

Superconducting Proximity and Josephson Effects in Nanoscale Systems

545. WE-Heraeus-Seminar

Vom 19. bis 22. November 2013 fand im Physikzentrum Bad Honnef das 545. WE-Heraeus-Seminar mit 70 Teilnehmern aus 16 Ländern statt. Nach 2006, 2008 und 2010 war dies das vierte Seminar der wissenschaftlichen Organisatoren C. Strunk aus Regensburg und W. Belzig und E. Scheer aus Konstanz zu Themen des Quantentransports in hybriden Systemen, wobei diesmal der Schwerpunkt auf mesoskopischer Supraleitung lag.

Obwohl der supraleitende Proximity-Effekt und der Josephson-Effekt seit nunmehr 50 Jahren untersucht werden, ist das Thema hochaktuell, insbesondere seine Spielarten in Nanostrukturen. Zum einen eröffnet die Nanotechnologie nun die Möglichkeit, wohldefinierte nanoskalige Supraleiter herzustellen und somit den Proximity-Effekt mikroskopisch zu studieren. Zum anderen wirft die mesoskopische Supraleitung immer wieder neue faszinierende Fragen auf, an denen die Dynamik des Forschungsgebiets deutlich wird. Während beim Seminar 2010 erstmals die Beobachtung gebundener Andreev-Zustände berichtet wurde, gehört dies nun schon fast zur routinemäßigen Charakterisierung supraleitender Hybridstrukturen. Ähnliches gilt für den langreichweitigen Proximity-Effekt in Supraleiter-Ferromagnet-Strukturen, der 2001 theoretisch vorhergesagt, 2006 erstmals experimentell beobachtet, 2008 und 2010 immer noch kontrovers diskutiert wurde und nun im positiven Sinne als etabliert gelten kann. Überraschende neue Vorhersagen und Beobachtungen über thermoelektrische und

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung

Deadline für Anträge zur nächsten Sitzung der Stiftungsgremien:

11. April 2014
(zur Sitzung Anfang Mai 2014)

Datum = Posteingang; Kontaktaufnahme vorab empfohlen

Nichtgleichgewichtseffekte in Hybriden mit Supraleitern, der Proximity-Effekt mit unkonventionellen Materialien wie Graphen sowie die Ankopplung von mesoskopischen Supraleitern an fundamental andere Quantenfreiheitsgrade, zum Beispiel durch Einbettung der Supraleiter in Kavitäten, wurden als neue Themen vorgestellt.

Eine große Anzahl von Beiträgen war Majorana-Fermionen gewidmet. Diese Teilchen wurden seit den 1930er-Jahren vorhergesagt, aber als isolierte Teilchen bisher nicht beobachtet. Im Jahr 2012 wurde erstmals ihre Beobachtung in Hybridstrukturen von topologischen Isolatoren und Supraleitern berichtet, diese ist aber noch nicht unumstritten. Die Diskussion beim aktuellen Heraeus-Seminar machte die Faszinationen dieses Konzeptes deutlich, die sich nicht nur aus Fragen der grundlegenden Physik begründet, sondern auch aus zahlreichen vorgeschlagenen Anwendungen. Abgerundet wurde das Programm mit einem Abendvortrag von Hartmut Buhmann aus Würzburg über topologische Isolatoren.

Die Rückmeldungen der Teilnehmer waren außerordentlich positiv, und unser

aller Dank gilt daher der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle und organisatorische Unterstützung sowie dem Team des Physikzentrums für die gute Betreuung.

Wolfgang Belzig, Elke Scheer
und Christoph Strunk

Light in Disordered Photonic Media

546. WE-Heraeus-Seminar

Unordnung ist in photonischen Strukturen meistens nicht erwünscht, aber ein gezielter Grad an Unordnung kann auch zu interessanten Propagationseigenschaften des Lichtes führen. Effekte, die im Wesentlichen aus der Festkörperphysik bekannt sind, lassen sich in photonischen Strukturen untersuchen. Hierzu gehört z. B. die Anderson-Lokalisierung, welche in ungeordneten photonischen Systemen auftritt und zu einer Lichtlokalisierung führt, indem die Diffusion der Photonen unterdrückt wird. Eine Frage, die in diesem WE-Heraeus-Seminar vom 2. bis 4. Dezember im Physikzentrum in Bad Honnef „heiß“ diskutiert wurde, war, ob es eine Anderson-Lokalisierung von Photonen in drei Dimensionen generell geben kann.

Nichtlineare Eigenschaften ungeordneter photonischer Materialien kann man sich zu Nutze machen, um beispielsweise Solitonen oder breitbandiges frequenzkonvertiertes Licht zu erzeugen. Zeigt das Material hingegen Licht verstärkende Eigenschaften, dann können sog. Zufalls-laser entwickelt werden. Das Problem, durch streuende Medien zu schauen, ist z. B. für die Mikroskopie sehr wichtig, und hier wurden Methoden der Wellenfrontformung diskutiert. Eine weitere Anwendung stellt ein neuartiges Spektrome-

Prof. Dr. Wolfgang Belzig, Prof. Dr. Elke Scheer, Fachbereich Physik, Universität Konstanz; Prof. Dr. Christoph Strunk, Fakultät für Physik, Universität Regensburg

Prof. Dr. Cornelia Denz, Dr. Jörg Imbrock, Institut für Angewandte Physik, Universität Münster

Prof. Dr. Ulrich Benjamin Kaupp, Dr. Timo Strünker, Caesar, Center of Advanced European Studies and Research, Bonn, Prof. Dr. Victor Sourjik, Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie, Marburg

ter dar, welches auf Streuprozessen basiert und bei kleinsten Abmessungen eine sehr hohe Auflösung bietet.

Neben 24 Fachvorträgen wurden an den drei Seminartagen 34 Poster präsentiert. Hier konnten Doktorandinnen und Doktoranden ihre Ergebnisse vorstellen, von denen drei mit einem Heraeus-Posterpreis ausgezeichnet wurden: Thorsten Feichtner zeigte, wie sich plasmonische Antennen aus metallischen Nanopartikeln zur Lichtlokalisierung nutzen lassen, indem eine optimierte ungeordnete Struktur mittels eines evolutionären Algorithmus berechnet wird. Tom Strudley präsentierte die ultraschnelle Kontrolle des Lichttransports in stark streuenden Nanodrähten durch nichtlineare Effekte, und Julia Zeuner gab ein Beispiel, wie sich photonische Strukturen zur Simulation von Phänomenen aus der Quanten- und Festkörperphysik eignen. Sie zeigte, welche Kantenzustände es in ungeordnetem photonischem Graphen in Abhängigkeit der Art der Unordnung gibt. Die Vorhersagen zur Stabilität der Kantenzustände in photonischem Graphen sind in elektronischem Graphen hingegen nur schwer experimentell zu realisieren.

Das Seminar brachte 66 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus verschiedenen Communities zusammen, die sich über Schnittstellen zwischen Themen wie Zufalls laser, Anderson-Lokalisierung, Fokussierung von Licht durch streuende Medien und ungeordnete nichtlineare Medien austauschten. Aus den vielen fruchtbaren Diskussionen haben sich neue Ideen und Kooperationen ergeben.

Cornelia Denz und Jörg Imbrock

Physics and Biology of Directed Movements of Cells and Organisms

547. WE-Heraeus-Seminar

Vom 8. bis 11. Dezember fand im Physikzentrum Bad Honnef das 547. Wilhelm und Else Heraeus-Seminar statt, das sich mit den physikalischen Prinzipien und zellulären Mechanismen der gerichteten Bewegung von einzelnen Zellen und ganzen Organismen in einem chemischen oder physikalischen Gradienten beschäftigte.

Bakterien beispielsweise schwimmen zur Nahrungsquelle und zu Regionen, wo angenehme Temperaturen herrschen; Spermien werden durch chemische Lockstoffe zur Eizelle geleitet; photosynthetische Algen schwimmen hin zum Licht. Schwimmende Zellen navigieren durch das regelmäßige Schlagen von dünnen, langen Geißeln, den Flagellen oder Zilien. Zilien dienen sowohl als Antenne, um chemische oder physikalische Reize zu registrieren, und als Propeller, um die Zelle voranzutreiben.

Eine methodische Herausforderung in dem gesamten Forschungsfeld besteht da-

rin, die 3D-Schwimmbahn einer sich frei bewegenden, schnell schwimmenden Zelle und den 3D-Zilienschlag gleichzeitig aufzuzeichnen. L.G. Wilson von der Harvard Universität hat eine neue Holographie-Mikroskopie-Methode vorgestellt, mit der dies bei einem Malaria-Parasiten und Spermien gelingt. Diese Methode, kombiniert mit opto-chemischen Techniken, wird es in Zukunft ermöglichen, die Navigation einer Zelle in einem chemischen Gradienten genau zu rekonstruieren. Bakterien müssen gleichzeitig verschiedene chemische und physikalische Reize, z. B. Temperatur, verarbeiten und bewerten. V. Sourjik vom MPI für Terrestrische Mikrobiologie in Marburg erläuterte, wie Bakterien den gleichen zellulären Signalweg für ihren chemischen Sinn und Temperatursinn verwenden. Die Zelle integriert und verrechnet zuerst die verschiedenen Reize, bevor sie reagiert.

Dieses Forschungsfeld lebt besonders vom Zusammenspiel von Theorie und Experiment. Viele Organismen und Zellen erkunden ihre Umwelt auf schleifenförmigen oder helikalen Bahnen. F. Jülischer und B. Friedrich vom MPI für die Physik Komplexer Systeme, Dresden, stellten theoretische Konzepte vor, die das Navigieren von Zellen auf solchen periodischen Bahnen präzise beschreiben. Diese Modelle machen wertvolle Vorhersagen über die Navigationsstrategie. Beispielsweise hängt das Bewegungsmuster von der geometrischen Form und Steilheit des chemischen Gradienten ab. Bei einer kreisförmigen Geometrie schlängelt sich die Zelle auf einer spiralförmigen Bahn den Gradienten hinauf.

Ein Highlight war der Vortrag von H. Mouritsen von der Universität Oldenburg über den Magnetsinn von Vögeln. Obwohl die Navigation von Zugvögeln im Erdmagnetfeld unbestritten ist, sind die molekularen und physikalischen Mechanismen nach wie vor unklar oder strittig. Verwenden Zugvögel mikroskopisch kleine Magnete aus Eisenoxiden und wo befinden sich diese Magnetsensoren: im Schnabel, im Hirn oder im Hörorgan? Sitzt der Magnetsinn im Auge und werden Sehpigmente für die Detektion des Magnetfeldes verwendet?

Ein spannendes Forschungsgebiet an der Grenze zwischen Physik, Chemie und Biologie, wo viele Fragen noch darauf warten, theoretisch oder experimentell beantwortet zu werden. Die ca. 80 Teilnehmer und Teilnehmerinnen erlebten einen informativen Wissens- und Gedankenaustausch in einem inspirierenden Ambiente bei hervorragender Organisation.

**Ulrich Benjamin Kaupp, Timo Strücker
und Victor Sourjik**