

# Die großen Fragen im Fokus

Ziele und Aktivitäten des Exzellenzclusters „Precision Physics, Fundamental Interactions and Structure of Matter“ in Mainz

Stefan Jorda

**A**llen Anlass zur Freude hatten die Physikerinnen und Physiker der Universität Mainz im Juni 2012: In der zweiten Runde der Exzellenzinitiative hatten sie sich mit ihrem Antrag für den Exzellenzcluster „Precision Physics, Fundamental Interactions and Structure of Matter“ (PRISMA) durchgesetzt. Im Grunde geht es dabei um die ganz großen Fragen nach der Natur der Dunklen Materie oder der Physik jenseits des Standardmodells, die Heerscharen von Physikern weltweit mit dem Large Hadron Collider oder anderen Großexperimenten beantworten möchten. Welche Beiträge können dazu 250 Wissenschaftler im Rahmen eines auf fünf Jahren genehmigten und mit 30 Millionen Euro finanzierten Exzellenzclusters leisten? „Wir fokussieren uns auf einige wenige Fragen, die wir mit sehr komplementären Methoden beantworten möchten“, erläutert Hartmut Wittig, Professor für theoretische Physik und einer der beiden Cluster-Koordinatoren.

Eine zentrale Rolle spielen dabei vier Strukturmaßnahmen. Eine davon, ein neuer Beschleuniger,

wird mit 10 Millionen Euro allein ein Drittel der gesamten Mittel kosten. Der „Mainz Energy-Recovering Superconducting Accelerator“ MESA soll am Institut für Kernphysik entstehen, das bereits seit vielen Jahren Beschleuniger betreibt. Beim Bau der supraleitenden Beschleunigerkavitäten profitiert das Institut von der aufwändigen Fertigungsinfrastruktur, die am Helmholtz-Institut Mainz, dem wichtigsten außeruniversitären Partner von PRISMA, zur Verfügung stehen wird. MESA ist ein Elektronenbeschleuniger mit einer Schwerpunktsenergie zwischen 150 und 200 MeV. „Das liegt Größenordnungen unterhalb der Energie des LHC“, sagt Wittig, „aber seine extrem hohe Strahlintensität wird zwei neue Schlüsselexperimente ermöglichen“. Diese sind die Suche nach „dunklen Photonen“ sowie die hochpräzise Messung des „elektroschwachen Mischungswinkels“ bei niedrigen Energien.

Dunkle Photonen sind hypothetische schwere Verwandte der „normalen“ Photonen, denen sie in vielen Eigenschaften ähneln und mit denen sie mischen. Sie tauchen in

den verschiedensten Erweiterungen des Standardmodells als Vermittler einer neuen fundamentalen Kraft auf und koppeln an Dunkle Materie. Theoretiker haben in den vergangenen Jahren ein ganzes Spektrum von Modellen entworfen, die mithilfe dieser neuen Teilchen sowohl einige Anomalien in der Astrophysik als auch das unverständliche magnetische Moment des Myons erklären können. Dunkle Photonen könnten entstehen, wenn der intensive Elektronenstrahl von MESA auf ein Target prallt; zerfallen würden sie in ein Paar aus Elektron und Positron, das aus einem riesigen Hintergrundsignal heraus zu filtern ist. „Die Existenz eines dunklen Photons ist zugegebenermaßen spekulativ, seine Entdeckung wäre jedoch eine wissenschaftliche Sensation“, meint Matthias Neubert, ebenfalls theoretischer Physiker und PRISMA-Koordinator.

Weniger risikobehaftet ist die an MESA beabsichtigte Messung des elektroschwachen Mischungswinkels. Darunter versteht man das Verhältnis der Kopplungskonstanten von schwacher und elektromagnetischer Wechselwirkung, eine Größe, die von der Energie abhängt, bei der sie gemessen wird. Bisherige Messungen, sowohl bei hoher Energie am LEP (CERN) und SLC (SLAC) als auch bei niedriger Energie, sind entweder mit vergleichsweise großen Fehlern behaftet oder nicht miteinander konsistent. Präzise Messungen an MESA ließen sich nun mithilfe von Rechnungen zu hohen Energien extrapolieren und mit den bisherigen Messungen vergleichen. Hinzu kommt, dass auch die Messungen zum Higgs-Boson am LHC indirekte Vorhersagen für den Mischungswinkel liefern. „Falls diese Ergebnisse nicht zusammenpassen,

## DER EXZELLENZCLUSTER „PRISMA“

### Beteiligte Institutionen:

Institute für Physik, Kernphysik, Kernchemie und Mathematik der Universität Mainz; Helmholtz-Institut Mainz

**Koordinatoren:** Prof. Dr. Matthias Neubert und Prof. Dr. Hartmut Wittig

### Forschungsgebiete:

- Fundamentale Wechselwirkungen (elektroschwache Präzisionstests, Präzisionsmessungen des elektroschwachen Mischungswinkels, Suche nach neuen leichten Eichbosonen, Untersuchungen von Quark- und Neutrino-Flavour-Physik, Präzisionstests von fundamentalen Symmetrien)

- Ursprung der Masse und Physik jenseits des Standardmodells (Unter-

suchungen zur elektroschwachen Symmetriebrechung und zum Higgs-Mechanismus, Suche nach neuen schweren Teilchen, direkt und indirekte Suche nach Dunkler Materie)

- Struktur der Materie (Präzisionshadronenphysik, Gitter-QCD, Eigenschaften von Kernmaterie, globale Analyse der Kernstruktur)

- Theoretische Konzepte und mathematische Grundlagen (Fortgeschrittene Methoden der Quantenfeldtheorie, effektive Feldtheorien, Mathematik von Streuamplituden, Gitterfeldtheorie, Stringtheorie, Quantengravitation)



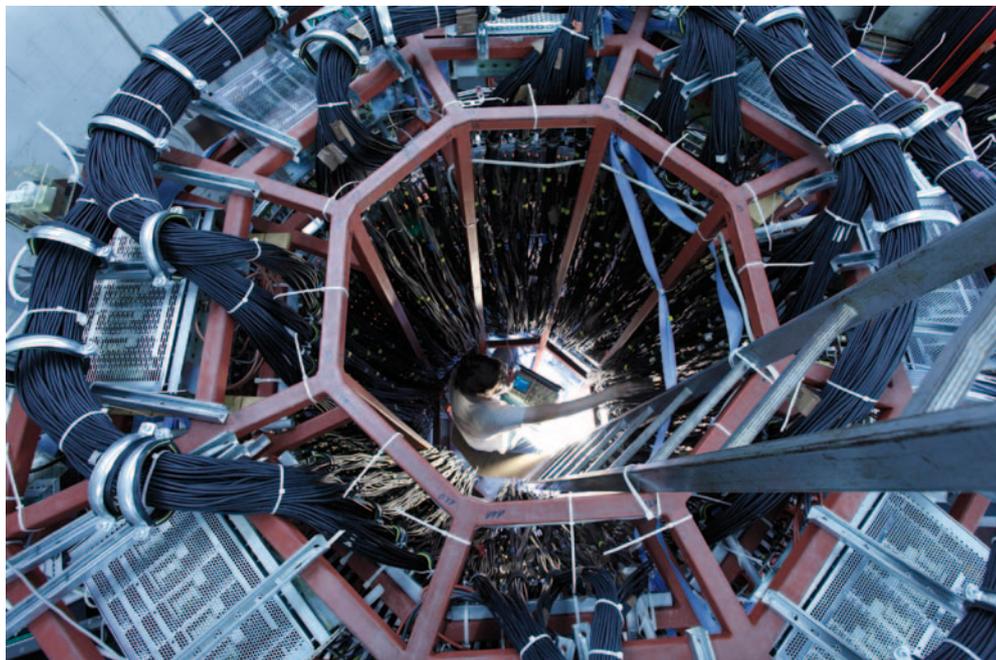
könnte das ein Hinweis auf Abweichungen vom Standardmodell sein“, erklärt Wittig.

MESA soll in einer bereits vorhandenen Halle zusätzlich zum existierenden Beschleuniger MAMI aufgebaut werden; nur dadurch ist die Finanzierung im Rahmen des Exzellenzclusters überhaupt möglich. Allerdings wird der Beschleuniger erst zum Ende der Laufzeit des Clusters in Betrieb gehen.

Wesentlich schneller sollen die drei anderen Strukturmaßnahmen Ergebnisse liefern. Dazu gehört eine Nutzereinrichtung für ultrakalte Neutronen am Forschungsreaktor TRIGA, den die Universität Mainz seit vielen Jahren betreibt. Im Pulsbetrieb kann TRIGA eine sehr hohe Dichte an Neutronen erzeugen, die sich in einer „magnetischen Flasche“ sammeln lassen. Derzeit laufen Umbauarbeiten, um mit dieser Quelle noch höhere und weltweit einmalige Neutronendichten zu erreichen. Damit wird sich voraussichtlich ab dem Frühjahr 2014 unter anderem die bislang nur mit geringer Genauigkeit bekannte Lebensdauer des Neutrons sehr präzise bestimmen lassen, die wichtig ist für die Bestimmung der CKM-Matrix<sup>+)</sup>. Außerdem soll ein neues Labor alle Aktivitäten rund um die Detektorentwicklung bündeln. Bislang sind Mainzer Physiker bereits beim ATLAS-Detektor am LHC, beim XENON-Detektor zur Suche nach Dunkler Materie sowie beim IceCube-Observatorium für Neutrinos am Südpol beteiligt. „Das Labor wird uns mit seinen Synergien und Strukturen in die Lage versetzen, Mainz als namhaften Standort für Detektorentwicklung zu etablieren“, ist Wittig überzeugt.

## Berühmte Vorbilder

Seinen Betrieb bereits aufgenommen hat schließlich das „Mainz Institut for Theoretical Physics“ (MITP), das langfristig die Rolle eines internationalen Theoriezentrums übernehmen soll. „Mit der Gründung des MITP schließen wir eine Lücke in der deutschen



Am neuen supraleitenden Beschleuniger MESA sollen in Mainz zwei Schlüsselexperimente der Hadronen- und Teilchenphysik realisiert werden. Das Foto

zeigt das Vorgängerexperiment zur Messung des elektroschwachen Mischungswinkels am Institut für Kernphysik.

Forschungslandschaft. Unsere Vorbilder dazu sind das Newton-Institut in Cambridge oder das Kavli-Institut in Santa Barbara“, sagt Neubert. Das MITP stellt auswärtigen Wissenschaftlern Mittel und Infrastruktur zur Verfügung, um Workshops und Konferenzen zu organisieren, und fördert den interdisziplinären Austausch zwischen verschiedenen Gebieten der theoretischen Physik.

Doch mit Geräten und Institutsgründungen allein ist es nicht getan, der Exzellenzcluster investiert natürlich auch in Köpfe. So sind im Rahmen von PRISMA drei neue W3-Professuren sowie sechs Nachwuchsgruppen zu besetzen. Zwei davon sind W2-Dauerstellen, für die vier übrigen Gruppenleiter ist ein tenure-track-Verfahren vorgesehen. Bei den W3-Stellen laufen inzwischen zwei, bei den W2-Stellen vier Berufungsverfahren. Darüber hinaus bietet PRISMA natürlich auch Postdoc- und Doktorandenstellen, aber keine integrierte Graduiertenausbildung. „Unsere Prioritäten in PRISMA zielen darauf ab, zunächst eine dauerhafte Infrastruktur zu schaffen, die auch für die breitere Community wichtig ist“, erläutert Neubert. Allerdings gibt es in Mainz bereits

ein Graduiertenkolleg, das „quasi angeschlossen“ ist. Außerdem bietet PRISMA einen internen Forschungsfond, aus dem Nachwuchswissenschaftler Forschungsgeld einwerben können.

Wie alle Exzellenzcluster ist PRISMA für fünf Jahre bewilligt. Auch wenn in dieser Zeit erste Erfolge der Förderung zu erwarten sind, wird die Erntezeit bei MESA definitiv erst danach beginnen. Nicht nur deswegen hoffen die Mainzer Physiker, dass nach fünf Jahren nicht zwangsläufig Schluss ist. „Unsere Arbeitshypothese ist, dass wir wie die Cluster der ersten Runde die Chance auf eine Verlängerung bekommen“, sagt Wittig.

## DIE EXZELLENZCLUSTER

In loser Folge stellt das Physik Journal die Cluster der zweiten Runde der Exzellenzinitiative mit Schwerpunkt in der Physik bzw. starker Beteiligung von Physikern vor:

- Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed), Dresden
- Hearing4all, Oldenburg
- Precision Physics, Fundamental Interactions and Structure of Matter (PRISMA), Mainz
- Ruhr Explores Solvation (RESOLV), Bochum
- The Hamburg Centre for Ultrafast Imaging (CUI), Hamburg

<sup>+) Die Cabibbo-Kobayashi-Maskawa-Matrix (CKM) beschreibt im Rahmen des Standardmodells die Umwandlung (Mischung) von Quarks, z. B. eines u-Quarks in ein d-, s- oder b-Quark.</sup>