



Enrico Arrigoni

seit 1.11.2003 Universitätsprofessor für „Theoretische Physik mit Schwerpunkt Quantenmechanik von Korrelierten Vielteilchensystemen“ am Institut für Theoretische Physik

Konkurrierende Phasen in korrelierten Systemen

Mein Physikstudium habe ich im Schatten des schiefen Turms von Pisa absolviert. Im Zuge der Entdeckung einer neuen Stoffklasse („Hochtemperatursupraleiter“ (HTSL)) herrschte damals Aufregung in der Festkörperphysik. Seit meiner Promotion in Pisa hat sich meine Forschungsaktivität zum Teil mit dem Verständnis der physikalischen Eigenschaften dieser neuen Materialien und vor allem des physikalischen Mechanismus, der diese neue Art von Supraleitung hervorbringt, auseinandergesetzt.

Zusätzlich zur Supraleitung zeigen diese Materialien eine Reihe interessanter Eigenschaften. Ändert man zum Beispiel die Konzentration eines bestimmten, zusätzlich eingebauten Elementes (Dotierung), so ergeben sich verschiedene Phasen (siehe Abb.1). Bei kleinen Dotierungen ist das Material sogar ein Isolator mit besonderen magnetischen Eigenschaften („Antiferromagnet“) und wird erst bei einer Dotierung von ca. 5% zum Supraleiter. Bei höheren Temperaturen tritt eine sog. „Pseudogap“-Phase auf, in der eine Art Supraleitung auf mikroskopischer Skala erscheint, die erst bei niedrigeren Temperaturen richtig supraleitend wird. In einigen HTSL tritt bei bestimmten Dotierungen eine sog. „Streifenphase“ auf, bei der sich mikroskopische, eindimensionale Strukturen bilden, die die Elektronendynamik stark beeinflussen.

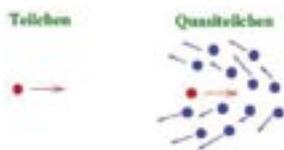
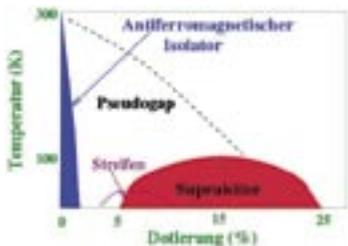


Abb1 oben: Schematisches Phasendiagramm eines typischen Hochtemperatursupraleiters. Zusätzlich zur Supraleitung zeigen diese Materialien eine Reihe verschiedener konkurrierender Phasen. Eine isolierende (antiferromagnetische) Phase bei kleinen Dotierungen, eine sog. „Pseudogap“ und eine „Streifenphase“ (siehe Text).

unten: Ein Quasiteilchen ist ein kompliziertes Objekt, das aus einem Teilchen, umgeben von seiner „Teilchenwolke“ besteht.

Nach meiner Promotion in Pisa war ich ein Jahr am Max-Planck-Institut für Physik Komplexer Systeme in Stuttgart und danach am Institut für Theoretische Physik der Universität Würzburg tätig, wo ich im Fach Theoretische Physik im Jahr 2000 habilitiert habe. Dort habe ich meine Forschungstätigkeit auf weitere Materialien ausgeweitet, die wie die HTSL unter dem Begriff „Korrelierte Vielteilchensysteme“ fallen. Diese stehen in Kontrast zu konventionellen Metallen, in denen die Elektronendynamik durch ein Bild nicht wechselwirkender Teilchen im „mittleren“ Potential der anderen Elektronen beschrieben werden kann. Durch die Idee des sowjetischen Physikers L. D. Landau, das Konzept von Teilchen durch das Konzept so genannter Quasiteilchen zu ersetzen, kann diese Beschreibung auch für zahlreiche korrelierte Systeme angewandt werden. Als vereinfachtes Bild kann man sich ein Quasiteilchen als ein kompliziertes Objekt vorstellen, bestehend aus einem Teilchen, umgeben von einer „Wolke“ anderer Teilchen, die es in seiner Bewegung mit sich zieht (siehe Abb. 1). Diese Quasiteilchen können dann als nahezu unabhängige Objekte beschrieben werden, die untereinander nur eine schwache „Restwechselwirkung“ haben.

Es gibt trotzdem Materialien (unter ihnen auch die HTSL), bei denen das Quasiteilchen-Konzept an seine Grenzen stößt oder sogar nicht anwendbar ist. Diese Stoffe sind besonders interessant, weil sie öfter eine Konkurrenz zwischen verschiedenen Phasen aufweisen, deren Verständnis eine besondere Herausforderung darstellt.

Diese konkurrierenden Phasen sind oft durch starke Nichtlineareffekte charakterisiert und können in der Zukunft für Anwendungen in verschiedenen Bereichen der Elektronik oder der Informatik benutzt werden. Meine Forschungstätigkeit hat sich während der letzten Jahre auf diesem Gebiet entwickelt. Nach den HTSL habe ich mich mit quasi-eindimensionalen Systemen beschäftigt, die ein Modell für verschiedene Stoffe, wie z. B. Carbon Nanotubes, Mesoskopische Nanostrukturen, sowie auch die o. g. „Streifen“-Strukturen der HTSL darstellen. In jüngster Zeit habe ich mich mit dem Problem der Wechselwirkung zwischen den Elektronen und den Gitterschwingungen (sog. „Phononen“) auseinandergesetzt. Diese Arbeiten habe ich zum Teil in enger Kooperation mit theoretischen und experimentellen Arbeitsgruppen in den USA [den Universitäten Stanford und UCLA (Los Angeles)] und in Genf durchgeführt. In diesen Universitäten habe ich mit Unterstützung eines mir im 2001 gewährten Heisenberg-Stipendiums der deutschen Forschungsgemeinschaft zahlreiche Forschungsaufenthalte absolviert.

Diese Forschungsschwerpunkte und im allgemein der Schwerpunkt „Korrelierte Vielteilchensysteme“ mit Anwendung auf neue Materialien möchte ich an der TU Graz, wo ich im November 2003 als Universitätsprofessor für Theoretische Physik ernannt worden bin, weiterverfolgen.

Wenn Sie mehr über diese Themen wissen wollen (Links):

(Hochtemperatur)supraleitung:

<http://superconductors.org/>

http://cnls.lanl.gov/Highlights/1997-06/html/June_97.html

Quasiteilchen:

<http://arxiv.org/abs/cond-mat/9807366>,

<http://www.oxides.bham.ac.uk/nonfermi.pdf>

Streifenphase:

<http://arxiv.org/abs/cond-mat/9907228>

Competing phases in correlated systems

High-Temperature Superconducting materials (HTSM) show – besides superconductivity – a number of unconventional phases. At low doping concentrations, these systems actually behave as antiferromagnetic insulators, and become superconductors only beyond a doping of approximately 5%. Just above the superconducting critical temperature, these materials are in a so-called “pseudogap”-phase with microscopic superconducting correlations. Finally, in some HTSM a so-called “stripe” phase occurs characterized by the presence of one-dimensional spin- and charge structures.

HTSM belong to a larger class of so-called correlated systems. In these systems, in contrast to conventional metals, the electron dynamics cannot be described in terms of independent particles moving in an average field. The introduction of the “Quasiparticle” concept makes this description also possible for a number of correlated systems. A simple view of a quasiparticle is that of a particle surrounded by a cloud of other particles drawn by its motion.

Still, there are several materials in which the quasiparticle concept is at the borderline of its applicability. Systems in which this occurs – among other the HTSM – are often characterized by a competition between different phases, and their study constitutes one of the most interesting challenges of modern condensed-matter physics.