

1

Das Forschungszentrum CERN – Von den höchsten Energien zu den kleinsten Teilchen

Prof. Dr. Rolf-Dieter Heuer

Prof. Dr. Rolf-Dieter Heuer hat an der Universität Stuttgart Physik studiert und 1977 bei Joachim Heintze in Heidelberg über den Zerfall des ψ' Mesons promoviert. Von 1978 bis 1983 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Heidelberg, wobei er in der JADE Kollaboration am Elektron-Positron Speicherring PETRA am DESY in Hamburg arbeitete. 1984 wechselte er ans Forschungszentrum CERN bei Genf an den dortigen Elektron-Positron Speicherring LEP und das OPAL Experiment. Von 1994 bis 1998 leitete er die OPAL Kollaboration. 1998 bekam er einen Ruf an die Universität Hamburg, wo er am DESY eine der weltweit führenden Gruppen auf dem Gebiet der Elektron-Positron Linearbeschleuniger aufbaute.

Von 2004 bis 2008 hatte er die Forschungsdirektion für Teilchen- und Astroteilchenphysik am DESY inne und war dabei unter anderem für die Physik am HERA Beschleuniger und die Zusammenarbeit des DESY mit dem CERN verantwortlich. Im Januar 2009 trat er sein Amt als Generaldirektor des CERN an.

Das CERN – Europäisch und International

Wenn man über das Forschungszentrum *CERN* (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) berichten möchte, ist ein kurzer Abriss der entsprechenden Hintergründe und Strukturen sicherlich unabdingbar. Im Jahr 1949 kam auf der *Conference de la Culture* in Lausanne zum ersten Mal die Idee zu einer europäischen Kollaboration in der Kernphysik auf – die eines Europäischen Instituts für Kernphysik. Unter der Schirmherrschaft der UNESCO führte dies fünf Jahre später im Jahr 1954 zur Gründung und 1955 zur Grundsteinlegung des CERN, wobei Genf als Sitz bestimmt worden war. Man kann sagen, dass eines der herausragendsten Merkmale des CERN neben der Wissenschaftsausübung auf Weltniveau das der wissenschaftlichen Völkerverständigung darstellt. Durch seine zwölf europäischen Gründungsstaaten, darunter auch Deutschland, ist es eines der ersten europäischen Gemeinschaftsunternehmen. Bis zum heutigen Tag ist die Mitgliederzahl sogar schon auf zwanzig europäische Staaten angewachsen. Man kann es fast als Wissenschaft für den Frieden bezeichnen, wenn eine

große Anzahl unterschiedlicher Nationen und Kulturen für das gemeinsame sinnstiftende Ziel des Wissensgewinns zusammenarbeitet. Aufgrund dessen kam 2010 am CERN die Idee auf, den Buchstaben E im Akronym CERN im Englischen von *Europe* zu *Everywhere* umzudefinieren. Dies schlägt sich auch in den neu dazugekommenen Mitgliedsstaaten und den momentan ausstehenden Bewerbungen nieder. Seit 2014 ist Israel Mitglied und schlägt damit die Brücke von Europa nach Asien. Anträge auf vollständige oder assoziierte Mitgliedschaft kommen darüber hinaus aus Ländern wie Brasilien, Russland und Pakistan. Trotz seines hohen Alters von 60 Jahren hat das CERN folglich noch lange nichts von seiner großen Attraktivität eingebüßt.

Am CERN sind 2300 Menschen angestellt und mehr als 1000 weitere Personen werden finanziell unterstützt. Das Forschungszentrum verfügt über ein Budget in Höhe von ungefähr einer Milliarde Schweizer Franken. Über die Hälfte der Mitarbeiter sind sehr jung beziehungsweise am Beginn ihrer Karriere – vom Postdoc zum Ingenieur in erster Anstellung. Das CERN hat darüber hinaus 11.000 wissenschaftliche Nutzer mit rund einhundert verschiedenen Nationalitäten weltweit, die an der Datennahme und wissenschaftlichen Auswertung beteiligt sind (Abb. 1.1). Diese einhundert verschiedenen Nationen arbeiten friedlich zusammen und sprechen dabei alle eine Sprache, nämlich die der Wissenschaft, um den Völkerverständigungsaspekt noch einmal aufzugreifen. Dabei richten sich die erwähnten Nationen nicht nach dem jeweiligen Pass der Wissenschaftler, sondern vielmehr nach dem Standort ihres jeweiligen Instituts, an dem sie forschen. Die meisten davon, rund 65 %, kommen aus den Mitgliedsländern, weitere 30 %

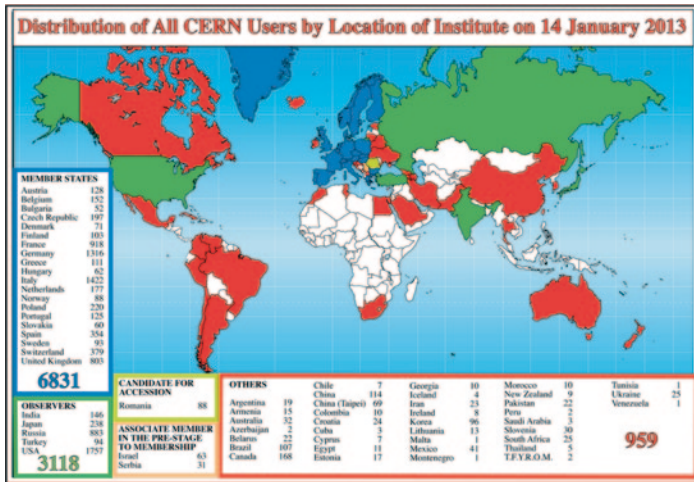


Abb. 1.1 Weltweite nationale Verteilung der am CERN arbeitenden Institute (© CERN)

aus den Beobachterstaaten und den Staaten, die momentan Mitglied werden wollen, und aus dem Rest der Welt knapp 10 %. Man könnte behaupten, dies sei Diplomatie durch Wissenschaft, und damit würde man gar nicht einmal so falsch liegen. Dabei ist der Generaldirektor des CERN kein Wissenschaftler mehr, der Generaldirektor des CERN ist ein reiner Diplomat geworden.

Eine Frage, die sich viele Menschen sicher stellen, ist die des Auftrags des CERN. Zum einen ist das natürlich die Forschung. Das liegt klar auf der Hand, denn ohne sie gäbe es das Forschungszentrum schließlich nicht. Jedoch wäre die Forschung auf der anderen Seite auch unmöglich ohne die Faktoren Innovation, Technologie und Ausbildung. In der Grundlagenforschung, die wir hier betreiben, darf nicht nur nach dem unmittelbaren Nutzen gefragt werden. Wir

wollen vor allem die Grenzen des menschlichen Wissens erweitern. Wir wollen Erkenntnisse finden, unter anderem zur Entwicklung des frühen Universums und der Frage, was die Welt im Innersten zusammenhält. Das ist das, was, glaube ich, jeden Menschen jeden Alters bewegt. Der Beginn und die Entwicklung des Universums und seiner Konstituenten sind dabei der springende Punkt. Man benötigt dabei immer neue Technologien für die Beschleuniger und Detektoren, um in eben diese unbekannten Gegenden vorzustoßen. Ebenso wichtig ist für das Forschungszentrum die Weiterentwicklung der Informationstechnologie gewesen. Nicht ohne Grund wurde hier 1989 die heutige Form des Internets, das *World Wide Web*, von *Tim Berners-Lee*, einem ehemaligen Mitarbeiter, entwickelt.

Dies erwuchs aus der Notwendigkeit heraus über eine Plattform zu verfügen, die auf verlässliche Art und Weise allen Leuten, die darauf Zugriff haben durften, entsprechende Informationen schnell und sicher übermitteln konnte. Dieses Bedürfnis legte somit den Grundstein für das WWW, einem exzellenten Beispiel dafür, wie sich aus einem notwendigen Nebenprodukt internationaler Grundlagenforschung etwas entwickelt, das in vielerlei Hinsicht für den Großteil der Menschen weltweit unentbehrlich geworden ist. Der erste Server, auf dem all dies entwickelt wurde, lässt sich heute in der CERN-Ausstellung besichtigen.

Tim Berners-Lee und das WWW

Sir Timothy John Berners-Lee (*1955) ist ein britischer Physiker und Informatiker. Er studierte Physik in Oxford und arbeitete danach einige Jahre bei einer Telekommunikationsfirma und als Software-Entwickler. Als unabhängiger Berater arbeitete er 1980 erstmals am CERN. Nachdem er von 1981 bis 1984 bei einer

Computerfirma in Bournemouth den Direktorenposten übernommen hatte, kehrte er 1984 als Mitarbeiter ans CERN zurück. Durch die unterschiedliche Computernetzwerk-Infrastruktur am CERN schlug Berners-Lee 1989 eine auf dem Hypertextprinzip basierende Methode vor, um den Informationsaustausch zu verbessern. Im Zuge dessen entwickelte er die Programmiersprache HTML, den ersten Web-Browser World Wide Web (WWW) und den ersten Webserver CERN httpd. Die erste Webseite wurde im August 1991 online gestellt, informierte über das Prinzip des WWW und lieferte eine Anleitung zum Einrichten eines Web-servers.

1994 gründete er das *World Wide Web Consortium* (W3C), dem er heute noch vorsteht. Das W3C besteht aus einer Vielzahl verschiedener Unternehmen und hat sich zur Aufgabe gesetzt die Entwicklung der WWW-Standards und die dahinterstehende Ideologie, wie die der Gebührenfreiheit, zu verfolgen. Seit 1999 ist er Professor für Computerwissenschaften am MIT. Neben zahlreichen Ehrungen wurde er 2004 für seine Verdienste zur Entwicklung des Internets zum Ritter geschlagen.

Ein weiterer Punkt der Weiterentwicklung in der Informations- und Computertechnologie ist das sogenannte *Grid-Computing*, das zur weltweiten Vernetzung von Computerzentren führt. Dies garantiert auf der einen Seite eine immense Rechenleistung zur Datenauswertung, auf der anderen Seite eine exzellente Methode zur Datenspeicherung der enormen Datenmengen. Dies ist zum Beispiel für die Medizin in Bezug auf Diagnose und Therapie sehr wichtig geworden.

Grid-Computing und das CERN

Der Begriff des sogenannten *Grid-Computings* (grid=Gitter) steht für einen Prozess des verteilten Rechnens, wobei aus vielen einzelnen miteinander verbundenen Computern, einem sogenannten *Cluster*, ein *Supercomputer* entsteht, um stark rechenintensive Probleme zu lösen und große Datenmengen

verarbeiten zu können. Die zum Teil sehr heterogenen Computer sind dabei im Gegensatz zu herkömmlichen homogenen Clustern, wie zum Beispiel die riesigen *Serverfarmen* bei der NASA oder den Hochleistungsrechenzentren in Jülich und Garching, meist über große Distanzen verteilt, wodurch gerade im Wissenschaftssektor verschiedene Institute ihre Rechenleistung leicht zusammenschließen und somit vergrößern können. Grid-Computing findet in vielen naturwissenschaftlichen Bereichen, wie der Physik, Mathematik und der Medizin Anwendung, aber auch in den Bereichen der Wirtschaftswissenschaften und in der Finanzbranche.

Am CERN findet für die Experimente am LHC das sogenannte *Worldwide LHC Computing Grid* (WLCG) Verwendung, welches den jeweiligen an den entsprechenden Experimenten beteiligten Forschern weltweit die entsprechenden Ressourcen garantiert, um die jährlich anfallenden 15 Petabyte an LHC Daten jederzeit und überall analysieren und verarbeiten zu können. Das WLCG bildet das weltweit größte Computing-Grid mit über 40 beteiligten Ländern, 170 Rechenzentren und mehr als 100.000 Prozessoren und erlaubt Zugriff auf entsprechende LHC-Daten nahezu in Echtzeit. Das WLCG war eine wichtige Voraussetzung für die Verkündung der Entdeckung des Higgs-Bosons am 4. Juli 2012.

Ausbildung am CERN

Kommen wir zum Ausbildungsauftrag. Zum einen betrifft das Studenten, insbesondere DoktorandInnen, wovon ca. 2500 an LHC-Experimenten allein arbeiten und dort ihre Doktorarbeit anfertigen. Wirft man einen Blick in die Altersstatistik, die im Jahr 2009 angefertigt wurde, sieht man eine große Häufung um ein Alter von dreißig Jahren. Schon dies zeigt den hohen Stellenwert, den die jüngere Generation und ihre Ausbildung am CERN besitzen.

Darüber hinaus dürfen auch die vielen Bachelor-, Master- und Diplomstudenten nicht unerwähnt bleiben, die an den jeweiligen Universitäten ebenso ihren Beitrag zu allem leisten. Doch nicht alle bleiben nach Abschluss ihrer Arbeit am CERN oder überhaupt in der Forschung. Die Hälfte der Doktoranden geht sofort in die freie Wirtschaft. Es wird also nicht nur für den „Elfenbeinturm“ ausgebildet, sondern auch für unzählige Wirtschaftsbereiche von der IT-Branche über den Finanzsektor bis hin zu Unternehmensberatungen und Chemieunternehmen.

Wo sind Physiker überall tätig?

Physiker findet man nicht nur an Hochschulen oder Forschungseinrichtungen, sondern in unzähligen Bereichen, bei denen man vielleicht nicht einmal unmittelbar an die Physik denkt. Während nur ungefähr ein Viertel aller Physikabsolventen im eigenen Feld weiterarbeitet, landen viele Physikabsolventen in benachbarten naturwissenschaftlich-technischen Bereichen wie der Chemie, Biologie, Informatik, Mathematik oder dem Ingenieurwesen. Das rein Fachliche steht bei der Physikausbildung auf lange Sicht weniger stark im Vordergrund als das ausgeprägte mathematisch-analytische Verständnis und die Fähigkeit sich schnell in fremde Aufgabenbereiche einarbeiten zu können. Aus diesem Grund sind Physiker nicht nur in der Industrie gefragt, sondern z. B. auch in Bereichen wie der Finanzbranche, als Patentanwälte, in Unternehmensberatungen und aufgrund ausgeprägter EDV-Kenntnisse häufig auch in der IT-Branche.

Der Ausbildungsauftrag beinhaltet noch mehr und zwar in Form von Kursen für Lehrer, den sogenannten *Teacher Schools*. Diese reichen in ihrer Dauer normalerweise von einem verlängerten Wochenende bis hin zu einem dreiwöchigen Kurs. Insgesamt nehmen an diesen Kursen im Laufe des Jahres ungefähr 1000 Lehrer aus aller Herren Länder

teil, wodurch wir am Rande des sinnvoll Machbaren sind: Man stelle sich vor, dass dies bei ca. 50 Wochen im Jahr 20 Lehrer pro Woche ergibt! In den letzten 13 Jahren waren dies über 6000 Lehrer, wobei wir in den letzten drei Jahren die Grenze von 1000 pro Jahr erreicht haben. Das Schöne dabei ist, dass die Lehrer nicht nur aus den bekannten Industrienationen kommen, sondern aufgrund weitreichender Kollaborationen auch aus Ländern wie Angola, Ghana und Timor-Leste, wobei das letztere von Portugal unterstützt wird. Wir hegen nun die Hoffnung, dass diese Zusatzausbildung für Physiklehrer sich auch in den Studentenzahlen niederschlägt, indem diese dazu beitragen, die Faszination für die Physik in Bezug auf die aktuelle Forschung am CERN auch in die Schulen zu tragen. Das ist zum Beispiel speziell für die afrikanischen Länder sehr wertvoll! Für die Studenten selbst verfügen wir über Sommerprogramme, wobei wir ca. 250 Studenten jedes Jahr aufnehmen können. Jeder Student bekommt dabei ein Projekt zugeteilt, an dem der- oder diejenige arbeiten kann, so dass wir nicht nur Vorlesungen anbieten, sondern jeden Teilnehmer auch richtig an der Forschung teilnehmen lassen. Die große Nachfrage führt jedoch dazu, dass wir nur ungefähr ein Fünftel bis ein Zehntel aller Bewerber zulassen können. Darüber hinaus bilden wir junge Forscher mit verschiedenen Programmen wie der *CERN School of High Energy Physics*, der *CERN Accelerator School* oder der *CERN School of Computing* weiter. Diese Programme finden jährlich an verschiedenen Orten auf der Welt (im Wesentlichen in den Mitgliedsländern) statt, um so junge Forscher aus verschiedenen Regionen schon früh zusammenzubringen.

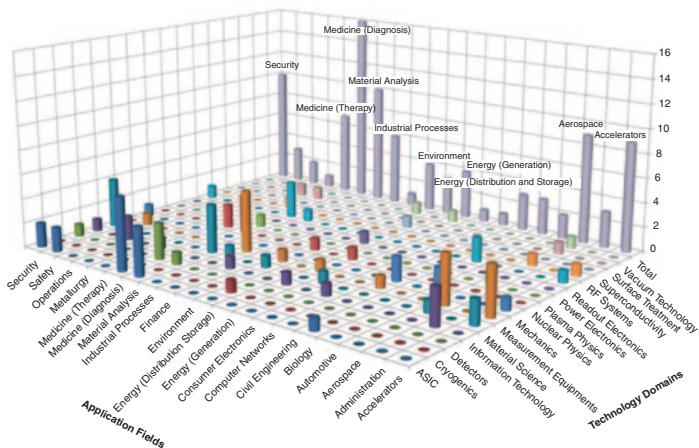


Abb. 1.2 Verteilung der Häufigkeiten der Verbindungen zwischen Technologiebereichen am CERN und den jeweiligen Anwendungsbereichen (© CERN)

Innovation am CERN

Kommen wir als nächstes zum wichtigen Grundpfeiler der Innovation, welche sich an der Schnittstelle zwischen fundamentaler Wissenschaft und den Schlüsseltechnologien befindet. Die wichtigsten drei Bereiche sind hierbei die Teilchenbeschleuniger, die Teilchendetektoren und das sogenannte Large Scale Computing über Grids. Interessant ist hierbei vor allem der Überlapp zwischen den Technologiebereichen, die am CERN wichtig sind, und den weiteren Anwendungen in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft (Abb. 1.2). So haben wir auf der einen Seite am CERN zum Beispiel die Bereiche Kältetechnik, Detektoren, Informationstechnologie, Supraleitung, Elektronik, und auf der

Großforschung in neuen Dimensionen

Denker unserer Zeit über die aktuelle

Elementarteilchenphysik am CERN

Satz, H.; Blanchard, P. - Kommer, C. (Hrsg.)

2016, IX, 214 S. 56 Abb., 40 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-45407-7