

Massive Neutrinos

698. WE-Heraeus-Seminar

Vom 8. bis 11. Juli diskutierten knapp 80 Teilnehmer im Physikzentrum Bad Honnef intensiv darüber, wie sich die Neutrinomassen bestimmen lassen. Seit der Entdeckung der Neutrinooszillation ist bekannt, dass sie von Null verschieden sein müssen, aber die Masse ist nicht durch Oszillationsexperimente zugänglich.

Neben der Theorie von Neutrinos und der Bedeutung von Neutrinomassen in der Kosmologie sowie der Astroteilchenphysik (Werner Rodejohann, Thomas Schwetz) wurden die drei Methoden diskutiert, um die Neutrinomasse zu bestimmen. Die starken oberen Grenzen für die Summe der Neutrinomasseneigenwerte aus astrophysikalischen und kosmologischen Daten werden unter Berücksichtigung der verschiedenen Bestimmungsmethoden der Hubble-Konstante schwächer (Scott Donelson, Julien Lesgourgues). Die klassische Methode ist die direkte Bestimmung aus der Form des Tritium-Betaspektrums am Endpunkt. Dazu hat am KATRIN-Experiment am Karlsruher Institut für Technologie gerade die Datennahme begonnen (Kathrin Valerius). Neu hinzu gekommen sind die kryogenen Mikrokalorimeter-Experimente zum Elektroneneinfang von Ho-163. Damit hat das ECHO-Experiment erstmals ein Neutrinomassenlimit bestimmt (Loredana Gastaldo). Für die notwendige Genauigkeit waren neue ab-initio-Berechnungen nötig (Martin Braß). Der dritte Zugang ist die Suche nach dem neutrinolosen doppelten Betazerfall, wo das zukünftige LEGEND-Experiment (Steve Elliott, Stefan Schönert) eine entscheidende Rolle spielt.

Ein weiterer Schwerpunkt waren neue Ideen und Technologien, um die Empfindlichkeiten weiter zu steigern, beispielsweise zur Zyklotron-Resonanzspektroskopie mit Projekt 8 (Sebastian Böser, Joe Formaggio), zur Suche nach sterilen Neutrinos mit KATRIN und dem TRISTAN-Detektor (Susanne Mertens) sowie Detektoren aus der Quanteninformationstechnologie (Wolfram Pernice). Hervorragende Beiträge kamen auch von den Nachwuchswissenschaftlern mit Vorträgen.

Wir möchten uns herzlich für die finanzielle Unterstützung und gute Organisation durch die WE-Heraeus-Stiftung sowie die exzellente Gastfreundschaft des Teams vom Physikzentrum bedanken.

Prof. Dr. Guido Drexlin, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Christian Enss, U Heidelberg

Prof. Dr. Manfred Lindner, MPI für Kernphysik, Heidelberg

Prof. John F. Wilkerson, U North Carolina, USA

Prof. Dr. Christian Weinheimer, U Münster

Quantenphysik an der Schule

Workshop der Heisenberg-Gesellschaft

Mit dem Ziel, die moderne Physik und insbesondere die Quantenmechanik im Unterricht weiterführender Schulen stärker zu verankern, führt die Heisenberg-Gesellschaft seit 2014 jährlich einen Workshop zur Quantenphysik für Lehrkräfte und in der Lehramtsausbildung engagierte Hochschuldozentinnen und -dozenten durch. An der Veranstaltung vom 12. bis 14. Juli in Lautrach nahmen 43 Lehrkräfte teil.¹⁾

Zur Eröffnung gab Karl Jakobs (Freiburg, CERN) eine Übersicht über die experimentellen Ergebnisse und das zukünftige Programm des LHC. Im Schwerpunkt Quantenphysikunterricht verglich Oliver Passon (Wuppertal) Konzepte aus der Fachdidaktik und von Schulbüchern hinsichtlich fachlicher Korrektheit, Anschlussfähigkeit und Lernwirksamkeit. Matthias Bartelmann (Heidelberg) erklärte die Rolle des Tunneleffekts bei der Energieerzeugung der Sterne und deren Spektrallinien als gute Schulbeispiele für Anwendungen der Quantenphysik. Eine konkrete Unterrichtsreihe zur Atomphysik für die Sek. II stellten Stefan Heusler und Malte Ubben (Münster) vor und probierten sie gruppenweise aus. Mit Blick auf Quanteninformation als möglicher Einstieg in die Quantenphysik vermittelte Dagmar Bruss (Düsseldorf) wertvolles Hintergrundwissen über Verschränkung als Ressource für neue Protokolle in der Quanteninformationsverarbeitung. Ergänzend befasste sich Joachim Stolze (Dortmund) mit dem Spin eines Teilchens als einfachstes Quantensystem und Träger von Quanteninformation und erklärte grundlegende mathematische Strukturen. Neuere Ansätze, das Messproblem in der Quantenmechanik zu lösen, und philosophische Überlegungen zum Wahrscheinlichkeitsbegriff sowie unterschiedliche Deutungen von Zufall erörterte Claus Beisbart (Bern).

Zudem wurden Versuchsaufbauten für den Unterricht vorgestellt, an denen die Lehrkräfte selbst experimentieren konnten. Andreas Kral (Aachen) zeigte das Doppelspaltexperiment PHODE, das mit wenigen Photonen den zufälligen Charakter von einzelnen Ereignissen und die Ausbildung eines Interferenzbildes deutlich macht. Henning Weier (Qtools München) führte den Quantenkoffer vor, ein Baukastensystem mit einer Quelle verschränkter Photonen, das vielfältige Möglichkeiten zur spielerischen Entmystifizierung von Verschränkung bietet. Jens Küchenmeister (Thorlabs Dachau) präsentierte Versuche analog zu Einzelphoton-Experimenten, die komplexe Sachverhalte wie Quantenradierer und Quantenkryptographie anschaulicher machen. Abschließend brachte Jens Simon

(PTB Braunschweig) das Thema Einheitensystem nahe. Den fulminanten Schlusspunkt setzte Markus Aspelmeyer (Wien) mit einer mitreißenden Einführung in die makroskopische Quantenphysik.

Ein besonderer Dank geht an die Referentinnen und Referenten sowie an die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle Unterstützung.

Prof. Dr. Reinhold Rückl, U Würzburg

Energy Science – an Interdisciplinary Challenge

Bad Honnef Physics School

Es kommt einiges an Arbeit auf uns zu. So könnte man zusammenfassen, was die Teilnehmer der Summer School vom 1. bis 6. September in Bad Honnef gelernt haben. Hierbei versammelten sich Student*innen und Forscher*innen, um über die Zukunft der Energieversorgung zu diskutieren.

Das Themenspektrum war breit gefächert: Die Teilnehmenden lernten viel über verschiedene Arten der Energieumwandlung, zum Beispiel über die Entwicklung effizienterer Materialien für Photovoltaik-Anlagen, Herausforderungen beim Bau von Offshore-Windenergieanlagen, Einsatzmöglichkeiten der Kraft-Wärme-Kopplung sowie Anwendungen von Solar- und Geothermie. Neben der Energieerzeugung ging es auch um Energietransport und Speicherung. Die Vorträge zeigten deutlich die Interdisziplinarität des Themas Energieversorgung: So steigt beispielsweise in Ostasien aufgrund des immensen Bevölkerungswachstums der Energiebedarf so rasant, dass er nicht allein mit erneuerbaren Energien gedeckt wird. Wesentlich für den Erfolg der weltweiten Klimaschutzbemühungen ist die Art und Weise, wie diese Region ihren Energiehunger zukünftig stillen wird. Allerdings scheitert die Proliferation der erneuerbaren Energien weniger an technologischen Herausforderungen als an sozialen und politischen Aspekten.

Kurzvorträge der Teilnehmenden bereicherten die Vorlesungen um viele Facetten – sie reichten von der Solarzellenforschung über Redox-Flow-Batterien, dem Einsatz von Kernenergie in Taiwan und der Optimierung der Anordnung von Ladesäulen für E-Autos bis zur Energie der Stimme. Insgesamt zeichnete sich die Summer School durch eine sehr persönliche Atmosphäre mit vielen Diskussionen aus. Ein Highlight war die Exkursion – entweder in die Kraftwerksschule Essen oder das FZ Jülich.

Wir möchten uns herzlich bei Dietrich Wolf und Rolf Möller für die Organisation und bei der WEH-Stiftung für die finanzielle Unterstützung bedanken.

Carmen Zaitz, U Duisburg-Essen,

Jan-Hendrik Plank, U Göttingen,

Shaoa Yu Chen, U Köln

¹⁾ Vortragsfolien finden sich unter www.heisenberg-gesellschaft.de/unterlagen-workshop-2019.html.