Kurzfassung

Mit Hilfe der parallel zu den CuO_2-Ebenen gemessenen dynamischen Leitfähigkeit $\sigma(\omega)$ von Einkristallen und epitaktischen Filmen wird die Entstehung stabiler Supraleitung im stark anisotropen Hochtemperatursupraleiter $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$ untersucht.

Anhand der Temperaturabhängigkeit der zwischen 3 mHz und 30 MHz gemessenen Phase σ''/σ' kann die supraleitende Übergangstemperatur T_c genau bestimmt werden. Die statische Leitfähigkeit und die Frequenzabhängigkeit der dynamischen Skalenfunktion für $\sigma(\omega)$ deuten auf zweidimensionale Fluktuationen in einem breiten Temperaturbereich oberhalb von T_c hin. Bei T_c wird ein Sprung der inversen Eindringtiefe gefunden, der gut mit dem von der Kosterlitz-Thouless-Theorie für dünne Schichten, d.h. 2D-Supraleitung, vorhergesagten Wert übereinstimmt. Danach kann vermutet werden, daß die Supraleitung durch die Bindung thermisch induzierter langer Vortex-Antivortex-Linienpaare, die die Proben über ihre gesamte Dicke zwischen 200 nm und 200 μm durchziehen, entsteht. Der vom idealen zweidimensionalen Verhalten abweichende endliche Wert der Phase bei T_c, $\sigma''/\sigma' = 13.5(2)$ wird schwachen 3D-Fluktuationen in der geschichteten Struktur des $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$ zugeschrieben. Kolumnare Defekte ändern diesen zweidimensionalen Ordnungsvorgang nicht, jedoch reduzieren sie die Phase bei T_c auf $\sigma''/\sigma' = 3.9(2)$. Da dieser Wert mit dem für das dreidimensional ordnende $YBa_2Cu_2O_7$ übereinstimmt, deutet dieses auf eine Verstärkung dreidimensionaler Fluktuationen auf kleinen Längenskalen hin.

Geringe Vortexdichten, die durch parallel zur c-Achse angelegte Felder erzeugt werden ($B \gtrsim 1\,\mathrm{mT}$), verhindern eine supraleitende Ordnung. Es wird eine thermisch aktivierte Vortex-Dynamik beobachtet, die durch plastische Versetzungen in einer hochviskosen Vortex-Flüssigkeit charakterisiert ist, deren Linien bei sehr großen Feldstärken ($B > 2\,\mathrm{T}$) in Punktvortizes zerfallen. Interessanterweise wird auch in der Feldorientierung $\vec{B} \perp \vec{c}$ kein Phasenübergang gefunden, d.h. das intrinsische Haften durch die CuO_2-Ebenen kann die Supraleitung im Feld nicht stabilisieren, vermutlich aufgrund der gleichen lokalen Fluktuationen, die im Nullfeld zu dem endlichen Phasenwinkel führen.

Durch kolumnare Haftzentren der Dichte n_ϕ parallel zur c-Achse wird unterhalb des dosisäquivalenten Feldes $B_\phi = n_\phi \phi_0$ supraleitende Ordnung für Felder parallel zur c-Achse ermöglicht. Im Gegensatz zum Grenzfall $H \to 0$ verschwindet die superfluide Dichte hier jedoch kontinuierlich bei T_g, und die kritischen Temperaturabhängigkeiten der Leitfähigkeit und der Relaxationszeit weisen auf einen dreidimensionalen Ordnungsvorgang hin. Solange die Dichte der kolumnaren Defekte klein ist, $B_\phi < B_{c1}$, sind die Ordnungsparameter-Fluktuationen isotrop, und der Temperaturverlauf der Phasengrenze $B_g(T)$ kann mit Hilfe des 3D-XY-Modells beschrieben werden. Bei einer hohen Defektdichte $B_\phi \gg B_{c1}$ folgt die Phasengrenze zwischen B_{c1} und B_ϕ überraschenderweise einer Vorhersage des Bose-Glas-Modells für den Fall wechselwirkungsfreier Vortizes. Dieses wird auf die starke Lokalisierung der Vortizes an den Defekten zurückgeführt. Auch für $\vec{B} \perp \vec{c}$ wird in Gegenwart der kolumnaren Defekte überraschenderweise supraleitende Ordnung beobachtet, was auf eine Reduktion der lokalen Fluktuationen in den CuO_2-Ebenen hinweist, deren Ursprung noch unbekannt ist.