

Neutron-Resonance Spin-Echo Spectroscopy: A High Resolution Look at Dispersive Excitations

Dr. Klaus Habicht

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

Das gezielte Design von effizienten Materialien zur Energiewandlung, zur Übertragung von Energie und damit zur nachhaltigen Energieversorgung setzt das grundlegende Verständnis von Bewegungs- und Wechselwirkungsprozessen auf atomarer Längenskala des Festkörpers voraus. Schwingungen im Festkörper, die für den Transport von Wärme verantwortlich sind, können im Teilchenbild Quasiteilchen zugeordnet werden, sogenannte Phononen. Diese Quasiteilchen können miteinander wechselwirken, und deshalb können Phononen in Stoßprozessen Energie und Impuls auf andere Phononen übertragen. Ebenso können Elektronen an der Wechselwirkung beteiligt sein. Makroskopisch geht dies mit einer Abnahme der Wärmeleitfähigkeit einher, mikroskopisch führen diese Stoßprozesse zu einer endlichen Lebensdauer von Phononen. Gelingt es, die Lebensdauer von Quasiteilchen präzise zu vermessen, erhält man deshalb Aufschluss über die mikroskopischen Streuprozesse. In der Habilitationsarbeit wird die sogenannte Neutronen-Resonanz-Spin-Echo-(NRSE)-Methode erläutert, die in besonderer Weise für Messungen der Lebensdauer geeignet ist.

Anhand einiger ausgewählter Beispiele illustriert die Habilitationsschrift die Einsichten, die man aus der genauen Vermessung von Lebensdauern von Quasiteilchen im Festkörper gewinnt. Experimente zur Untersuchung der Elektron-Phonon-Wechselwirkung in konventionellen (BCS) Supraleitern konnten eine neue Anregung (eine sogenannte Kohn-Anomalie) nachweisen, deren Energie genau mit der vorhergesagten Energielücke der Elektronen übereinstimmt. Mit der NRSE-Technik wurden auch Lebensdauern von magnetischen Quasiteilchen (Magnonen) in antiferromagnetischen Materialien gemessen, die schließlich auf Stoßprozesse zwischen Magnonen und die Streuung an den Grenzflächen der magnetischen Domänen zurückgeführt wurden.

Die analytische Behandlung der instrumentellen Auflösung für NRSE Experimente, die entwickelt wurde, ist wichtig, um die experimentellen Daten dieser Messungen korrekt zu interpretieren. Diese Arbeiten führten zur Einsicht, dass die Auflösung der NRSE-Methode in einen Bereich vordringt, in dem auch die Probenqualität relevant wird. Um die intrinsische Lebensdauer aus den Messdaten zu extrahieren ist dieser Effekt zu korrigieren.

Als Beispiel für aktuelle Herausforderungen werden NRSE-Experimente gezeigt, die durch das kürzlich entdeckte Phänomen starker dynamischer Korrelationen motiviert wurden. Vorteilhaft und komplementär zu konventioneller Neutronenspektroskopie ist dafür der direkte Zugang zum Zeitraum, wie er durch die Neutronen-Spin-Echo-Methode ermöglicht wird.