

**Prof. Dr. Hilde Köster**, ASFH Berlin,  
**Prof. Dr. Volkhard Nordmeier**, Freie Universität Berlin

**Prof. Dr. Ulrich Gösele**, MPI für Strukturphysik Halle, **Dr. Heike Riel**, **Dr. habil. Walter Riess**, IBM Research Laboratory, Rüschlikon/Schweiz,  
**Prof. Dr. Margit Zacharias**, Universität Freiburg

**Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn**, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle, und Institut für Physik, Universität Halle-Wittenberg

Kenndaten einen Vergleich mit den besten heutigen industriell gefertigten auf konventioneller Technologie basierenden Transistoren nicht scheuen brauchen. Darüber hinaus gaben L. Kouwenhoven (TU Delft) und S. Ludwig (LMU München) einen hochinteressanten Einblick in den Quantentransport von halbleitenden Nanodrähten und Nanostrukturen.

An dem Seminar, das sich sehr großer Resonanz erfreute, nahmen über 80 Personen aus den Bereichen Physik, Chemie, Material- und Ingenieurwissenschaften teil, davon mehr als ein Drittel aus dem Ausland. Hervorzuheben ist die rege Diskussion unter den Tagungsteilnehmern, insbesondere auch unter den zahlreichen Nachwuchswissenschaftlern, Doktoranden und Diplomanden bei der Postersitzung und den abendlichen Nachsitzungen. Die Organisatoren und Teilnehmer des Seminars bedanken sich sehr herzlich bei der lokalen Organisation des Physikzentrums und bei der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle und organisatorische Unterstützung.

**Ulrich Gösele, Heike Riel, Walter Riess und Margit Zacharias**

## Photonmanagement in Solar Cells

### 398. WE-Heraeus-Seminar

Solarzellen und Solarmodule sind elektronische Bauelemente, die Sonnenlicht direkt in elektrische Energie umwandeln. Auch über 170 Jahre nach der Entdeckung des photovoltaischen Effekts durch Becquerel und über 50 Jahre nach der Herstellung der ersten Solarzelle hat dieses Forschungsgebiet nichts von seiner Faszination verloren. Photovoltaische Energiewandlung hat einerseits das größte technische Potenzial aller regenerativen Energien, ist andererseits aber durch die hohen Ansprüche an die elektrische und optische Qualität der Bauelemente und Materialien wirtschaftlich noch nicht voll wettbewerbsfähig. Durch günstige politische Rahmenbedingungen und durch die intensiven Forschungsanstrengungen der letzten Jahre hat sich Deutschland eine internationale Führungsposition in dieser Zukunftstechnologie erarbeitet.

Jeder technologische Fortschritt im Bereich der photovoltaischen Energiewandlung bewegt sich im Spannungsfeld physikalischer Perfektion und kostengünstiger Herstellung. Die größten Fortschritte in den letzten Jahren wurden durch die Verbesserung der elektronischen Materialeigenschaften erreicht, das Potenzial von verbesserten optischen Eigenschaften der Bauelemente, insbesondere durch die Möglichkeiten der modernen Photonik, blieb bislang wenig beachtet.

„Photonmanagement“ nannte vor einigen Jahren bereits R. Carius vom For-

schungszentrum Jülich den Gesamtprozess der Anpassung und Kontrolle der spektralen Verteilung, der Streuung, des Lichteinfanges und generell aller den Lichtweg manipulierenden Maßnahmen in Solarzellen. Mit dem wachsenden Bedarf an effizienten Solarzellen aus Grundlagenforschungsbereichen wie Photonischen Kristallen oder Dünnschichtoptik, Gittersystem oder der Untersuchung streuender Oberflächen gewinnt diese Forschungsrichtung zunehmend an Bedeutung.

Die Vorträge der geladenen Redner beschäftigten sich mit hochaktuellen Fragestellungen wie z. B. randomisierte Vorderseiten und Gitterstrukturen zur Lichteinkoppelung, selbstorganisierte, beugende Zwischenreflektoren für Tandemzellen, Materialien für die Up- und Down-Konversion des Sonnenlichts. Den heutigen Stand und die nahe Zukunft der Siliziumphotovoltaik und des Photonmanagements dokumentierten A. Gombert und S. Glunz vom Fraunhofer Institut ISE in Freiburg. K. Leo von der TU Dresden stellte die Aktivitäten und Potenziale im Bereich organischer Solarzellen sehr lebendig dar. Grundlegende Gedanken zur Thermodynamik wie die Erhaltung der Energie, theoretische Wirkungsgrade und das „hot-carrier“ Konzept, bei dem heiße Elektronen an der Abkühlung gehindert werden, wurden ebenso diskutiert wie Intermediate-Band-Konzepte.

Die Themen der Posterpräsentationen reichten von optimierten Filtern und winkelselektiven Strukturen bis zur Emissionsunterdrückung dicht unterhalb der Bandkante des photovoltaischen Absorbermaterials. Wichtige Impulse sind hier bei der Weiterentwicklung von Fluoreszenzkollektoren in Kombination mit selektiven optischen Beschichtungen zu erwarten.

Die Zusammenführung der beiden großen Themenbereiche der Optik und der angewandten Halbleiterphysik wurde nicht zuletzt durch die Möglichkeit zur Diskussion mit den erfahrenen Photovoltaikern T. Markvart, A. Luque, R. Morf und Kollegen der deutschen Solarforschungsinstitute in Freiburg und Jülich umfassend, aktuell und übersichtlich für die Teilnehmer möglich. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, ohne deren Förderung und organisatorische Unterstützung dieses Treffen nicht zustande gekommen wäre.

**Ralf B. Wehrspohn**

## Kavitation in Technik und Medizin: Beschreibung und Quantifizierung

### 14. Workshop „Physikalische Akustik“

Was haben Brillenreinigung, eine sonographische Untersuchung der Leber, Abwasserbehandlung und eine Operation des Grauen Stars gemeinsam? Zunächst nichts, möchte man meinen. Ein näheres

Hinsehen zeigt jedoch, dass in allen Anwendungen Ultraschallkavitation auftritt und sehr erfolgreich eingesetzt wird. Bei dieser großen Spannweite der Themen verwundert es nicht, dass viele Anwender nichts voneinander wissen und so wertvolle Synergieeffekte ungenutzt bleiben.

Mit dem Workshop „Kavitation“, der vor zwei Jahren an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig stattfand, wurde erstmals der Versuch unternommen, ein Forum für einen Erfahrungsaustausch über die Themengrenzen hinaus zu schaffen. In diesem Jahr sollte nun im Rahmen des Workshops „Physikalische Akustik“ des Fachausschusses Physikalische Akustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) und des Fachverbands Akustik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) eine weitere Veranstaltung folgen, die sich insbesondere das Ziel gesetzt hatte, eine Brücke zwischen Technik und Medizin zu schlagen.

Der zweitägige Workshop fand vom 18. bis 19. Oktober 2007 im Physikzentrum in Bad Honnef statt. Das Programm enthielt eine große Vielfalt an Themen aus dem technischen und medizinischen Bereich. Zu Beginn führten vier Vorträge in das Gebiet ein und vermittelten grundlegendes Wissen, um den Blick über die Grenzen des eigenen Gebiets hinaus zu erleichtern (C. Koch, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, W. Lauterborn, U Göttingen, G. Schmitz, U Bochum, V. Uhlenndorf, ETH Zürich). Eine Sitzung mit vier Vorträgen zum tieferen Verständnis der Kavitation sowie zur Vermessung und Simulation von Schallfeldern in kavitierenden Flüssigkeiten schloss sich an (R. Mettin, U Göttingen, B. Dollet, U Twente, M. Postema, U Hull, A. Vogel, Institut für biomedizinische Optik und Laserzentrum, Lübeck).

Die Präsentationen von Einzelthemen zeigten die ganze Vielfalt der Anwendungen von Kavitationsphänomenen. So erhofft man sich z. B. von kleinen, durch Hüllen aus verschiedenen Materialien „versteiften“ Gasblasen eine deutliche Verbesserung des Kontrasts bei sonographischen Untersuchungen. Belädt man die Hüllen mit chemischen Substanzen und gelingt es, diese Blasen gezielt im menschlichen Körper zu platzieren und dort mit einem kurzen Ultraschallimpuls zu zerstören, können lokal Medikamente deponiert werden, die an anderen Stellen des Körpers großen Schaden anrichten würden, wie zum Beispiel für eine lokale Krebstherapie. Bei der Reinigung von Filtern in der Abwassertechnik dagegen kommt es vor allem darauf an, den Ultraschall wirkungsvoll einzusetzen, die Ausfallzeiten zu minimieren und optimale Reinigungsbedingungen einzustellen. Angesichts der stark stochastischen Vorgänge rund um die Kavitation stellt diese Aufgabe große Anforderungen an Planung und Konzeption einer Anlage. In manchen

Fällen, wie bei der Operation des Grauen Stars hätte man am liebsten überhaupt keine Kavitation, denn dort führt sie zu schwer steuerbaren Schädigungen vor allem der Hornhaut. Diese Effekte sind aber noch nicht ausreichend untersucht.

Die Teilnehmer versuchten, möglichst viele Erfahrungen aus anderen Gebieten zu sammeln, sodass sich in den zahlreichen, im Programm bewusst eingeplanten Freiräumen stets rege Diskussionen ergaben. Die Mehrzahl der Teilnehmer empfand den Workshop als Bereicherung und plädierte dann auch am Schluss der Veranstaltung für eine Wiederholung in zwei Jahren.<sup>#)</sup>

**Sigrun Hirsekorn, Christian Koch,  
Wolfgang Kropp und Georg Schmitz**

### Sommerschule Quanteninformation und Quantensimulation

Die Verarbeitung und das Speichern von Information in Trägern aus der Quantenwelt ist seit vielen Jahren ein aktuelles Forschungsthema, denn es verspricht die Beschreibung und Simulation von komplizierten physikalischen Systemen oder die effiziente Verwendung neuartiger Algorithmen zur Berechnung komplexer Probleme. Die Sommerschule, die im September

2007 in Bad Honnef stattfand, gab einen Überblick über den aktuellen Stand der Entwicklung sowohl hinsichtlich der theoretischen Konzepte, als auch hinsichtlich der Umsetzung in realen physikalischen Systemen mit Ionen, einzelnen neutralen Atomen und in Festkörpersystemen.

Auf Seiten der theoretischen Physik wurden hierbei Fortschritte der letzten Jahre in zwei Bereichen hervorgehoben. Zum einen ist es inzwischen möglich, mit Hilfe von neuen numerischen Modellen auch komplexe Vielteilchenprobleme zu simulieren, die mit den bisher verwendeten Werkzeugen der theoretischen Physik nur schwer bearbeitet werden konnten. Verschiedene unabhängige Ansätze erlauben nun aber Berechnungen von Zeitentwicklungen verschiedenster ungelöster Probleme, wie zum Beispiel von wechselwirkenden Spin-Systemen. Zum anderen ist es inzwischen möglich, die experimentellen Beobachtungen in realen Implementierungen theoretisch zu beschreiben, dank eines besseren Verständnisses der Dekohärenzmechanismen insbesondere in Festkörpersystemen.

Obwohl die experimentelle Realisierung von Quanteninformation und deren Verarbeitung von der vollständigen Kontrolle quantenmechanischer Vielteilchensysteme noch weit entfernt ist, wurden auch hier in den letzten Jahren

große Fortschritte erzielt. In allen vorgestellten Systemen hat man inzwischen die einzelnen Träger der Quanteninformation – Ionen, einzelne Neutralatome, Quantenpunkte, Farbzentren in Diamant oder supraleitende Kontakte – von der Umgebung isoliert und kann sie beliebig mit Quanteninformation beschreiben oder die gespeicherte Information auslesen. Ein wichtiger Schritt zur weiteren Verarbeitung der Information ist die kontrollierte Wechselwirkung zweier solcher Quantenbits, kurz Qubits genannt. Eine solche Operation kann die beiden wechselwirkenden Qubits miteinander verschränken und damit den grundlegenden Baustein eines Quanten-Computers realisieren. Fast alle Systeme haben diesen ersten Schritt bereits gemacht oder scheinen kurz davor zu stehen. In allen Systemen aber bleibt die Skalierung zu einer makroskopischen Anzahl von Qubits eine große Herausforderung für die nächsten Jahre.

Obwohl die tatsächlichen Realisierung und Verwendung eines Quantencomputers auch nach vielen Jahren intensiver Forschung noch in weiter Ferne zu sein scheint, ist dennoch die Fülle an neuen physikalischen Effekten und gewonnenen Einsichten in fundamentale Fragen der Quantenmechanik ein großer Lohn für den bisherigen Weg.

**Artur Widera**

#) Zusammenfassungen der Vorträge der diesjährigen Veranstaltung werden in einer der kommenden Ausgaben der Zeitschrift *Acustica/Acta Acustica* veröffentlicht.

**Dr. Sigrun Hirsekorn**, Fraunhofer Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken; **Dr. Christian Koch**, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig; **Prof. Dr. Wolfgang Kropp**, Chalmers University, Göteborg, Schweden; **Prof. Dr. Georg Schmitz**, Ruhr-Universität Bochum

**Dr. Artur Widera**, Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn