die Untersuchung der Eigenschaften und Wechselwirkungen des hochkorrelierten Elektronensystems der Kupferoxidebene. In einem ersten Schritt wird dessen Kopplung mit dem Gitter untersucht. So kann die in manchen Kupraten beobachtete Welligkeit („*Buckling*“) der Kupferoxidebene im Rahmen eines Kristallfeldmodells erklärt werden. Das Studium des Fano-Effekts des  $B_{1g}$ -Phonons in den Spektren von Y-123 zeigt, daß die Ebene durch ein elektrisches Feld verformt wird, was zugleich zu einer starken Elektron-Phonon-Kopplung führt. Letztere kann aber nicht ursächlich für die Bildung von Cooper-Paaren verantwortlich gemacht werden.

Um zu testen, inwieweit magnetische Anregungen bei verschiedenen Dotierungsgraden eine Rolle spielen, werden von allen untersuchten Proben Raman-Spektren bei großen Frequenzverschiebungen aufgenommen. Messungen bei tiefen Temperaturen in undotiertem Y-123 und Bi-2212 zeigen den bekannten Zwei-Magnonen-Peak, der erstmals auch in überdotierten Kristallen klar beobachtet wird und auf magnetische Korrelationen auch weit jenseits optimaler Dotierung hinweist. Sowohl aus den Peakpositionen als auch aus dem beobachteten Resonanzverhalten wird unabhängig die magnetische Austauschenergie  $J$  bestimmt. Sie beträgt übereinstimmend etwa 125 meV für beide Materialklassen und ist unabhängig vom Dotierungsgrad.

Messungen im Normalzustand zeigen einen Verlust von spektralem Gewicht unterhalb von etwa 200 K, der durch das Auftreten eines Pseudogaps interpretiert wird. Um diesen Verlust quantitativ erfassen zu können, werden die Spektren im Rahmen eines erweiterten Drude-Modells diskutiert und dynamische Ladungsträger-Relaxationsraten, sowie Massenrenormierungsfaktoren bestimmt. Dieser Zugang ermöglicht die Untersuchung der Temperatur- und Dotierungsabhängigkeit des Pseudogap-Phänomens, wobei sich die Energieskala  $E^* \approx 100$  meV des Pseudogaps als unabhängig vom Dotierungsgrad herausstellt und nahe bei der magnetischen Austauschenergie  $J$  liegt.

Im Suprazustand kann sowohl in Bi-2212 als auch in Y-123 Paarbrechung nachgewiesen werden. In  $B_{2g}$ -(xy-)Symmetrie skaliert die Peakposition mit der Sprungtemperatur und liegt unabhängig vom Dotierungsgrad der untersuchten Kristalle bei etwa  $6 kT_c$  in beiden Materialklassen. Dagegen nimmt im  $B_{1g}$ -( $x^2-y^2$ -)Kanal die Peakposition mit abnehmender Ladungsträgerkonzentration annähernd linear zu. Gleichzeitig wird der Peak immer schwächer und kann in den unterdotierten Kristallen nicht mehr nachgewiesen werden. So ist es mit Hilfe der Raman-Spektroskopie gelungen, im Suprazustand von Kupraten erstmals zwei verschiedene, mit der Supraleitung eng verknüpfte Energieskalen zu beobachten.