

on wäre, den Elektronenstrahl am TESLA-Beschleuniger abzuzweigen, um ihn für die Hadronenphysik zu nutzen. „Allerdings haben sowohl CERN als auch DESY derzeit klar andere Prioritäten“, sagt Ströher.

Angesichts der großen Bedeutung der theoretischen Forschung sowohl für die Planung von Experimenten als auch für die Analyse und Interpretation deren Ergebnisse, empfiehlt das Komitee darüber hinaus, „engagierte Anstrengungen“ zu unternehmen, um vielversprechenden jungen Theoretikern Stellen an Universitäten und Forschungszentren anbieten zu können.

Doch mit Theoretikern alleine ist es nicht getan, wenn diese nicht auch über leistungsfähige Computer verfügen, um insbesondere so genannte Gitter-QCD-Rechnungen durchzuführen. Dabei wird die Quantenchromodynamik, die Theorie der starken Kraft, die zwischen Quarks und Gluonen wirkt, auf einem diskreten Gitter gelöst. Daher unterstützt das KHuK die gemeinsame Initiative vom Deutschen Elektronen Synchrotron (DESY) sowie der GSI, bis 2004/05 Hochleistungsrechner mit einer Leistung von 25 TeraFlops anzuschaffen.

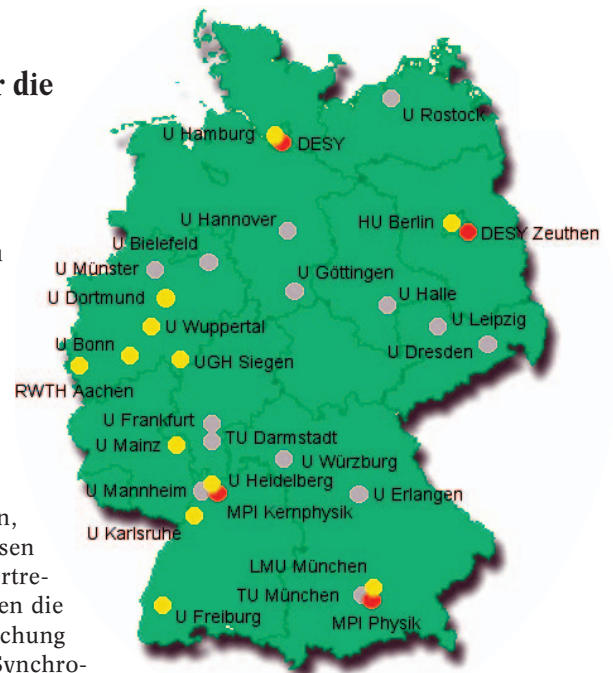
Nachdem sich das KHuK-Papier zunächst vor allem an Experten richtet, soll nun bis zum Frühjahr eine allgemein-verständliche Broschüre entstehen, die sich an die Öffentlichkeit richtet.

STEFAN JORDA

## Eine Roadmap für die Teilchenphysik

Nicht immer melden sich „die Physiker“ in Deutschland als geschlossene Gruppe zu Wort. Wenn es in diesen Tagen darum geht, ob man Geld für neue Teilchenbeschleuniger, Röntgenlaser oder Neutronenquellen ausgeben soll, treten diverse Komitees auf den Plan, um die Spezialinteressen ihrer Mitglieder zu vertreten. So verabschiedeten die Komitees für die Forschung mit Neutronen bzw. Synchrotronstrahlung bereits vor über einem Jahr Strategiepapiere für die Zukunft ihrer Fachgebiete. Spät, aber von einigem Rummel begleitet, haben sich nun auch die Teilchenphysiker auf einen Fahrplan geeinigt. Ende November präsentierte das Komitee für Elementarteilchenphysik (KET) erstmals eine Art *Roadmap* für die nächsten 20 Jahre der Teilchenphysik.

Mehr als einhundert Wissenschaftler waren ins Wissenschaftszentrum Bonn gekommen, um vor Vertretern des Bundesforschungsministeriums, Journalisten und einem Bundestagsabgeordneten (der FDP) die Perspektiven ihres Fachgebiets zu diskutieren. Eine Woche zuvor hatte der Wissenschaftsrat seine Empfehlungen zur Großforschung bekannt gegeben und darin



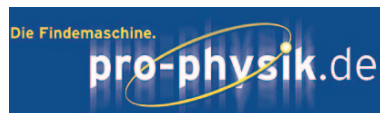
Deutsche Universitäten, an denen entweder experimentelle oder theoretische Teilchenphysik (grau) bzw. solche, an denen beides betrieben wird (gelb). Rote Punkte kennzeichnen außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.

– mit einigen Auflagen – den Linearbeschleuniger TESLA als förderungswürdiges Projekt empfohlen. Das Strategiepapier der Teilchenphysiker dient nun auch dazu, Geschlossenheit zu demonstrieren und das Tesla-Projekt voranzutreiben.

An oberster Stelle der Prioritätenliste steht allerdings nicht der Hamburger Beschleuniger, sondern „die zügige Fertigstellung“ des *Large Hadron Collider* (LHC) am Europäischen Zentrum für Elementarteilchenphysik (CERN) in Genf, an dessen Budget Deutschland zu 21 Prozent beteiligt ist. In diesem kreisförmigen Beschleuniger sollen im Jahr 2007 Protonen und Antiprotonen fast mit Lichtgeschwindigkeit aufeinander prallen. Auf Platz zwei der Prioritätenliste steht ein Linearbeschleuniger. „Deutschland sollte zu einer solchen Anlage einen signifikanten Beitrag leisten, egal wo sie gebaut wird“, sagte der KET-Vorsitzende Reinhold Rückl in Bonn. Erst an dritter Stelle empfehlen die Wissenschaftler, den Linearbeschleuniger TESLA mit internationaler Beteiligung in Deutschland zu bauen. Mit dieser Strategie folgen die deutschen Teilchenphysiker ähnlichen Empfehlungen der internationalen *Community*. Selbst die amerikanischen Kollegen hatten vor einem Jahr entschieden, dass sie einen Linearbeschleuniger auch dann unterstützen würden, wenn er nicht im eigenen Land steht. Den nächsten

### Preprints und Papers in pro-physik.de

Die „Findemaschine“<sup>(+)</sup> auf pro-physik.de, dem Internetportal von Wiley-VCH und DPG für alle Physikerinnen und Physiker, ermöglicht es, die Physik-relevanten Teile des Internets bequem zu durchsuchen. Seit kurzem gilt das nicht nur für Webseiten mit Physikinhalten, sondern auch für die über 180000 Fachartikel im Los Alamos-Preprint-Server sowie die mehr als 150000 Abstracts der elektronischen Zeitschriften des britischen Institute of Physics (IoP). Weitere Archive sollen folgen. Daneben bietet das Physik-



Portal u. a. weiterhin aktuelle Berichte und Kurzmeldungen aus der physikalischen Forschung, die größte Internet-Jobbörse für Physiker, Tipps und Infos für Studierende und einen thematisch gegliederten Katalog ausgewählter Links. Zur Gestaltung von pro-physik.de können auch die Benutzer beitragen, etwa indem sie Vorschläge machen, welche Physik-relevante und gutgemachte Seite – egal ob von Instituten, Firmen oder Privatleuten – sie in der Findemaschine vermissen.

<sup>+</sup>) <http://findemaschine.pro-physik.de>

Beschleuniger, soviel steht fest, wird es nur einmal auf der Welt geben.

Sowohl TESLA als auch der LHC sollen das Higgs-Boson aufspüren, das letzte fehlende Teilchen im Standardmodell der Elementarteilchenphysik. Das Higgs-Feld verleiht den anderen Elementarteilchen ihre Masse. Die CERN-Forscherin Ariane Frey verglich diesen Mechanismus in ihrem Vortrag mit einem Kochlöffel, der durch einen Topf Honig gezogen wird. Der Löffel fühlt sich schwerer an, als wenn er durch Luft bewegt wird. Auf analoge Weise erhalten Elementarteilchen ihre Masse, wenn sie vom Higgs-Feld umgeben sind. Das Higgs-Boson ist die quantisierte Form dieses Feldes.

Auch am Tevatron, dem Ringbeschleuniger am Fermilab bei Chicago, suchen Physiker nach dem begehrten Teilchen. Dort werden Protonen und Antiprotonen mit einer Schwerpunktsenergie von 2 TeV aufeinandergeschossen. Der LHC soll eine Schwerpunktsenergie von 14 TeV erreichen. Dass die Physik sowohl Hadronen-Beschleuniger wie den LHC und Tevatron als auch den Leptonen-Beschleuniger TESLA braucht, versuchten Klaus Jacobs von der Universität Mainz und Ariane Frey den versammelten Wissenschaftlern und den BMBF-Vertretern klar zu machen. Wenn das Higgs-Boson existiert, werde man es vielleicht am Tevatron und mit Sicherheit am LHC entdecken, sagte Jacobs. Laut Theorie liegt die Masse des Higgs-Bosons zwischen 100 und 1000 GeV. Dieser Bereich wird vom Tevatron zum Teil und vom LHC ganz abgedeckt.

Eine präzise Analyse des Higgs-Mechanismus sei jedoch erst mit TESLA möglich, sagte Jacobs. Beim Linearbeschleuniger TESLA werden Elektronen auf Positronen geschossen. Da diese Leptonen anders als Protonen nicht aus weiteren Teilchen zusammengesetzt sind, lässt sich die Energie des Stoßes sehr präzise kontrollieren. Die Interpretation der Daten ist einfacher als bei Proton-Antiproton-Kollisionen. Ohne Vorarbeiten des LHC wäre die Higgs-Fahndung allerdings wie die Suche nach der Nadel im Heuhaufen. Ariane Frey verglich das Zusammenspiel von LHC und TESLA mit der Erforschung des Top-Quarks, das 1995 am Tevatron direkt entdeckt und anschließend mit einem Elektron-Positron-Collider genauer untersucht wurde.

Das Higgs-Boson allein würde den Aufwand für einen 33 Kilometer langen Beschleuniger wohl kaum rechtfertigen. Die Teilchenphysiker erhoffen sich von dem Beschleuniger auch Hinweise auf „neue Physik“ jenseits des Standardmodells. In Bonn formulierten sie die fünf drängendsten Fragen ihrer Zukunft:

- ▶ Wie erhalten die elementaren Teilchen ihre Masse?
- ▶ Gibt es eine Universalwechselwirkung, aus der alle bekannten fundamentalen Kräfte einschließlich der Gravitation entspringen?
- ▶ Gibt es bisher unbekannt Formen von Materie, eine neue Welt supersymmetrischer Teilchen zum Beispiel? Liegt hier die Erklärung für die „dunkle Materie“, auf deren Existenz die Galaxienverteilung und die Bewegung der Sterne hinweisen?
- ▶ Welcher Natur ist die „dunkle Energie“, die das Universum beschleunigt expandieren lässt?
- ▶ Gibt es verborgene Dimensionen zusätzlich zu den bekannten drei räumlichen Dimensionen?

„Das Standardmodell ist keine endgültige Theorie“, betonte Jan Louis von der Universität Halle. Es kann viele der offenen Fragen nicht beantworten. Louis skizzierte die Alternativen, die als Nachfolger des Standardmodells gehandelt werden: Supersymmetrie und Stringtheorie. Die Supersymmetrie postuliert für jedes Teilchen des Standardmodells ein Schwesterteilchen, dessen Spin um  $1/2$  erhöht bzw. erniedrigt ist. Mit TESLA, so hofft man, ließe sich das leichteste dieser Teilchen nachweisen. Auch die Stringtheorie macht entgegen ihrem Ruf experimentell überprüfbar Vorhersagen. Ihr zufolge sollte es im Mikrokosmos mehr als drei Dimensionen geben. Die neuen Teilchenbeschleuniger könnten eine obere Schranke für diese Dimensionen setzen.

Offene Fragen gibt es genug, jetzt brauchen die Teilchenphysiker „nur“ noch die Maschinen. Ob nach dem LHC auch TESLA gebaut wird, ist indes noch ungewiss. Immerhin hat der Linearbeschleuniger auch im Bundesforschungsministerium einige Freunde. Wenn der Wissenschaftsrat in diesem Jahr TESLA auf Platz eins der Prioritätenliste setzt und aus dem Ausland genug Geld zusammenkommt, könnten die kühnsten Träume der Teilchenphysiker in Erfüllung gehen.

MAX RAUNER