

Komitee für
Elementarteilchenphysik

Teilchenphysik – Perspektiven der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung

KONTAKT:

Prof. Dr. Peter Schleper
Universität Hamburg
Tel. (040) 8998-2957
Fax (040) 8998-2170
Peter.schleper@physik.uni-hamburg.de

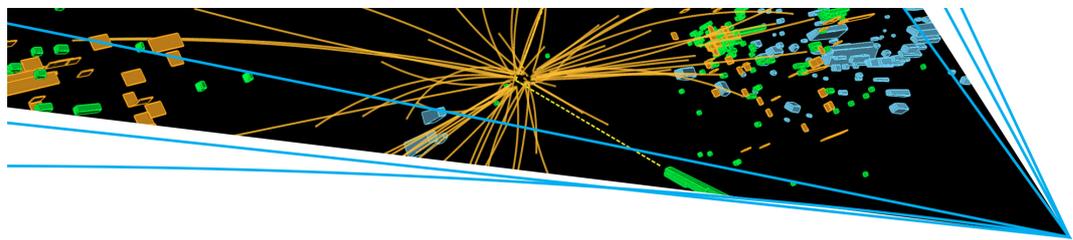
Homepage:

www.ketweb.de

1.9.2015

Stellungnahme des Komitees für Elementarteilchenphysik (KET)

In Vorbereitung des Fachprogramms zur
naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung des BMBF



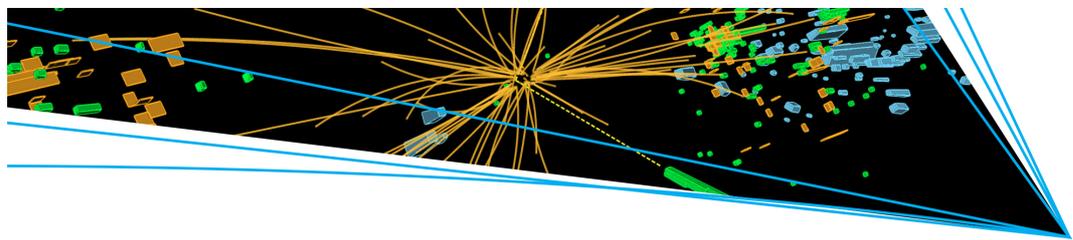
Wissenschaftliche Herausforderungen und Projekte

„Dass ich erkenne, was die Welt im Innersten zusammenhält“ – dieser Satz von Goethe bringt den Leitgedanken der Teilchenphysik auf den Punkt. Wir wollen verstehen, aus welchen Bausteinen die Materie besteht, welche Kräfte wirken und wie das Universum entstanden ist und sich weiterentwickelt.

In den letzten Jahrzehnten hat die Elementarteilchenphysik enorme Fortschritte erzielt. Hunderte verschiedener Teilchensorten wurden beobachtet und konnten dank des Quarkmodells auf wenige elementare Grundbausteine, sechs Quarks plus sechs Leptonen, zurückgeführt werden. Dazu kommen die Austauschteilchen der elektromagnetischen, der schwachen und der starken Kraft. Die zugehörige Theorie wird das „Standardmodell“ genannt; schon diese Bezeichnung drückt aus, wie erfolgreich diese Theorie ist, die bisher das Zusammenwirken der bekannten fundamentalen Teilchen und Kräfte mit beeindruckender Präzision vorhersagen kann.

Das heutige Wissen über die Teilchenphysik konnte nur durch das Wechselspiel zwischen experimentellen Entdeckungen und präzisen Messungen einerseits und der Entwicklung theoretischer Beschreibungen andererseits erzielt werden. Meilensteine der letzten fünfzig Jahre waren die Entdeckungen der schweren Quarks Charm, Bottom und Top und des Tau-Leptons, der Neutrinooszillationen sowie der Austauschteilchen W, Z und Gluon. Wichtige Beiträge zur Konsolidierung des Standardmodells haben die Beschleunigerprojekte SPS und LEP am CERN sowie PETRA und HERA bei DESY geleistet. Den bisherigen Höhepunkt der Teilchenphysik stellt die Entdeckung eines Higgs-Bosons am CERN im Jahr 2012 dar, fast 50 Jahre nach der theoretischen Vorhersage durch Francois Englert, Peter Higgs und andere.

Die Fortschritte der Teilchenphysik sind seit jeher Triebfeder für die Entwicklung von Beschleunigern und haben zu einer engen Verzahnung mit den Nachbardisziplinen Hadronen- und Kernphysik, Astrophysik und Kosmologie geführt. Daraus ist auch die Astroteilchenphysik als neuer Forschungszweig entstanden. Die Elementarteilchenphysik spielt eine essentielle Rolle beim Verständnis des frühen Universums („Urknall“) und den hochenergetischen Prozessen, die auch heute noch im Weltall ablaufen. Die Astrophysiker hoffen, dass das fundamentale Problem der „Dunklen Materie“ im Universum durch die Entdeckung neuer Teilchen beantwortet werden wird.



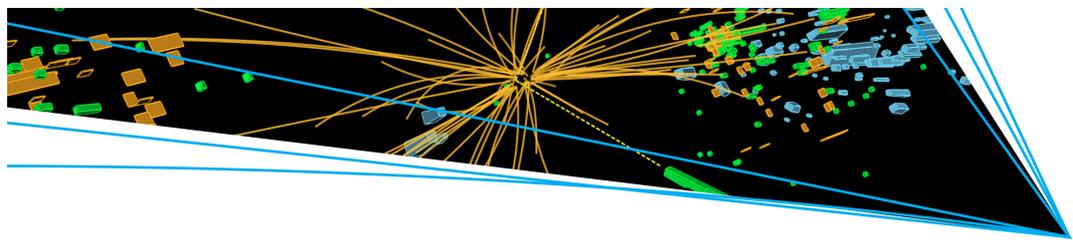
Trotz seines Erfolgs lässt das Standardmodell eine Reihe großer Fragen offen:

- Hat das 2012 am „Large Hadron Collider“ LHC gefundene **Higgs-Boson** genau die vom Standardmodell vorhergesagten Eigenschaften? Oder wird die Gültigkeitsgrenze dieser Theorie erreicht und ein neuer wissenschaftlicher Paradigmenwechsel eingeleitet?
- Woraus besteht die **Dunkle Materie** im Universum? Gibt es **weitere elementare Teilchen**, wie sie von theoretischer Seite vorhergesagt werden? Existieren beispielsweise zu jedem der bekannten Bausteine des Standardmodells **supersymmetrische Partnerteilchen**?
- Wieso gibt es im Universum heute viel mehr **Materie** als **Antimaterie** ?
- Kann das Standardmodell auch die mit hoher Genauigkeit gemessenen Eigenschaften der **schweren Quarks** akkurat beschreiben?
- Sind die Eigenschaften der nur schwach wechselwirkenden **Neutrinos** im Rahmen des Standardmodells erklärbar?
- Kann die erfolgreiche gemeinsame theoretische Beschreibung von elektromagnetischen und schwachen Kräften zu einer **vereinheitlichten Theorie aller Teilchen und Kräfte**, einschließlich der starken Wechselwirkung und sogar der Gravitation, ausgeweitet werden? Welche Vorhersagen entstehen daraus für zusätzliche fundamentale Kräfte und gegebenenfalls für die „Dunkle Energie“ im Universum ?

Die Antworten auf diese Fragen werden unser Bild vom Universum nachhaltig weiterentwickeln und damit auch auf große Resonanz in der breiten Öffentlichkeit stoßen, wie zuletzt bei der Entdeckung des Higgs-Bosons.

Um die fundamentalen Fragen zu beantworten, sind auf theoretischer Seite neue Ideen und noch präzisere Rechnungen notwendig, um das Standardmodell mit den neu gewonnenen und stetig genauer werdenden Messresultaten vergleichen zu können und so mögliche Abweichungen zu erkennen.

Die experimentelle Teilchenphysik muss durch Erhöhung der Energie und der Kollisionsrate von Beschleunigern auch die Erzeugung von sehr schweren bisher nicht bekannten Teilchen ermöglichen. Für deren Nachweis benötigt man Teilchendetektoren mit exzellenter Messgenauigkeit. Der LHC am CERN ist mit seiner Schwerpunktennergie von 13-14 TeV bei Proton-Proton-Kollisionen heute und in den nächsten Jahren weltweit die führende Maschine zur Suche nach bisher unbekanntem Phänomenen und neuen Teilchen. Pro Sekunde finden mehr als eine Milliarde Proton-Proton-Kollisionen statt. Daher können neue Teilchen mit einer Masse von einigen TeV direkt erzeugt werden



– das ist mehr als die zehnfache Masse des schwersten Quarks, des Top-Quarks. Vier große Nachweisinstrumente vermessen die Reaktionsprodukte, die Universaldetektoren ATLAS und CMS, das auf die Physik des b-Quarks spezialisierte LHCb-Experiment und der ALICE-Detektor zur Untersuchung des Quark-Gluon-Plasmas.

Aber auch wenn neue Teilchen eine so hohe Masse besitzen, dass man sie nicht direkt erzeugen kann, können sie doch indirekt beispielsweise die Zerfallsprozesse von schweren Quarks so beeinflussen, dass sie von der Standardmodellvorhersage abweichen. Auch bei der indirekten Suche hat der LHC neue Maßstäbe gesetzt, es lassen sich Zerfallsarten nachweisen, die nur einmal pro eine Milliarde b-Quark-Zerfälle auftreten.

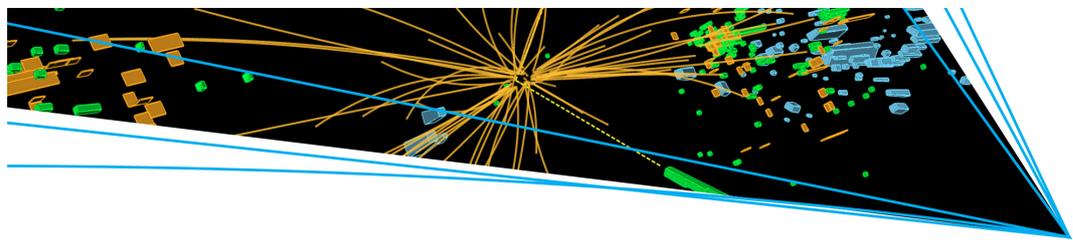
Sowohl für Präzisionsmessungen als auch für die Suche nach neuen Teilchen muss die höchstmögliche Energie und Luminosität (Kollisionsrate) am LHC erzielt und dafür in den Jahren bis 2025 sowohl der Beschleuniger als auch die großen Detektoren wesentlich verbessert werden.

Es gibt aber auch Fragestellungen, die am LHC nicht oder weniger gut bearbeitet werden können. Dazu gehören die wichtigen Experimente mit Neutrinos, die in Kernreaktoren oder mit speziellen Teilchenbeschleunigern erzeugt werden, und auch in der Sonne und der Erdatmosphäre entstehen. Wir haben bis heute weder die Neutrinomassen verstanden, noch bestimmt, ob Neutrinos ebenfalls eine Materie-Antimaterie-Asymmetrie zeigen. Es ist nicht einmal klar, ob Neutrinos und Antineutrinos überhaupt verschiedene Teilchen sind.

Für Präzisionsmessungen sind Elektron-Positron-Beschleuniger wegen ihres einfacheren Anfangszustandes und der geringeren Zahl in einer Kollision erzeugter Untergrund-Teilchen besser geeignet als Proton-Proton-Beschleuniger. Komplementär zu LHC wird deshalb der im Bau befindliche Beschleuniger SuperKEKB in Japan das erfolgreiche Programm des KEKB-Beschleunigers mit 40fach höherer Luminosität fortsetzen – das ist Weltrekord. So kann die Materie-Antimaterie-Asymmetrie im Bereich der b-Quarks mit dem BELLE-II Detektor noch genauer analysiert und nach seltenen Prozessen gesucht werden.

In der Zukunft soll der vorgeschlagene „International Linear Collider“ ILC ebenfalls Positronen auf Elektronen schießen, aber bei einer viel höheren Strahlenergie von bis zu 500 GeV. Hiermit sind sehr genaue Messungen der Eigenschaften des Higgs-Teilchens möglich, auch leichte supersymmetrische Teilchen könnten detailliert untersucht werden.

Komplementär hierzu sind Hadronbeschleuniger notwendig, um bei Energien weit jenseits des LHC nach Physik jenseits des Standardmodells zu suchen.



Ferner sind spezielle Experimente im Grenzgebiet zur Astroteilchenphysik erforderlich, um nach schwach wechselwirkenden schweren Teilchen (WIMPs) aus der Milchstraße und nach Axionen zu suchen – beide gehören zu den Kandidaten für die Dunkle Materie im Universum. Die WIMPs versucht man mit unterirdischen Detektoren aufzuspüren, indem man die von ihnen im Vorbeiflug angestoßenen Atomkerne nachweist. Axionen werden seit langem im Zusammenhang mit der starken Kraft postuliert. Sie können Materie leicht durchdringen und in Magnetfeldern in nachweisbare Photonen umgewandelt werden.

An allen oben genannten aktuellen und in der Planung befindlichen Projekten sind deutsche Gruppen beteiligt.

Aus den genannten Fragestellungen der Teilchenphysik ergeben sich in den kommenden 10 Jahren unsere Prioritäten:

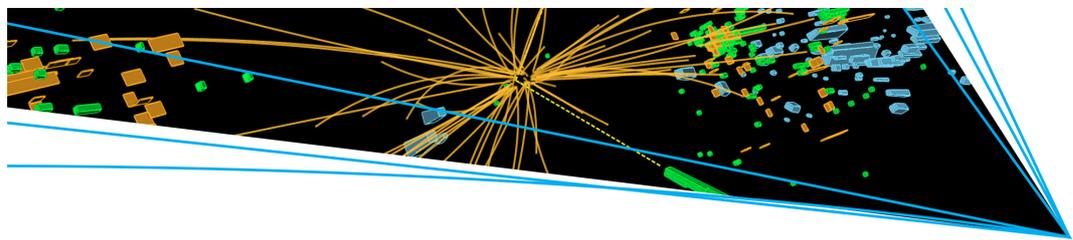
- **Betrieb des LHC und der Detektoren** und die **Auswertung** der Daten, mit den Schwerpunkten Tests des Standardmodells und Suche nach neuen Teilchen.
- **Ausbau von LHC-Beschleuniger und -Detektoren** für die höchsten Luminositäten (LHC Phase II), um so das enorme Physikpotential des LHCs vollständig auszuschöpfen.
- Durchführung und Weiterentwicklung von **spezialisierten Experimenten der Teilchenphysik**, insbesondere zur Physik der b-Quarks, der Neutrinos und der Suche nach Bestandteilen der Dunklen Materie.

Zukünftige Projekte:

- Vorbereitung des Baus des **internationalen Elektron-Positron Linearbeschleunigers** als das zukünftige internationale Großprojekt der Teilchenphysik bei hohen Energien, sowie Studien für **zukünftige Hadronbeschleuniger** bei Energien jenseits des LHC.

Parallel dazu sind essentiell

- Die Entwicklung neuer **Beschleunigertechnologien und Detektor-konzepte**.
- Die Weiterführung des starken **Theorie-Programms**, um die experimentellen Befunde quantitativ interpretieren zu können.



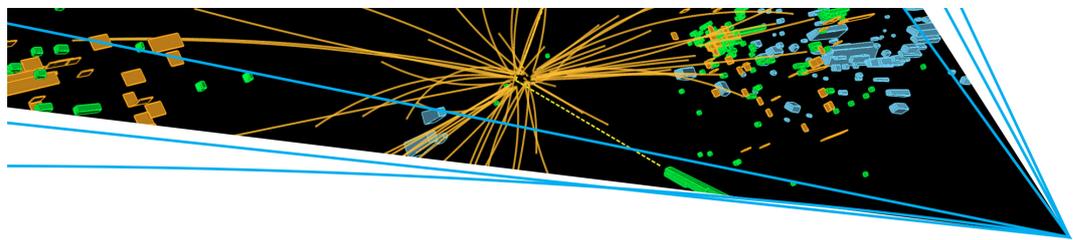
Gesellschaftliche Relevanz

Die Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Elementarteilchenphysik dient zuallererst dem Erkenntnisgewinn und der Beantwortung der fundamentalsten Fragen, die sich die Menschheit seit jeher stellt. Woraus besteht das Universum? Was ist der Ursprung unserer Welt? Was sind die Bausteine der Materie? Welche Kräfte bilden die Grundlage unseres Daseins?

Das gesellschaftliche Interesse an solchen Fragen ist immens, wie sich an der sehr regelmäßigen Präsenz teilchenphysikalischer Themen in Presse und Medien ablesen lässt. Dieser Diskurs über die physikalischen Grundlagen unserer Existenz ist wesentlich für die Aufgeschlossenheit unserer Gesellschaft gegenüber Wissenschaft und Technik. Die Faszination, die von den großen Fragen ausgeht, ist mitentscheidend für die Akzeptanz von Forschung und Entwicklung als Triebfeder unseres Fortschritts und für das Interesse junger Talente an den Naturwissenschaften.

Erkenntnisgewinn in der Teilchenphysik geht immer auch mit technischem Fortschritt einher, da nur durch die Verwendung und Weiterentwicklung modernster Technologien bestehende experimentelle Grenzen überwunden werden können. Neue Experimente erfordern neuartige Konzepte und Techniken zum Bau von Beschleunigern und Detektoren, die oft in enger Zusammenarbeit mit der Industrie entwickelt werden. Forschungs- und Entwicklungsarbeit in der Teilchenphysik erfordert daher auch immer ein hohes Maß an technologischem Verständnis. Hiervon profitieren gerade junge Nachwuchswissenschaftler, da sie im Rahmen ihrer Ausbildung in der Teilchenphysik häufig mit modernsten technischen Entwicklungen in Berührung kommen und dadurch exzellent nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch für Arbeiten in der Industrie vorbereitet werden.

Die technologischen Entwicklungsarbeiten in der Grundlagenforschung sind auch wichtiger Motor für den technischen Fortschritt im wirtschaftlichen Bereich. Viele Entwicklungen, die ursprünglich im Zusammenhang mit Experimenten und Projekten im Bereich der teilchenphysikalischen Grundlagenforschung vorangetrieben wurden, finden später Einzug in andere Bereiche des gesellschaftlichen Lebens. Namhafte Beispiele sind das am CERN entwickelte World-Wide-WEB, Teilchenbeschleuniger und ihre Anwendung in Medizin, Industrie und Materialforschung sowie die Anwendung von Teilchendetektoren in der medizinischen Bildgebung. So werden in der Positronen-Emissions-Tomografie (PET) modernste Photosensoren eingesetzt, um besonderes aktive Gehirnregionen und Tumore sichtbar zu machen. Und in der Halbleiterindustrie sind Ionenbeschleuniger nicht mehr wegzudenken. Mit ihnen werden geladene Teilchen in Materialien verteilt, sodass sich deren Eigenschaften wie beispielsweise die Leitfähigkeit ändern. Auf diesem



Dotierungsverfahren beruht die Herstellung von Bauelementen für die Mikroelektronik.

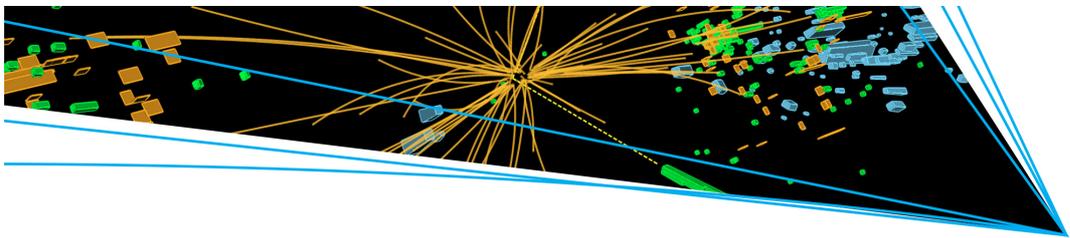
Die Projekte in der Teilchenphysik haben Dimensionen, die beinahe alle anderen Wissenschaften übertreffen; sie erfordern ein höchstes Maß an Koordination und internationaler Zusammenarbeit. An Beschleunigern in Europa, den USA oder Japan arbeiten tausende Wissenschaftler aller Nationalitäten gleichberechtigt und bis ins Kleinste aufeinander abgestimmt. Detektorteile werden in der ganzen Welt gemeinsam entwickelt, gebaut und zusammengefügt – und passen. Die daraus erwachsene demokratische und hoch kommunikative Forschungskultur ist ein exzellentes Vorbild für gemeinsames und erfolgreiches Wirken über alle kulturellen und religiösen Grenzen hinweg.

Es ist Aufgabe der Wissenschaft die gewonnenen Erkenntnisse, technologische Errungenschaften und neue Impulse aufgrund des wissenschaftlichen und kulturellen Austauschs in die Gesellschaft zu tragen. Dies erfordert eine intensive Öffentlichkeitsarbeit, die Menschen aus allen Bereichen der Bevölkerung anspricht und einschließt. Hier leistet die Teilchenphysik gefördert durch das BMBF seit Jahren Pionierarbeit, sei es mit Aktivitäten wie dem Netzwerk Teilchenwelt und dem WEB-Portal zur Weltmaschine, aber auch den internationalen „Masterclasses“.

Ausbildung

An den Großprojekten der Teilchenforschung werden Studierende zu hochqualifizierten und teamfähigen Wissenschaftlern. In der Zusammenarbeit mit vielen gleichaltrigen Kollegen aus den verschiedensten Ländern und internationalen Spitzenforschern können sie ihr Talent zum problemorientierten, kreativen und logischen Denken genauso wie Teamgeist und Durchsetzungsvermögen beweisen.

Bachelor-Studierende, Master-Studierende und Promovierende haben die Wahl aus einem breiten Spektrum der Teilchenphysik: von theoretischen Arbeiten über die Entwicklung von Sensoren und Elektronik bis hin zu neuen Methoden der Datenanalyse und des Computing. Der Ausbildungsaspekt im Bereich Technologie gewinnt gegenwärtig immer mehr an Bedeutung und wird entsprechend verstärkt gefordert. Prominentes Beispiel ist das Wolfgang-Gentner-Programm des BMBF, das technische Doktorarbeiten am CERN finanziell unterstützt. Die Ausbildung der jungen Wissenschaftler wird unterstützt durch ein breites Angebot an Schulen und Workshops im Bereich der Teilchenphysik und den angrenzenden Themengebieten. Besonders hervorzuheben sind die jährliche deutsche Teilchenphysikschule im Kloster Maria Laach, die faktisch jeder Doktorand in Deutschland besucht, und die



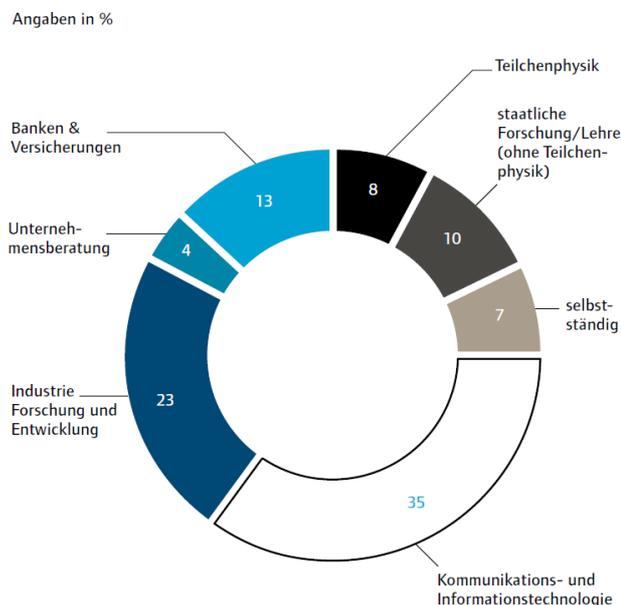
Schulen, die von der Helmholtz-Allianz „Physics at the Terascale“ zu verschiedenen Themen organisiert werden.

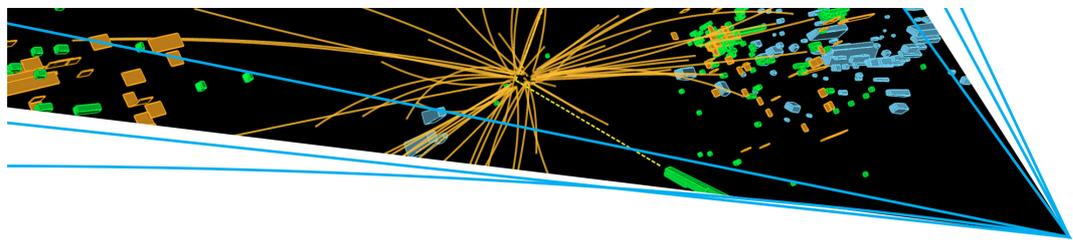
Nachwuchswissenschaftler bilden das Rückgrat vieler Projekte: So ist zum Beispiel knapp die Hälfte der Beteiligten der ATLAS-Kollaboration jünger als 35 Jahre. In Deutschland arbeiten derzeit etwa 600 Teilchenphysiker an ihrer Promotion. IT-Firmen, Unternehmensberatungen, Banken, Versicherungen sind Branchen, die auf den ersten Blick wenig mit Teilchenphysik zu tun haben. Dennoch sind bei ihnen genau diese Absolventen überaus gefragt. Dazu kommen verschiedenste Industrieunternehmen, zum Beispiel in der Halbleiterentwicklung, Elektronik und Medizinphysik. Sie suchen nach Mitarbeitern, die unkonventionell denken, vor komplexen Problemen nicht zurückschrecken, die internationale Erfahrung besitzen und sich im Team wohlfühlen, kurz: Sie suchen Teilchenphysiker.

Die Teilchenphysik eignet sich besonders dafür, Schüler verschiedener Altersklassen für die Wissenschaft zu begeistern. Die starke öffentliche Wahrnehmung durch die Entdeckung des Higgs-Teilchens hat das Interesse nochmals verstärkt, mehr über die Teilchenphysik zu erfahren. Im Rahmen des „Netzwerk Teilchenwelt“ werden seit vielen Jahren regelmäßige Veranstaltungen von Wissenschaftlern an Universitäten, Forschungseinrichtungen und Schulen durchgeführt. Hierbei werden Schüler mit den grundlegenden Konzepten der Teilchenphysik vertraut gemacht und können selbst echte Daten von Experimenten analysieren.

Aufgrund der Verankerung der Teilchenphysik in den Schul-Curricula vieler Bundesländer steigt die Notwendigkeit von Fortbildungsangeboten sowohl für Physiklehrer als auch für Lehramtsstudierende der Physik.

Abbildung 1: Tätigkeitsbereich von Absolventen der Teilchenphysik in Deutschland.





Vernetzung in Deutschland

Die wichtigsten Experimente der Teilchenphysik sind heute sehr groß und komplex, so dass Entwicklung, Bau, Betrieb und Auswertung der Experimente im Rahmen großer internationaler Kollaborationen durchgeführt werden. Die deutschen Gruppen besitzen eine sehr hohe internationale Sichtbarkeit und haben zu den Erfolgen der letzten Jahre essenziell beigetragen. Dies wurde erst möglich durch eine enge Zusammenarbeit der Forschungsgruppen an den Universitäten und an den Helmholtz-Zentren DESY, KIT, GSI sowie den Max Planck-Instituten für Physik in München und für Kernphysik in Heidelberg. Die Zusammenarbeit erstreckt sich hierbei auf die Entwicklung und Realisierung gemeinsamer Projekte (z.B. Detektorbau, Computing, Datenanalyse), die Durchführung gemeinsamer Veranstaltungen und die Nachwuchsförderung. Hierbei profitieren die universitären Gruppen von den verfügbaren großen Infrastrukturen für den Detektor- und Beschleunigerbau an den Großforschungszentren und dem zugehörige Wissen der Physiker und Ingenieure in diesen Zentren.

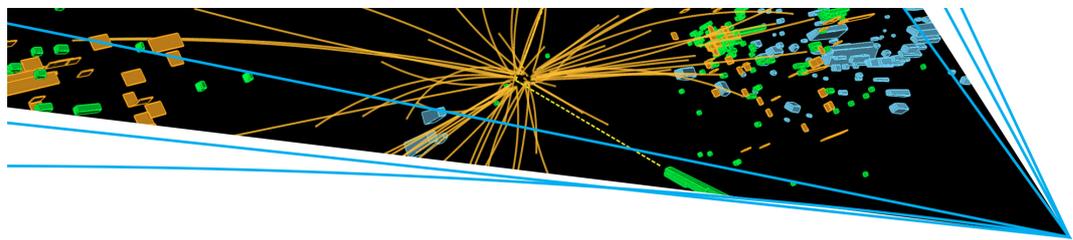
Für die Durchführung der Experimente werden sehr viele Physiker und vor allem auch Nachwuchswissenschaftler benötigt. Hier zahlt sich die Kooperation der Zentren mit den Universitäten aus und es wird insgesamt eine höchst effiziente Nutzung der Ressourcen und Expertisen erreicht.

Die Experimente der Teilchenphysik erzeugen riesige Datenmengen, die prozessiert und analysiert werden müssen. Diese essenzielle Aufgabe übernehmen die Helmholtz-Zentren (KIT, DESY und GSI) in enger Zusammenarbeit mit Universitäten. Aufgrund der Größe der benötigten Systeme kommt den Forschungszentren hierbei eine besondere Rolle zu.

Im Rahmen der Helmholtz Allianz „Physics at the Terascale“ wurde die Vernetzung der Forschergruppen, die am LHC aktiv sind, zusätzlich gestärkt. Dieser auch international sehr sichtbare Zusammenschluss von 18 Universitäten, zwei Helmholtz-Zentren und dem MPI in München ermöglichte es, gemeinsame innovative Projekte in den Bereichen Detektorentwicklung, der Auswertung der physikalischen Ergebnisse, Beschleunigertechnologie und Computing durchzuführen.

Wissenschaftsstrukturen und -Förderung

Aus den oben genannten wissenschaftlichen Zielsetzungen und Projekten ergeben sich eine Reihe von Notwendigkeiten für die Organisation der Teilchenphysik und für die förderpolitischen Strukturen der Teilchenphysik in Deutschland. Die Spannweite der interessantesten Projekte reicht von kleineren hochspezialisierten Experimenten, die von einzelnen oder wenigen Gruppen



Komitee für
Elementarteilchenphysik

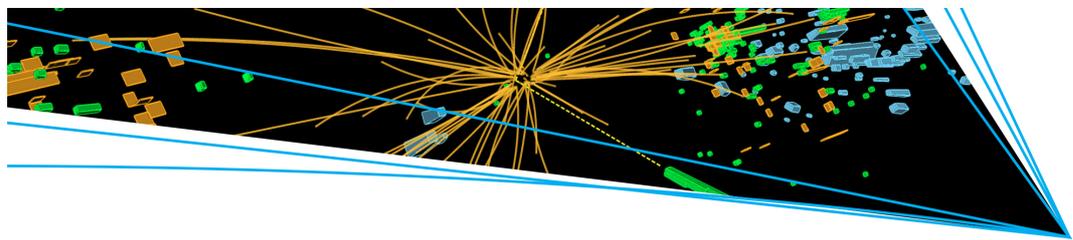
getragen werden können, bis hin zu den größten Projekten der Wissenschaften weltweit wie dem LHC. Diese Spannweite bedarf entsprechender Förderinstrumente auf allen diesen Größenskalen. Deutschland muss aufgrund seiner wirtschaftlichen Stärke und wissenschaftlichen Exzellenz den Anspruch haben, sowohl bei der Initiierung als auch bei der Durchführung dieser Projekte eine führende Rolle zu spielen.

Die größten Projekte an Teilchenbeschleunigern liegen im Bereich einiger Mrd. Euro, Vorbereitungs- und Laufzeiten von mehreren Jahrzehnten und involvieren Hunderte von Arbeitsgruppen weltweit. Ihre Realisierung beruht auf international organisierten Strategieprozessen, die wissenschaftlich getrieben werden, aber auch eine starke politische Komponente haben. Basierend auch auf der deutschen Strategie ist der Europäische Strategieprozess von großer Bedeutung. Darüber hinaus zeichnet sich die Entwicklung einer weltweiten Strategie mit höchstenergetischen Beschleunigern am CERN in Europa, Elektron-Positron Beschleunigern in Asien und beschleunigerbasierten Neutrino-Experimenten in Amerika ab. Es ist daher entscheidend, dass deutsche Gruppen sich entsprechend der oben formulierten wissenschaftlichen Prioritäten an diesen Projekten beteiligen können, sowohl in Europa als auch weltweit. Hierbei kommt insbesondere den Helmholtz-Zentren eine besondere Rolle zu.

Voraussetzung für den wissenschaftlichen Erfolg ist eine Fortführung der vom KET organisierten Strategieprozesse in Deutschland zur Priorisierung der größeren Projekte, die die Interessen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Universitäten, Max-Planck-Instituten und den Helmholtz-Zentren DESY und KIT reflektiert. Es ist notwendig, bereits zu einem frühen Stadium das BMBF sowie die DFG, die Helmholtz-Gesellschaft und die Max-Planck-Gesellschaft in diesen Strategieprozess zu involvieren, um gemeinsam Chancen, Aufgabenverteilung und Finanzierungsmöglichkeiten zwischen den Förderorganisationen abzustimmen. Dem BMBF kommt hierbei für Großprojekte eine führende Rolle zu, vor Allem auch bei der Einflussnahme auf den Europäischen Strategieprozess.

Dieses Vorgehen war zuletzt bei der deutschen Beteiligung am Ausbau der LHC-Experimente sehr erfolgreich und hat zu einer Vorreiterrolle Deutschlands geführt. Dieses vom BMBF organisierte Vorgehen hat Vorbildcharakter auch für zukünftige Projekte. Eine Bekanntmachung der daraus erwachsenden Strategie ist von großer Wichtigkeit, um entsprechende Entscheidungsprozesse in der Helmholtz-Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft, den Universitäten, der DFG und gegebenenfalls international initiieren zu können.

Insbesondere sollte der Ausbau der LHC-Experimente ATLAS und CMS in die Roadmap der Großprojekte in Europa (ESFRI) und in Deutschland aufgenommen werden, da hiermit eine erhebliche Signalwirkung für Zukunftsstrategien und Personalplanung der Universitäten und Forschungszentren erreicht werden kann.



Die wissenschaftlichen Prioritäten müssen mit den benachbarten Wissenschaftsbereichen Beschleunigerphysik, Astro- und Astroteilchenphysik sowie Hadron- und Kernphysik abgestimmt werden, um auch vielversprechende Projekte im Grenzbereich zwischen den Gebieten angehen zu können.

Die BMBF-Verbundforschung ist Kernelement der Forschung universitärer Gruppen an internationalen Großprojekten an der vordersten Front der Forschung. Sehr erfolgreich ist insbesondere die Praxis einer auf mehrere Jahre ausgelegten Strategieentscheidung mit entsprechenden Förderperioden, um in Großprojekten strategische Schwerpunkte setzen zu können.

Forschungsverbänden wie z.B. den BMBF-Forschungsschwerpunkten oder den Helmholtz-Allianzen kommt durch die Internationalisierung und die Größenskala der Projekte eine immer größer werdende Bedeutung zu.

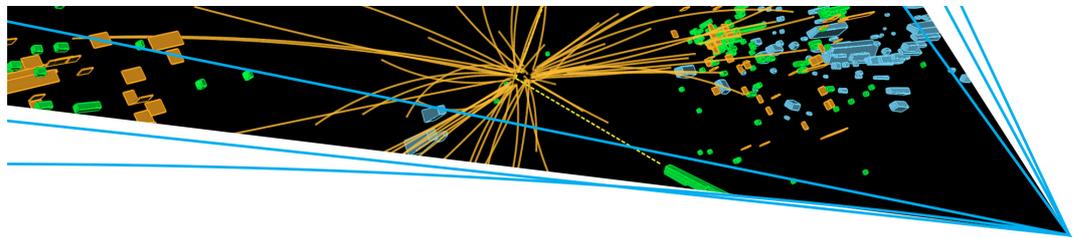
Die BMBF-Forschungsschwerpunkte waren und sind essentiell für die interne Vernetzung und externe Sichtbarkeit der Forschung der deutschen Gruppen. Sie sollten vom BMBF verstärkt unterstützt und auch untereinander verzahnt werden, um eine noch größere Außenwirkung zu erzielen. Auch thematisch neue Forschungsverbände sollten in ihrer Gründung unterstützt werden.

CERN als europäisches Zentrum der Teilchenphysik und führendes Labor weltweit wird in der Wissenschaft und Öffentlichkeit als Markenzeichen und Messlatte für wissenschaftliche Exzellenz wahrgenommen, sowie als Modell für eine erfolgreiche internationale Großforschungseinrichtung. Die ganz erhebliche deutsche Beteiligung am CERN, sowohl in den Leitungsfunktionen als auch finanziell, ist hierfür essentiell.

Deutschland sollte Anstrengungen unternehmen, die zahlenmäßige Beteiligung von Wissenschaftlern insbesondere an CERN-Projekten entsprechend zu erhöhen.

In den letzten Jahren wurden hierfür z.B. durch Sonderprogramme wie die CERN-Nutzerinitiative des BMBF und die Forschungsinfrastrukturmittel des BMBF zur Ausbau der LHC-Experimente ATLAS und CMS auch international sehr sichtbare Weichenstellungen vorgenommen. Ähnlich gilt dies auch für die Helmholtz-Allianz „Physics at the Terascale“.

Über CERN und Europa hinaus sollten deutsche Gruppen sich auch an den besten Projekten weltweit beteiligen können, in gleichem Maße, wie sich außereuropäische Gruppen z.B. an den CERN-Experimenten beteiligen. Deutschland sollte auch hier eine priorisierte Beteiligung an entsprechenden Initiativen in Asien oder Amerika politisch aktiv vorantreiben. Dies gilt insbesondere für einen zukünftigen internationalen Elektron-Positron-Beschleuniger, aber auch für andere Experimente.



Insbesondere die Helmholtz-Zentren, aber auch Max-Planck-Institute sowie einzelne Universitäten haben in der Vergangenheit im Bereich des LHC-Computing zentrale Aufgaben übernommen. Es gibt allerdings strukturelle Schwierigkeiten, diese Verpflichtungen auch langfristig weiterzuführen. Um hier keine kritische Situation entstehen zu lassen und ein langfristig tragfähiges Konzept zu entwickeln ist eine neue koordinierte Anstrengung notwendig.

Die Teilchenphysik lebt auch von einer ganzen Reihe kleinerer, dedizierter Experimente, insbesondere auch im Grenzbereich zwischen einer BMBF-Förderung im Rahmen der Verbundforschung und der typisch deutlich kleineren DFG-Projektförderung. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn die Lücke zwischen diesen Fördermöglichkeiten geschlossen werden könnte, so dass die Initiierung solcher innovativen Projekte auch in Deutschland erleichtert wird. Hierfür ist gegebenenfalls eine Öffnung der BMBF-Verbundforschung beziehungsweise der DFG-Förderlinien notwendig.

Die Teilchenphysik in Deutschland profitiert von einem wohl abgestimmten System von Maßnahmen zur Nachwuchsförderung von Schülern, Studierenden und Doktoranden bis hin zu Lehrern.

Das vom BMBF geförderte Netzwerk Teilchenwelten, die DPG-Herbstschule und das Gentner-Programm sowie seitens der Helmholtz-Zentren die Allianz-Schulen für Bachelor- und Master-Studierende und dedizierte Schulen/Workshops zu Themen der Teilchenphysik erfreuen sich großer Akzeptanz und sollten mit Nachdruck weiter gefördert werden.