

JAN PLEFKA

Masse, Spektrum, Symmetrie

Am 1. April hat das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit insgesamt 2.5 Mio Euro geförderte Graduiertenkolleg »Masse, Spektrum, Symmetrie: Teilchenphysik in der Ära des Large Hadron Colliders« seine Arbeit mit den ersten 28 Doktorandinnen und Doktoranden aufgenommen. Es widmet sich den fundamentalsten Fragen der Physik, wie dem Ursprung der Masse von Elementarteilchen, dem Verständnis des Spektrums der elementaren Bausteine der Materie, sowie nach den grundlegenden Symmetrien und Kräften der Natur. Das faszinierende Studium dieser Fragen tritt mit der Inbetriebnahme des weltweit größten Teilchenbeschleunigers »Large Hadron Collider« (LHC) in Genf in eine neue Ära. Das Graduiertenkolleg ist ein Gemeinschaftsprojekt der Humboldt-Universität zu Berlin mit der Technischen Universität Dresden und dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) Standort Zeuthen und bündelt die breite Expertise dieser Standorte im gesamten experimentellen und theoretischen Bereich der Teilchenphysik zu einer integrierten Doktorandenschule.

Forschungsthema

Die Elementarteilchenphysik ist die grundlegende Säule der modernen Physik und widmet sich ihren fundamentalsten Fragen: Was sind die elementaren Bausteine der Materie und welche Kräfte wirken zwischen ihnen? Was bestimmt deren Eigenschaften und Massen, was sind die fundamentalen Symmetrien der Natur? In den letzten Jahrzehnten hat die Teilchenphysik unser Naturverständnis durch ein fruchtbares Wechselspiel von theoretischer und experimenteller Forschung entscheidend vorangebracht. Dieses Verständnis wird in dem Standardmodell der Teilchenphysik zusammengefasst (siehe Infobox 1), das eine erstaunlich kompakte theoretische Beschreibung der experimentellen Beobachtungen in der Teilchenphysik im Rahmen der relativistischen Quantenfeldtheorie liefert.



Foto: CERN

Zunächst ist festzuhalten, dass in der Quantenwelt auch die fundamentalen Kräfte mittels Teilchen übermittelt werden, das prominenteste Beispiel ist hier das Photon als Träger der elektromagnetischen Kraft. Anders gesagt, Teilchen und Felder sind in der Quantenwelt Synonyme. In der Natur sind neben der Gravitation, die im Standardmodell nicht enthalten ist, drei fundamentale Kräfte bekannt: Die uns vertraute elektromagnetische Kraft, übermittelt durch das Photon, sowie die beiden kurzreichweitigen Kernkräfte der sogenannten starken und schwachen Wechselwirkung mit den Gluonen und W- und Z-Bosonen als Kraftteilchen. Elementare Teilchen werden durch ihre Massen, ihren Eigendrehimpuls oder Spin, sowie durch zusätzliche »innere« Symmetrieparameter klassifiziert. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Materie- und Kraftteilchen liegt dann im Wert ihres Spins, der stets halbzahlige oder ganzzahlige Vielfache des Planckschen Wirkumsquantums \hbar annimmt: Spin $\frac{1}{2}$ für Materieteilchen und Spin 1 für Kraftteilchen. Das Standardmodell enthält weiterhin ein Spin 0-Teilchen, das Higgs-Teilchen, das eine äußerst entscheidende Rolle spielt und das einzige bisher noch nicht experimentell nachgewiesene Teilchen des Standardmodells ist. Das Higgs-Teilchen generiert sämtliche Massen der anderen Standardmodellteilchen mittels eines Mechanismus der spontanen Symmetriebrechung, der es dem skalaren Feld des Higgs erlaubt, einen im gesamten Universum von Null verschiedenen homogenen Hintergrundwert anzunehmen. Das



Standardmodell ist bis heute in einer Vielzahl von Experimenten an Teilchenbeschleunigern, dem Standardwerkzeug der Elementarteilchenphysik, sowie in nicht beschleunigerbasierten Experimenten in teils atemberaubender Präzision überprüfbar worden. Bis auf die prominente Ausnahme des Higgs-Teilchens sind sämtliche im Standardmodell beschriebenen Teilchen experimentell nachgewiesen. Der Nachweis des Higgs-Teilchens ist von zentraler Bedeutung für die Bestätigung des vermuteten Mechanismus der Massenerzeugung und stellt eine der Kernziele des LHC-Beschleunigers dar.

Die Auflösung eines gewöhnlichen Lichtmikroskops ist durch die Wellenlänge, oder die Energie, des benutzten Lichtes beschränkt: Strukturen kleiner als die Wellenlänge können nicht dargestellt werden. In diesem Sinne verhält sich auch ein Teilchenbeschleuniger wie ein gigantisches Mikroskop, dessen Auflösung durch die Energie des Teilchenstrahls bestimmt wird. Dies ist auch der Grund für die Notwendigkeit zum Bau immer größerer Beschleuniger, will man die Auflösungskraft dieser gigantischen Mikroskope erhöhen: So soll der LHC im späteren Betrieb eine Schwerpunktsenergie der kollidierenden Protonstrahlen von 14 Tera (10^{12}) Elektronenvolt erreichen, was den gegenwärtigen Weltrekord um mehr als einen Faktor 10 verbessern dürfte. Dieser Energiebereich an der sogenannten Teraskala ist bisher noch völlig unerforschtes Terrain und gibt Grund zur Hoff-

nung, dass der LHC mehr als »nur« das erwartete Higgs-Teilchen finden wird.

Dies geht auf die Tatsache zurück, dass wir mit dem Standardmodell der Elementarteilchenphysik keineswegs über eine endgültige Beschreibung des Mikrokosmos verfügen, sondern dieses lediglich eine effektive Beschreibung der bisher zugänglichen Energiebereiche darstellt. Der offensichtlichste Makel des Standardmodells liegt in der bereits erwähnten fehlenden Beschreibung der Quantendynamik der Gravitation, die wir bis heute nur klassisch im Makrokosmos in Form der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie verstehen. Allerdings ist die Gravitation im Vergleich zu den anderen drei Naturkräften in den bisher zugänglichen Energiebereichen so schwach, dass diese Vernachlässigung zulässig ist. Darüberhinaus gibt es aber weitere experimentell etablierte Tatsachen, die auf eine notwendige Erweiterung des Standardmodells verweisen: Die Existenz von Neutrino-Massen, die Existenz von dunkler Materie und die Teilchen-Antiteilchensymmetrie im Universum. Die Existenz von Neutrinomassen, die im Standardmodell auch nach dem Higgs-Mechanismus masselos sind, erzwingt eine »milde« Erweiterung des Teilchenspektrums im Neutrino-Sektor. Die im Vergleich zu den anderen Teilchen unnatürlich kleinen Werte der Neutrino-Massen (von einigen Elektronenvolt^{*}) liefern aber umgekehrt indirekt Hinweise auf eine große Vereinheitlichung aller nicht-gravitativen Kräfte bei extrem hohen Energien! Am drastischsten wird uns jedoch die Unvollkommenheit des Standardmodells durch die dunkle Materie vor Augen geführt: Aus astrophysikalischen Messungen lässt sich nachweisen, dass 80% der Materie unseres Universums aus elektromagnetisch nicht aktiver Materie besteht, die sich aber nicht aus Standardmodellteilchen zusammensetzt. D.h. wir wissen, dass es neue, noch unbekannte Teilchen ge-

Abb. 1

Das Bild des ATLAS-Detektor des LHC am CERN in Genf während seines Aufbaus vermittelt einen Eindruck der Größe dieser Maschine. Zu sehen sind die 8 toroidalen Magneten, die das noch einzubauende Kalorimeter umgeben, mit dem die Energie der im Innern des Detektors durch die Protonkollision erzeugten Teilchen gemessen werden.

* Nach der berühmten Formel $E=mc^2$ wobei c die konstante Lichtgeschwindigkeit ist, lassen sich Massen in Energieeinheiten angeben, was in der Teilchenphysik sehr nützlich ist.

ben muss und die Hoffnung ist groß, diese am LHC direkt zu produzieren und nachweisen zu können. Aus theoretischer Sicht bietet sich hier ein eleganter Weg an, dieses fehlende dunkle Materie-

teilchen einzuführen: die Supersymmetrie. Wie bereits eingangs erwähnt, stellt die Frage nach den fundamentalen Symmetrien der Natur ein enorm einschränkendes und strukturierendes Prinzip in

Infobox 1:
Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik

Sämtliche uns bekannten Phänomene des Mikrokosmos werden durch das Standardmodell der Teilchenphysik beschrieben. Es beinhaltet die folgenden Teilchenarten: Materieteilchen, aus denen alle uns bekannte Materie aufgebaut ist; Kraftteilchen, die die Wechselwirkungen zwi-

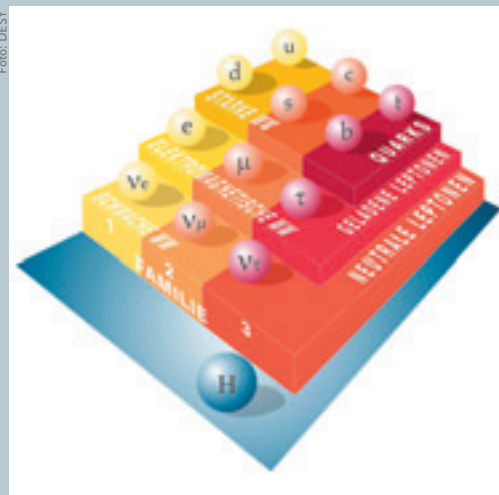


Abb. 2
 Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik

genschaften, unterscheiden sich jedoch drastisch in ihren Massen. Die uns umgebende Materie ist beinahe ausschließlich aus Mitgliedern der ersten Familie zusammengesetzt: Dem Elektron und seinem Neutrino sowie aus dem Up-Quark und dem Down-Quark, wobei die Quarks die Bausteine der Protonen und Neutronen bilden. Sämtliche Materieteilchen besitzen den Spin $\frac{1}{2}$ und sind Fermionen. Die Kraftteilchen folgen aus den Symmetrien des Standardmodells: Photonen als Träger der elektromagnetischen Kraft, die massiven W- und Z-Bosonen als Träger der schwachen Kraft sowie die Gluonteilchen der starken Kraft, die z.B. für den Zusammenhalt der Protonen und Neutronen verantwortlich sind. Die Kraftteilchen sind Bosonen und besitzen den Spin 1. Schließlich verbleibt das Higgs-Teilchen, das als einziges noch nicht experimentell nachgewiesen wurde und nach dem am LHC gefahndet wird. Es ist ein Spin 0- oder skalares Teilchen und ein Boson, das durch einen im gesamten Universum konstanten Hintergrundwert den Materieteilchen sowie den W- und Z-Bosonen ihre Masse verleiht. Im Standardmodell sind die Neutrinos noch masselos, wir wissen jedoch mittlerweile, dass sie eine kleine Masse besitzen, deren Natur noch nicht völlig geklärt ist. Das Kraftteilchen der Schwerkraft, das Graviton mit Spin 2, ist im Mikrokosmos vernachlässigbar. Für seine quantenmechanische Struktur gibt es noch keine experimentellen Hinweise, jedoch einige theoretische Vermutungen, primär im Rahmen der String-Theorie.

schen den Materieteilchen übertragen; sowie das Higgs-Teilchen, das weder Materie- noch Kraftteilchen ist und den anderen Teilchen ihre Masse verleiht. Insgesamt gibt es 12 Materieteilchen, die in sechs Quarks und sechs Leptonen unterteilt werden und ihrerseits wieder in drei Familien zu zwei Quarks und zwei Leptonen zerfallen. Die einzelnen Familien ähneln sich in ihren Ei-

der physikalischen Forschung dar. So wird das Standardmodell in vielerlei Hinsicht durch die Angabe seiner Symmetrien festgelegt. Hierbei verstehen wir Symmetrien als Transformationen der Felder, die die Theorie invariant lassen. Am anschaulichsten ist dies bei der Symmetrietransformation der Rotation: Offensichtlich sollte die physikalische Welt dieselbe sein, die zwei zueinander gedrehte Beobachter wahrnehmen. Die Rotation bettet sich ein in eine größere Symmetriegruppe der Poincaré-Transformationen, die die Grundlage für die spezielle Relativitätstheorie liefern. Weiterhin existieren im Standardmodell gleichsam Drehungen in einem ›internen‹ Raum der Materie- und Kraftfelder, die durch sogenannte speziell unitäre Transformationen beschrieben werden. Diese Symmetrien sind wohlverstanden und experimentell überprüft. Die spannende Frage ist nun, ob es noch weitere fundamentale Symmetrien der Natur geben könnte? Die Supersymmetrie, die erstmals im Rahmen der Stringtheorie entdeckt wurde, ist eine mögliche Erweiterung der Poincaré-Symmetrie, in der es zu Rotationen zwischen verschiedenen Teilchenarten kommt: Bosonen (Teilchen mit ganzzahligem Spin) werden in Fermionen (Teilchen mit halbzahligem Spin) transformiert und umgekehrt. Angewandt auf das Standardmodell erreicht man so eine supersymmetrische Version desselben, in dem jedes bekannte Teilchen einen noch unbekannteren ›Superpartner‹ hat. Insbesondere ist dann das leichteste stabile supersymmetrische Teilchen eines solchen supersymmetrischen Standardmodells ein geeigneter Kandidat für das gesuchte dunkle Materieteilchen. Zu betonen ist trotz alledem, dass wir derzeit keinen direkten experimentellen Hinweis auf die Realisierung der Supersymmetrie in der Natur haben.

Schließlich möchte man auch auf einer fundamentalen Ebene die gefundene Struktur der Ele-

mentarteilchen erklären. Was legt beispielsweise die dem Modell zugrundeliegende ›interne‹ Symmetriestruktur fest, was die Zahl der Teilchenfamilien und deren Spektren? Zu betonen ist auch, dass im Rahmen des Standardmodells die Massen der Teilchen beliebige Werte annehmen können, und die gemessenen Größen über eine unnatürlich weite Skala variieren: So ist das schwerste Teilchen des Standardmodells, das Top-Quark, 170 milliardenmal schwerer als die leichtesten massiven bekannten Elementarteilchen, die Neutrinos. Wie fügt sich die Quantengravitation in das Bild ein? Diese grundlegenden Fragen der Physik lassen sich nur mit spekulativen Ansätzen jenseits des Standardmodells erklären und waren in den letzten beiden Jahrzehnten Gegenstand intensiver theoretischer Forschungen. Hier ist insbesondere die Superstringtheorie als Ansatz hervorzuheben, die eine Vereinheitlichung aller Elementarteilchen in Form von Schwingungsanregungen von eindimensionalen saitenartigen Strings interpretiert und die Existenz von zusätzlichen Raumdimensionen sowie von Supersymmetrie, der erwähnten Symmetrie zwischen Bosonen und Fermionen, postuliert.

Mit der Inbetriebnahme des Large Hadron Colliders (LHC) am CERN steht die Elementarteilchenphysik am Beginn einer neuen Ära, von der neue fundamentale Entdeckungen zu erwarten sind. So müssen ein oder mehrere Higgs-Teilchen gefunden werden, wenn der erwartete Mechanismus zur Massenerzeugung in der Natur wirklich realisiert ist. Hierbei ist die Existenz leichter Higgs-Massen eng gekoppelt an die Erwartung, Superpartner von Standardmodellteilchen bereits bei der am LHC zugänglichen Tera-Energieskala zu beobachten, was eine eindrucksvolle Bestätigung der oben genannten theoretischen Spekulationen darstellen würde. In noch optimistischeren Szenarien wird

der Nachweis von zusätzlichen Raumdimensionen am LHC diskutiert, basierend auf von der Stringtheorie inspirierten Branmodellen. Ein Nachweis von supersymmetrischen Teilchen als aussichtsreiche Kandidaten für die dunkle Materie würde eine direkte Brücke zur Astroteilchenphysik und ihrer direkten und indirekten Suche nach dunkler Materie schlagen, die auch Gegenstand der Forschungen im Graduiertenkolleg ist.

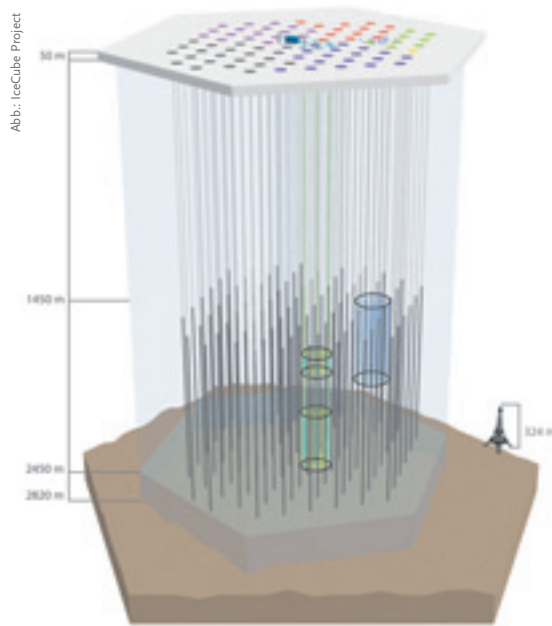


Abb. 3
Darstellung des im Aufbau befindlichen IceCube Teleskops in der Antarktis. IceCube ist ein Neutrinoobservatorium bestehend aus einem ein Kubikkilometer großen Eisdetektor, mit dem unter anderem nach dunklen Materieteilchen gefahndet wird.

Ziel und Struktur des Graduiertenkollegs

All dies macht deutlich, dass die vom LHC ausgehenden Fragestellungen in den kommenden Jahren eine Herausforderung für alle experimentellen und theoretischen Arbeitsfelder der Elementarteilchenphysik darstellen wird und dabei zu einer stärkeren Wechselwirkung und Integration unterein-

ander zwingt. Diese Integration ist das zentrale Ziel des neuen Graduiertenkollegs. Hierzu wird die an den Standorten Berlin, Dresden und Zeuthen vorhandene, breite und für den Osten Deutschlands einmalige Expertise zusammengeführt und in einem gemeinsamen Forschungsprogramm vernetzt. Verbindendes Glied der experimentellen Arbeitsgruppen ist hierbei die Beteiligung am ATLAS-Detektor des LHC (Abb. 1) und die dortige Suche nach neuen physikalischen Phänomenen. Dies wird ergänzt durch die Beteiligung der astrophysikalischen Arbeitsgruppen an den Experimenten IceCube in der Antarktis (Abb. 3) und H.E.S.S. in Namibia und der dortigen Suche nach neuer Physik aus kosmischer Neutrino- und Gammastrahlung. Verbindendes Element der theoretischen Arbeitsgruppen ist die relativistische Quantenfeldtheorie, der theoretischen Basis des Standardmodells und seiner Erweiterungen, die sowohl störungstheoretisch, numerisch und in ihren supersymmetrischen und dualen stringtheoretischen Formulierungen behandelt wird.

Das Hauptanliegen der strukturierten Doktorandinnen- und Doktorandenausbildung ist es, den gemeinsamen Charakter der Elementarteilchenphysik wieder in den Vordergrund zu stellen und einer in den letzten Jahren beobachtbaren Zersplitterung der Hochenergiephysik in Unterfelder entgegenzuwirken. So ist es in der Ära des LHC unbedingt nötig, dass sich experimentell arbeitende Doktorandinnen und Doktoranden mit den Grundlagen von theoretischen Ansätzen jenseits des Standardmodells vertraut machen, wie z.B. Supersymmetrie, höheren Dimensionen und großer Vereinheitlichung der Naturkräfte. Gleichmaßen sollten sich Promovierende in der Theorie die Grundlagen der Physik an Beschleunigern aneignen, um auf mögliche Paradigmenwechsel in der Teilchenphysik als Folge der Entdeckung neuer

Teilchen am LHC vorbereitet zu sein. Durch die enge Verknüpfung mit der sich schnell entwickelnden Astroteilchenphysik schließlich, wird allen Doktorandinnen und Doktoranden Gelegenheit ge-

geben, auch hier direkt von neueren Erkenntnissen zu profitieren. Auf diese Weise wird eine strukturierte Doktorandenausbildung etabliert, die sich im Lichte von LHC auch den aktuellen und drängen-

Infobox 2:

Im Überblick: Das Graduiertenkolleg »Masse, Spektrum, Symmetrie«

Das Graduiertenkolleg »Masse, Spektrum, Symmetrie« ist ein durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziertes Kooperationsprojekt der Humboldt-Universität mit der Technischen Universität Dresden und dem Deutschen-Elektronen-Synchrotron (DESY), Standort Zeuthen, in der experimentellen und theoretischen Elementarteilchenphysik. Unter der Leitung der Humboldt-Universität kooperieren sieben Arbeitsgruppen an der HU mit vier Arbeitsgruppen in Zeuthen und vier Arbeitsgruppen an der TU Dresden. Neben dem breiten Spektrum der vertretenen Arbeitsgebiete zeichnet sich das Kolleg durch eine hohe Zahl von beteiligten Nachwuchswissenschaftler/innen aus. Ziel ist es, die theoretische und experimentelle Expertise zusammenzuführen und den gemeinsamen Charakter der Teilchenphysik in der Doktorandenausbildung wieder in den Vordergrund zu stellen. Das Studienprogramm richtet sich an herausragende Doktorandinnen und Doktoranden, die neben Spezialvorlesungen, Blockveranstaltungen und Seminaren in Berlin und Dresden zu aktuellen Themen der Elementarteilchenphysik ausgebildet werden. Weitere Elemente sind ein Zweitbetreuerkonzept, ein »Midterm-Report« für alle Kollegiaten sowie die Möglichkeit für exzellente Masterstudenten, einen schnelleren Zugang zur Promotion (»Fast

Track«) zu verfolgen. Das Graduiertenkolleg wird von dem Wissenschaftler Dr. M. zur Nedden an der HU koordiniert, neben dem Sprecher, Prof. Dr. Jan Plefka, leiten der Standortsprecher Dresden, Prof. Dr. M. Kobel, und in Berlin der stellvertretende Sprecher, Prof. Dr. H. Lacker, das Kolleg. Die Schule ist Teil der Humboldt-Graduate School und wird von den Dienstleistungen dieser Einrichtung unterstützt.

Beteiligte Institutionen:

Humboldt-Universität zu Berlin
(Sprecherhochschule)
Technische Universität Dresden
Deutsches-Elektronen-Synchrotron (DESY),
Standort Zeuthen

Kooperationspartner:

Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik,
Potsdam
Helmholtz-Allianz »Physik an der Teraskala«
SFB 647 »Raum-Zeit-Materie«
SFB/Transregio 9 »Computergestützte Theoretische Teilchenphysik«
IMPRS for Geometric Analysis, Gravitation and
String Theory

Laufzeit:

04/2009 – 09/2013

Internet:

www.masse-spektrum-symmetrie.de

den Fragen aus benachbarten Feldern widmet. Der erweiterte Horizont erlaubt den jungen Wissenschaftler/innen den Transfer von Fragestellungen und Methoden und wirkt sich so fördernd auf das eigene Projekt aus.



Abb. 4
Doktoranden der theoretischen Teilchenphysik bei ihrer Arbeit.

Betreuungskonzept und Studienprogramm

Das Graduiertenkolleg richtet sich an herausragend qualifizierte Doktorandinnen und Doktoranden aus dem In- und Ausland, die von den 16 am Kolleg beteiligten Professor/innen und Nachwuchswissenschaftlern/innen betreut werden. Hierbei wird jedes Promotionsprojekt von einem Erstbetreuer begleitet, dem ein Zweitbetreuer zugeordnet wird, der im Regelfall einem anderen Fachgebiet als dem des Erstbetreuers entstammt. Dieses Konzept festigt die Integration der einzelnen Forschungsprojekte in den gemeinsamen, übergreifenden Rahmen des Graduiertenkollegs. Zur Fortschrittskontrolle werden nach einem halben Jahr Einarbeitungszeit die Doktorand/innen in

einem kurzen Vortrag eine Skizze ihres Promotionsprojekts vorstellen. Weiterhin ist nach eineinhalb Jahren vom Doktoranden/in ein schriftlicher »Midterm Report« anzufertigen und den beiden Betreuern einzureichen, der die erreichten Resultate und die weiteren Planungen der Arbeit dokumentiert. Weiterhin soll im Rahmen des Graduiertenkollegs ein neuartiger zielgerichteter und beschleunigter Zugang zur Promotion (»Fast Track to PhD«) erprobt werden. Geplant ist, exzellenten Masterstudent/innen an der Humboldt-Universität zu Berlin bereits nach dem ersten Jahr ihres Masterstudienganges die Aufnahme in das Graduiertenkolleg zu ermöglichen. Hierbei soll die gemäß Studienordnung im zweiten Masterstudienjahr anzufertigende Masterarbeit bereits in ein Promotionsprojekt eingegliedert werden. Die Masterarbeit nimmt dann die Rolle eines ausführlicheren Zwischenberichts (dem oben genannten »Midterm Report«) ein. Dies erlaubt ab Zulassung zum Master of Science Programm den Gang in 1+3 Jahren zur Promotion.

Das Studienprogramm des Graduiertenkollegs gliedert sich in drei Teile. Der erste Teil besteht aus einwöchigen Blockkursen zu aktuellen Themen der Teilchenphysik, die jeweils vor dem Semesterbeginn stattfinden und von auswärtigen eingeladenen Dozenten geleitet werden. Der erste solche Kurs fand nach der feierlichen Eröffnung des Graduiertenkollegs am 28. September 2009 mit Vorträgen aus Stanford (USA), Freiburg und Hamburg statt. Das zweite Element besteht aus kollegspezifischen Vorlesungen, die von den lokalen Dozenten und assoziierten Mitgliedern des Kollegs gehalten werden. Die Themen reichen von dem für alle Kollegiaten verpflichtenden Kurs »Physik am LHC« über Themen wie »Fortgeschrittene Statistische Methoden«, »Massenmessungen in der Teilchenphysik« bis hin zu einer »Einführung in die

Supersymmetrie« oder »Computeralgebra und theoretische Teilchenphysik«. Das dritte Element bilden Qualifizierungsmaßnahmen, in denen die Kollegiaten selbst aktiv werden: Ein selbstorganisiertes Doktorandenseminar, in dem sich die Kollegiaten gegenseitig ihre Forschungsprojekte vorstellen, sowie Training in Schlüsselqualifikationen, das durch das entsprechende »social skills«-Kursangebot der Humboldt-Graduate School abgedeckt wird. Abgerundet wird das Studienprogramm der Doktorandinnen und Doktoranden schließlich durch die empfohlene Teilnahme an internationalen wissenschaftlichen Sommerschulen und Konferenzen, für die Mittel zur Verfügung stehen.

Schließlich wurde das Graduiertenkolleg »Masse, Spektrum, Symmetrie« zum 1. April 2009 als erste Adlershofer Graduiertenschule in die Humboldt-Graduate School aufgenommen, die als Dachorganisation insbesondere fachunabhängige Dienstleistungen wie Sprach- und Kompetenztrainings anbietet und eine unabhängige Qualitätssicherung darstellt.



Prof. Dr. Jan Plefka

Jg. 1968, Studium der Physik (1988–92) an der TU Darmstadt und Texas A&M University, USA (Fulbright Stipendium); Master of Science 1992; Promotionsstudium (1992–95) Universität Hannover; Dr. rer. nat. 1995 in Theoretischer Physik; Postdoc 1996 am City College

New York (Lynen Stipendium der A.v. Humboldt Stiftung); Postdoc 1997–98 NIKHEF Amsterdam; Junior Staff Member 1998–2006 am MPI für Gravitationsphysik (Albert Einstein Institut) Potsdam; Habilitation 2003; seit 2006 W2-Professor für Quantenfeldtheorie jenseits des Standardmodells und Stringtheorie an der Humboldt-Universität zu Berlin (Lichtenberg-Professor der VolkswagenStiftung). Mitglied im SFB 647 »Raum-Zeit-Materie« seit 2006, Sprecher des Graduiertenkollegs »Masse, Spektrum, Symmetrie« seit April 2009. Arbeitsgebiete: Quantenfeldtheorie, Stringtheorie und Mathematische Physik.

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Physik

E-Mail: jan.plefka@physik.hu-berlin.de

<http://qft.physik.hu-berlin.de/>