

## Future Challenges in Non-Leptonic B Decays: Theory and Experiment

610. WE-Heraeus-Seminar

Die Überprüfung des Standardmodells der Teilchenphysik sowie die Suche nach Effekten jenseits dieses Modells gehören zu den wichtigsten Themen der aktuellen Hochenergiephysik. Neben den direkten Suchen bei höchsten Energien haben auch präzise Experimente bei niedrigeren Energien eine hohe Sensitivität auf Effekte jenseits des Standardmodells. Insbesondere die Zerfälle von Bottom-Hadronen, also von Teilchen, die ein bottom-Quark enthalten, gelten hier als besonders geeignet. Die aktuell laufenden sowie die geplanten Experimente zu solchen Prozessen am LHC am CERN sowie am KEK in Japan werden Daten mit so hoher Präzision gewinnen, dass die theoretische Beschreibung wesentlich weiterentwickelt werden muss. Dies betrifft im Wesentlichen das nichtstörungstheoretische Verständnis der starken Wechselwirkung, da die Quarks in den Hadronen gebunden sind.

Die sog. nicht-leptonischen Zerfälle von Bottom-Hadronen spielen hierbei eine herausragende Rolle, da diese eine hohe Sensitivität für mögliche „neue Physik“ haben und einen Einblick in sehr fundamentale Fragen erlauben. Beispielsweise sind diese Zerfälle sehr sensitiv auf die Verletzung der CP-Symmetrie, die für die Entstehung der Materie-Antimaterie-Asymmetrie des Universums eine wichtige Rolle spielt.

Vom 10. bis 12. Februar 2016 trafen sich 36 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus elf Ländern, um die Herausforderungen in diesem Gebiet zu diskutieren. Ziel des Seminars war es, international anerkannte Experten aus der Hadronenphysik, der Elementarteilchenphysik, der Gittersimulation von hadronischen Prozessen sowie der experimentellen Seite zusammenzuführen. In 23 Vorträgen wurden der aktuelle Stand in Experiment und Theorie diskutiert und die Methoden kritisch analysiert.

Das Physikzentrum in Bad Honnef bot den idealen Rahmen, sowohl für die Vorträge als auch für die anschließenden Diskussionen. Insbesondere der Austausch zwischen den verschiedenen „Communities“ hat klar die Notwendigkeit unterstrichen, die experimentellen Methoden sowie die theoretischen Verfahren weiter zu verfeinern. Erste neue Ansätze und Ideen sind diskutiert worden, welche die Methodik aus den verschiedenen Bereichen zusammenführen und die künftigen Entwicklungen in diesem Gebiet beeinflussen werden. Wir danken nochmals der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung dafür, dieses inspirierende Seminar ermöglicht zu haben.

Javier Virto, Tobias Huber  
und Thomas Mannel

## Simulating Quantum Processes and Devices

624. WE-Heraeus-Seminar

Die faszinierenden Fortschritte in der Fabrikation und Kontrolle komplexer Quantensysteme von der Atom- bis zur Festkörperphysik erfordern ausgefeilte numerische Techniken, um die zugrundeliegende Vielteilchen-Quantendynamik zu verstehen. Die Entwicklungen der jeweiligen Fachgebiete verlaufen allerdings oftmals parallel, mit zu wenig Austausch und Querbezügen über die einzelnen Horizonte hinweg. Ziel dieses Seminars, das vom 19. bis 22. September im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, war es, einen solchen Austausch zwischen den Disziplinen, aber auch zwischen erfahrenen und Nachwuchswissenschaftlern zu fördern.

Hochkarätige Repräsentanten, die sich mit Simulationen von Quantenprozessen und aktuellen experimentellen Realisierungen befassen, stellten in Einführungs- und Vertiefungsvorträgen die wichtigsten gegenwärtigen Verfahren vor, die in größerer Runde diskutiert und durch Kurzbeiträge junger Forscherinnen und Forscher ergänzt wurden.

Komplexität in nicht-relativistischen Quantensystemen spielt augenblicklich vor allem beim Ladungstransport in Festkörpersystemen, bei der Dekohärenz in offenen Systemen, bei Phasenübergängen in Vielteilchensystemen und für zeitlich getriebene Quantensysteme eine fundamentale Rolle. Da sich alle Observablen aus der Kenntnis des Dichteoperators bestimmen lassen, ist es Ziel, diesen möglichst effizient und akkurat aus einer Simulation der Quantendynamik zu gewinnen. Verfahren zur Berechnung der sog. reduzierten Dichte wie stochastische Methoden (stochastische Schrödinger-, Liouville-von Neumann-Gleichungen), Quanten-Monte-Carlo, semiklassische Verfahren und auf Pfadintegralen basierende Hierarchien von Bewegungsgleichungen stehen dabei neben solchen des vollen Hilbert-Raumes wie Tensornetzwerke, Renormierungsgruppen, zeitabhängiges Hartree-Fock-Verfahren oder Nichtgleichgewichts-Green-Funktionen. Interessanterweise zeigten die Diskussionen, dass das Verbinden dieser Methoden zu Hybridverfahren weiteren Fortschritt erlauben kann. Auch Vergleiche der Stärken und Schwächen der unterschiedlichen Verfahren, z. B. durch Anwendung auf Benchmark-Systeme, sind dringend erforderlich. Hier sind in vier Tagen neue Ansätze und Kooperationen entstanden. Die Teilnehmer haben den Aufenthalt in Bad Honnef in jeder Hinsicht sehr genossen. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die Unterstützung.

Joachim Ankerhold, Simone Montanero  
und Jürgen Stockburger

## The High-Energy LHC – Interplay between Precision Measurements and Searches for New Physics

625. WE-Heraeus-Seminar

Während der ersten großen Datennahmeperiode am Large Hadron Collider (LHC) des CERN gelang es, das Higgs-Boson in Proton-Proton-Kollisionen bei Schwerpunktsenergien von 7 und 8 TeV zu entdecken. Damit war zwar das letzte vom Standardmodell vorhergesagte Teilchen gefunden, allerdings ließ sich mit den Messergebnissen nicht einwandfrei klären, ob die Eigenschaften des gefundenen Teilchens genau den vom Standardmodell vorhergesagten entsprechen. Auch ergaben die Daten keine Hinweise auf weitere Phänomene jenseits des Standardmodells. Diese Fragen stehen in der neuen Datennahme („Run II“) am LHC bei einer Schwerpunktsenergie von 13 TeV im Vordergrund. Die Interpretation der ersten Ergebnisse, die im Sommer 2016 vorlagen, erfordert auf theoretischer Seite Präzisionsvorhersagen und gegebenenfalls die Entwicklung geeigneter Modelle.

Die Verknüpfung von Präzision und direkter Suche nach „Neuer Physik“ und das Wechselspiel von Experiment und Theorie bildeten das Leitmotiv des 625. WE-Seminars, welches vom 17. bis 20. Oktober 2016 im Physikzentrum in Bad Honnef stattfand. Die Nachwuchswissenschaftler/innen hatten die großartige Gelegenheit, diese Themen mit hochrangigen Experten und Vortragenden aus der theoretischen und experimentellen Teilchenphysik zu diskutieren. Marumi Kado (LAL Orsay) eröffnete das Seminar mit einem Übersichtsvortrag über die experimentellen Ergebnisse vom LHC. Es folgten 20 Vorträge aus experimentellen und theoretischen Bereichen der Physik am LHC, mit krönendem Abschluss durch den Vortrag von Keith Ellis (IPPP, Durham) über den Status des Standardmodells, die Bedeutung von Präzisionsvorhersagen für die LHC-Physik und mit seinen Visionen für die Zukunft.

In einer Postersitzung konnten die Nachwuchswissenschaftler/innen ihre Forschung an vorderster Front der experimentellen und theoretischen Teilchenphysik präsentieren. Julia Djuvsland, Nils Faltermann und Peter Tornambè erhielten die Preise für die besten drei Poster.

Ein weiterer Höhepunkt des Seminars war der begeisterte Vortrag von Rohini Godbole (Indian Institute of Science, Bangalore) über das Leben von Frauen in den Naturwissenschaften. Daran schloss sich eine sehr lebhaft Diskussions an über die Ursachen des relativ niedrigen Frauenanteils in der Forschung und mögliche Abhilfen. Beim 625. WE-Heraeus-Seminar war der Frauenanteil mit 33 Prozent erfreulicherweise überdurchschnittlich hoch.

Dr. Javier Virto, Dr. Tobias Huber, Prof. Dr. Thomas Mannel, Universität Siegen

Prof. Dr. Joachim Ankerhold, apl. Prof. Dr. Simone Montanero und Priv.-Doz. Dr. Jürgen Stockburger, Institut für Komplexe Quantensysteme, Universität Ulm

Wir bedanken uns bei der WE-Heraeus-Stiftung, insbesondere bei Martina Albert, und den Mitarbeitern des Physikzentrums für die hervorragende Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung des Seminars.

**Milada M. Mühlleitner, Thomas Müller und Markus Schumacher**

## Neutron Stars: A Cosmic Laboratory for Matter under Extreme Conditions

### 626. WE-Heraeus-Seminar

Neutronensterne zeigen eine große Vielfalt beobachtbarer Eigenschaften, deren Beschreibung es erfordert, die Physik dichter Kernmaterie ebenso detailliert zu verstehen wie die Suprafluidität und Supraleitung von Neutronen und Protonen, extrem starke Magnetfelder und die Effekte starker Raum-Zeit-Krümmungen. Ziel des Seminars war es, dieses faszinierende Feld von verschiedenen Seiten zu beleuchten und insbesondere theoretische Astrophysiker und astronomische Beobachter zusammenzubringen. Um Querverbindungen herauszuarbeiten, waren die Vorträge bewusst gemischt und nicht in thematisch separierte Sitzungen aufgeteilt. An dem Seminar nahmen etwa 50 Wissenschaftler (Doktoranden, Postdoktoranden und erfahrene Wissenschaftler) teil. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit bereitgestellt, das Treffen über Twitter unter dem Hashtag #WEHNS16 mitzuverfolgen, was zusätzlich etwa 40 externe Interessierte nutzten.

Aus Sicht der Organisatoren gab es folgende „Highlights“ des Treffens:

■ Neutronensterne testen die Allgemeine Relativitätstheorie: Zeitlich hochauflösende Beobachtungen zweier sich umkreisender Neutronensterne ermöglichen bisher bravurös bestandene Präzisionstests der ART für starke Gravitationsfelder. Binärsysteme erlauben auch präzise Massenmessungen. Es scheint sich anzudeuten, dass die beteiligten Massen wesentlich asymmetrischer sind, als bisher angenommen.

■ Die Struktur der inneren Kruste: Um das sehr genau vermessene Rotationsverhalten von Pulsaren zu beschreiben, ist es notwendig, die Wechselwirkung suprafluider Neutronen mit dem hochkomprimierten Kerngitter in der inneren Kruste im Detail zu verstehen. Trotz vieler Berechnungen bleiben entscheidende, für die Beobachtungen wichtige Fragen derzeit unbeantwortet.

■ Die Zustandsgleichung stark komprimierter Materie: Im inneren Kern erreicht die Materie ein Vielfaches der normalen Kerndichte. Während die Zustandsgleichung inzwischen bis etwas oberhalb der

Kerndichte recht gut verstanden ist, bleibt das Verhalten bei höheren Dichten weitgehend „terra incognita“. Viele Szenarien wurden diskutiert, von „Hyperon-Materie“ bis zu „Quark-Materie“, die in supraleitenden und/oder kristallinen Phasen vorliegen könnte.

■ Radius des Neutronensterns: Beobachtungen zur Radiusbestimmung finden im Allgemeinen in binären Systemen aus Neutronenstern und normalem Partner statt. Die aus Luminositätsschwankungen extrahierte Information ist jedoch modellbehaftet und erlaubt derzeit keine verlässlichen Radiusmessungen. Eine interessante Alternative bieten Gravitationswellensignale aus Verschmelzungsereignissen zweier Neutronensterne.

Auch im Namen aller Teilnehmer bedanken sich die Organisatoren bei der WE-Heraeus-Stiftung für die professionelle Organisation und die großzügige Unterstützung.

**Jochen Wambach und Anna Watts**

## Foundations and New Methods in Theoretical Physics

### WE-Heraeus-Sommerschule und 22. Doktorandenschule „Saalburg“

Vom 5. bis 16. September fand in Wolfersdorf (nahe Jena) die 22. Auflage der Doktorandenschule statt, die bis 2001 in Saalburg (Thüringen) beheimatet war. Aus 57 Bewerbern wurden 35 ausgewählt, von denen zwei kurzfristig absprangen. Etwa 60 Prozent der Teilnehmer waren nicht deutschsprachig, mit 18 kamen mehr als die Hälfte aus dem Ausland. An der Sommerschule nahmen 33 Studierende aus 20 Institutionen teil, um ihre Ausbildung in Quantenfeldtheorie, Teilchenphysik und Gravitation im Hinblick auf eine Postdoktoranden-Phase zu verbreitern. Ziel der Schule ist das Heranführen an neue Methoden, Techniken und mathematische Hilfsmittel, die wegen der starken Vernetzung der modernen theoretischen Physik für eine akademische Karriere nutzbringend sind.

Geboten wurden fünf Kurse zu den Themen Convergent and divergent series in physics (Carl M. Bender, Washington U, St. Louis), Batalin-Vilkovisky quantization (Glenn Barnich, U Libre de Bruxelles), Confinement, Yang-Mills, and super-Yang-Mills (Erich Poppitz, U Toronto), Scattering amplitudes (Stefan Weinzierl, U Mainz) und Conformal bootstrap (Alessandro Vichi, CERN Genf). Die Vorlesungen wurden ergänzt durch vierstündige Übungssitzungen, in denen unter Betreuung eines Dozenten in Kleingruppen eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten und anschließend zu diskutieren war.

Traditionell wird an der Tafel vorgetragen, und gelegentlich finden sich Freiwillige,

die anschließend mit Unterstützung des Dozenten ein LaTeX-Skript einer Vorlesung erstellen, das später auf den Webseiten der Schule zu finden ist. In diesem Jahr wird dies für alle fünf Vorlesungsreihen der Fall sein. Die Doktorandinnen und Doktoranden arbeiteten mit hoher Motivation und großem Einsatz an den Übungen und mussten häufig mit sanfter Gewalt zum Abendessen geholt werden.

Der enge Kontakt zu den Dozenten und die informelle Atmosphäre eines abgechiedenen Hotels tragen zum Erfolg der Schule bei, der sich auch in diesem Jahr wieder in einer sehr positiven studentischen Evaluation zeigte. Ein Exkursionstag, der für Wanderungen zu Schlössern der Umgebung und für einen Besuch der Stadt Weimar genutzt wurde, unterbrach die elf Arbeitstage.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für ihre großzügige Förderung der Sommerschule.<sup>†)</sup>

**Arthur Hebecker, Olaf Lechtenfeld, Ivo Sachs, Stefan Theisen und Andreas Wipf**

## Jenaer Physikpraktika im Fokus

Stellen Sie sich vor, alle Labore Ihrer Firma oder Ihres Instituts öffnen die Türen für Physikerinnen und Physiker, um Experimente zu zeigen und mit Ihnen zu fachsimpeln. Einen solchen Einblick in die physikalischen Laborpraktika des Hochschulstandorts Jena bot die nunmehr 42. Praktikumsleitertagung der Arbeitsgruppe Physikalische Praktika (AGPP) im Fachverband Didaktik der Physik,<sup>‡)</sup> die vom 21. bis 23. September 2016 an der Friedrich-Schiller-Universität stattgefunden hat.

Die Organisatorinnen Katharina Schreyer und Silvana Fischer beeindruckten die rund 70 Teilnehmer mit einem breiten Spektrum an Praktika. Neben Grund- und Fortgeschrittenenpraktikum sowie Laboren für die Elektronik- und Messtechnikausbildung liegen die Schwerpunkte in Jena in der Optik und Astronomie. So war das Astronomiepraktikum im Observatorium des Astrophysikalischen Instituts bei Großschwabhausen Ziel einer abendlichen Exkursion. In der Abbe School of Photonics konzentriert die Universität Jena ihre Master- und Doktoranden-Ausbildung in Optik und Photonik. Auch die benachbarte Ernst-Abbe-Hochschule öffnete die Türen ihrer Physikpraktika.

Bei diesen „Offenen Laboren“ war es möglich, die einzelnen Experimente unter die Lupe zu nehmen. Die Betreuerinnen und Betreuer der Versuche beantworteten geduldig Fragen zu technischen Details der Messapparaturen, zur didaktischen Aufbereitung der Physik oder den organisatorischen Abläufen während des Versuchs. Gerhard Paulus demonstrierte

**Prof. Dr. Milada M. Mühlleitner, Prof. Dr. Thomas Müller, KIT Karlsruhe; Prof. Dr. Markus Schumacher, U Freiburg**

**Prof. Dr. Jochen Wambach, TU Darmstadt und ECT\* Trento; Prof. Dr. Anna Watts, U Amsterdam/NL**

**Prof. Dr. Arthur Hebecker, U Heidelberg, Prof. Dr. Olaf Lechtenfeld, U Hannover, Prof. Dr. Ivo Sachs, LMU München, Prof. Dr. Stefan Theisen, Albert-Einstein-Institut Potsdam, Prof. Dr. Andreas Wipf, U Jena**

<sup>†)</sup> Weitere Informationen zur Sommerschule, einschließlich aller bisherigen Auflagen, lecture notes und Teilnehmer-Fotos finden sich unter [www.itp.uni-hannover.de/saalburg](http://www.itp.uni-hannover.de/saalburg).

<sup>‡)</sup> Weitere Aktivitäten der AGPP: [www.physikalische-praktika.de](http://www.physikalische-praktika.de)