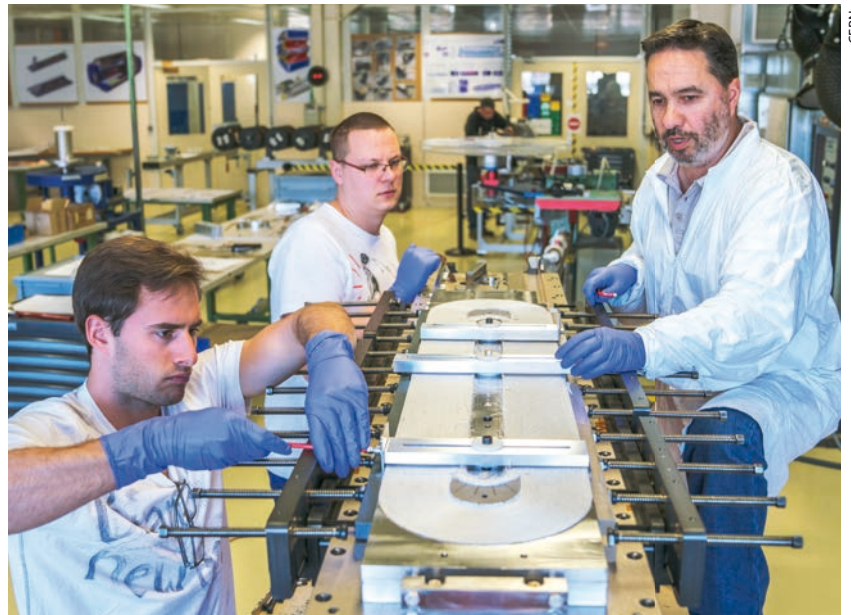


Ein Ring der Superlative

Mitte Januar hat eine internationale Kollaboration die Konzeptstudie für einen Future Circular Collider als Nachfolger des Large Hadron Collider vorgestellt.

Die Entdeckung des Higgs-Bosons vervollständigte im Jahr 2012 das Standardmodell, das viele Phänomene der Teilchenphysik korrekt beschreiben und vorhersagen kann. Und doch sind Fragen offen, die seine Erweiterung verlangen, beispielsweise die Materie-Antimaterie-Asymmetrie, die Dunkle Materie oder die Neutrinomasse. Noch unentdeckte Teilchen, deren Masse zu groß und Kopplung zu schwach sein könnten, um sie mit dem Large Hadron Collider zu beobachten, könnten möglicherweise diese Fragen beantworten – ein Grund für die Teilchenphysik, bereits jetzt Pläne zu schmieden für die Zeit nach dem LHC. Nach fünf Jahren Arbeit hat eine internationale Kollaboration aus mehr als 1300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern von 150 Universitäten, Forschungsinstituten und Industriepartnern im Januar die detaillierte Konzeptstudie für den Future Circular Collider (FCC) vorgelegt.¹⁾

Die Designstudie umfasst vier Bände. Darin diskutiert sie die verschiedenen Möglichkeiten für große Ringbeschleuniger in der Zukunft, die physikalischen Erkenntnisse, die sich damit erzielen lassen könnten, die technischen Herausforderungen sowie Kosten und Zeitpläne für deren Realisierung. Der hundert Kilometer lange Ringbeschleuniger FCC könnte nach 2035 auf den High-Luminosity LHC folgen und zunächst als Elektron-Positron-Collider FCC-ee starten. Dieser würde eine bislang unerreichte Luminosität besitzen und über Präzisionsmessungen die Möglichkeit bieten, selbst winzigste Abweichungen vom Standardmodell zu entdecken. „Als Hochpräzisionsmaschine ist der Leptonencollider darauf ausgerichtet, die Z-, W- und Higgs-Bosonen und das Top-Quark des Standardmodells sehr präzise zu untersuchen“, erläutert Michael Benedikt vom CERN, der die FCC-Studie koordiniert hat. Der Bau des Leptonencolliders würde der Studie zufolge rund zehn Jahre dauern und mit vier Milliarden Euro zu



Eine verbesserte Racetrack-Modellschleife mit Nb₃Sn-Supraleiter wurde am CERN gebaut.

Buche schlagen, plus fünf Milliarden für den Bau des hundert Kilometer langen Tunnels.

Der Leptonencollider würde etwa 15 Jahre in Betrieb sein. Parallel dazu könnten die Vorbereitungen für den Bau des Hadronencolliders FCC-hh laufen. Der Umbau würde knapp zehn Jahre erfordern und etwa 15 Milliarden Euro kosten. Mit einer Kollisionsenergie von 100 TeV soll der FCC-hh den LHC etwa um eine Größenordnung übertreffen. Möglich wäre dies durch den fast viermal längeren Beschleunigerring und ein doppelt so starkes Magnetfeld. Dafür gilt es, das supraleitende Magnetsystem zu optimieren und die Hochfeldmagnete weiterzuentwickeln. „Der Hadronenbeschleuniger wird den erreichbaren Parameterraum gegenüber dem LHC wesentlich erweitern und besitzt damit ein enormes Entdeckungspotenzial“, sagt Michael Benedikt. Ein solcher Beschleuniger kann Milliarden von Higgs-Bosonen und Billionen von Top-Quarks erzeugen und es erlauben, besonders seltene Zerfälle zu untersuchen oder die Wechselwirkung des Higgs-Bosons mit sich selbst.

Mitte des letzten Jahres hatten Physiker aus China ebenfalls eine Konzeptstudie für einen 100 km großen Leptonencollider vorgelegt, den Circular Electron Positron Collider (CEPC). Derzeit läuft die Studie zum Technical Design Report mit dem Ziel, 2022 mit dem Bau zu beginnen. Michael Benedikt sieht das Projekt nicht als Konkurrenz: „Für uns ist das eine sehr gute Bestätigung, dass wir auf dem richtigen Weg sind.“ Zudem habe das CERN in den vergangenen sechs Jahrzehnten gezeigt, dass man in der Lage sei, Großprojekte in internationalen Kollaborationen wirtschaftlich und zeitlich erfolgreich abzuwickeln. „Der Schlüssel liegt in der internationalen Zusammenarbeit und darin, hocheffizient In-kind-Beiträge aus aller Welt erfolgreich einzusetzen“, bekräftigt Benedikt. Aus diesem Grund sei auch die Designstudie für den FCC von vornherein global und weltweit offen gestaltet mit dem Ziel, die internationalen Partner von Beginn an in Designentscheidungen und Optimierungen einzubinden.

Nach der Veröffentlichung der Designstudie werden die Vorarbeiten für den FCC weitergehen: „Wir

kennen inzwischen sehr genau die Infrastruktur- und Technologieanforderungen für das integrale FCC-Konzept und können das technische Design weiter optimieren und Vorbereitungen für eine mögliche Implementierung treffen“, verdeutlicht Michael Benedikt.

Die Designstudie für den FCC wird nun einfließen in das Update der europäischen Strategie für die Teilchen-

physik. Die letzte hatte 2013 dem LHC und seinem Upgrade höchste Priorität eingeräumt, aber auch dazu aufgefordert, Studien vorzulegen für mögliche Nachfolgeprojekte des LHC. Eines davon könnte der International Linear Collider sein, über dessen Realisierung die japanische Regierung in diesem Frühjahr entscheiden wird. Neben dem FCC gibt es mit dem Compact Linear Collider (CLIC) ein

zweites Beschleunigerprojekt, das am CERN koordiniert wird.²⁾

2020 soll dann die neue europäische Strategie für die Teilchenphysik vorliegen und eine Empfehlung geben für das aussichtsreichste Nachfolgeprojekt des LHC.

Maike Pfalz

1) Mehr Infos unter: <https://fcc-cdr.web.cern.ch>

2) vgl. Physik Journal, Januar 2017, S. 12

Eisige Forschung

Die Forschungsstation Neumayer III in der Antarktis feiert ihr zehnjähriges Jubiläum.

Extreme Bedingungen, Schnee und Temperaturen bis minus fünfzig Grad Celsius kennzeichnen das Leben und Forschen in der Antarktis. Die Neumayerstation III bietet ganzjährig eine Basis für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt.^{+) Sie ist bereits die dritte Station, die nach dem deutschen Polarforscher Georg von Neumayer benannt ist. Die erste wurde 1981 errichtet und 1992 durch ihren Nachfolger ersetzt. Anfang 2009 wurde die Neumayerstation III fertig gestellt. Sie befindet sich am nördlichen Rand der Antarktis, rund 2000 Kilometer vom Südpol entfernt. „Der antarktische Kontinent trägt die größten Eismassen der Erde, das Südpolarmeer nimmt erhebliche Mengen CO₂ und Wärme auf, daher ist die Forschung in dieser Region von elementarer Bedeutung“, betont Antje Boetius, die Direktorin des Alfred-Wegener-Instituts, das die Station betreibt.}

Die Forschungspalette ist vielfältig. So gibt es an der Neumayerstation ein seismologisches sowie ein meteorologisches Observatorium, das Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck und Wind am Boden und – mithilfe von Wetterballons – in der Höhe misst. Auch die Ozonkonzentration wird erfasst. Darüber hinaus befindet sich bei der Station ein Spurenstoff-Observatorium, das die chemische Zusammensetzung der Luft ermittelt.

Alfred-Wegener-Institut, Stefan Christmann, CC-BY 4.0



Seit zehn Jahren ist die Neumayer-Station III die Basis der deutschen Antarktisforschung.

Weitere Forschungsschwerpunkte sind Messungen zur zeitlichen Variation des Erdmagnetfelds sowie ein Array für Infraschallmessungen, das einen Beitrag zur Kontrolle des Kernwaffenteststopp-Vertrags leistet.

Darüber hinaus wird seit 2017 unter Projektleitung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt das Gewächshaus EDEN-ISS getestet, das den Anbau von Nutzpflanzen im All oder in klimatisch ungünstigen Regionen ermöglichen soll.

Auf der Neumayerstation arbei-

ten im Sommer bis zu 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Im Winter ist sie in der Regel von neun Personen besetzt. Die Station besteht aus 118 Containern mit einer Gesamtfläche von 4890 Quadratmetern und steht auf 16 Stelzen. So lässt sich gewährleisten, dass Neuschnee sie nicht im Laufe der Zeit zudeckt. Neumayer III kann mit dem Schnee mitwachsen und steht immer etwa sechs Meter über der Oberfläche. Durch diese Technik hält die Station länger als ihre beiden Vorgänger durch und soll noch mindestens bis 2035 im Einsatz bleiben.

Anja Hauck / AWI



AWI

+) www.awi.de