

Pressemitteilung

Forschungsverbund Berlin e.V.

Dipl.-Geogr. Anja Wirsing

03.06.2019

<http://idw-online.de/de/news716835>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Physik / Astronomie, Werkstoffwissenschaften
überregional



Präzises Vermessen von Magnetismus mit Licht

Die Untersuchung magnetischer Materialien mit extremer ultravioletter Strahlung ermöglicht es, ein detailliertes mikroskopisches Bild davon zu erhalten, wie magnetische Systeme mit Laserpulsen interagieren – die schnellste Möglichkeit zur Manipulation eines magnetischen Materials. Ein Forscherteam aus dem Max-Born-Institut hat nun die experimentellen und theoretischen Grundlagen für die Interpretation solcher spektroskopischen Signale geschaffen. Die Ergebnisse wurden in „Physical Review Letters“ veröffentlicht.

Die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie ist eine der wirkungsvollsten Möglichkeiten, Physikern zu helfen, die mikroskopische Welt zu verstehen. In magnetischen Materialien kann eine Fülle von Informationen durch optische Spektroskopie gewonnen werden, wobei die Energie der einzelnen Lichtteilchen – Photonen – die Elektronen der inneren Hülle zu höheren Energien befördert. Ein solcher Ansatz liefert die magnetischen Eigenschaften getrennt für die verschiedenen Arten von Atomen im magnetischen Material. Auf diese Weise können Wissenschaftler die Rolle und das Zusammenspiel der verschiedenen Bestandteile des magnetischen Systems verstehen. Diese experimentelle Technik, die als XMCD-Spektroskopie (magnetischer Röntgendifferenzismus) bezeichnet wird, wurde in den späten 1980er Jahren entwickelt und erfordert typischerweise die Nutzung einer Großforschungsanlage – eine Synchrotronstrahlungsquelle oder einen Röntgenlaser.

Um zu untersuchen, wie die Magnetisierung auf ultrakurze Laserpulse reagiert – der schnellste Weg zur deterministischen Kontrolle magnetischer Materialien – sind in den letzten Jahren kleinere Laborquellen verfügbar geworden, die ultrakurze Impulse im extrem ultravioletten (XUV) Spektralbereich liefern. Solche weniger energetischen XUV-Photonen regen schwächer gebundene Elektronen im Material an und stellen neue Herausforderungen an die Interpretation der resultierenden Spektren im Hinblick auf die zugrundeliegende Magnetisierung im Material.

Ein Forscherteam des Max-Born-Instituts in Berlin sowie Forscher des Max-Planck-Instituts für Mikrostrukturphysik in Halle und der Universität Uppsala in Schweden haben nun eine detaillierte Analyse der magneto-optischen Antwort für XUV-Photonen vorgelegt. Sie kombinierten Experimente mit Ab-initio-Berechnungen, die nur die Art der Atome und deren Anordnung im Material als Eingangsinformation heranziehen. Für die prototypischen magnetischen Elemente Eisen, Kobalt und Nickel konnten sie die Reaktion dieser Materialien auf XUV-Strahlung im Detail messen. Sie stellten fest, dass die beobachteten Signale nicht proportional zum magnetischen Moment des jeweiligen Element sind und dass diese Abweichung unter Berücksichtigung sogenannter lokaler Feldeffekte theoretisch reproduziert wird. Sangeeta Sharma, die die theoretische Beschreibung lieferte, erklärt: „Lokale Feldeffekte können als eine vorübergehende Umordnung der elektronischen Ladung im Material verstanden werden, die durch das elektrische Feld der verwendeten XUV-Strahlung verursacht wird. Die Reaktion des Systems auf diese Störung muss bei der Interpretation der Spektren berücksichtigt werden.“

Diese neue Erkenntnis ermöglicht es nun, Signale von verschiedenen Elementen in einem Material zu trennen. „Da die meisten funktionellen magnetischen Materialien aus mehreren Elementen bestehen, ist dieses Verständnis entscheidend für die Untersuchung solcher Materialien, insbesondere, wenn wir an der komplexeren dynamischen

Reaktion bei der Manipulation mit Laserpulsen interessiert sind“, betont Felix Willems, der Erstautor der Studie. „Durch die Kombination von Experiment und Theorie sind wir nun in der Lage zu untersuchen, wie die dynamischen mikroskopischen Prozesse genutzt werden können, um einen gewünschten Effekt zu erzielen, wie z.B. das Umschalten der Magnetisierung in einem sehr kurzen Zeitraum. Das ist sowohl von grundlegendem als auch von anwendungsorientiertem Interesse.“

Ausführliche Bildunterschrift:

Gemessener und berechneter dichroitischer absorbierender Teil $\Delta\epsilon$ der magneto-optischen Funktion von Kobalt. Die Einbeziehung der lokalen Feldeffekte (LFE) und Vielteilchenkorrekturen bringt die vollständige ab-initio-Theorie in eine sehr gute Übereinstimmung mit dem Experiment.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Sangeeta Sharma, Sangeeta.Sharma@mbi-berlin.de , Tel. 030 6392-1350

Felix Willems, Felix.Willems@mbi-berlin.de, Tel. 030 6392-1374

Stefan Eisebitt, Stefan.Eisebitt@mbi-berlin.de, Tel. 030 6392-1300

Originalpublikation:

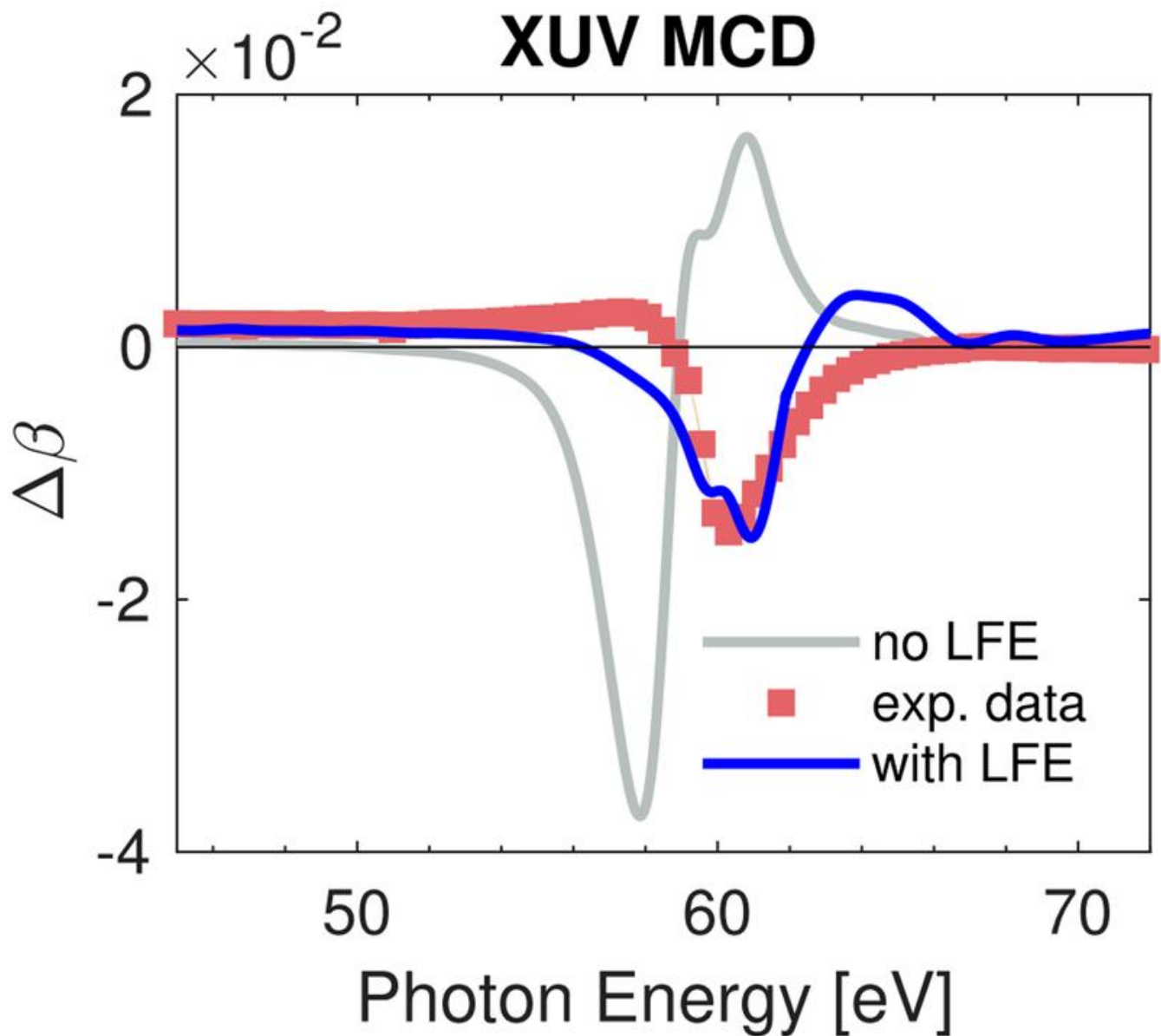
Magneto-Optical Functions at the 3p Resonances of Fe, Co, and Ni: Ab initio Description and Experiment

F. Willems, S. Sharma, C. v. Korff Schmising, J. K. Dewhurst, L. Salemi, D. Schick, P. Hessler, C. Strüder, W. D. Engel, and S. Eisebitt

Physical Review Letters 122 (2019), 217202

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.122.217202>

URL zur Pressemitteilung: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.122.217202>



Gemessener und berechneter dichroitischer absorbierender Teil $\Delta\beta$ der magneto-optischen Funktion von Kobalt.
MBI Berlin