

Jochen Plessel: Hochdruckuntersuchungen an Yb-Kondo-Gitter-Systemen in der Nähe einer magnetischen Instabilität. 2002

Das Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluß eines äußeren Druckes auf die elektronischen, magnetischen und strukturellen Eigenschaften einiger ausgewählter, neuer Yb-Verbindungen, die bei Normaldruck einen zwischenvalenten (YbCu_2Si_2), bzw. einen Schwer-Fermion- und/oder

Nicht-Fermiflüssigkeits-Grundzustand (YbRh_2Si_2) besitzen, zu untersuchen. Die Gemeinsamkeit der untersuchten Systeme YbRh_2Si_2 und YbCu_2Si_2 liegt darin, daß sich beide in der Nähe zu einer magnetischen Instabilität befinden. Hierfür wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Hochdruckzange derart optimiert, daß *erstmalig* ^{170}Yb -Mößbauerspektroskopie bei hohen Drücken bis $p = 20$ GPa und gleichzeitig tiefen Temperaturen von $T = 1.3$ K möglich war, wodurch *erstmalig* die *mikroskopische* Untersuchung einer vollständigen druckinduzierten magnetischen Phase in einer Yb-Verbindung realisiert werden konnte.

Die Hochdruck-Mößbauer-Untersuchungen an YbCu_2Si_2 wurden erfolgreich bis $p = 20$ GPa und $T = 1.3$ K durchgeführt und es konnte *erstmalig* eine vollständige druckinduzierte magnetische Phase in einer Yb-Verbindung mikroskopisch beobachtet werden. Dabei hat sich gezeigt, daß der druckinduzierte Phasenübergang in YbCu_2Si_2 ein Übergang 1. Ordnung ist und die Hochdruckphase ein magnetisches Moment von $m_{\text{Yb}} \gg 1.7 m_{\text{B}}$ im Grundzustand besitzt, wobei die magnetische Ordnungstemperatur bei 20 GPa $T_{\text{mag}} = 5.8$ K beträgt.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag in der Untersuchung des Schwer-Fermion-Systems YbRh_2Si_2 . In diesem System beobachtet man bei Normaldruck ein ausgeprägtes Nicht-Fermiflüssigkeits-Verhalten sowie eine sehr schwache magnetische Ordnung kleiner magnetischer Momente ($m_{\text{Yb}} < 0.1 m_{\text{B}}$) bei sehr tiefen Temperaturen ($T_{\text{mag}} = 65$ mK), was auf die "Nähe" zu einem Quanten-Kritischen-Punkt hindeutet.

Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Hochdruckuntersuchungen mittels ^{170}Yb -Mößbauerspektroskopie und elektrischer Widerstandsmessungen bis in den mK-Bereich und im externen Magnetfeld zeigen, daß in YbRh_2Si_2 für $0 \leq p < 10$ GPa eine *dynamische* magnetische Phase vorliegt ($T_{\text{mag}} \gg 1$ K) und das System bei 10 GPa einen Phasenübergang 1. Ordnung in einen Zustand langreichweitiger *statischer* magnetischer Ordnung ($m_{\text{Yb}} \gg 1.9 m_{\text{B}}$, $T_{\text{mag}} = 7.4$ K) vollzieht. Daß dieser Phasenübergang nicht strukturell bedingt ist, haben Hochdruck-Röntgendiffraktometrie-Experimente ($p \leq 21$ GPa) belegt. Die Existenz von magnetischen Fluktuationen ($p < 10$ GPa) wurde experimentell durch elektrische Widerstandsmessungen im externen Magnetfeld nachgewiesen. Eine solche ausgedehnte, stabile dynamische magnetische Phase, wie in YbRh_2Si_2 für $p < 10$ GPa, wurde bisher in keiner anderen Schwer-Fermion-Verbindung beobachtet und ist auf den ungewöhnlichen metallischen Zustand bei Normaldruck zurückzuführen. Da dieser Zustand im Rahmen des erweiterten Doniach-Phasendiagrammes nicht beschrieben werden kann, wurde ein neues magnetisches Phasendiagramm für YbRh_2Si_2 vorgeschlagen.

The effect of pressure on the electronic, magnetic and structural properties on selected Yb-compounds (YbCu_2Si_2 , YbRh_2Si_2) has been investigated using the electrical resistance, ^{170}Yb -Mößbauer-Effekt (ME) and x-ray diffraction techniques. Special emphasis has been given to the studying of the nature of the nonmagnetic @ magnetic transition induced by pressure, particularly in the new compound YbRh_2Si_2 . For a comprehensive investigation of the magnetic phase transition technical developments of the pressure clamp for ^{170}Yb -ME spectroscopy were performed to achieve $p = 20$ GPa and $T = 1.3$ K.

Using this new ME high pressure clamp it was possible to investigate the pressure effect on the magnetic properties of YbCu_2Si_2 up to $p = 20$ GPa and $T = 1.3$ K. The analysis of the experimental

results clearly show, that the pressure-induced nonmagnetic to magnetic transition above 8 GPa is of first-order and the high pressure phase ($p = 20$ GPa) exhibits a magnetic moment of $m_{\text{Yb}} = 1.7 m_{\text{B}}$ and a magnetic ordering temperature of 5.8 K.

The major part of this thesis was devoted to the high pressure investigations on the new compound YbRh_2Si_2 which exhibits pronounced Non-Fermi-Liquid (NFL) behavior at ambient pressure and zero magnetic field. Furthermore, one observes at ambient pressure a very weak magnetic order at low temperatures ($T_{\text{mag}} \approx 65$ mK). These findings together with doping experiments ($\text{YbRh}_2\text{Si}_{2-x}\text{Ge}_x$, $x \leq 0.1$) clearly demonstrate the proximity of this system to a quantum critical point (QCP).

Towards a better understanding of the ground state properties of YbRh_2Si_2 in the vicinity of the QCP, the effect of external pressure (up to 20 GPa) on the magnetic, electronic and structural properties of this compound was investigated using the ^{170}Yb -Mössbauer Effect ($T \approx 1.3$ K), electrical resistance ($T \approx 70$ mK) and x-ray diffraction techniques (300 K).

It is shown that upon increasing the pressure ($0 \leq p < 10$ GPa), the NFL state of YbRh_2Si_2 first exhibits dynamic magnetic order below ~ 1 K, which then switches at $p \approx 10$ GPa to a static long range magnetic order.

This unusual magnetic phase transition is of first-order and the high pressure phase exhibits an ordered moment of $\sim 1.9 m_{\text{B}}$ with high magnetic ordering temperature of 7.4 K at $p \approx 17.5$ GPa. A magnetic phase diagram for YbRh_2Si_2 under high pressure is suggested.