



DIE WELTMASCHINE

► In der Nähe von Genf bauen 2500 Physiker den größten Teilchenbeschleuniger der Welt. Aufeinander prallende Atomkerne sollen hier bald die Daten für die lang ersehnte »Theorie von allem« liefern. Wir haben einen Science-Fiction-Autor zur klügsten Baustelle des Universums geschickt.

TEXT THOMAS LEHR FOTOS JENS NEUMANN



Maximilian Metzger, der Generalsekretär des Cern (rechtes Bild), hat sein Budget um 40 Prozent überzogen, um den neuen Teilchenbeschleuniger rechtzeitig fertig zu stellen. Die Arbeit am Detektor Alice koordiniert Chris Fabjan (linkes Bild). Nicht zu sehen: 1000 Physiker, die mitbauen.

An einem sonnigen Augusttag begibt sich eine 70-köpfige Besuchergruppe in den Tunnel des Teilchenbeschleunigers Cern in Genf. Als die Touristen nach der Besichtigung wieder ans Tageslicht treten, ist die Zeit stehen geblieben, ganz Europa verharrt in einem Dornröschenschlaf. So beginnt der Science-Fiction-Roman »42« von Thomas Lehr, der im vergangenen Jahr für den Deutschen Buchpreis 2005 nominiert war. Für ZEIT Wissen begab sich der Autor noch einmal ans Cern, um die Baustelle des neuen Beschleunigers LHC zu besichtigen.

IF PREDICTIONS COME TRUE. So lautete eine Bildunterschrift in einer der Cern-Broschüren, die ich in den neunziger Jahren bei Recherchen für meinen Roman 42 gesammelt hatte. Als ich vor kurzem noch einmal zum europäischen Kernforschungszentrum fuhr, konnte ich mich doch eines unheimlichen Gefühls nicht erwehren – auch wenn wir es nun nicht mehr mit dem von mir beschriebenen Teilchenbeschleuniger LEP zu tun haben, den man (wirklich ohne mein Verschulden) im Jahre 2000 stilllegte, sondern mit dem Large Hadron Collider, dem LHC, der im bereits vorhandenen, 27 Kilometer

langen unterirdischen Kreistunnel des Vorgängers errichtet wird. Wie würden die Cernianer uns empfangen?

Maximilian Metzger, der Generalsekretär des Cern, erwartet uns in der von Computeranimationen erzeugten Spielhöhlenatmosphäre des Besucherpavillons Microcosm. Würde er einen Roman über das Cern schreiben, erklärt der gewandte Manager im Nadelstreifenanzug, dann würde er es als Geheimorganisation darstellen, als eine Art Illuminatenorden.

Das Illuminatenhafte bezeichnet das schwer Vermittelbare der Teilchenphysik, und den Konspirationsgedanken legen Kopfstärke und globale Verbreitung der Cern-Gemeinschaft nahe. Weltweit sind inzwischen mehr als 10 000 Physiker, Techniker und Ingenieure in über 80 Ländern am LHC beteiligt.

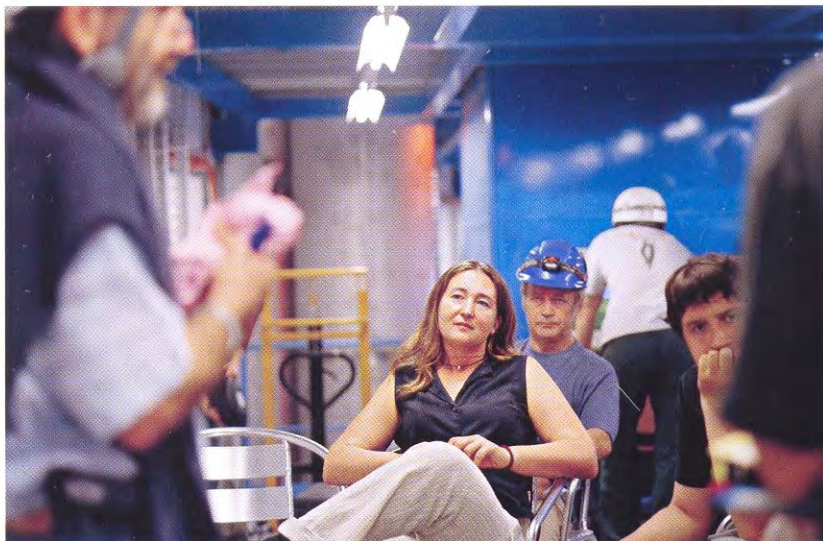
Maximilian Metzger hat alle markanten Zahlen im Kopf – ob es um die 3,7 Milliarden Schweizer Franken geht, die der LHC bislang gekostet hat, oder um den deutschen Anteil am Cern-Haushalt (knapp 20 Prozent der Finanzierung und 10 Prozent des Personals), der in einem gewissen Missverhältnis zu den mageren Showeinlagen steht, die wir Deutschen am Cern geben. Denn

Im Teilchenbeschleuniger LEP (Large Electron-Positron Collider) wurden am Cern von 1989 bis 2000 Elektronen und deren Antiteilchen, Positronen, aufeinander geschossen. Die Maschine hat zahlreiche Vorhersagen des Standardmodells bestätigt.

LHC, der Large Hadron Collider, wird im vorhandenen Kreistunnel montiert. Hier werden ab Ende 2007 Atomkerne (Hadronen) mit 70-mal so viel Energie aufeinander prallen wie im LEP. Die Physiker hoffen, dass sie in den Trümmern neue Teilchen finden.



Dank supraleitender Magnete (oben) verleiht die neue Maschine den Teilchen 70-mal so viel Energie wie bisher. Silvia Schuh und ihre Kollegen (unten) bauen Kalorimeter: Geschwindigkeitsmesser für Elementarteilchen.



Luminosität, gleichsam das Auflösungsvermögen des gigantischen Mikroskops, ist beim LHC hundertmal so groß wie beim Vorgängermodell. Was man bei dieser Sehstärke zu finden hofft, klingt ein wenig wie das Doppelhelden-Duo einer neuen Comicserie, nämlich **Higgs** und **Susy**.

Erkenntnis in diesen Tiefen gewinnen die Teilchenphysiker, indem sie subatomare Partikel bei unvorstellbar hohen Energien aufeinander prallen lassen und das Feuerwerk von Subpartikeln, das dabei entsteht, peinlich genau analysieren. Oliver Brüning, der uns vor einer großen Fabrikhalle empfängt, sorgt für die nötige Unfallgeschwindigkeit auf der Partikelautobahn. Er ist ein jüngerer theoretischer Physiker vom Accelerators and Beams (AB) Department. Die enorme Leistungssteigerung, die der LHC auf der vorgegebenen alten LEP-Strecke erzielen soll, wird hauptsächlich dadurch erreicht, dass 85 Prozent der Rennstrecke von supraleitenden Magnetkanonen ummantelt sind.

Einer der etwa 15 Meter langen, zigarrenförmigen Magnete im Wert von je einer Million Schweizer Franken schwebt, von Arbeitern mit Hilfe einer Art Luftkissenschubkarre befördert, in Kopfhöhe dahin. Insgesamt 1232 Stück müssen hier überprüft und zur Installation im Tunnel freigegeben werden. Die AB-Schützen stehen dabei vor nie da gewesen Anforderungen an Kältetechnik und Strahlungstechnologie, die uns Oliver Brüning vor dem Querschnitt eines der Magnete ansatzweise erklärt. Am Ende verspüren wir ganz neuartige Befürchtungen, wie etwa das abrupte Abschalten der Magnetfelder oder das ungehörige Abweichen eines Protons, das auf seinem Magnetkissen dahinrast, aber vergisst, dass der gesamte LHC-Ring nicht waagrecht, sondern ziemlich schief im Juragestein hängt.

Andererseits hat uns die Ernsthaftigkeit des Physikers davon überzeugt, dass man die erforderliche Präzisionsarbeit leisten können. Während wir uns verabschieden, sinnieren wir über ein psychologisches Phänomen, das uns schon bei Maximilian Metzger begegnete und das bei Oliver Brüning ebenso auftritt wie bei allen Cern-Physikern, die wir an diesem Tag noch treffen werden. Auch die Pressefrau Sophie Sanchis, die uns in einem mit Cern-Emblem verzierten weißen Kleinwagen zur nächsten Station bringt, ist anschei-

weder kommen wir in fröhlichen Busladungen an wie die Italiener, die eine Cern-Tour im Reisebüro buchen können, noch stellen sich deutsche Kanzler und Kanzlerinnen (auch wenn sie zu einem Thema der Quantentheorie promoviert haben) wie ein französischer Präsident vor das Ganze und legen gewissermaßen ein Ärmchen darum. Etwas mehr ostentative Freude an der Sache wünschte sich Herr Metzger wohl, obgleich er hier nur dezent an seiner roten Fliege zupft.

»Unser Budget ist seit Jahren konstant bei ständigem Zwang zur Personalreduzierung. Und wir haben uns verschuldet«, erklärt er. Von der Boulevardpresse schon des Bankrotts verdächtigt, hat man das diesjährige Budget mit Hilfe von Bankkrediten um 40 Prozent überzogen, damit der LHC noch vor Ende 2007 seine Arbeit aufnehmen kann. Metzger stellt klar, dass die politische Genehmigung der LHC-Finanzierung durchaus mit den großen Hoffnungen zu tun hat, die man an die experimentelle Ausbeute stellt. Während der LEP gewissermaßen eine Verifikationsmaschine des **Standardmodells** war, erwartet man vom Nachfolgermodell LHC wesentlich mehr, nämlich fundamentalen Erkenntnisgewinn.

Wir treten ins Freie, um den Erwartungsdruck besser nachfühlen zu können, der auf dem LHC lastet. Die

Als **Standardmodell** bezeichnen Teilchenphysiker ihr heute gültiges Weltbild. Es umfasst 17 Elementarteilchen, deren Antiteilchen sowie die Grundkräfte der Natur.

Das **Higgs-Teilchen**, benannt nach dem Physiker Peter Higgs, ist das letzte Teilchen des Standardmodells, das noch nicht im Experiment nachgewiesen wurde.

Susy ist die Abkürzung für Supersymmetrie. Dieser Theorie zufolge existiert für jedes Teilchen im Standardmodell noch ein Zwillingspartner. Der LHC soll einige von ihnen finden.

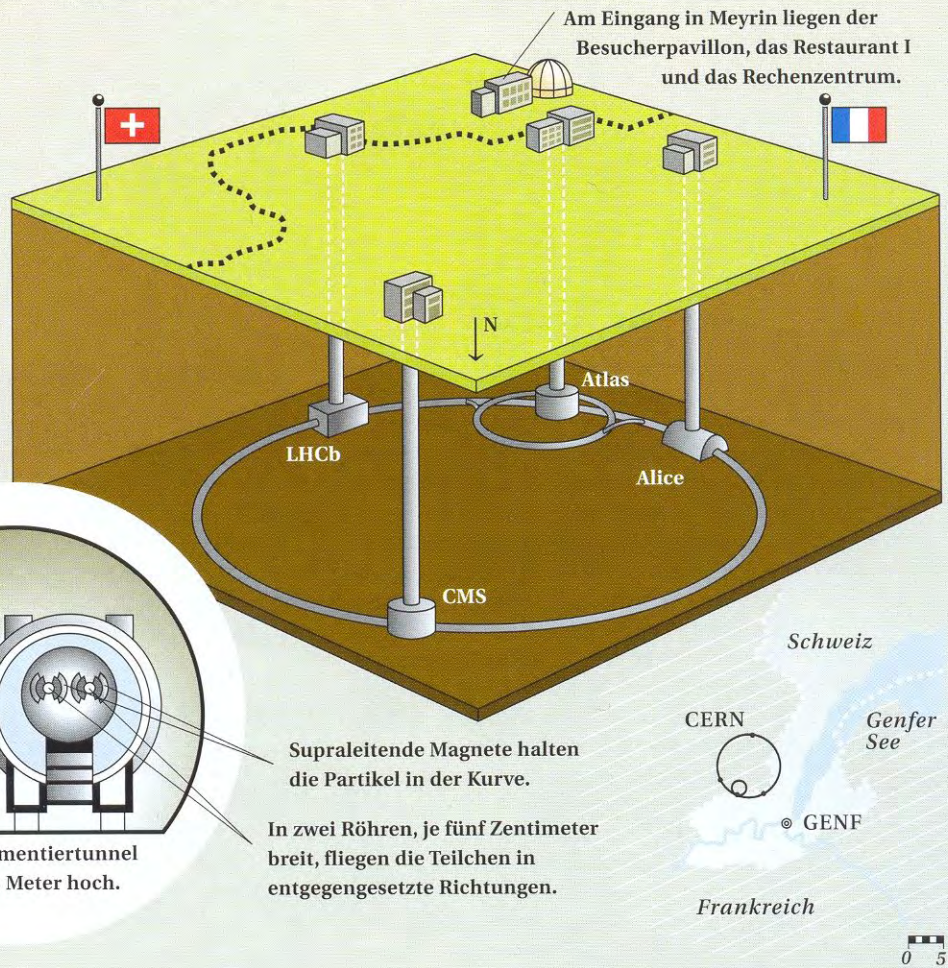


Oliver Brüning berechnet die elektromagnetischen Felder, mit denen die Atomkerne fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Starke Magnete zwingen die Teilchen auf ihre Kreisbahn. Dass der Beschleuniger schief im Juragestein hängt, merken die Atome gar nicht.

DER RING DER ERKENNTNIS

► Das Forschungszentrum Cern gewährt einen Blick ins Innere der Welt.

Der Schriftsteller Hans Magnus Enzensberger vergleicht die Teilchendetektoren am europäischen Forschungszentrum Cern mit »unterirdischen Kathedralen« – so groß sind die vier Kavernen entlang dem 27 Kilometer langen Experimentiertunnel. Seit 52 Jahren erforschen Physiker aus aller Welt am Cern bei Genf (das Kürzel steht für Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) das Innere der Atome. Seit 1989 nutzen sie dafür den 100 Meter tief im Juragestein eingebetteten Tunnel, bis 2000 war dort der Large Electron-Positron Collider in Betrieb. Mit dem neuen Beschleuniger LHC (Large Hadron Collider) sollen hier ab November 2007 Atomkerne mit stärkeren Magneten und Mikrowellen fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden, und zwar in zwei benachbarten Röhren in entgegengesetzter Richtung. In den vier Detektoren LHCb, Atlas, Alice und CMS werden die Atomkerne dann frontal gegeneinander gelenkt. Aus den Spuren der Kollision geht hervor, welche Elementarteilchen in der Kollision entstanden sind. Je höher die Energie, desto größer die Chance, noch unbekannte Partikel zu entdecken.



Supraleitende Magnete halten die Partikel in der Kurve.

In zwei Röhren, je fünf Zentimeter breit, fliegen die Teilchen in entgegengesetzte Richtungen.

Alice (A Large Ion Collider Experiment) ist einer der vier Riesendetektoren am Teilchenbeschleuniger LHC. In seinem Innern sollen ionisierte Bleiatome so heftig aufeinander prallen, dass sie dabei einen Mini-Urknall verursachen: Die Neutronen und Protonen lösen sich dann auf und bilden bei einem Hunderttausendfachen der Sonnentemperatur eine Neuauflage der kosmischen Ursuppe. Alice wird von rund tausend Physikern, Ingenieuren und Technikern gebaut.

nend nicht nur funktionshalber davon ergriffen: Der »Spirit« des Cern wird oft erwähnt, die auch auf randständige Mitarbeiter wirkende adrenalin- und motivationsfördernde Droge, das Bewusstsein, einer Eliteorganisation anzugehören, die etwas weltweit Einzigartiges unternimmt.

Das System von lose in die Juralandschaft gestreuten Gebäudekomplexen, auf denen überall Bauarbeiter werkeln und merkwürdige Röhren, Fässer und Container stapeln, ist eben keine U-Bahn-Baustelle oder Trockenfutterfabrik, sondern das Gerüst einer Denkapparatur, deren gigantischer Umfang Außerphysikalische über die Kraft zur organisierten Neugier rätseln lässt, die gewissen Teilen der Menschheit gegeben ist. Die Anlagen des Cern machen den Termitenbau der experimentellen Wissenschaft sinnlich erfahrbar, die unermüdlich errichtete Pyramide, auch wenn sie in der Erde verschwindet und die Form eines riesigen Donuts hat.

Es wird Zeit, sich zum Tunnel hinabzustürzen. Die Kollaboration **Alice** hat sich als Logo einen orangefarbenen achteckigen Querschnitt ihrer Maschine erwählt, unter dem etwas verloren Lewis Carrolls Mädchenfigur aus dem Wunderland steht. Anstelle des Kaninchens mit der Uhr empfangen uns Chris Fabjan, der technische

Koordinator des Projekts, und Jürgen Schukraft, der Sprecher der Kollaboration. Beide sind freundliche energische Männer mit Humor, die nicht viel Zeit haben, sie sich aber doch auch ganz gerne zu nehmen scheinen, um mit neugierigen Besuchern tief in den Bau zu springen.

SCHÄCHTE, die jedem literarisch relevanten Sturz Ehre machen würden, gibt es am Cern genug. Auf kleinen umgitterten Bühnen kann man ihren Rand betreten und in einen bis zu 100 Meter tiefen, glatt ausbetonierten zylindrischen Abgrund starren, durch den man die riesigen Detektorteile mit Schiffshebekränen hinab befördert. Das achteckige fliegenpilzrote Magnetmäntelchen von Alice hat die Stärke einer Burgmauer und ist 16 Meter hoch und 20 Meter lang. Zurzeit werden Schicht um Schicht immer neue verschiedenartige Detektoren in die Kammer eingebaut, bis das schwere Mädchen das Gewicht des Eiffelturms hat. Wie bei allen Detektoren ist es kaum fassbar, dass der Zusammenbau einer derart komplexen, von so vielen Köpfen ersonnenen Maschine reibungslos gelingen kann.

Aber hier gibt es einen schönen Satz von Jürgen Schukraft: »Kleinere Probleme haben wir jeden Tag,

Erstaunlich dünn ist das Rohr, durch das die Atomkerne im Kreistunnel des Cern flitzen werden, umgeben von brummenden Vakuumpumpen und Magneten (rechts). Im Rechenzentrum (unten) wartet Wolfgang von Rüden auf die Daten der Detektoren – 15 Millionen Gigabyte im Jahr.



ernsthafte Probleme jede Woche, ein großes Problem einmal im Monat – und das sind nur die Schwierigkeiten, von denen ich etwas erfahre.« Wenn der Strahl kommt, wahrscheinlich Anfang 2008, dann werden im Alice-Zylinder Bleiatome so heftig kollidieren, dass ihre Bestandteile zu einer Neuauflage der kosmischen Uruppe verschmelzen. Der Schauerregen von Teilchen, der daraus hervorgeht und sich als Feuerwerk im Detektor entfaltet, produziert in jeder Sekunde die siebenfache Datenmenge der *Encyclopædia Britannica* (wenn auch nicht unbedingt deren noble Weisheit). Und hier leistet sich Chris Fabjan kurz die Frage, ob die Theoretiker wohl mit der enormen Physik, die hier bald zutage tritt, zurechtkommen werden.

Ich habe es mir als Gesellschaftsspiel ausgedacht, die Cernianer, auf die ich treffe, unvermittelt um eine einfache Erklärung für Susy, die Supersymmetrie, zu bitten. Als Gedankenbeschleuniger eignet sich der runde Tisch im Restaurant I, an dem wir Chris Fabjan und Maximilian Metzger wiedersehen und noch auf Jos Engelen treffen, den wissenschaftlichen Direktor des Cern, in Begleitung von Rolf Landua, einem Antimaterie-Spezialisten. Jos Engelen, Niederländer, ein jovialer Mann, neben dem man gerne in einer Kneipe an der Prinsengracht stehen würde, gebraucht das freundliche Wort *bullshit* für die Erklärung eines Kollegen, erklärt das Susy-Zeug dann selbst und freut sich, dass ich finde, er habe es ziemlich genauso kompliziert dargestellt.

Das nächste Tischthema ist freilich noch komplizierter, nämlich die Finanzierung des Cern und ihr spontan auftretendes Antiteilchen, ihre Rechtfertigung. Man spricht über die zahlreichen bedeutenden wissenschaftlichen und industriellen Nebeneffekte, die das Cern auslöst, zum Beispiel in der medizinischen Strahlentechnik oder der Materialforschung. Die Ausbildungsaktivitäten für Universitäten und Schulen sollen reputationsfördernd verstärkt werden, und man seufzt ein wenig darüber, dass das Cern nun wirklich nichts durch das 1990 von Tim Berners-Lee und Robert Cailliau vor Ort geschaffene http-Protokoll, die Grundlage des World Wide Web, verdient hat. Der Jahresetat des Cern entspricht mit 850 Millionen Euro etwa dem zweier größerer Universitäten, was für eine weltweit einzigartige Forschungseinrichtung nicht zu viel sein dürfte.



Außer Alice gibt es noch die Detektoren **Atlas**, **CMS** und **LHCb**, die mit unterschiedlichen Techniken ähnliche Ziele verfolgen. Mit einem weißen Bauarbeiterhelm auf den offenen langen Haaren empfängt uns Silvia Schuh, eine junge Physikerin und **Kalorimeterspezialistin**, die der lebenskluge Chris Fabjan in den Besichtigungsplan geschrieben hat, »damit wir hier nicht nur alte Männer sehen«. Um das Geschäft zu beleben, bringen wir zur Atlas-Tour Henrik Foeth mit, der zur CMS-Konkurrenz gehört. Immer wieder, erzählt er, gäbe es Wissenschaftler aus geheimniskrämerischen Staaten, die es nicht fassen könnten, dass man am Cern alles aufschreiben, fotografieren oder kopieren darf.

EIN RUMPELNDER FAHRSTUHL bringt uns zum Tiefpunkt des heutigen Tags. 100 Meter unter der Erde steigen wir auf Brettern und Metalleitern durch eingerüstete Gänge und erreichen schließlich eine Art Bühne, die sich in Höhe der Zentralachse von Atlas befindet, so dass wir dem Zyklopen direkt ins Auge blicken. Es verspricht uns erst einmal die Sprache. Das Skelett des 46 Meter langen und 25 Meter hohen Großgeräts bilden acht Ringmagnete in Gestalt gigantischer Büroklammern. Es ist mit zahllosen blauen Detektoren gepanzert

Mit dem **Atlas-Detektor** (A Toroidal LHC Apparatus) hoffen Physiker neue Elementarteilchen zu finden. Im Innern prallen Protonen aufeinander und hinterlassen Spuren in den Sensoren, die um die Atlas-Achse angeordnet sind. Ähnlich wie der Allzweckdetektor Atlas ist der 12 500 Tonnen schwere **CMS-Detektor** aufgebaut. Neue Entdeckungen sollten von beiden Maschinen gefunden werden – sonst traut man ihnen nicht. Der **LHCb-Detektor** (LHC beauty experiment) soll helfen zu verstehen, warum es in der Natur mehr Materie als Antimaterie gibt.



Karin Knorr Cetina, Soziologin an der Universität Konstanz, hat die Arbeit der Physiker am Cern untersucht. Ihr Buch »Wissenskulturen« ist bei Suhrkamp erschienen.

Was für Typen sind Teilchenphysiker?

Man sagt ihnen nach, dass sie relativ sachorientiert, aber nicht sozial orientiert sind. Aber das habe ich nicht gefunden. Die Experimente funktionieren ja nur, wenn diese Riesengruppen mit bis zu 2000 Mitgliedern aus weltweit 200 Instituten eine Gemeinschaft bilden. Um das zu schaffen, kommunizieren sie ununterbrochen.

Was unterscheidet das Cern von einer Firma wie Siemens?

Ich habe am Cern keine klaren Anweisungs- und Kontrollebenen vorgefunden. Da arbeiten Hunderte Physiker an einem Experiment, und sie haben nur eine Sekretärin und fast keine Hierarchie.

Wie schaffen es so viele Physiker überhaupt, so eine komplexe Maschine wie den Atlas-Detektor zu bauen?

Voraussetzung ist, dass sie nicht ihren persönlichen Nutzen maximieren, sondern im Dienst des Ganzen arbeiten. Deshalb werden zum Beispiel alle Mitglieder eines Experiments alphabetisch als Autoren aufgelistet, wenn ein Ergebnis veröffentlicht wird. Das sind Hunderte von Namen.

Und wer bekommt dann den Nobelpreis? Carlo Rubbia, der Sprecher eines Cern-Experiments, hat 1984 den Nobelpreis für die Entdeckung von zwei Elementarteilchen bekommen, aber die Physiker sind heute der Meinung, dass eigentlich die ganze Kollaboration solche Preise erhalten müsste. Der Nobelpreis setzt Individuen voraus und ist für diese Art von postmodernen Experimenten nicht geeignet.

Warum postmodern?

Die Experimente der Teilchenphysiker sind sehr selbstreferenziell: Sie beschäftigen sich großteils mit sich selbst. Die Physiker versuchen, den Detektor, den sie

bauen, zu verstehen – obwohl das ja nicht Natur ist. Außerdem ist diese Disziplin sehr semiotisch, sie beschäftigt sich ständig mit Zeichen. Sie können die Quarks ja nicht in die Hand nehmen, sondern nur indirekt erkennen.

Trotzdem sind die Physiker auf der Suche nach absoluter Wahrheit.

Ja, sie machen postmoderne Experimente mit dem Ethos der Moderne, weil sie ernsthaft versuchen, der Sache wirklich auf den Grund zu gehen, ohne Geld zu verschwenden. Das ist bei postmodernen Unternehmungen nicht immer so.

Was lernen wir von den Cern-Physikern?

Den Umgang mit Wissen: Die Hochenergiephysik entdeckt selten neue Teilchen. Die meiste Zeit lernt sie mehr darüber, was sie nicht weiß, also bis zu welchen Energien man nichts gefunden hat und mit welchen Fehlern eine Messung behaftet ist. Man arbeitet mit den Grenzen des Wissens. Andere Wissenschaften tun das nicht, obwohl sie es brauchen könnten.

INTERVIEW: MAX RAUNER

wie ein riesiges Gürteltier. Wegen des aus der Mitte herausragenden **Kalorimeters** könnte man die Maschine auch gut und glaubhaft in einem Science-Fiction-B-Movie als Strahlenkanone einsetzen, mit der man im Weltall feindliche Planeten wegpustet.

»Man gewöhnt sich an die Größe«, sagt Silvia Schuh, »tagelang fällt es einem gar nicht mehr auf.« Aber dann schaut man doch wieder hin und grübelt über das Missverhältnis zwischen der industriellen Massivität der Anlage und den winzigen Untersuchungsgegenständen, für die sie gebaut wird. Hier soll sich womöglich die Nase eines **Superstrings** zeigen, falls sie einige besonders große Extradimensionen aufweist, der LSP, der so genannte Leichteste Supersymmetrische Partner, der ein guter Kandidat für die **dunkle Materie** wäre, und das Higgs-Teilchen sowieso. Silvia Schuh und Henrik Foeth sind da gespannt und gelassen zugleich. Der LHC ist eben eine Untersuchungsmaschine, keine Fertigungsanlage, die ein vorgegebenes Ergebnis erzielt. Sicher ist nur, dass man um Dimensionen tiefer sehen wird als je zuvor.

Zum Abschluss unserer Tour statten wir noch denen einen Besuch ab, die es ausbaden müssen. Wolfgang von Rüden empfängt uns am Eingang des Rechenzentrums. Der Leiter der Cern-IT ist ein hünenhafter, vollbärtiger Mann in den besten Jahren, auf dessen Schultern die 15 Petabyte (schlappe 15 Millionen Gigabyte) wohl ruhen können, die Atlas und seine Konsorten ab 2007 jährlich auf ihn abzuwälzen gedenken. Schon Alice wird in ihren betriebsamen Wochen pro Sekunde 1,25 Gigabyte Information herüberschicken.

Wir wandeln durch zwei übereinander liegende Turnhallen, in denen Tausende vernetzter PCs vor sich hin flackern, was die Platinen halten. Aber sie werden die Datenflut nicht bewältigen können. Erst das LHC-Grid, das globale Gitterrechnen, wird helfen: eine effiziente Verlagerung von Rechen- und Speicherkapazität auf Netzwerke weltweit miteinander kooperierender Rechenzentren und Einzelcomputer.

So aber fühlen wir uns schon glasäugig wie die Roboter, die in ihren staubfreien Isolierzellen die Datenbänder für die Grundsicherung der LHC-Datenlawine einordnen. Mit schwarzen Schirmmützen ausgestattet, die das Logo »The Grid-Café« tragen, wanken wir hinaus. Man könnte jetzt noch allenfalls einen langsamen Segelflug über das Große und Ganze vertragen, über die wie ein Ring zu Babel unter einem freundlich belanglosen Flickenteppich aus Feldern und Wäldchen südlich des Genfer Sees vergrabene größte Untersuchungsmaschine der Welt.

Von einer abgehobenen Position aus könnte man sich noch einmal verwundern über dieses enorm aufwändige, in der Zeitlupe aller Großbaustellen fortschreitende Projekt. Über die unerbittliche Neugier der Ameisenart Mensch, der Natur zu Leibe rückend, mit aller Macht und aller industriellen Konsequenz Ausschau haltend nach der Blaupause Gottes, sofern es eine gibt und sofern diese uns je auch nur einigermaßen verständlich sein wird. ■■

■ Hören statt Lesen: www.zeit-wissen.de/audio

Kalorimeter sind die Geschwindigkeitsmesser der Teilchenphysik. Sie messen die Energie der Partikel, die aus den Kollisionen hervorgehen.

Die Stringtheorie sucht nach »neuer Physik« jenseits des Standardmodells. Sie beschreibt jedes Teilchen als winzige schwingende Saite in einem elfdimensionalen Raum – als **Superstring**.

Dunkle Materie nennen Physiker eine noch unbekannte Materieform, die fast ein Viertel unseres Universums ausmacht. Sie macht sich nur indirekt in Galaxien bemerkbar.