

Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

■ Entscheidende Rolle des Gitters

Zu: „Klebstoff' für die Supraleitung“ von Jörg Fink und Werner Hanke, Oktober 2006, Seite 22

Im Fokus des Artikels stehen Scanning Tunneling Spectroscopy (STS)-Experimente von Gruppe um J. C. Davis, in denen frühere STS-Ergebnisse neu interpretiert werden. Während die STS-Daten an sich schon kritisch zu betrachten sind, ist die Beobachtung eines Isotopeneffektes äußerst fragwürdig. Die Proben weisen nämlich einen deutlich unterschiedlichen Dotierungslevel auf, den die Autoren nicht erwähnen. Wie in der Arbeit in Nature aufgeführt, ist das T_c der ^{16}O -Probe 76 K, das der ^{18}O -Probe dagegen 88 K; das entspricht einem Isotopeneffekt auf T_c von $\alpha = +1,25$ mit $\alpha = d \ln T_c / d \ln m_o$. In der einfachsten Form der BCS-Theorie ist $\alpha = -0,5$, was bedeutet, dass in diesem Experiment sowohl das Vorzeichen geändert ist als auch ein unerwartet riesiger Isotopeneffekt auftritt. Da bekannt ist, dass die Kupratsupraleiter bei optimaler Dotierung, wie es hier der Fall zu sein scheint, einen verschwindend kleinen Isotopeneffekt haben [2], muss aus dem oben beschriebenen Experiment geschlossen werden, dass die beiden Proben einen deutlich unterschiedlichen Dotierungslevel aufweisen. Aufgrund dieser Schlussfolgerung ist es nicht verwunderlich, dass auch verschiedene Werte für die supraleitenden Energielücken gefunden werden, die nichts mit einem Isotopeneffekt zu tun haben.

Interessanterweise wird in dem Artikel ferner erwähnt, dass sich die Experimente durch unelastische Tunnelprozesse via der apikalen Sauerstoffschwingung erklären lassen können [3]. Um dieses Bild zu verifizieren, wird ein ortsselektiver Isotopenaustausch vorgeschlagen, bei dem der apikale Sauerstoff den Isotopeneffekt trägt. Solche Experimente [4, 5] zeigen eindeutig, dass der apikale Sauerstoff einen vernachlässigbar kleinen Isotopeneffekt aufweist, während der maß-

gebliche Effekt ausschließlich auf die sich in den Kupfer-Sauerstoff-Ebenen befindenden Sauerstoffatome zurückzuführen ist [5].

Im weiteren Verlauf dieses Artikels werden mögliche andere Paarbildungsmechanismen diskutiert, die sich auf einen rein elektronischen Ursprung konzentrieren. Dieser kann jedoch von vornherein ausgeschlossen werden, da nicht erwähnte Experimente wie z. B. der stark dotierungsabhängige Isotopeneffekt auf T_c [2], der auf die suprafluide Dichte [2] und die Pseudogap-Temperatur [6] innerhalb rein elektronischer Modelle nicht erklärbar sind. Diese Experimente können mit Sicherheit als Evidenz für eine entscheidende Rolle des Gitters bei der Supraleitung betrachtet werden, während die obigen STS-Experimente [1] unzureichend sind.

An dieser Stelle sollte betont werden, dass es momentan keine Hinweise darauf gibt, dass rein elektronische Modelle wie das 2D-Hubbard-Modell oder das t-J-Modell überhaupt Supraleitung zeigen.

**Annette Busmann-Holder,
Hugo Keller und K. Alex Müller**

- [1] J. Lee et al., Nature **442**, 546 (2006)
- [2] siehe H. Keller in Structure and Bonding (Superconductivity in Complex Systems) **114**, 143 (2005) und Referenzen hierin
- [3] S. Pilgram, T. M. Rice und M. Sigrist, Phys. Rev. Lett. **97**, 117003 (2006)
- [4] M. Cardona et al, Solid St. Comm. **67**, 789 (1988); C. Thomsen et al, Solid St. Comm. **67**, 1069 (1988)
- [5] D. Zech et al, Nature (London) **371**, 681 (1994)
- [6] siehe A. Furrer in Structure and Bonding (Superconductivity in Complex Systems) **114**, 171 (2005) und Referenzen hierin

Erwiderung von Jörg Fink und Werner Hanke

In ihrem Leserbrief zu unserem Artikel weisen die Autoren im Wesentlichen auf drei Punkte hin, die von uns nicht beachtet worden wären, was wir aber aus folgenden Gründen für unberechtigt halten:

■ In dem Nature-Artikel wurde der mikroskopische Isotopeneffekt einer bosonischen Mode relativ zu

einem lokalen Ordnungsparameter $\Delta(\mathbf{r})$ bestimmt. Der wesentliche Punkt dieses Experiments ist es, dass diese Auswertung auch für Proben mit verschiedenem Dotierungsgrad möglich ist. Natürlich ergibt sich im Fall eines verschiedenen Dotierungsgrades ein nicht sinnvoller Wert für den makroskopischen Isotopeneffekt für T_c .

■ Der Vorschlag einer Erklärung des in dem Nature-Artikel gefundenen Isotopeneffektes durch einen unelastischen Tunnelprozess durch den apikalen Sauerstoff [1] hat nichts mit einem existierenden oder nicht existierenden makroskopischen Isotopeneffekt von T_c durch den apikalen Sauerstoff zu tun.

■ Es gibt sehr viele und vor allem verschiedenartige experimentelle Hinweise, die eindeutig darauf deuten, dass die wesentliche Physik der Hochtemperatur-Supraleitung (HTSL) durch starke elektronische Korrelationen geprägt ist und dem Bild eines dotierten Mott-Hubbard-Isolators zuzuordnen ist [2]. Im Gegensatz zu der Aussage im Leserbrief zeigen neuere theoretische, vor allem numerische Untersuchungen, die eine kontrollierte Lösung des Hubbard-Modells bei tiefen Temperaturen erlauben, dass dieses Modell charakteristische Eigenschaften des HTSL-Phasendiagramms reproduziert. So werden supraleitende und antiferromagnetisch geordnete Phasen, Pseudogap-Verhalten sowie die Asymmetrie von Loch- gegenüber Elektronendotierung gefunden [3].

- [1] S. Pilgram, T. M. Rice und M. Sigrist, Phys. Rev. Lett. **97**, 117003 (2006)
- [2] siehe z. B. P. A. Lee, N. Nagaosa und X. G. Wen, Rev. Mod. Phys. **78**, 17 (2006)
- [3] siehe z. B. D. J. Scalapino, cond-mat/0610710 (2006)