

## Antragsskizze für ein Portfoliothema

# *PHYSIK AN DER TERASKALA*

der Helmholtz-Zentren

Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY) und

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

mit den vorgesehenen Partnern

Rheinisch-Westfälische Technische  
Hochschule Aachen

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn

Technische Universität Dresden

Justus-Liebig-Universität Gießen

Universität Hamburg

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Universität Regensburg

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Humboldt-Universität zu Berlin

Technische Universität Dortmund

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Georg-August-Universität Göttingen

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Ludwig-Maximilians-Universität München

Universität Siegen

Bergische Universität Wuppertal

und dem Max-Planck-Institut für Physik München.

Start 1. Juli 2012

Koordinierender Sprecher: *Prof. Dr. Joachim Mnich (DESY)*

Inhalt:

<b>1. EINFÜHRUNG IN DAS THEMA UND SEINE STRATEGISCHE BEDEUTUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2. WISSENSCHAFTLICHE EXPERTISE DER BETEILIGTEN PARTNER.....</b>	<b>5</b>
<b>3. DARSTELLUNG DER WICHTIGSTEN ZIELE .....</b>	<b>7</b>
A. DER WISSENSCHAFTLICHE KONTEXT.....	7
B. KERNTHEMEN.....	7
A) <i>Physik und Datenanalyse</i> .....	7
B) <i>Computing</i> .....	9
C) <i>Detektoren</i> .....	10
D) <i>Beschleunigerphysik</i> .....	11
E) <i>Themenübergreifende Maßnahmen</i> .....	11
<b>4. BEITRÄGE DER PARTNER.....</b>	<b>12</b>
<b>5. STRUKTUREN .....</b>	<b>12</b>
<b>6. BEANTRAGTE MITTEL.....</b>	<b>13</b>

# PHYSIK AN DER TERASKALA

## 1. EINFÜHRUNG IN DAS THEMA UND SEINE STRATEGISCHE BEDEUTUNG

Die Zukunft der Teilchenphysik wird im Zeichen der Physik an der Teraskala stehen. Seit dem Frühjahr 2010 liefert der Large Hadron Collider (LHC) am CERN Daten, die schon bald einen ersten Einblick in die neue und aufregende Physik bei höchsten Energien liefern werden. Zentrale Fragen, wie die nach dem Ursprung der Masse der elementaren Teilchen, nach der Bedeutung grundlegender Symmetrien oder nach der Beschaffenheit der Dunklen Materie werden in den nächsten Jahren im Zentrum der Aufmerksamkeit stehen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse versprechen, unser Weltbild grundlegend zu beeinflussen. Nie zuvor hat ein Beschleuniger einen so großen Schritt in der erreichbaren Energie gemacht. Und nie zuvor gab es so gute Aussichten aus diesem Schritt neue, revolutionäre Erkenntnisse zu gewinnen.

Mit dem Anlaufen dieses Beschleunigers wird die Teilchenphysik mit neuen, großen Herausforderungen konfrontiert. Nach Jahren des Baus und der Inbetriebnahme steht jetzt die Analyse und Interpretation der Daten im Mittelpunkt. Große Datenmengen müssen schnell und effizient verarbeitet werden. Die Arbeiten auf der theoretischen und der experimentellen Seite müssen jetzt effektiv zusammen geführt werden. Darüber hinaus gibt es bereits jetzt konkrete Planungen, wie die Detektoren im kommenden Jahrzehnt auf höchsten technologischen Standard ausgebaut und verbessert werden sollen. Damit die Teilchenphysik in Deutschland bei diesen Unternehmungen weltweit an der Spitze der Forschung mitarbeiten kann, ist ein koordiniertes Vorgehen nötig.

Mittelfristig wird ein zum LHC komplementärer Elektron-Positron Linearbeschleuniger (LC) notwendig sein. Ein solcher Beschleuniger ermöglicht es, die am LHC gewonnenen Ergebnisse zu ergänzen, zu präzisieren und besser zu verstehen. Die genaue Auslegung eines solchen Beschleunigers wird entscheidend von den Ergebnissen des LHC abhängen. Deutsche Gruppen werden auch in der Zukunft führend bei der Entwicklung dieser neuen Anlage mitarbeiten.

Ergänzend zu Studien an Hochenergiebeschleunigern können neue physikalische Phänomene an der Teraskala auch durch Präzisionsexperimente bei niedrigeren Energien, insbesondere mit B-Mesonen, erforscht werden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in Japan der Ausbau des KEK-Beschleunigers durchgeführt und damit eine B-Fabrik mit extrem hoher Kollisionsrate gebaut wird. Gruppen aus Deutschland sind an zentraler Stelle an der Entwicklung des neuen Detektors Belle II am KEK-Beschleuniger beteiligt.

Deutschland spielt in der Teilchenphysik eine international anerkannte Führungsrolle. Als der größte CERN-Mitgliedsstaat ist es zentral am LHC beteiligt. DESY als das nationale Labor für Teilchenphysik in Deutschland ist ein starker Partner der deutschen Universitäten und des CERN bei der Nutzung des LHC und spielt eine führende Rolle bei der Vorbereitung eines Linearbeschleunigers. Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) stellt große Rechen- und Speicherkapazitäten zur Datenverarbeitung bereit, indem es eines von weltweit elf Tier-1 Rechenzentren für den LHC stellt. Dies wird durch die starke wissenschaftliche Beteiligung des universitären Teils ergänzt.

Die deutschen Universitätsgruppen und das Max-Planck-Institut für Physik tragen entscheidend zu den LHC Experimenten bei. Sie haben zentrale Komponenten der Detektoren gebaut und spielen führende Rollen in der Leitung, beim Betrieb und bei der Nutzung der Experimente. Um auch in Zukunft in dem immer internationaler werdenden Umfeld der Teilchenphysik eine wichtige Rolle zu spielen ist für die deutschen Gruppen eine intensivere Vernetzung von herausragender Bedeutung.

Im Jahre 2007 haben sich alle deutschen Universitätsgruppen in diesem Forschungsgebiet, das Max-Planck-Institut für Physik in München und die beiden Helmholtz-Zentren DESY und KIT zur Allianz „Physics at the Terascale“ zusammengeschlossen. Mit einer Finanzierung für fünf Jahre gab die Allianz der Teilchenphysik die Gelegenheit, neue Strukturen in Deutschland zu etablieren. Ziel war es zum einen, die Partner eng zu vernetzen und neue Verbindungen zwischen den Großforschungseinrichtungen und den Universitäten zu schaffen. Zum anderen sollte es der deutschen Teilchenphysik erleichtert werden, sich nach dem Ende des Betriebs von HERA und damit des vorerst letzten großen Beschleunigers für teilchenphysikalische Experimente in Deutschland erfolgreich der globaleren Herausforderung der Teilchenphysik an den „Weltmaschinen“ wie LHC oder einem zukünftigen Linearbeschleuniger zu stellen. Es ist gelungen, die Expertise in Deutschland zu bündeln, und die Voraussetzungen für eine erfolgreiche und sichtbare Mitarbeit in den internationalen Projekten wie LHC und LC zu verbessern. Mit der Allianz zeigt die Teilchenphysik in Deutschland, dass diese Art der engen Vernetzung zwischen Universitäten und Helmholtz-Zentren der richtige Weg ist, um international erfolgreich in diesem Bereich zu agieren. Dies ist durch die Zwischenbegutachtung im Jahr 2009 eindrucksvoll belegt.

Das Portfoliothema „Physik an der Teraskala“ unter der Koordination des Forschungszentrums DESY baut auf dieser sehr erfolgreichen Allianz auf und profitiert von diesen Erfahrungen. Hauptziel ist es, den deutschen Gruppen die aktive Forschung der Physik an der Teraskala im Zeitalter des LHC zu ermöglichen und sie optimal im internationalen Wettbewerb zu platzieren. Das Portfoliothema trägt dazu bei, die notwendigen, vernetzten Strukturen und technischen Voraussetzungen langfristig zu etablieren. So wird die Position Deutschlands in der internationalen Forschung in diesem Bereich weiter verbessert. Dieser Antrag ergänzt die erfolgreichen Mechanismen der Verbundforschung an den Universitäten und der zentrumsbezogenen Methodik der programmorientierten Förderung im Rahmen der Helmholtz-Gemeinschaft.

Das Portfoliothema „Physik an der Teraskala“ hat folgende Kernziele:

- Ausbau der Vernetzung der Helmholtz-Zentren mit den Universitäten und dem Max-Planck-Institut für Physik durch eine koordinierte und langfristig angelegte Zusammenarbeit in strategisch ausgewählten Themen;
- Entwicklung und Ausbau der Infrastruktur, die der gesamten deutschen Teilchenphysik zur Verfügung steht, durch einen abgestimmten Katalog von Maßnahmen;
- Unterstützung neuer Initiativen und Durchführung von innovativen Projekten, die durch etablierte Fördermaßnahmen nicht abgedeckt werden können.

Ein zentrales Anliegen dabei ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Erhöhung des Frauenanteils im wissenschaftlichen Bereich.

Das Portfoliothema gliedert sich in vier Bereiche: Physik und Datenanalyse, Computing, Detektoren und Beschleunigerphysik. Damit werden die bisherigen Themen der Allianz aufgegriffen, aber angepasst und deutlich weiterentwickelt, um den zu erwartenden zukünftigen Herausforderungen Rechnung zu tragen.

Der Antrag ist konsistent mit der Strategie der europäischen Teilchenphysik, die von der CERN Council Strategy Group formuliert wird, und spiegelt die deutsche Strategie der Teilchenphysik wider, wie sie im Komitee für Elementarteilchenphysik (KET) diskutiert wird. Der Antrag ergänzt sinnvoll und langfristig die existierenden und bereits sehr erfolgreichen Programme auf Landes- und Bundesebene, insbesondere im Hinblick auf Zusammenarbeit von Großforschungseinrichtungen und Universitäten.

Dieses Portfoliothema resultiert in einer beispiellos engen Abstimmung zwischen den Helmholtz-Zentren DESY und KIT, dem Max-Planck-Institut für Physik und allen in Deutschland in der Teilchenphysik an Collidern bei höchsten Energien forschenden Universitäten. Die Etablierung des Portfoliothemas garantiert, dass diese

Vernetzung auch langfristig sichergestellt ist und die deutsche Forschungslandschaft in der Teilchenphysik eine neue und bisher nicht dagewesene Kohärenz erhält.

## 2. WISSENSCHAFTLICHE EXPERTISE DER BETEILIGTEN PARTNER

Mit der Kombination der beiden Helmholtz-Zentren DESY und KIT, dem Max-Planck-Institut für Physik, und 16 Universitäten bildet sich im Portfoliothema „Physik an der Teraskala“ eine herausragende Bündelung von Kompetenz und wissenschaftlicher Exzellenz. Die Gruppen sind führend an den LHC-Experimenten ATLAS und CMS beteiligt; zwei Standorte in Deutschland arbeiten am LHCb Experiment. Viele Institute engagieren sich auch in der vorbereitenden Forschung für einen zukünftigen Linearbeschleuniger. Einige Gruppen arbeiten mit am Belle II Detektor in Japan. An den meisten Standorten gibt es starke Gruppen in der theoretischen Teilchenphysik.

Die Universitäten leisten herausragende und international anerkannte Beiträge zur Physik an der Teraskala. Sie steuern Expertise und Infrastrukturen bei und stellen den Hauptteil der Forscherinnen und Forscher in Deutschland. Die Universitäten sichern die wissenschaftliche Breite des Programms. Sie sind die Quelle des wissenschaftlichen Nachwuchses und bilden hochqualifizierte Wissenschaftler aus, die in Forschung und Industrie willkommen sind und wichtige Positionen übernehmen. Derzeit arbeiten fast 400 Doktoranden in Deutschland an der Teraskala.

Das Helmholtz-Zentrum DESY ist das koordinierende Institut des Antrages. Es stellt umfangreiche Infrastrukturen für alle Partner zur Verfügung. Es ist das führende Institut für die Entwicklung von Beschleunigern für die Teilchenphysik in Deutschland. Bei der Entwicklung eines zukünftigen Linearbeschleunigers spielt DESY eine zentrale Rolle. DESY verfügt über umfangreiche Erfahrungen im Bau, der Integration, dem Betrieb und der Datenanalyse von Großexperimenten. Das DESY-Rechenzentrum hat weltweit eine hohe Bedeutung beim Computing für die Teilchenphysik. Neben den starken experimentellen Gruppen ist am DESY auch eine Theoriegruppe angesiedelt, die zu den führenden in Europa gehört und das Feld wesentlich vorantreibt.

In der langfristigen Planung am DESY ist das Portfolio-Thema „Physik an der Teraskala“ von zentraler Bedeutung und definiert die Rolle, die das Zentrum in den kommenden Jahren im nationalen Kontext in der Teilchenphysik spielen wird. Seiner Mission entsprechend sieht DESY seine Aufgabe darin, die umfangreichen Möglichkeiten des Labors der Teilchenphysik in Deutschland zugänglich zu machen und damit gemeinsam mit den Partnern den Beitrag Deutschlands in der Teilchenphysik zu stärken.

Das KIT hat die Aufgabe übernommen, das Tier-1 Zentrum in Deutschland (GridKA) zu betreiben. Es stellt Ressourcen bereit, die es den deutschen Gruppen erlauben, die Herausforderungen der Datenverarbeitung am LHC und bei anderen Projekten zu meistern. Als eines von elf Tier-1 Zentren im Rahmen des weltweiten LHC Computing Grids trägt es signifikant zur IT-Infrastruktur des LHC bei. Seine Kernaufgabe ist es, die am CERN aufgezeichneten Daten zu speichern und den Forschern zugänglich zu machen. Es ist eng vernetzt mit den am DESY und an fünf universitären Standorten in Deutschland betriebenen Tier-2 Zentren.

Die folgenden Partner sind an diesem Antrag beteiligt:

<b>Partner</b>	<b>Schwerpunkte</b>
<b>Deutsches Elektronen Synchrotron Helmholtz-Zentrum</b>	ATLAS, CMS, LC, Theorie, Tier-2, NAF, Beschleunigerphysik
<b>KIT (Karlsruhe) Helmholtz-Zentrum und Universität</b>	Tier-1 (GRIDKA), CMS, Belle II, Theorie
<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	CMS, Theorie, Tier-2
<b>Humboldt-Universität zu Berlin</b>	ATLAS, Theorie
<b>Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn</b>	ATLAS, LC, Belle II, Theorie, Beschleunigerphysik
<b>Technische Universität Dortmund</b>	ATLAS, LHCb, Theorie, Beschleunigerphysik
<b>Technische Universität Dresden</b>	ATLAS, Theorie
<b>Albert-Ludwigs-Universität Freiburg</b>	ATLAS, Theorie, Tier-2
<b>Justus-Liebig-Universität Gießen</b>	ATLAS
<b>Georg-August-Universität Göttingen</b>	ATLAS, LC, Theorie, Tier-2, Beschleunigerphysik
<b>Universität Hamburg</b>	ATLAS, CMS, LC, Theorie, Beschleunigerphysik
<b>Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg</b>	ATLAS, LHCb, LC, Theorie
<b>Johannes Gutenberg-Universität Mainz</b>	ATLAS, LC, Theorie
<b>Ludwig-Maximilians-Universität München</b>	ATLAS, Belle II, Theorie, Tier-2
<b>Universität Regensburg</b>	Theorie
<b>Universität Siegen</b>	ATLAS, LC, Theorie
<b>Julius-Maximilians-Universität Würzburg</b>	ATLAS, Theorie
<b>Bergische Universität Wuppertal</b>	ATLAS, LC, Theorie, Tier-2, Beschleunigerphysik
<b>Max-Planck-Institut für Physik München</b>	ATLAS, Belle II, LC, Theorie, Beschleunigerphysik

### 3. DARSTELLUNG DER WICHTIGSTEN ZIELE

#### a. DER WISSENSCHAFTLICHE KONTEXT

Bereits am Ende der ersten Phase der Datennahme am LHC können im Jahre 2012 neue Ergebnisse vorliegen, die einen ersten Blick auf die Physik an der Teraskala erlauben. Diese Ergebnisse werden entscheidend dafür sein, in welche Richtung sich das Feld der Teilchenphysik weiterentwickelt. Obwohl man heute nicht voraussagen kann, was am LHC gefunden wird, lassen sich aber gewisse Richtungen und grundlegende Muster erkennen. Diese Einsichten gründen sich in der Etablierung des Standardmodells der Teilchenphysik, zu dem theoretische Forschungen sowie Experimente an Beschleunigern wie HERA, LEP und Tevatron beigetragen haben. Die am Portfoliothema „Physik an der Teraskala“ beteiligten deutschen Gruppen haben diese Entwicklung deutlich beeinflusst.

Höchste Priorität hat daher in den nächsten Jahren die Analyse der LHC-Daten. Bereits heute wird intensiv an Ausbau-Projekten für den LHC-Beschleuniger und für die Experimente gearbeitet, die in den nächsten Jahren weiter konkretisiert werden. Ganz oben auf der Prioritätenliste der weltweiten Teilchenphysik steht ein Linearbeschleuniger, in dem Elektronen und Positronen bei höchsten Energien zur Kollision gebracht werden. Dies wird ergänzt durch Forschung bei sehr hohen Intensitäten, wie sie z.B. in der am KEK geplanten B-Fabrik stattfinden wird. Auch Ergebnisse aus dem Bereich der Neutrinophysik, der Astro-Teilchen-Physik und der Niederenergie-Teilchenphysik sowie der beobachtenden Kosmologie werden die Forschung in diesem Bereich beeinflussen.

#### b. KERNTHEMEN

Für die Teilchenphysik stellt diese Situation eine große Herausforderung dar. Auf der einen Seite erfordern der Betrieb der LHC-Experimente und die Analyse der Daten große Anstrengungen von allen beteiligten Partnern. Auf der anderen Seite müssen sich die Gruppen bereits jetzt mit der Zukunft der Teilchenphysik auseinandersetzen. Mit der Verankerung des Portfoliothemas „Physik an der Teraskala“ in Deutschland sollen die vernetzten Strukturen geschaffen werden, die es der deutschen Teilchenphysik erlauben, sich diesen Herausforderungen effizient zu stellen und auch in Zukunft an führender Stellung beizutragen.

Um dieses Ziel zu erreichen werden die folgenden Kernthemen behandelt und weiterentwickelt.

##### A) PHYSIK UND DATENANALYSE

Die Analyse der Daten der LHC-Experimente ist die zentrale Herausforderung der nächsten Jahre. Wichtige Themen sind die Datenaufbereitung, -rekonstruktion und -simulation, die Durchführung theoretischer Rechnungen, die Entwicklung von Analysewerkzeugen sowie die statistische und phänomenologische Interpretation der Daten. Weiterhin wird die Vorbereitung auf einen Linear Collider und auf B-Fabriken weiten Raum einnehmen.

Gerade vor dem Hintergrund, dass die weitere Entwicklung der Teilchenphysik stark von den Ergebnissen des LHC abhängt, ist es sehr wichtig, eine effiziente Zusammenarbeit nicht nur mit anderen Partnern innerhalb des gleichen Experimentes zu etablieren, sondern auch eine Kooperation mit anderen Experimenten anzustreben. Nur so kann das Maximum an Information aus den Daten extrahiert werden und Eingang in die weitere Entwicklung des Feldes finden.

Die Herausforderungen an die Mitglieder der großen LHC Kollaborationen sind dabei enorm. Um eine effektive und sichtbare Mitarbeit zu ermöglichen, ist eine aufwändige technische Infrastruktur notwendig. Diese Infrastruktur kann in einer vernetzten Umgebung erheblich effizienter und besser gewährleistet werden als individuell an jedem Standort. Das gilt gleichermaßen für den Zugang zu neuesten Methoden der Analyse, zu statistischen Werkzeugen und zu theoretischer Unterstützung.

Am CERN wurde mit dem Anlaufen des LHC das „LHC Physics Centre at CERN (LPCC)“ gegründet. Diese zentrale Einrichtung soll wichtige Werkzeuge entwickeln und allen Kollaborationen zur Verfügung stellen, die Zusammenarbeit zwischen den Experimenten und der theoretischen Physik koordinieren und unterstützen, und eine konsistente Interpretation der Daten des LHC ermöglichen.

Im Rahmen des Portfoliothemas „Physik an der Teraskala“ soll eine Einrichtung basierend auf der erfolgreichen Arbeit des Analyseentrums der Allianz geschaffen werden. Damit werden in Deutschland, wie bereits z.B. am FNAL in den USA, die Voraussetzungen verbessert, dass sich Gruppen zentral an diesen Themen beteiligen und wichtige Beiträge leisten können. Dies wird durch die Gründung und Unterstützung von Arbeitsgruppen zu Themen von übergreifender Bedeutung sowie durch die gezielte Entwicklung und Bereitstellung zentraler Werkzeuge für Analyse und Simulation geschehen. Darüber hinaus wird das Analysezentrum eine zentrale Rolle in der Weiterbildung von Studierenden und Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern in Deutschland übernehmen.

Das Zentrum wird

- relevante Themen und Projekte im Bereich Analyse und Interpretation der Daten vorantreiben;
- für die LHC-Experimente langfristig nutzbare Expertise aufbauen und dabei die am DESY vorhandene Erfahrung speziell aus den HERA-Experimenten einbringen;
- flexibel Projektarbeit leisten, die von allen Partnern gemeinsam unter strategischen Gesichtspunkten festgelegt wird;
- Workshops und Diskussionsforen zu relevanten Themen unter Einbeziehung internationaler Experten durchführen;
- den wissenschaftlichen Austausch zwischen den beteiligten Partnerinstituten sowie zwischen Theorie und Experiment in Deutschland sicherstellen;
- die enge Zusammenarbeit zu anderen großen LHC-Zentren wie CERN und FNAL nutzen und ausbauen.

Das Zentrum wird seinen Schwerpunkt am DESY haben. DESY ist eines der sehr wenigen Institute weltweit, an denen sowohl eine starke Theoriegruppe als auch beide großen LHC-Experimente vertreten sind. In Form eines Netzwerkes werden die relevanten Expertisen aller Partner zusammengeführt.

Es ist eine wesentliche Stärke des Zentrums, dass es ein Forum bietet, in dem sich die Partner über die strategische Ausrichtung der Forschung abstimmen können. Sie können gezielt Personal und andere Mittel einsetzen, um die gewählte Ausrichtung schnell umzusetzen. Dies ist ein wichtiger Aspekt, um schnell und effizient auf neue Entwicklungen reagieren zu können und damit an vorderster Front der Forschung zu stehen.

Ein weiterer Schwerpunkt des Zentrums wird die Weiterbildung von Studierenden und Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern zur wissenschaftlichen und technischen Vorbereitung auf die Anforderungen der internationalen Forschung sein. Dies ist ein Thema von hoher Relevanz für die in großen Experimenten organisierte Teilchenphysik und profitiert erheblich von einer koordinierten Behandlung. Das Zentrum wird daher Schulen und Arbeitstreffen zu den relevanten Fragestellungen organisieren.



Das Analysezentrum besteht aus folgenden organisatorischen Teilen:

- einem „Training and Workshop Centre“ für die Organisation und Durchführung von Schulen, Workshops, Seminaren und Diskussionsveranstaltungen. Auch neue Kommunikationstechniken sollen zum Einsatz kommen um z.B. Standort übergreifende, virtuelle Seminare zu veranstalten. Neben Analysethemen sollen hier auch Aktivitäten aus anderen Bereichen des Portfoliothemas „Physik an der Teraskala“ einen Platz finden;
- einem Phänomenologie-Zentrum zur Bündelung und Vernetzung von theoretischer und experimenteller Forschung;
- einem Zentrum für Datenanalyse. Beispiele für Themen sind statistische Werkzeuge, Kombination von Ergebnissen verschiedener Experimente, Softwareentwicklung, Monte Carlo Entwicklungen und langfristige Archivierung von Daten und Analyse-Software.

## B) COMPUTING

Das Grid-Computing für die LHC Experimente wurde in den letzten Jahren ausführlich getestet und für die Datennahme vorbereitet. Es hat sich im ersten Jahr der LHC-Datennahme als tragfähiges Konzept erwiesen und wird sehr erfolgreich in der Datenauswertung genutzt. Die Analyse findet weltweit wie vorgesehen zum größten Teil an den Tier-2 und dedizierten Rechenzentren statt. Dank guter Netzwerkverbindungen sowie effizienter Datenmanagementsysteme stehen die Daten schon wenige Stunden nach der Datennahme an den Zentren zur Auswertung bereit.

Die deutschen Tier-2 Zentren verbunden mit der „National Analysis Facility“ (NAF) am DESY werden intensiv für die Analyse genutzt und sind die Basis für substantielle Beiträge zur LHC Physik. Für ATLAS und CMS gehören das DESY Tier-2 im Verbund mit der NAF sowie die Tier-2 Zentren an den universitären Standorten zu den weltweit am intensivsten genutzten Zentren für die Datenauswertung.

Das volle Physikpotenzial wird erst durch den LHC-Betrieb bei hoher Luminosität in den nächsten Jahren ermöglicht. Die große Herausforderung ist der starke Anstieg des Datenvolumens. Die Erfahrung zeigt, dass gut ausgebaute Tier-2 und Rechenzentren im Verbund mit guten Netzwerkverbindungen sowohl zu den Tier-1 Zentren als auch zu allen beteiligten Standorten unabdingbar sind. Der Ausbau der Ressourcen für die wachsenden Datenmengen am LHC ist eine wesentliche Voraussetzung, damit die deutschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch in Zukunft angemessen am LHC Programm beteiligt sein können.

Die Anforderungen an die technischen Datenauswertungswerkzeuge für die Tier-2 Zentren sowie die NAF wachsen stark. Basierend auf Erfahrungen mit der Datenauswertung werden die Analysekonzepte der Experimente modifiziert und umfangreicher werden. Die leistungsfähige Verwaltung großer Datenmengen sowie deren schnelle Bereitstellung für die Analyse erfordert eine Weiterentwicklung der erfolgreichen, maßgeblich in Deutschland entwickelten Speicherlösung dCache. Neue Such- und Zugriffsmethoden zur Datenreduktion, Strategien zur effizienten Ausnutzung von schnellen und zuverlässigen Netzwerken sowie Werkzeuge zum dynamischen Datenmanagement und der Nutzung von Daten-Caching müssen entwickelt werden. Die Grid-Betriebssoftware sowie die Analysewerkzeuge müssen für neue technische Entwicklungen, wie z.B. das Cloud-Computing, erweitert werden, damit diese erfolgreich genutzt werden können.

Dies wird in gemeinsamen Entwicklungen an den Universitäten sowie den Helmholtz-Zentren DESY und KIT geschehen. Die enge Anbindung an die Nutzer garantiert problemorientierte Lösungen und kurze Entwicklungszyklen.

Andere Wissenschaftsdisziplinen sind ebenfalls mit der Notwendigkeit der Auswertung großer Datenmengen konfrontiert und nutzen die für die Teilchenphysik entwickelten Werkzeuge zur verteilten Ressourcennutzung. Die notwendigen Entwicklungen für die „Physik an der Teraskala“ stehen auch diesen Forschungsgebieten zur Verfügung.

Schwerpunkte sind demnach:

- Arbeiten zur Weiterentwicklung von Analyse unter Nutzung verteilter Computing-Ressourcen;
- Strategische Unterstützung zum Ausbau der Vernetzung der Partner;
- Gezielte Unterstützung zum Ausbau der Standorte und der NAF;
- Mitgestaltung zukünftiger Entwicklungen des Computing für die Teilchenphysik.

### C) DETEKTOREN

In den nächsten Jahren wird die Teilchenphysik im Bereich der Detektorentwicklung mit zwei wesentlichen Herausforderungen konfrontiert sein. Zum einen müssen die großen und komplexen Detektoren am LHC zuverlässig betrieben werden. Deutsche Gruppen tragen Verantwortung für zentrale Komponenten, deren Betrieb sichergestellt werden muss und die bei Bedarf gewartet und – wenn notwendig – repariert werden müssen. Um technisch in der Lage zu sein, diese Aufgabe zu erfüllen, müssen wesentliche Kompetenzen und Infrastrukturen langfristig vorgehalten werden. Zum anderen stehen in den nächsten Jahren wichtige Entwicklungen an sowohl beim Ausbau der LHC-Experimente als auch bei der Vorbereitung neuer Experimente, z.B. an einem Linearbeschleuniger.

Detektorentwicklungsarbeiten brauchen eine gut ausgebaute Infrastruktur, um technologisch an vorderster Front der Entwicklungen mitarbeiten zu können. In Deutschland verfügen die Universitäten über eine gut ausgebaute allgemeine Infrastruktur hierfür. Probleme bereiten häufig die speziellen und teuren Einrichtungen, die nicht an jedem Standort vorgehalten werden können, oder die einem sehr schnellen technologischen Wandel unterworfen sind. In den letzten Jahren ist im Rahmen der Allianz „Physics at the Terascale“ eine verteilte Infrastruktur entwickelt worden, die ausgewählte Geräte und Einrichtungen an wenigen zentralen Stellen in Deutschland bereithält und allen Partnern zur Verfügung stellt. Beispielsweise zeigt der gemeinsam getragene Aufbau von Entwicklungskapazitäten für hochintegrierte Elektronik in Bonn und Heidelberg bereits erste positive Wirkungen. In den kommenden Jahren werden in dem Maße, in dem Entwicklung und Bau der LHC Komponenten der zweiten Generation an Bedeutung gewinnen, diese gemeinsamen Infrastrukturen wichtiger werden.

DESY hat aufgrund seiner exzellenten Infrastruktur in den letzten Jahren eine zentrale Rolle in der Entwicklung von neuen Detektoren für den ILC gespielt. Auch in der Integration einiger deutscher Beiträge für den Ausbau der LHC Experimente zeichnet sich das ab. Sowohl für ATLAS als auch für CMS sollen wesentliche neue Komponenten, die an deutschen Standorten gebaut werden sollen, am DESY zusammengeführt und integriert werden.

Im Rahmen des Portfoliothemas „Physik an der Teraskala“ wird sichergestellt, dass die geschaffenen, gemeinsam genutzten Infrastrukturen weiterentwickelt werden und den Anforderungen der Partner genügen, damit sie auch langfristig dem internationalen Wettbewerb standhalten. Nur durch die kontinuierliche Investition in Technologie und Ausstattung wird gewährleistet, dass allen deutschen Gruppen der Zugang zu modernsten Technologien möglich ist. Dies erfordert eine planbare Finanzierung, die mit diesem Antrag ermöglicht werden soll.

Mit der langfristigen Sicherstellung solcher zentralen Infrastrukturen beseitigt Deutschland einen wesentlichen Wettbewerbsnachteil im Vergleich mit anderen Ländern wie z.B. Frankreich. Im Rahmen des dortigen IN2P3 werden seit Jahren wichtige Infrastrukturen allen Partnern zugänglich gemacht und zentral finanziert.

Ein weiterer wesentlicher Teil der geplanten Aktivitäten ist die Möglichkeit, gezielt Projekte zu fördern, die neue Technologien oder neue Methoden zum Ziel haben. Sowohl durch die Bereitstellung von Personal als auch von Investitionsmitteln soll sichergestellt werden, dass Gebiete, die von den Partnern als strategisch wichtig identifiziert werden, auch tatsächlich in Angriff genommen werden können. Diese Initiative ergänzt die Möglichkeiten der Partner, indem sie Projekte fördern kann, die nicht durch die Verbundforschung getragen werden können.

#### D) BESCHLEUNIGERPHYSIK

DESY ist das Beschleunigerzentrum für Teilchenphysik in Deutschland und hat in den letzten 20 Jahren eine internationale Spitzenposition im Bereich der supraleitenden Beschleunigung von Elektronen eingenommen. Dies ist nicht zuletzt durch die Arbeiten zustande gekommen, aus denen sich FLASH und der Europäische XFEL entwickelt haben. Die gleiche Technologie ist für den International Linear Collider (ILC), die technologisch fortgeschrittenste Variante eines Beschleunigers dieses Typs, vorgesehen. Für die Zukunft der Teilchenphysik ist die Weiterentwicklung dieser Technologie von ausschlaggebender Bedeutung.

Langfristig werden für beschleunigerbasierte Teilchenphysik effizientere Beschleunigungsmechanismen erforderlich. Auch wenn es bisher keine tragfähigen Konzepte für Collider in dieser Hinsicht gibt, weist die Plasma-Beschleunigung ein hohes Innovationspotenzial auf. Das Max-Planck-Institut für Physik, die Universität Hamburg und DESY engagieren sich bereits jetzt in der Grundlagenforschung zu diesem Thema. In der Helmholtz-Gemeinschaft wird die Einrichtung eines neuen Programms „Beschleunigerforschung und -entwicklung“ diskutiert um diesem wichtigen Zukunftsthema Rechnung zu tragen. Das Portfoliothema „Physik an der Teraskala“ wird diese Entwicklungen nutzen und ergänzen, indem es spezielle Fragen behandelt, die mit höchsten Beschleunigungen für die Teilchenphysik zu tun haben. Damit wird die traditionell enge Verbindung zwischen Teilchen- und Beschleunigerphysik weiter entwickelt.

Durch die im Portfoliothema bestehende Vernetzung von Universitäten, dem Max-Planck-Institut für Physik und DESY wird die Basis in Deutschland für die Aus- und Weiterbildung in der Beschleunigerphysik verbreitert. Dies wird erreicht durch die Hinführung von Studierenden und Wissenschaftlern zur Beschleunigerphysik und deren Einbindung in aktuelle Projekte, die in der Regel nur an Großforschungszentren durchzuführen sind. Das Programm wird ergänzt durch gezielte Vorlesungen und Schulen.

Schwerpunkte sind demnach:

- Forschung an Schlüsselthemen für einen Linear Collider;
- Forschung an Teilchenphysik-relevanten Themen der Plasma-Beschleunigung;
- Aus- und Weiterbildung des Nachwuchses

#### E) THEMENÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN

Ein wichtiges Werkzeug des Portfoliothemas „Physik an der Teraskala“ sind zentral verwaltete und allen Partnern zugutekommende, begleitende Maßnahmen.

Ein bewährtes Instrument, um neue Impulse in einem Feld zu setzen, ist die gezielte Schaffung von Nachwuchsgruppen. Die Helmholtz-Gemeinschaft verwendet dieses Instrument sehr erfolgreich und auch die Allianz „Physics at the Terascale“ hat Nachwuchsgruppen mit großem Erfolg eingesetzt. Im Rahmen des Portfoliothemas „Physik an der Teraskala“ werden in einem strategisch ausgerichteten Wettbewerb zwischen

den Partnern des Antrages Nachwuchsgruppen eingerichtet. Diese Nachwuchsgruppen werden für wissenschaftliche Ziele eingesetzt, die von den Partnern gemeinsam formuliert wurden. Sie sind, neben der Stelle für den wissenschaftlichen Leiter, mit ausreichenden Mitteln ausgestattet, um eine Arbeitsgruppe mit Studierenden und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aufzubauen.

Häufig scheidet die Berufung von profilierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an Problemen der Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Das Portfoliothema wird hier durch die Bereitstellung von Mitteln für „Dual Career“-Stellen einen Beitrag leisten. Auf Antrag werden die Kosten für bis zu 50% der Stelle für den Partner übernommen, wenn ein besonderes strategisches Interesse besteht, die Person zu gewinnen. Das Portfoliothema entwickelt eine Reihe anderer Maßnahmen, um es gerade Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern zu erleichtern, Familie und Beruf zu vereinbaren.

Häufig entwickeln sich neue, spannende Themen kurzfristig und bedürfen einer schnellen Reaktion. Als themenübergreifende Maßnahme werden Mittel vorgehalten, um regelmäßig einen Wettbewerb um neue Ideen und Projekte zwischen den Partnern durchzuführen. Sie werden so weit aus dem Portfoliothema gefördert, bis sie ausreichend entwickelt sind, um sich für anderweitige Fördermöglichkeiten zu qualifizieren. Dieser Wettbewerb wird unter Aspekten der Qualität aber auch der strategischen Relevanz durchgeführt.

Der wissenschaftliche Austausch wird durch gezielte Unterstützung von Reisen zwischen den Partnerinstituten, Organisation von Workshops und Einladungen von international renommierten Wissenschaftlern gefördert.

#### 4. BEITRÄGE DER PARTNER

Insgesamt arbeiten in Deutschland etwa 1000 Physikerinnen und Physiker in 16 Universitäten, zwei Helmholtz-Zentren und einem Max-Planck-Institut an der „Physik an der Teraskala“. Der größte Teil der Ressourcen wird von den Ländern bereitgestellt, hauptsächlich in Form von universitären Infrastrukturen und Personal. Die Helmholtz-Gemeinschaft und die Max-Planck Gesellschaft tragen ebenfalls zur Finanzierung der Teilchenphysik bei. Der Bund fördert die universitären Gruppen im Rahmen der Verbundforschung mit ca. 13 Mio. EUR im Jahr. Die DFG spielt eine wichtige Rolle bei der Förderung der theoretischen Teilchenphysik und des wissenschaftlichen Nachwuchses insbesondere über Graduiertenschulen. In den vergangenen Jahren konnten aus Mitteln der Helmholtz-Allianz weitere 5 Millionen EUR pro Jahr eingesetzt werden, von denen etwa 60% den Universitäten zugutekommen.

Die Partner leisten erhebliche Beiträge in allen Bereichen des Portfoliothemas. In der Regel wird jeder Partner für Förderungen einen Eigenbetrag in gleicher Höhe bereitstellen. Die Partner unterstützen die Infrastrukturen des Portfoliothemas in allen Bereichen mit signifikanten eigenen Personalmitteln. Teilweise werden Dauerstellen bereitgestellt, um die Betreuung der Themen auch langfristig zu sichern.

#### 5. STRUKTUREN

Die Leitungsstrukturen des Portfoliothemas basieren auf den Erfahrungen aus großen internationalen Kollaborationen der Teilchenphysik und der Helmholtz Allianz „Physics at the Terascale“. Alle grundlegenden Entscheidungen werden von einer Versammlung aller Partner gemeinsam und gleichberechtigt getroffen. Sie entscheidet über die Besetzung der Leitungspositionen.

Zwei wissenschaftliche Koordinatoren – einer vom DESY, einer von den Universitäten – steuern zusammen mit einem für die Durchführung zuständigen wissenschaftlichen Leiter die Arbeit des Portfoliothemas. Sie werden in ihrer Arbeit von einem gewählten Leitungsgremium unterstützt.

Jedes der Kernthemen wird durch ein gewähltes Fachgremium koordiniert. Die Fachgremien sind ein wichtiges Instrument der Kommunikation und der gemeinsamen Planung, und stellen die enge Abstimmung innerhalb der Kernthemen zwischen allen Partnern sicher. In der Allianz haben sich diese Fachgremien zu Foren entwickelt, in denen kooperativ Projekte definiert und durchgeführt werden.

## 6. BEANTRAGTE MITTEL

Für das Projekt werden Mittel in Höhe von jährlich 3 Mio EUR benötigt. Projektbeginn ist für 1.7.2012 geplant.

Beantragte Gesamtmittel für das Portfoliothema „Physik an der Teraskala“ auf Ausgabenbasis:

Beantragte Mittel				
Jahr	2012	2013	2014	2015
<b>Beantragte Mittel in T EUR</b>	1500	3000	3000	3000
<b>davon Personal</b>	900	1800	1800	1800
<b>davon Sachmittel und Investitionen</b>	600	1200	1200	1200
<b>Eigenbeiträge der Partner</b>	1500	3000	3000	3000

Als Aufteilung ist vorgesehen, dass ca. 40% der Mittel an die beteiligten Helmholtz-Zentren und ca. 60% an die universitären Partner fließen.