

Physik mit Parlament

Bis zu 2000 Physikerinnen und Physiker entwickeln und bauen die Detektoren des Large Hadron Colliders. Die Kollaborationen haben sich sehr demokratische Spielregeln gegeben.

Stefan Jorda

Ohne Helm geht gar nichts. Nicht erst seit einem Unfall im vorletzten Jahr wird Sicherheit ganz groß geschrieben am Europäischen Zentrum für Teilchenphysik CERN in Genf. Vorschriftsmäßig mit Helm auf dem Kopf geht es von einer schmucklosen Halle aus mit dem Fahrstuhl rund 100 Meter tief unter die Erde. Wenige Sekunden später ist eine Kaverne erreicht, in der locker ein Mehrfamilienhaus Platz hätte. Hier sollen schon bald einige Rätsel des Universums gelöst werden. Wie kommt die Masse in die Welt? Existiert das Higgs-Boson, dessen Existenz eigens dafür vor 30 Jahren postuliert wurde? Lassen sich mithilfe der Supersymmetrie drei der bekannten Kräfte vereinigen? In welchem Zustand befand sich das Universum unmittelbar nach dem Urknall? Der ATLAS-Detektor, der in der Kaverne entsteht, soll gemeinsam mit den anderen drei Detektoren (siehe Kasten) am LHC-Beschleuniger (Large Hadron Collider) Antworten auf diese und andere fundamentale Fragen liefern.¹⁾ Der dazu notwendige Aufwand ist gigantisch: Bei einem Durchmesser von 24 Metern und einer Länge von 46 Metern wird ATLAS rund 7000 Tonnen wiegen.

Auch der 27 Kilometer lange LHC selbst geizt nicht mit Superlativen. Wenn er Ende des Jahres in Betrieb geht, wird er mit seinen 1800 supraleitenden, auf 1,9 Kelvin gekühlten Magneten aus Niob-Titan der weltweit größte „Kühlschrank“ sein. In zwei getrennten Rohren beschleunigt der LHC dann hauptsächlich Protonen, aber auch Ionen, gegenläufig auf gewaltige Energien von einigen TeV. Die gesamte Energie der Teilchen im Beschleuniger wird der eines startenden Airbus A320 entsprechen. Dabei handelt es sich nur um eine „Handvoll“ Teilchen, so wenige,



CERN

dass eine gewöhnliche Stahlflasche mit Wasserstoffgas als Protonenquelle für viele Betriebsjahre ausreicht. Beschleunigt auf knapp unterhalb der Lichtgeschwindigkeit, prallen die Protonen in den Detektoren aufeinander und erzeugen dabei alle 25 Nanosekunden über 1000 Teilchen – darunter vielleicht auch Spuren des Higgs-Bosons oder eines supersymmetrischen Teilchens, hoffen die bis zu 2000 Wissenschaftler aus bis zu 100 Instituten weltweit, die an jedem der Detektoren beteiligt sind.

Viele Chefs – kein starker Mann

Während der LHC vom CERN in Eigenregie und mit klaren hierarchischen Strukturen aufgebaut wird, entstehen die vier Detektoren im Rahmen von großen „selbstorganisierten“ Kollaborationen. Diese konzipieren, entwickeln und bauen die einige hundert Millionen Euro teuren Detektoren und betreiben sie dann auch. Jeder der für die Analyse bestimmter Teilcheneigen-

schaften optimierte Subdetektor ist dabei so groß und komplex wie die kompletten Detektoren an früheren Beschleunigern wie LEP, in dessen Tunnel nun der LHC entsteht. Damit sind diese Kollaborationen rund fünfmal so groß wie früher. Und während sich früher die beteiligten Institutschefs noch an einen Tisch setzen und die Dinge ausdiskutieren konnten, ist das heute angesichts der schieren Größe nicht mehr möglich. Wie gelingt es dennoch, 100 gestandene Institutschefs mit ihren Arbeitsgruppen zu koordinieren und zu führen?

„Hier gibt es keinen starken Mann, der Macht und Geld hat. Stattdessen muss ich Überzeugungsarbeit leisten, denn ich habe keine Weisungsbefugnis und Entscheidungen werden nur im Konsens getroffen.“, sagt Jürgen Schukraft über seine Rolle als Spokesperson der ALICE-Kollaboration, die mit ihrem Experiment das Quark-Gluon-Plasma untersuchen will – ein Zustand, der unmittelbar nach dem Urknall im Universum existierte. „Die Struktur dieser Kollaboratio-

An der ATLAS-Kollaboration sind über 1800 Wissenschaftler aus 34 Ländern beteiligt. Nur ein Teil davon hat sich hier in dem für die Kollaboration errichteten Gebäude versammelt.

¹⁾ vgl. G. Flügge und P. Jenni, Physik Journal, Februar 2006, S. 29



S. Jorda

Jürgen Schukraft ist Sprecher der ALICE-Kollaboration. Bis in den Sommer hinein ist jeder Tag für den Zusammenbau des Detektors genau verplant.

nen ist ähnlich aufgebaut wie eine föderalistische Demokratie“, erläutert Schukraft, der vom „Parlament“ auf drei Jahre gewählt wurde. Dieses Collaboration Board besteht aus einem Vertreter jedes Instituts, meist dem Gruppenchef, und trifft sich drei- bis viermal im Jahr. Die Sitzungen seien recht „uneventful“, sagt Schukraft, da es zu den anstehenden strategischen Entscheidungen vorab rege Diskussionen und Empfehlungen gibt, sodass in der Regel einstimmig abgestimmt wird. Daneben wählt das Collaboration Board – in geheimer Wahl nach einer „wohldefinierten Prozedur“ – einige Mitglieder des Management Boards. Diesem „Kabinett“ gehören neben dem Sprecher die Projektleiter der großen Subdetektoren sowie mehrere Koordinatoren an, die für Finanzen, die Integration der Subdetektoren, Computing etc. zuständig sind. In monatlichen Treffen fällt dieses Gremium größere taktische Entscheidungen. Dazwischen ist Schukraft befugt, praktische Entscheidungen zu treffen. Wenn dabei etwas schief geht, muss er sich vor dem Collaboration Board verantworten.

Die Kollaborationen am LHC sind gewachsen aus den Vorgängerexperimenten am LEP oder an anderen Beschleunigern. So

war der Physikprofessor Norbert Wermes früher Mitglied der OPAL-Kollaboration aus rund 200 Wissenschaftlern am CERN. „Ich habe mich 1994 entschieden, bei ATLAS mitzumachen, und wollte an einer herausfordernden Technologie arbeiten“, erinnert sich der Bonner Physiker und Sprecher der deutschen ATLAS-Gruppen. Dass er schließlich gemeinsam mit weiteren deutschen, europäischen und US-Gruppen Pixeldetektoren aus Silizium entwickelt hat, die im Innendetektor unmittelbar den Kollisionspunkt umgeben, wurde nicht „von oben“ entschieden. „Einige Wissenschaftler hatten daran Interesse“, sagt Wermes, „und wir mussten die anderen überzeugen und uns das Vertrauen erkämpfen“. Am Beginn einer Kollaboration bringe jeder seine Expertise mit, und wenn dabei konkurrierende Ideen auftreten, komme es auch vor, dass eine Gruppe ein Experiment wieder verlasse.

Hat sich die Kollaboration dann gebildet, geht es darum, die Kosten abzuschätzen. „Das ist verglichen mit industriellen Standards alles relativ fliegend, also mit großem Risiko“, sagt Wermes, „denn es geht um eine Technologie, die innerhalb von zehn Jahren erst noch entwickelt werden muss.“ Nachdem die Kostenabschätzung stand, war es die

Aufgabe der beteiligten Institute, Anträge bei den Forschungsförderern zu stellen. Für das vom BMBF bewilligte Geld, das über Bonn in den Bau von ATLAS fließt, ist dabei allein Wermes verantwortlich. „Dafür kann auch das Collaboration Board nicht entscheiden“, sagt er, „ich muss überzeugt werden“.

Gesichtsverlust durch Krisen

In den ersten Jahren bleiben die Entwickler der Subdetektoren mehr oder weniger unter sich, nur an den Schnittstellen muss sichergestellt sein, dass später alles zusammenpasst. Die Entwicklung der Pixelchips war auch wissenschaftlich sehr interessantes Neuland und nicht einfach durch einen Industrienauftrag zu leisten: „Da mussten wir als Physiker selbst ran und einige Regeln umstoßen, zum Beispiel was die Transistordichte angeht.“ sagt Wermes. Verglichen mit den riesigen Ausmaßen von ATLAS sind die Pixeldetektoren sehr filigrane und empfindliche Gebilde, die derzeit in Reinräumen montiert werden. Statt Helm sind daher Laborkittel und Überschuhe gegen elektrostatische Aufladungen Pflicht, wenn man sich ihnen nähern möchte. Weil die letzte Chip-Charge nicht funktioniert hat, gab

DIE DETEKTOREN DES LARGE HADRON COLLIDER

■ **A Toroidal LHC Apparatus ATLAS** ist ein Universaldetektor für den Nachweis des Higgs-Bosons oder supersymmetrischer Teilchen. Namensgebend sind die riesigen supra-leitenden toroidförmigen Magnetspulen. Seine wesentlichen Komponenten sind der Innendetektor (mit dem Pixeldetektor als einem Teil davon), Kalorimeter zur Energiemessung sowie Myonen-Spektrometer. Aus Deutschland sind 12 Institute beteiligt, die bislang rund 900 Personenjahre und 37 Millionen Euro beigetragen haben. (atlasexperiment.org)

■ **Der Compact Muon Solenoid CMS** ist ebenfalls ein Universaldetektor, dessen Spurdetektoren und Kalorimeter sich innerhalb eines 13 Meter langen supraleitenden 4-Tesla-Magneten befinden, der wiederum von den Myonen-Detektoren umgeben ist.

Aus Deutschland sind die Universitäten Aachen, Hamburg und Karlsruhe sowie das DESY mit bislang rund 10 Millionen Euro beteiligt. (cms.cern.ch)

■ **A Large Ion Collider Experiment ALICE** dient hauptsächlich der Untersuchung des Quark-Gluon-Plasmas, das bei der Kollision von Blei-Ionen entstehen soll. Die Universitäten Darmstadt, Frankfurt, Heidelberg, Münster, die GSI Darmstadt u. a. haben sich bislang mit 500 Personenjahren und 18 Millionen Euro beteiligt. (aliceinfo.cern.ch)

■ **Mit dem Large Hadron Collider beauty-Detektor LHCb** soll die CP-Verletzung mit B-Mesonen präzise untersucht werden. Aus Deutschland haben Gruppen aus Dortmund und Heidelberg bislang 3,4 Millionen Euro beigesteuert. (cern.ch/lhcb)

es kürzlich eine Verzögerung, die 300000 Euro zusätzlich kostet – Geld, das innerhalb der Untergruppe des Pixeldetektors aufgebracht werden muss. Ähnliche Probleme treten bei allen Subdetektoren auf – wo im Einzelnen, weiß Wermes aber angesichts der schieren Größe „des Ladens“ nicht. Umso wichtiger ist, dass die einzelnen Projektleiter dem Management ehrlich über Probleme berichten. Generell bedeuten solche Krisen immer auch einen gewissen Gesichtsverlust, der die künftige Position innerhalb einer Kollaboration schwächt. „Starke zuverlässige Entwicklungsarbeit zu leisten macht die Stärke einer Gruppe aus“, sagt Wermes.

Das Management greift bei solchen Problemen nur ein, wenn Hilfe benötigt wird und kann dann auch Projektleiter austauschen. „Das ist bei allen Kollaborationen ein paar Mal passiert, muss aber von der ganzen Gruppe getragen werden“, sagt Schukraft. Als Sprecher könne er solche Änderungen nur initiieren, diskutieren und Alternativen aufzeigen. Mit viel Diplomatie, Geschick und Gespür werde fast immer eine Lösung gefunden, die für die ganze Kollaboration akzeptabel sei. Bei zu großen „Inkompatibilitäten“ komme es allerdings auch vor, dass jemand die Kollaboration verlässt. In der Anfangsphase ließen sich Teilprojekte noch zu anderen Gruppen verlagern, wenn die Zweifel daran, dass

der Zeitplan eingehalten wird oder die Finanzierung gewährleistet ist, zu groß waren. „Diese Flexibilität gibt es jetzt natürlich nicht mehr, jetzt ist der Zug voll auf Fahrt und wir können nicht mehr umsteigen“, sagt Schukraft.

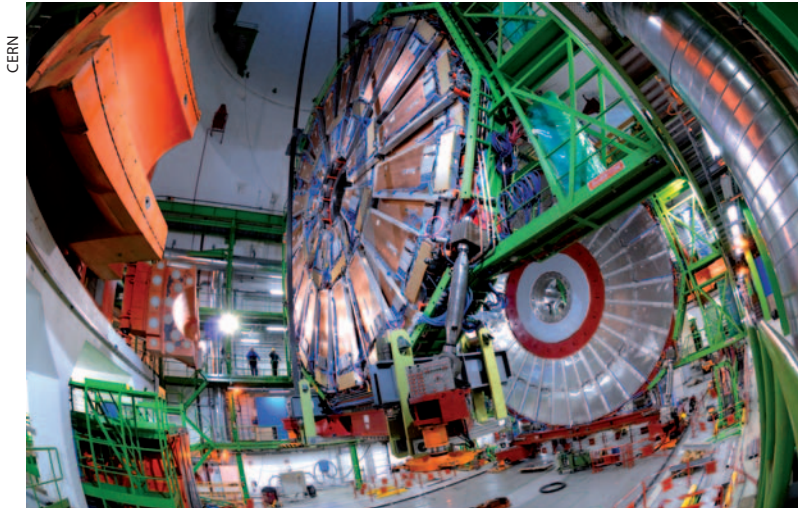
Keine kleinen Rädchen

Während Jürgen Schukraft sich primär als Projektmanager sieht, ist die Tätigkeit von Gero Flucke und Christian Schmitt viel näher an der Physik. Beide sind Nachwuchswissenschaftler – Post-Doc bzw. Research Fellow – und erst seit einigen Monaten am CERN. Fühlt man sich da nicht als kleines Rädchen in einem großen Getriebe? Nein, betonen beide, auch wenn sich der Blick über den Tellerrand erst langsam entwickle. Flucke hat zuvor am H1-Experiment am DESY in Hamburg gearbeitet und auch nach fünf Jahren Diplom- und Doktorarbeit nicht alle Details im Blick gehabt. Nun ist er als Vertreter der Arbeitsgruppe der Universität Hamburg am CERN und berichtet regelmäßig an seinen Chef. „Wenn ich versuchen würde, alles mitzubekommen, käme ich nicht mehr zur eigenen Arbeit“, sagt er angesichts der zahlreichen Meetings und Mailing-Listen, die ihn ständig mit Informationen versorgen. Drei- bis viermal im Jahr trifft sich die ganze Kollaboration am CERN.



S. Jorda

Norbert Wermes hat gemeinsam mit Kollegen und Mitarbeitern die Pixeldetektoren entwickelt, die im Zentrum des ATLAS-Detektors dem Higgs-Boson am nächsten kommen werden.



Der 12 000 Tonnen schwere CMS-Detektor wurde zunächst oberirdisch zusammengebaut und wird nun in einzelnen Modulen in die Kaverne abgesenkt.

Dann platzen die Gästehäuser aus allen Nähten und es ist schwer, ein Quartier zu bekommen. „Die großen Treffen sind gut, um die wesentlichen Sachen mitzubekommen und den Anschluss nicht zu verlieren“, sagt Flucke. Als Mitglied der CMS-Kollaboration beschäftigt er sich mit der Ausrichtung des Spurdetektors. Dabei ist eine hohe Präzision notwendig, um die Teilchenspuren später genau messen zu können. Diese Aufgabe möchte Flucke möglichst gut lösen, „auch wenn ich am Ende nicht das Higgs-Boson in meiner eigenen Analyse finde.“ Gestaltungsspielraum gebe es dabei immer noch, beispielsweise bei der Software für die Rekonstruktion der Ereignisse, sagt Schmitt, der sich bei ATLAS mit dem Innendetektor und der zugehörigen offline-Software beschäftigt: „Ich habe auch schon erlebt, dass neue Ideen nach der Diskussion in der Arbeitsgruppe aufgegriffen werden, da werden auch die Jungen rangelassen“. Als Research Fellow genießt Schmitt das besondere Privileg, dass er sich sowohl das Experiment als auch die Arbeitsgruppe, bei der er mitarbeiten möchte, frei auswählen konnte.

Derzeit werden in den Kavernen die Detektoren zusammengebaut. Durch einen Schacht senkt ein großer Kran die Komponenten in Millimeterarbeit ab. Die verschiedenen Stockwerke der Detektoren lassen sich über ein Netz von Treppen und Stegen erreichen; dazwischen liegen überall Kabelbäume und Versorgungsleitungen. „Die Leute, die den Zusammenbau koordi-

nieren, sind manchmal arm dran“, sagt Flucke, denn jedes Institut habe seine eigenen Regeln und der CMS-Koordinator könne den Mitarbeitern der anderen Gruppe keine direkten Anweisungen geben.

Das Zusammenspiel der Kulturen

Überhaupt funktioniert das Zusammenspiel der Kulturen nicht immer reibungslos, wenn beispielsweise deutsche Gründlichkeit auf italienisches Temperament stoßen. „Da prallen schon mal Welten aufeinander“, sagt Schukraft, aber der Zeitplan sei für alle gleich. Und wenn einzelne Länder das Ganze „relaxter“ angingen, dann würden sie halt mehr „reviewed und angeschoben“. „Die Deutschen werden insgesamt etwas entspannter und die Italiener vielleicht etwas organisierter“, meint Schmitt, der diese Welten auch aus seiner eigenen Familie kennt, denn seine Frau ist eine italienische Physikerin, und beide haben sich als Sommerstudenten kennen gelernt. Prädestiniert für solche Begegnungen ist das rund um die Uhr geöffnete Restaurant, in dem die Wissenschaftler aus 80 Nationen zwischen „Menu Proton“ und „Menu Neutron“ wählen können – bei gutem Wetter mit Blick auf den Mont Blanc.

Ende 2007 soll der LHC in Betrieb gehen. So wie der Beschleuniger müssen auch die Detektoren dann erst eingefahren werden. „Das gibt einen slow flying start“, erklärt Schukraft, „denn es gibt keine Be-

dienungsanleitung, und ein Experiment, das über 15 Jahre entwickelt wurde, kann man nicht an einem Tag einschalten und es läuft“. Zudem ist abzusehen, dass bis dahin nicht alle Komponenten montiert sein werden. Aber selbst mit einem Detektor, der erst zu 70 Prozent fertig sei, könne man bereits 50 Prozent der Physik machen. Beim Beschleuniger selbst sei das anders, sagt Schukraft: „Wenn da ein wichtiges Teil fehlt oder nicht funktioniert, läuft der ganze Beschleuniger nicht“. Vor 2009 ist kaum mit einer Entdeckung des Higgs-Bosons zu rechnen. Und so groß die Freude dann auch sein wird, würde sie ein Problem ganz anderer Art aufwerfen: Wem könnte aus den Kollaborationen gerechterweise der Nobelpreis zuerkannt werden, wenn es einen „starken Mann“ wie Carlo Rubbia, den Preisträger von 1984, nicht gibt? Da die Statuten der Nobelstiftung höchstens drei Preisträger vorsehen, mutmaßt schon manch einer, dass die Experimentatoren insgesamt leer ausgehen könnten.

Unbeeindruckt von solchen Überlegungen haben die Planungen bereits begonnen für ein Upgrade des Beschleunigers, der dann die zehnfache Luminosität liefern soll. Das bedeutet zehnmal mehr Kollisionen, zehnmal mehr interessante Ereignisse, aber auch eine zehnmal höhere Strahlenbelastung der Detektorkomponenten. Für ATLAS wird das unter anderem bedeuten, den gesamten Innendetektor auszutauschen, da der jetzige Detektor „das nicht überlebt“, sagt Wermes. Also gibt es bereits jetzt eine Task force und Workshops mit „wilden Ideen“, in denen es „schon mal kracht“. „Kürzlich war ich gar nicht einverstanden und habe gesagt, das neue Layout ist Unsinn“, erinnert sich Wermes an eine in der Form freundliche, aber in der Sache harte Diskussion. Aber wenn er überstimmt wird, würde er das natürlich akzeptieren, denn die Kollaborationen leben nunmal von der Bereitschaft zu Kompromissen und Konsens: „Ich möchte ja weiter dabei sein und diese faszinierende Physik machen.“