

Processing of Quantum Information in RSFQ Circuits and Qubits 336. WE-Heraeus-Seminar

Die Quanteninformationsverarbeitung ist ein faszinierendes Gebiet der modernen Physik, das interdisziplinär vielfältige Aspekte der experimentellen und theoretischen Physik, der Mathematik und der Informatik umfasst und das neue Ansätze zur Beschreibung mikro- und nanoelektronischer Systeme ermöglicht. Die Rolle, die die Supraleiterelektronik in diesem Umfeld spielt, wurde intensiv auf dem Seminar diskutiert, das vom 29. November bis 1. Dezember 2004 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand.

Quantenzustände reagieren unvorstellbar empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen. Um festkörperbasierte Quantenbits mit der „äußeren Welt“ zu verbinden, bieten sich Rapid Single Flux Quantum (RSFQ)-Logikschaltungen als effizientes Interface zur Quanteninformationsverarbeitung zwischen den Quanten- und klassischen Bereichen supraleitender Qubit-Schaltungsarchitekturen an. Durch Darstellung und Verarbeitung der Information durch Einzelflussquanten weist diese Schaltungsklasse, bei sehr kurzen Schaltzeiten und niedriger Leistungsdissipation, besondere Vorzüge zur Minimalisierung von Dekohärenzeffekten bei der effektiven

Kontrolle, Manipulation und beim Auslesen von Qubit-Signalen auf.

Das WE-Heraeus-Seminar hat gezeigt, dass bereits erste experimentelle Schritte, die beiden supraleitenden Schaltungstypen zusammenzuführen, zu verzeichnen sind. Die Veranstaltung hat weiter deutlich gemacht, dass in entsprechenden Aktivitäten Forschungsinstitute in Europa international an vorderer Front liegen.

Das Seminar führte 63 Teilnehmer aus 10 Ländern zu intensivem und fruchtbarem Informationsaustausch zusammen. In 26 Vorträgen und 17 Postern kamen aktuelle Entwicklungen auf den Anwendungsfeldern integrierter RSFQ-Schaltungen und Josephson-Qubit-Strukturen zur Sprache. Das Themenspektrum umfasste Schaltungsdesign, -optimierung, -fabrikation sowie Anwendungen in neuen Schaltungskonzepten.

Im Namen aller Teilnehmer danken wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sehr herzlich für die großzügige Förderung des Seminars. Besonderer Dank gebührt der Stiftung auch seitens des gemeinnützigen Vereins „FLUXONICS e.V. – The European Foundry for Superconductive Electronics“^{*)}, dem der Seminarablauf eine herausragende Kommunikationsplattform ermöglichte und in seinem Bestreben unterstützte, in Europa

technologische Innovation auf dem Gebiet der Supraleiterelektronik durch Entwicklung, Training und Transfer von Wissen zu fördern.

FRIEDRICH-IMMANUEL BUCHHOLZ
UND ALEXANDER ZORIN

^{*)} www.fluxonics.org

Effective Field Theories in Nuclear, Particle and Atomic Physics – 337. WE-Heraeus-Seminar

Effektive Feldtheorien (EFT) haben sich in den letzten Jahren als eine Standardmethode zur Analyse sehr verschiedener Systeme etabliert. Dies beruht auf einer Skalenseparation der zu Grunde liegenden Freiheitsgrade und der systematischen Analyse von Symmetrien einschließlich ihrer Realisierungen. Daher zeigen Systeme bei ganz verschiedenen Energieskalen sehr ähnliches Verhalten, das mit Hilfe ähnlicher EFTs analysiert werden kann. So wurden in diesem Seminar Aspekte der Atom-, der Kern- sowie der Teilchenphysik behandelt.

Das WE-Heraeus-Seminar setzte eine Reihe von Theoretikertreffen fort, die seit 1988 regelmäßig stattfinden. Es nahmen 57 Wissenschaftler aus 10 Ländern teil, die ihre Arbeiten in insgesamt 48 Vorträgen darstellten. Trotz des relativ dichten Programms gab es hinreichend Zeit für Diskussionen, die sich oft bis in die späten Abendstunden fortsetzten.

In der Quantenchromodynamik (QCD) bei niedrigen Energien wurden extrem präzise Vorhersagen und Rechnungen zur

Dr. Friedrich-Immanuel Buchholz, Dr. Alexander Zorin, Arbeitsgruppe SET und Quantum Computing, Fachbereich Quantenelektronik, Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Pion-Pion-Streuung und Kaon-Zerfällen vorgestellt, die enorme Anforderungen an die entsprechenden Experimente stellen, dafür aber stringente Tests der Theorie liefern. Die Gitterformulierung der QCD erlaubt, die QCD bei variierenden Quarkmassen zu untersuchen. Eine wesentliche Aktivität ist es, basierend auf der effektiven Feldtheorie eine Verbindung zwischen Gittersimulationen bei unphysikalischen Quarkmassen und den physikalischen Werten zu erarbeiten. Hier wurden sehr wesentliche Fortschritte präsentiert, auch in der Analyse diverser Näherungen („partial quenching“) der Gitter-QCD.

Die Struktur des Nukleons und der niedrigliegenden Baryonen kann mit Hilfe der chiralen Dynamik analysiert werden. Insbesondere erlauben Experimente mit elektromagnetischen Proben, wie sie an ELSA (Bonn) und MAMI (Mainz) durchgeführt werden, Aspekte der Seltsamkeit und Resonanzanregungen in Mesonproduktionsexperimenten zu studieren.

Die Struktur und Dynamik von Wenig-Nukleon-Systemen kann mit Hilfe der EFT modellunabhängig analysiert werden, wobei wesentliche Fortschritte vorgestellt wurden. Höhepunkte waren die Diskussion eines möglichen Grenzyklus in der QCD und die Erklärung phänomenologischer Korrelationen von Wenig-Teilchen-Eigenschaften als universelle Eigenschaften von Systemen mit großer Zwei-Teilchen-Streulänge. Derartige Systeme können in der Atomphysik mit Hilfe von äußeren Magnetfeldern (Feshbach-Resonanz) präpariert werden, und diese enge Verwandtschaft wird nun systematisch mit Hilfe entsprechender EFT ausgenutzt und befruchtet sowohl die Atom- als auch die Kernphysik.

Abschließend sei gesagt, dass das Seminar ein großer Erfolg war. Es wurden kontroverse Themen detailliert diskutiert, und es kristallisierten sich auch neue Forschungsschwerpunkte heraus. Alle Teilnehmer zeigten sich von der lokalen Organisation im Physikzentrum und seitens der WE-Heraeus-Stiftung tief beeindruckt. Im Namen aller Teilnehmer sei hier insbesondere Herrn Dr. E. Dreisigacker, Frau H. Uebel und Herrn Dr. V. Gomer gedankt.

ULF-G. MEISSNER, ANDREAS WIRZBA
UND JOHAN BIJNENS

Exotic states: Challenges for QCD 341. Heraeus – Seminar

Vom 17. – 21. Januar trafen sich im Physikzentrum Bad Honnef 85 Hadronenphysiker aus 16 Ländern, von international renommierten Experten bis hin zu zahlreichen jungen Doktoranden, zum Thema exotischer hadronischer Zustände. Der gegenwärtige experimentelle und theoretische Stand wurde für den mesonischen und baryonischen Sektor diskutiert, zusammenschauend in den Übersichtsvorträgen von E. Klemp (Bonn), M. Voloshin (Minneapolis), S. U. Chung (BNL), S. Jin (Peking), I. Karliner (Cambridge), D. Diakonov (Kopenhagen) und I. Bigi (Notre Dame).

Besondere Beachtung fanden die kürzlich entdeckten sehr schmalen *open-charm*-Resonanzen in der Nähe der Produktionsschwellen von DK- und D^{*}K-Mesonpaaren, sowie die engen Charmonium-Zustände

exakt bei der D⁰D⁰-Schwelle. Wahrscheinlich handelt sich hier um mesonische Moleküle, d. h. dynamisch generierte Zustände in Schwellennähe. Ähnliche Schwelleneffekte werden auch im baryonischen Sektor erwartet, etwa für das A(1405)-Hyperon (M. Lutz, Darmstadt; U. Meißner, Bonn).

Im Zentrum des Interesses standen die in den vergangenen zwei Jahren aufgetauchten tiefliegenden, schmalen „Pentaquark“-Zustände (4q1q̄) am das Θ⁺(1540). Von Solitonmodellen (Diakonov) vorhergesagt, reproduzieren auch korrelierte Quarkmodelle (Karliner) dessen Masse. Gemeinsam erwarten alle Modelle ganze Multipletts von Pentaquark-Zuständen. Kontrovers werden jedoch die zu erwartenden Quantenzahlen, insbesondere die Parität gesehen: *Gerade* in Soliton- und korreliertem Quarkmodell, *ungerade* im unkorrelierten Quarkmodell (B. Metsch, Bonn) und in Gitter-QCD (J. Negele, MIT). Die eindeutige Identifikation des Θ⁺ auf dem Gitter ist jedoch noch schwierig (F. Lee, Washington).

Im Prinzip würden Polarisationsexperimente die Messung der Parität des Θ⁺ ermöglichen (K. Nakayama, Athens). Grundvoraussetzung hierfür ist eine eindeutige experimentelle Verifikation der Zustände. Zum Zeitpunkt des Seminars standen einer Reihe von positiven Signifikanzen auf einem Niveau von jeweils 4–5 σ etwa ebensoviele Null-Resultate entgegen. Ob hier experimentelle Widersprüche oder verschiedene Produktionsmechanismen zutage treten, blieb offen. Eine Klärung wird im Frühjahr 2005 von den Ergebnissen neuer Experimente mit erheblich verbesserter Statistik an CLAS (R. De Vita, Genua; S. Nicolai, Orsay) sowie an COSY (W. Eyrich, Erlangen) erwartet.

Allergrößter Dank gebührt der WE-Heraeus-Stiftung, die dieses fruchtbare Seminar ermöglichte. Kopien der Vorträge sind verfügbar unter (<http://www.fz-juelich/exotics/>).

SIEGFRIED KREWALD UND
HARTMUT SCHMIEDEN

High-Field Attosecond Physics 340. WE-Heraeus-Seminar

Die Attosekundenphysik (1as = 10⁻¹⁸ Sekunden) hat vor vier Jahren mit der Herstellung erst eines Kamms von Attosekundenpulsen und kurz darauf eines einzelnen solchen Pulses begonnen und steht gerade erst am Anfang ihrer Entwicklung. Damit ist die Zeitskala, auf der sich die atomare elektronische Dynamik abspielt, der Beobachtung und der aktiven Beeinflussung zugänglich geworden. Das 340. Wilhelm und Else Heraeus-Seminar versammelte die auf diesem Gebiet führenden Gruppen zu einem Überblick über dieses faszinierende Gebiet und seine Entwicklungstendenzen.

Die Attosekundenphysik hat sich im vergangenen Jahrzehnt aus der Physik mit starken Laserfeldern entwickelt. Ihre Grundlage ist die Erzeugung Hoher Harmonischer eines eingestrahlten intensiven Laserfeldes (typisch ist ein Titan-Saphir-Laser mit einer Wellenlänge von 800 nm, der auf mehr als 10¹⁴ W/cm² fokussiert wird) in der Wechselwirkung mit einem Atom. Dabei gelangt durch Tunnelionisation ein Elektron zu einem wohldefinierten Zeitpunkt ins Kontinuum. Vom Feld

zunächst vom Ion weg- und anschließend wieder zurückgetrieben, kann das Elektron zu einem späteren, ebenfalls wohldefinierten Zeitpunkt rekombinieren und seine aus dem Feld gewonnene Energie in Form eines einzigen Röntgenquants abstrahlen. Der Zeitpunkt der Rekombination ist mit der Phase des Infrarotlasers mit Attosekundenpräzision korreliert. Viele bahnbrechende Experimente beruhen auf der Anwendung eines Attosekundenpulses zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt eines Femtosekundenpulses mit kontrollierter Wellenform, der ein Atom oder Molekül bestrahlt.

Es fällt schwer, einzelne Highlights des Seminars hervorzuheben, aber einige Durchbrüche sollen erwähnt werden. Eine Gruppe vom CEA Saclay stellte eine Methode vor, die es erlaubt, den vollständigen zeitlichen Verlauf eines beliebigen Attosekundenpulses durch Gating mit einem ebenfalls nicht bekannten Femtosekundenpuls zu rekonstruieren. Die Gruppe des National Research Council of Canada in Ottawa zeigte, wie molekulare Orbitale aus den Hohen Harmonischen, die von dem betreffenden Molekül unter Laserbestrahlung emittiert werden, rekonstruiert werden können und illustrierte die Methode am Beispiel des höchsten besetzten Orbitals von N₂. Dieselbe Methode erlaubt auch die Rekonstruktion zeitabhängiger Wellenpakete. Ein Atom, das von einem Einzelzyklenpuls mit kontrollierter Wellenform ionisiert wird, kann entweder einen einzelnen oder einen Doppelspalt in der Zeit realisieren – das zeitliche Analogon des berühmten Elektronen-Interferenzexperiments. Eine Kollaboration zwischen der Texas A&M University, dem MPI für Quantenoptik und der TU Wien stellte ein solches Welcher-Weg-Experiment vor.

Das Seminar fand vom 9. – 15. Januar in Obergurgl am Ende des Ötztals im Universitätszentrum der Universität Innsbruck statt. Es wurde zusätzlich unterstützt von ADLIS (Advanced Light Sources, TU Wien, Institut für Photonik), dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur der Republik Österreich, dem Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie, Berlin, sowie von der Universität Innsbruck. Das detaillierte Programm des Seminars, das aus 45 Vorträgen und 35 Postern bestand und auch angrenzende Gebiete der Physik starker Felder umfasste, findet sich unter www.mbi-berlin.d/heraeus340. Im Namen aller Teilnehmer danken die Veranstalter der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für ihre großzügige Unterstützung, die dieses Seminar erst möglich gemacht hat.

WILHELM BECKER

Prof. Dr. Ulf.-G. Meißner, Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Universität Bonn; Priv.-Doz. Dr. Andreas Wirzba, Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Jülich; Prof. Dr. Johan Bijmens, Dept. of Theoretical Physics, Universität Lund, Schweden

Prof. Dr. Siegfried Krewald, FZ Jülich, Institut für Kernphysik, Prof. Dr. Hartmut Schmieden, Univ. Bonn, Physikalischen Institut

Dr. Wilhelm Becker, Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie