

### Spinelectronics Internationale WE-Heraeus- Sommerschule

Elektronen bestimmen wesentlich das elektrische und magnetische Verhalten von Festkörpern. In der konventionellen Elektronik bedient man sich der Ladung der Elektronen, um Ladungsströme zu erzeugen und zu manipulieren. Der Spin, und damit verknüpft, das magnetische Moment der Elektronen, ist der zentrale Freiheitsgrad im Magnetismus. Lange Zeit haben sich Elektronik und Magnetismus als getrennte Gebiete nebeneinander entwickelt. Die Idee, simultanen Ladungs- und Spinfreiheitsgrad der Elektronen auszunutzen, um so z. B. mit magnetischen Feldern elektronische Eigenschaften zu beeinflussen, definiert die noch relativ junge Disziplin der Spinelektronik.

Knapp 50 Studenten, Doktoranden und jüngere Postdocs aus zehn Nationen waren in die Lutherstadt Wittenberg gekommen, um vom 1. bis 12. August 2005 an der 6. Internationalen Wilhelm und Else Heraeus-Sommerschule teilzunehmen. 17 international ausgewiesene Experten aus sieben Nationen gaben in 34 Vorlesungen einen Überblick über die breite Vielfalt der Konzepte, Phänomene und Anwendungen aus diesem aktuellen Forschungsgebiet. In einführenden Vorlesungen stellten Hartmut Zabel, Ulrich Rössler und Arne Brataas die Grundlagen zur Magnetismus, Physik der Halbleiter und zur Transporttheorie dar. Jaroslav Fabian erläuterte Mechanismen der Spinrelaxation in Halbleitern, und Sergey Ganichev berichtete über neueste Experimente zu Spinphotoströmen und dem spin-galvanischen Effekt. Ingrid Mertig gab einen Einblick in die Physik des Giant und des Tunneling Magnetoresistance. Michael Oestreich und Bernd Beschoten erklärten die Möglichkeiten der optischen Spektroskopie, Aufschluss über polarisierte Spins in Halbleitern zu gewinnen. Dirk Grunler erläuterte den aktuellen Stand der Experimente zum spin-polarisierten Transport in Metall-Halbleiter-Heterostrukturen. Georg Schmidt thematisierte spinabhängige Transportphänomene in Halbleiter-Nanostrukturen. Stuart Parkin gab einen fesselnden Überblick über aktuelle sowie einen Ausblick über mögliche, zukünftige technologische Anwendungen der Spinelektronik. Albert Fert und Mark Stiles stellten die Physik des Spintransfers in metallischen Nanostrukturen und die dadurch hervorgerufene Magnetisierungsdynamik vor. Über Spinelektronik mit Quantenpunkten gaben Jan Martinek und Seigo Tarucha einen Einblick, und Carlos Egués führte in die Welt des Quantencomputing mit Quantenpunkten ein. Fumihiko Matsukura erläuterte die Physik und das Anwendungspotenzial ferromagnetischer Halbleiter als Materialien für die Spinelektronik.

In einer Postersitzung hatten die Teilnehmer der Schule die Möglichkeit, ihre eigenen Arbeiten auf dem Gebiet der Spinelektronik vorzustellen. Zahlreiche Diskussionen der Teilnehmer untereinander oder mit den eingeladenen Sprechern in den Pausen

oder abends, wie z. B. beim gemeinsamen Grillen, prägten die lebhaftere Atmosphäre der Sommerschule. Eine Stadtführung durch Wittenberg und ein eintägiger Ausflug nach Dessau und ins Gartenreich Wörlitz rundeten das Programm ab. – Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Finanzierung und die Hilfe bei der Organisation der Sommerschule.

JÜRGEN KÖNIG UND PATRICK BRUNO

### Astronomische und optische Naturphänomene aus fachdidaktischer und fachwissenschaftlicher Sicht WE-Heraeus-Arbeitstagung

Die Tagung verfolgte das Ziel, am Beispiel von optischen und astronomischen Naturphänomenen zu zeigen, wie physikalisches Wissen in alltäglichen, und das heißt in gleichermaßen vertrauten wie komplexen Situationen angewendet werden kann. Dabei sollte insbesondere deutlich werden, dass die Kompetenz dazu ebenso erarbeitet werden muss wie das Fachwissen, das ihnen zu Grunde liegt. In vielen Fällen geht es zunächst einmal nur darum, sehen zu lernen, was offen vor unseren Augen liegt, seien es nun Planeten und Sterne oder die Farben des Himmels, die eben mehr sind als helle Punkte oder eine zufällig vorhandene Färbung.

Vortragende waren u. a. Lehrende an Universitäten und allgemeinbildenden Schulen. Bei den Adressaten handelte es sich vor allem um Studierende höherer Semester und Referendare des Faches Physik. Das Programm hatte einen offiziellen und einen inoffiziellen Teil. Im offiziellen Teil standen Vorträge, Experimente und Vorführungen zu verschiedenen Themen aus dem Bereich der Astronomie und der optischen Naturphänomene im Vordergrund. Sie waren zeitlich so bemessen, dass das jeweilige Thema gründlich dargestellt werden konnte und anschließend ausreichend Zeit für Diskussionen zur Verfügung stand. Der inoffizielle Teil war zum einen durch Aktivitäten der Teilnehmer geprägt, die durch Postersitzungen und andere Präsentationen zu Themen zu Wort kamen, die sich aus Seminaren und Examensarbeiten ergeben hatten. Die verbleibende Zeit in den Abendstunden wurde zum anderen für ein astronomisches Praktikum, Diskussionen in kleineren Gruppen zu verschiedenen Themen und zum Austausch über den künftigen Beruf genutzt.

Ein Höhepunkt der Tagung war der Ausflug zur Sternwarte der Universität Bonn auf dem Hohen List. Dort erhielten die Teilnehmer durch den ehemaligen Leiter, Prof. Seggewiss, einen Überblick über die Geschichte und die aktuellen Aufgabe der Sternwarte. Während der Besichtigung verschiedener Fernrohre vor Ort, gab der heutige Leiter, Dr. Reif, einen Einblick in ihre Funktionsweise und in die heutige Praxis astronomischer Beobachtungen.

Am Ende erschien die Zeit vielen zu kurz, und es wurde sowohl von Vortragenden als auch von Teilnehmern der Wunsch geäußert, solche Tagungen zu derselben Thematik oder

zu anderen schulnahen Inhalten regelmäßig zu wiederholen. Die Tagungsstätte in Bad Honnef erwies sich einmal mehr als ideal. Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung danken wir für die großzügige Unterstützung, ohne die das Arbeitstreffen nicht möglich gewesen wäre.

Auf der Tagung entstanden viele Kontakte, die allein schon durch die Verteilung und den Austausch von Unterlagen und Medien über eine eigens eingerichtete Homepage noch einige Zeit erhalten bleiben dürften.

UDO BACKHAUS UND JOACHIM SCHLICHTING

### The Photon: Generation, Detection, and Application 357. WE-Heraeus-Seminar

Thema des 357. WE-Heraeus-Seminars vom 6. bis 9. November im Einsteinjahr 2005 war das Photon. Dessen konzeptionelle Einführung durch Einstein vor 100 Jahren war der Anlass für international führende Forscher aus verschiedensten Feldern, die vielfältigen Aspekte des Photons aus moderner Sichtweise zu illustrieren und zu diskutieren. Dabei standen u. a. Themen wie die Erzeugung von besonderen Quantenzuständen des Lichts sowie neue, höchstempfindliche Detektion im Vordergrund, aber auch aktuelle Entwicklungen in der Quanteninformationstechnologie als neues Anwendungsfeld. Ergänzt wurden die Beiträge der 25 eingeladenen Redner durch Postersessions, die insbesondere auch den jüngeren der insgesamt 67 Teilnehmer Gelegenheit gaben, neueste Ergebnisse im Detail zu präsentieren.

Eingerahmt wurde die Veranstaltung durch Vorträge von Herbert Walther (MPQ, Garching) und Anton Zeilinger (Universität Wien), die jeweils die ungewöhnlichen Quanteneigenschaften des Lichtfeldes anhand aktueller Experimente illustrierten und darüber hinaus auch den historischen Kontext neu aufzeigten. Eine größere Zahl von Beiträgen war der Quanteninformation als Anwendungsfeld gewidmet, wobei z. B. Chris Monroe (Univ. of Michigan, USA) und Rainer Blatt (Univ. Innsbruck) die Fortschritte auf dem Gebiet des Quantum Computing mit gefangenen Ionen vorstellten. Dabei beeindruckte, dass inzwischen in Systemen mit acht („quantum-byte“) oder mehr Ionen solchermaßen komplexe Zustände präpariert werden können, dass bereits deren Analyse mit klassischen Computern kaum mehr möglich ist. Ebenfalls deutlich sichtbar wurde die rasante Entwicklung in Bezug auf die vielfältigen Umsetzungsmöglichkeiten für Quantenalgorithmen, einschließlich rein optischer Implementierungen oder ausbaufähiger neuer Konzepte wie dem „One-Way Quantumcomputer“.

Auf dem zentralen Themenfeld der Erzeugung von Photonen lag der Fokus bei anwendungstauglichen Quellen für verschränkte Photonen. Als eines der Highlights der Veranstaltung präsentierte hier Andrew Shields (Toshiba Research Europe) als Premiere die erste Implementierung einer getriggerten Einzelphotonquelle basierend auf einer Halbleiterstruktur. Angesichts der Vielfalt der von weiteren Rednern wie Yoshihisa Yamamoto (Stanford Univ.) vorgestellten experimentellen Ansätze dürfte dies aber bereits auf kurze Sicht nicht die einzige solche Quelle bleiben.

Prof. Dr. Jürgen König, Institut für Theoretische Physik III, Ruhr-Universität Bochum; Prof. Dr. Patrick Bruno, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle

Prof. Dr. Udo Backhaus, Didaktik der Physik, Universität Duisburg-Essen; Prof. Dr. H. Joachim Schlichting, Didaktik der Physik, Universität Münster

Insgesamt hat dieses Seminar klar demonstriert, dass auch 100 Jahre nach der „Erfindung“ des Photons das zugehörige Forschungsfeld keineswegs an Dynamik verloren hat, sondern gerade heute interessanteste Entwicklungen sowohl im Hinblick auf ein tieferes Verständnis der fundamentalen Konzepte als auch auf völlig neuartige Anwendungen durchmacht.

OLIVER BENSON UND ACHIM PETERS

### Optical Imaging of Brain Function 358. WE-Heraeus-Seminar

Insgesamt 43 Teilnehmer aus dem In- und Ausland (inklusive USA und Japan) diskutierten vom 2. bis 4. November 2005 den aktuellen Forschungsstand im Bereich der funktionellen Bildgebung des Gehirns mit optischen Methoden.

Während die diagnostische Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) inzwischen tomographische Karten der Sauerstoffsättigung im menschlichen Gehirn mit cm-Auflösung im Sekundentakt liefert und routinemäßig zur Detektion von Hirnblutungen bei Neugeborenen eingesetzt wird (C. Elwell, London), sind elektrische Aktivationspotentiale von schnellen Änderungen der Streuung und Doppelbrechung des Nervengewebes auf der ms-Skala begleitet. Invasive Messungen an Tieren liefern erstmals Informationen mit höherer Empfindlichkeit und Ortsauflösung als Messungen elektrischer Potentiale (D. Rector, Pullman). Am Menschen sind schnelle optische Signale aus der Hirnrinde nicht-invasiv nachweisbar, allerdings noch mit sehr geringen Amplituden aufgrund der diffusen Ausbreitung des Lichts und extrazerebraler Dämpfung (J. Steinbrink, Berlin).

Ein neuartiger Ansatz, der die räumliche Auflösung nicht-invasiver NIRS erheblich verbessern könnte, ist die akustische Tomographie, mit der lokale Streu- und Absorptionskontraste in einigen cm Tiefe mit mm-Auflösung mittels akustisch erzeugter Speckle-Fluktuationen abgetastet werden (C. Boccara, Paris). Bewegungen von Blutkörperchen und subzellulären Organellen machen den intrinsischen Kontrastmechanismus für die Diffusing-Wave-Spectroscopy (DWS) aus (G. Maret, Konstanz), die sehr empfindlich auf funktionelle Aktivierung im motorischen und visuellen Kortex des Menschen ist (A. Yodh, Philadelphia; J. Li, Konstanz). Damit könnte die DWS einen wichtigen Indikator für zerebrale Blutflussgeschwindigkeit liefern, eine Größe, die der NIRS bisher erst in Durchflussexperimenten mit exogenem Fluoreszenzkontrast zugänglich ist (H. Rinneberg, Berlin).

Wenngleich Kernspin- oder Positron-Emissionstomographie hinsichtlich der räumlichen Auflösung nach wie vor unerreichbar sind (V. Marcar, Zürich; P. Bartenstein, Mainz), bilden optische Bildgebungsverfahren die erste Wahl für zahlreiche Situationen in Klinik und Grundlagenforschung, in denen es auf hohe zeitliche Auflösung sowie Portabilität ankommt, wie es z. B. im Vortrag von E. Keller (Zürich) anhand der Behandlung akuter Hirnperfusionstörungen auf der Intensivstation eindrucksvoll gezeigt wurde.

Der überschaubare Rahmen des Seminars ist bei den Teilnehmern außerordentlich gut aufgenommen worden und hat wesentlich

dazu beigetragen, Kontakte zwischen Wissenschaftlern aus z. T. disjunkten Fachgebieten zu fördern, die auf herkömmlichen Tagungen wohl kaum zustande gekommen wären.

An dieser Stelle sei dem Personal des Physikzentrums für seine Gastfreundschaft sowie Heike Uebel, Ernst Dreisigacker und der Heraeus-Stiftung herzlich für die perfekte Organisation und Finanzierung gedankt.

THOMAS GISLER UND MARTIN WOLF

### Nanoscale Magnets – Top Down meets Bottom up 364. WE-Heraeus-Seminar

Ziel dieses Seminars war es, neue Ideen für die Herstellung und Charakterisierung magnetischer Strukturen mit Dimensionen im Bereich von 2 bis 100 nm und deren großflächige periodische Anordnung zu entwickeln. Hierzu trafen sich ca. 100 jüngere („bottom up“) und ältere („top down“) Wissenschaftler aus acht Nationen, die einerseits mit lithographischen Methoden, andererseits unter Ausnutzung von Selbstorganisationsphänomenen immer kleinere magnetische Strukturen herstellen. Das von J. Fassbender (Dresden) und M. Farle (Duisburg-Essen) zusammengestellte Programm umfasste vier in die jeweilige Thematik einführende Vorträge. Daran anschließend wurden spezielle Aspekte der Nanomagnet-Herstellung und Charakterisierung behandelt. Es wurden faszinierende Einblicke in die vielfältigen Möglichkeiten geboten, perfekte periodische, komplexe, multilagige Übergitter beispielsweise mittels „Submikronkugel“-Schattenmasken und Diblock-Kopolymer-Templaten großflächig (Quadratzeitimeter) herzustellen. Der Berührungspunkt zur Ausnutzung von Selbstorganisationsphänomenen kleiner nanoskaliger Bausteine wurde sehr anschaulich in Arbeiten unter Ausnutzung von Alumina-Templaten zur Herstellung nanoskaliger Drähte gezeigt. Die vorgestellten „Nano-Bausteine“ reichten von chemisch oder aus der Gasphase synthetisierten Nanokugeln, Ikosaedern und Würfeln, über 300-Co-Atom-Cluster bis zu einzelnen Ce-Atomen auf einer Silber-Oberfläche, die perfekte periodische Strukturen auf kleineren Skalen bilden. Insbesondere in der organometallischen Synthese scheinen den Möglichkeiten, Form, Funktion und Zusammensetzung der Nanoteilchen zu kontrollieren, keine Grenzen gesetzt zu sein.

Neben diesen Herstellungsverfahren und strukturellen Analysen beschäftigte sich eine große Zahl der Vorträge mit den Schwierigkeiten der magnetischen Charakterisierung solcher kleiner Strukturen. Hierbei zeigte sich, dass sowohl auf der atomaren Skala mittels Rastertunnelmikroskopie als auch für großflächige Nanostruktur-Anordnungen Methoden bereitstehen, magnetische Parameter mit großer Genauigkeit zu vermessen. Warum nanoskalige Systeme auch von großem technologischen Interesse sind, wurde sehr schön in Vorträgen zur Magnetologie gezeigt. Hier gelingt es, durch geschickte Kombination von Nanomagneten verschiedener Geometrie logische Gatter durch extern angreifende Magnetfelder zu treiben.

Das Seminar war gekennzeichnet durch viele anregende „top-down“-trifft-„bottom-up“-Diskussionen nach den exzellenten Vorträgen, in den Kaffeepausen und während der abend-

lichen Postersitzungen mit mehr als 40 Beiträgen. Die perfekte und unauffällige Betreuung durch das Personal des Physikzentrums (insbesondere Herrn Gomer) trug wesentlich zum gelungenen Ablauf bei. Des weiteren konnte eine deutliche Intensivierung der Diskussionen dank der Einladung der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung zum abendlichen Buffet vermerkt werden. Für die Hilfe bei der organisatorischen Abwicklung und für die finanzielle Unterstützung dieses Seminars, welches unterschiedliche „Nano-Schulen“ zusammengebracht hat, sei der Stiftung ein ganz herzlicher Dank ausgesprochen.

JÜRGEN FASSBENDER UND MICHAEL FARLE

### New Event Generators for Particle Physics Experiments 370. WE-Heraeus-Seminar

Dieses Seminar fand vom 4.–6. Januar 2006 am MPI für Physik komplexer Systeme in Dresden statt und wurde von der Unabhängigen Nachwuchsforschergruppe „Theoretische Hochenergiephysik“ der TU Dresden am Institut für Theoretische Physik organisiert. Es war in erster Linie Monte-Carlo-Event-Generatoren für die Teilchenphysik gewidmet. Dabei handelt es sich um üblicherweise recht umfangreiche Simulationsprogramme für die Physik von Prozessen auf dem Niveau von Elementarteilchen, die z. B. an den großen Beschleunigerexperimenten untersucht werden. Mit Event-Generatoren werden „vollständige Ereignisse“ im Computer erzeugt, wie sie in der Realität von den Detektoren gemessen werden. Sie sind sehr erfolgreich in der Analyse und Interpretation von LEP- und Tevatron-Daten benutzt worden. Die 2007 beginnenden LHC-Experimente stellen jedoch völlig neue Anforderungen an das Physikverständnis und damit einhergehend an die Simulationswerkzeuge, sodass neue Event-Generatoren konstruiert werden, die die älteren Programme ablösen.

Ziel des Seminars war es, die zukünftigen Nutzer von Event-Generatoren mit diesen Werkzeugen vertraut zu machen. Entsprechend der Ausschreibung nahmen 49 Diplomanden, Doktoranden und junge Postdoktoranden der deutschen Gruppen der experimentellen Teilchenphysik an der Veranstaltung teil. In den zwölf eingeladenen Vorträgen wurden unterschiedliche experimentelle und theoretische Aspekte gegenwärtiger und künftiger Experimente, vor allem am LHC, einführend diskutiert, während an den Nachmittagen die neuen Event-Generatoren und andere neue Werkzeuge der Teilchenphysik von den jeweiligen Spezialisten vorgestellt wurden. Dabei hatten nahezu alle Teilnehmer wie gefordert einen Laptop mitgebracht und konnten so in kleineren und größeren Übungsgruppen direkte Erfahrungen mit den vorgestellten Programmen sammeln oder vertiefen.<sup>\*)</sup>

Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung danke ich für die großzügige Unterstützung, ohne die das Seminar nicht zustande gekommen wäre. Besonderer Dank gilt auch dem MPI für komplexe Systeme für die kostenlose Bereitstellung des Seminarraums und von Unterkünften für die eingeladenen Redner sowie für Hilfe bei der Organisation.

FRANK KRAUSS

Prof. Dr. Oliver Benson und Prof. Achim Peters, PhD, Humboldt-Universität Berlin, Institut für Physik

Priv.-Doz. Dr. Thomas Gisler, Universität Konstanz, Fachbereich Physik; Dr. Martin Wolf, Universitätsspital Zürich, Klinik für Neonatologie

PD Dr. Jürgen Fassbender, FZ Rössendorf, Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung; Prof. Dr. Michael Farle, Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik

Jun. Prof. Dr. Frank Krauss, Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Dresden

<sup>\*)</sup> Die verschiedenen Beiträge sind über die Homepage des Seminars unter <http://141.30.17.189/hep/workshop/index.html> veröffentlicht.