

roische Materialien und Mechanismen, Effekte an Domänen, magneto-elektrische Anregungen und Techniken zur Untersuchung von Multiferroika wie z.B. dielektrische Spektroskopie, diverse Streumethoden und Dichtefunktionalrechnungen zu diskutieren.

Komplexe Übergangsmetall-Oxide bildeten wie erwartet die Hauptklasse der diskutierten Materialien, aber verschiedene Beiträge über Metall-organische Verbindungen lassen erwarten, dass diese Klasse von zunehmendem Interesse sein wird. So wurden etwa Ladungstransfer-Salze als neue Kandidaten für durch Ladungsordnung induzierte Multiferroelekttrizität diskutiert, während dieses Szenario für das prominente Beispiel von  $\text{LuFe}_2\text{O}_4$  nicht bestätigt werden konnte. In der Mehrzahl der diskutierten Multiferroika wird die Ferroelekttrizität jedoch durch antisymmetrische Austauschwechselwirkung in nichtkollinearen, spiralen Spinstrukturen getrieben. Neben den mittlerweile klassisch zu nennenden Vertretern dieser Materialklasse (wie z. B.  $\text{TbMnO}_3$ ) kann dieser Mechanismus auch in (magnetisch ungeordneten) Spingläsern zu starker magnetoelektrischer Kopplung führen oder auch zum Auftreten von Skyrmionen (topologischen Wirbel-Anregungen). Dabei kommt sowohl den elementaren Anregungen solcher komplexer magnetischer Strukturen (Elektromagnonen) als auch der Bildung von Domänen und Domänengrenzen eine besondere Bedeutung zu. So wurde etwa eine Analogie zwischen der Topologie multiferroischer Domänengrenzen in hexagonalen Manganaten und der Symmetriebrechung beim Entstehen kosmischer Strings kurz nach dem Big Bang vorgestellt – beide Phänomene lassen sich durch das gleiche mathematische Modell beschreiben.

Eine ausgedehnte Posterpräsentation mit hochklassigen theoretischen und experimentellen Beiträgen führte zu einem regen Wissensaustausch und intensiven Diskussionen. Das Seminar endete mit einer Podiumsdiskussion zur Ausrichtung der zukünftigen Forschung. In dieser zeigte sich, dass vor allem die Dynamik in magnetoelektrischen Multiferroika noch viele Fragen aufwirft und neben dem Design neuer, funktionalisierter Materialien Forschungsbemühungen auf sich ziehen wird. Neben konzeptionell wohlbekannten Anwendungen wie z. B. magnetischen Speicherelementen mit Kontrolle durch Spannung über die elektromagnetische Kopplung regte die Diskussion das Nachdenken über alternative Konzepte an, wie etwa die Nutzung von leitfähigen Multiferroelektrika für die Photovoltaik.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sehr herzlich für die großzügige Finanzierung und gute Organisation.

Manuel Angst, Jörg Voigt,  
Joachim Hemberger und Jörg Strepfer

## Free Electron Lasers: from Fundamentals to Applications

### 503. WE-Heraeus-Seminar

Dieses Seminar, das vom 10. bis 13. April im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, deckte erstmals das ganze Feld der schon seit zwei Jahrzehnten etablierten THz-Freie-Elektronen-Laser (FELs) bis zu den erst seit kürzerem verfügbaren Röntgen-FELs ab. Es hatte zum Ziel, jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Grundlagen der FELs und ihre wesentlichen wissenschaftlichen Anwendungen näherzubringen. FELs könnten zukünftig als Forschungsinstrumente eine ähnlich große Bedeutung für die Natur- und Ingenieurwissenschaften zukommen wie heute den sehr erfolgreichen Synchrotronstrahlungsquellen und optischen Kurzpulslasern. Denn FELs vereinen den enormen Spektralbereich und die Durchstimbarkeit der Synchrotron-Speicherringe mit der Kohärenz und kurzen Pulsdauer optischer Laser. In Anbetracht des breiten Spektrums der Teilnehmer – von Biologen über Materialwissenschaftler hin zu Beschleunigerphysikern – gelang es den Vortragenden, allesamt führende Wissenschaftler, auf hervorragende Weise, die Grundideen ihrer Fachgebiete zu vermitteln sowie die derzeit an FELs verfolgten Schlüsselexperimente vorzustellen.

Während sich der erste Tag mit der FEL-Physik (L. van der Meer, P. Preiss) und den wichtigsten Experimenten an THz-FELs (G. Meijer, L. Wilson, S. Winnerl, B. Murdin, L.M. Eng) befasste, hatte das Seminar am zweiten und dritten Tag die Röntgen-FELs im Fokus (J. Schneider, T. Möller, M. Vrakking, M. Först, S. Teichert, H. Chapman, S. Toleikis, T. Rasing, T. Cowan). Das zweiteilige Tutorial „FEL Theory for Pedestrians“ von P. Schmöser führte insbesondere bei den jüngeren Seminarteilnehmern zu vielen lebhaften Diskussionen. Die am Nachmittag des zweiten Tages gezeigten über 30 Posterbeiträge gaben einen weiteren exzellenten Überblick über derzeit verfolgte Projekte und Experimente. Die drei besten Poster wurden mit einem Preis ausgezeichnet.

Das Engagement der Vortragenden, das große Interesse der Teilnehmer und die ausgezeichnete Atmosphäre im Physikzentrum sorgten für spannende Gespräche und einen wirklich interdisziplinären Austausch auf dem Gebiet der Forschung mit und an Freie-Elektronen-Lasern. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung und die hervorragende organisatorische Unterstützung, insbesondere durch Frau Nowotka, sowie dem Physikzentrum für die Hilfe bei der Sicherstellung eines reibungslosen Ablaufs.

Michael Gensch, Josef Feldhaus  
und Manfred Helm