

#) Diese sind im Internet unter folgender Adresse abrufbar: www.st-andrews.ac.uk/physics/quvis

+) Vortragsfolien sind unter www.heisenberg-gesellschaft.de/unterlagen-workshop-2015.html einsehbar.

Quanteninformation

DPG-Lehrerfortbildung

Rund fünfzig Physiklehrer aus allen Bundesländern hatten sich vom 13. bis 17. Juli 2015 im Physikzentrum in Bad Honnef eingefunden, um sich mit der „Quanteninformation“ und ihrer Einbeziehung in den Schulunterricht auseinanderzusetzen. Im Mittelpunkt vieler Themen stand die Verletzung der Bellschen Ungleichung, die Auswirkungen von nicht vorhandenen verborgenen Parametern und des Spions Eve auf die Nachrichtenübermittlung zwischen Alice und Bob.

Einen Eindruck von der Vielfalt des Themengebietes bekamen die Teilnehmer zu Beginn mit der Vorstellung unmöglicher Maschinen der Quantenmechanik durch Reinhard Werner (Hannover). Wolfgang Dür (Innsbruck) erläuterte die Wesenszüge der Quantenphysik sowie die Bloch-Kugel.

Dass der klassische Trajektorien-Begriff eine Umdeutung erfahren muss, illustrierte Fabian Elster (Paderborn) und Dieter Meschede (Bonn) an Experimenten zu „Quantum Walks“ mit Photonen und einzelnen Atomen. Für den Schulunterricht eignet sich der Mehrteilchen-Versuch mit zwei ununterscheidbaren Photonen, die von verschiedenen Seiten auf einen halbdurchlässigen Spiegel treffen und sich auf einen gemeinsamen Weg einigen.

Die letzten Unklarheiten zum Problem der verborgenen Variablen beseitigte David Gross (Köln), der das Schlüsselexperiment von Aspect (1986) erklärte und schultauglich veranschaulichte. Ebenso eindrucksvoll war der Einblick in den Alltag von Experimentalphysikern durch Harald Weinfurter (München), der mit seiner Gruppe an einem Test der Bellschen Ungleichung mittels Atom-Atom-Verschränkung arbeitet. Zur Quantenmechanik mit Schaltkreisen und Qubits auf supraleitenden Schwingkreisen sprach Andreas Wallraff (Zürich). Grundlagen aus der Quantenkryptographie stellte Dagmar Bruß (Düsseldorf) vor. Dabei wurde deutlich, dass die Sicherheit der Quantenschlüsselverteilung im Gegensatz zur RSA-Verschlüsselung durch quantenphysikalische Gesetze gegeben ist. Sehr zum Verständnis trugen die Simulationen von Antje Kohnle (St. Andrews) bei, mit denen alle Teilnehmer die Protokolle zur Quantenschlüsselverteilung interaktiv durchspielen konnten.^{#)}

Neben theoretischen Grundlagen und aktuellen Entwicklungen kamen auch die fachdidaktischen Beiträge mit Gesprächen zu Chancen und Problemen der Quantenphysik im Unterricht nicht zu kurz. So stellte Jan-Peter Meyn (Erlangen) das Erlanger Konzept zur Quantenphysik vor und Stefan Heusler (Münster) Visualisierungen mit Knotenlinien. Für einen sorgfältigen Sprachgebrauch gab Gesche Pospiech (Dresden) hilfreiche Hinweise.

Mit praktischem Bezug und für Demonstrationsversuche zur Quantenoptik relevant war die Vorstellung eines Quantenkoffer-Prototypen durch Henning Weier (qtools GmbH) sowie die Industry Session (Thorlabs GmbH). Zum Schluss der Woche stellte Rainer Müller (Braunschweig) das Münchner Unterrichtskonzept „milq“ vor, das als Leitfaden für eine Unterrichtsreihe die fünf Wesenszüge der Quantenphysik vorschlägt: Statistisches Verhalten, Fähigkeit zur Interferenz, Eindeutigkeit der Messergebnisse, Komplementarität und Verschränkung.

Viele Referenten waren über ihren Vortrag hinaus im Physikzentrum zugegen und haben die Fortbildung sehr bereichert. Durch einen spontanen Vortrag zur „Quantenheilung“ sorgte Reinhard Werner zudem für einen vergnüglichen Abschlussabend.

Alle Teilnehmer profitierten vom abwechslungsreichen Programm, für das den beiden Hauptverantwortlichen Thorsten Franz (Braunschweig) und Christoph Marquardt (Erlangen) gedankt sei.

**Benita von Finckenstein
und Andreas Wagner**

Quantenphysik an der Schule

Zweiter Workshop der Heisenberg-Gesellschaft

Die im Jahre 2012 gegründete Heisenberg-Gesellschaft verfolgt das Ziel, moderne Physik und insbesondere die Quantenmechanik im Schulunterricht weiterführender Schulen so zu verankern, dass auch Schüler, die das Fach Physik frühzeitig abwählen, bleibende Grundkenntnisse mitnehmen. Dazu hat die Gesellschaft in diesem Jahr den 2. Workshop zur „Quantenphysik an der Schule“ vom 17. bis 19. Juli in Schloss Lautrach im Allgäu veranstaltet, der Lehrkräften und Universitätsdozenten aus allen Bundesländern offen stand. Drei Viertel der etwa 60 Teilnehmer aus acht Bundesländern in Ost und West kamen von Schulen, ein Viertel von Universitäten.

Eröffnet wurde der Workshop mit einem fulminanten Vortrag von Immanuel Bloch (München) über das Experimentieren mit den kältesten Objekten des Universums. Mit seinem Brückenschlag von den Grundprinzipien der Quantenmechanik zu aktuellster Grundlagenforschung gelang ihm ein begeisternder Auftakt zu einem Hauptprogramm, das sich auf Quantenphysik in Unterricht und Lehramtsausbildung konzentrierte, aber auch philosophische und historische Themen streifte. Hartmut Wiesner (München) und Bernadette Schorn (Dresden) stellten ein Unterrichtskonzept für die 10. Jahrgangsstufe und dessen Evaluierung in der Praxis vor. Rainer Müller (Braunschweig) präsentierte den Quantenphysik-

sik-Lehrgang „milq“. Gesche Pospiech (Dresden) erörterte die Anforderungen an eine zeitgemäße Vermittlung der Quantenphysik in der Lehramtsausbildung und fachdidaktische Bemühungen zu deren Umsetzung. Peter Schmäser (Hamburg) befasste sich mit neueren Experimenten zur Bestätigung von Prinzipien und Vorhersagen der Quantentheorie. Kurzvorträge über ein Quantenphysikkonzept von Horst Hübner (Würzburg), über das Internetprojekt LEIFIphysik von Thomas Unkelbach (Köln) und die Begabtenförderung im Physikunterricht am Beispiel des Begabtenstützpunkts Memmingen von Andreas Kellerer rundeten den ersten Tag ab. Am zweiten Tag widmete sich Manfred Stöckler (Bremen) Fragen der Interpretation der Quantentheorie im Hinblick auf den Schulunterricht, während Tobias Jung (München) Einsteins Beiträge zur Quantentheorie und ihren inneren Zusammenhang beleuchtete. In seinem Abschlussvortrag ging Meinard Kuhlmann (Mainz) der Frage nach, wie sich Quantenfeldtheorien zur Beschreibung von Elementarteilchen auf die Wirklichkeit beziehen.^{+) Über die Vorträge und intensiven Diskussionen hinaus wurde der Workshop ausgiebig zum Erfahrungsaustausch und Schmieden neuer Kooperationen genutzt. Die Veranstaltung war ein großer Erfolg, was nicht zuletzt der hervorragenden Organisation durch die Tagungsleitung und der großzügigen finanziellen Unterstützung durch die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung zu verdanken ist.}

Reinhold Rueckl

Einstein relativ einfach – 100 Jahre Allgemeine Relativitätstheorie

DPG-Lehrerfortbildung

Anlässlich des 100. Jahrestags der Veröffentlichung der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) im Jahr 1915 bot die DPG im Juli 2015 eine fünftägige Lehrerfortbildung an. Die Veranstaltung im Physikzentrum Bad Honnef war mit 89 Lehrerinnen und Lehrern restlos ausgebucht. „Wir sind über das große Interesse sehr erfreut“, bemerkte Karl-Heinz Lotze von der Universität Jena, der mit Ute Kraus (U Hildesheim) und Bernd Brüggemann (U Jena) die Lehrerfortbildung organisiert hatte.

Einstein war bereit, die klassische Definition von Raum und Zeit infrage zu stellen. „Zeit ist kein metaphysisches Konzept, sondern einfach das, was eine Uhr misst“, so wurde Einstein zitiert und weiter: „Raum und Zeit sind variabel, da die Lichtgeschwindigkeit immer konstant ist.“ Der Titel der Fortbildung „Einstein relativ einfach – 100 Jahre Allgemeine Relativitätstheorie“ war allerdings etwas irreführend, weil der erste Vortrag von Domenico Giulini (U Hannover) den

**Benita von Finckenstein, Bonn;
Andreas Wagner,
Tholey**

Prof. Dr. Reinhold Rueckl, U Würzburg