

Projektübersicht "Netzwerk Teilchenwelt"

Fachinformation der Öffentlichkeit durch Aufbau und nachhaltige Etablierung eines Netzwerks zwischen Wissenschaftlern, jungen Menschen und Jugendprojektleitern als Multiplikatoren für die Vermittlung aktueller Forschung mit dem Ziel der gemeinsamen Erkundung der kleinsten Teilchen und der Entstehung des Universums in direktem Kontakt zum CERN

Prof. Dr. Michael Kobel
Institut für Kern- und Teilchenphysik
Technische Universität Dresden
19.10.2009

Projektleiter/innen

Junge Forscher/innen

Stufen:

*Forschungs-
Mitarbeit*

**Mit-
arbeit** an
Forschungs-
einrichtungen
(5 / Jahr)

**Mit-
arbeit** an
Forschungs-
einrichtungen
(10 / Jahr)

*Vertiefungs-
Programm*

vertiefte Schulung
am CERN insb im Bereich
Experimente für Jugendliche
(50 /Jahr)

2-tägige **Workshops**
oder **Projektwochen**
am CERN
(100 / Jahr)

*Qualifizierungs-
Programm*

Durchführung eigener
Projekte mit Jugendlichen, wie
- nationale Masterclasses
- Experimente mit kosmischer Strahlung
(50 / Jahr, 200 als Bestand)

aktive **Teilchenwelt Mitarbeit**
- Masterclass Tutor/in
- Experimentator/in
(100 / Jahr, 200 als Bestand)

*Basis-
programm*

Teilnahme an einführenden Veranstaltungen
insbesondere den **Projektleitertagen der**
„International Masterclasses“
(400 / Jahr)

Teilnahme an **nationalen oder**
internationalen Masterclasses
(6 000 / Jahr)

1. Einleitung

Die Forschung an den fundamentalen naturwissenschaftlichen Fragen über den Aufbau unserer Welt, den fundamentalen Bausteinen, der Art, der Funktionsweise und der Ursache der Kräfte zwischen ihnen, der Entstehung und der weiteren Entwicklung des Universums fasziniert die Menschheit seit tausenden von Jahren. Die dabei in den letzten 100 Jahren erlangten Erkenntnisse stellen einen Meilenstein der menschlichen Kultur dar, da sie tiefe Einblicke in die faszinierende Schönheit der diesem Universum zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten bieten. Mit den modernen hochenergetischen Teilchenbeschleunigern und der präzisen Untersuchung der Wechselwirkung kosmischer Strahlen auf der Erde ist es möglich geworden, Prozesse nachzustellen und zu vermessen, wie sie nur eine Pikosekunde nach dem Urknall stattgefunden haben.

Der gerade am CERN in Betrieb gehende Large Hadron Collider, die "Weltmaschine" LHC wird als das weltgrößte Forschungsgerät mehrere zentrale offene Fragen der Entstehung des Universums und seiner Gesetze untersuchen. Er wird u.a. klären, ob die Masse der Elementarteilchen, deren Spektrum überhaupt erst die Bildung von Sternen und Planeten und die Entstehung von Leben möglich gemacht haben, wirklich auf ein überall vorhandenes Higgsfeld zurückzuführen ist, und ob die bisher gefundenen Symmetrien, die allen Kräften zugrunde liegen, durch eine so genannte Supersymmetrie zwischen Bausteinteilchen und Kraftteilchen ergänzt werden muss, die möglicherweise auch die dunkle Materie im Weltall erklärt. Weitere Untersuchungsthemen sind das Verschwinden der Antimaterie, die Untersuchung der Ursuppe aus Quarks und Gluonen, und die Frage, ob es noch weitere zusätzliche Raumdimensionen gibt.

Bereits der Vorgänger des LHC am CERN, der Large Electron Positron Collider LEP, der von 1989 bis 2000 im selben 27 km langen Tunnel installiert war, hat die theoretische Weltsicht der Teilchenphysiker, die im so genannten Standardmodell zusammengefasst ist, eindrucksvoll experimentell bestätigt. Insbesondere die Vermessung von insgesamt 17 Millionen Z-Teilchen und 80 Tausend W-Teilchen, die Boten der schwachen Kraft, konnte die theoretischen Vorhersagen der elektroschwachen Symmetrie mit einer experimentellen Präzision von besser als ein Promille überprüfen. Darunter waren so zentrale Messungen wie die Anzahl von 3 Familien von Bausteinteilchen, die konsistente Vorhersage der Masse des W-Teilchens, die Bestätigung der Universalität der 3 Leptonfamilien und ihrer Kopplungsstärken in Z- und W-Zerfällen, sowie die Bestätigung der Theorie der starken Kraft einschließlich ihrer Farbladungen.

Auch die Messung kosmischer Teilchen (Protonen, Atomkerne, Gammas, Neutrinos) mit modernen Astroteilchenphysik-Experimenten wie Auger, H.E.S.S., MAGIC, CTA, IceCube, KM3Net haben in den letzten Jahren und Jahrzehnten neue Fenster in das Universum eröffnet. Dabei geht es u.a. um das Verständnis der Prozesse in der Sonne, in galaktischen und extragalaktischen Objekten wie Supernovae, Blazaren, Pulsaren, aktiven galaktischen Kernen und in der Umgebung schwarzer Löcher. Konkrete Bedeutung für das irdische Leben erlangen die kosmischen Strahlen über ihre Wirkung auf den menschlichen Organismus bei Langstreckenflügen und Weltraummissionen, auf elektronische Systeme von Satelliten und auf der Erde und auf die Entstehung von Blitzen in Gewittern. Kosmische Strahlung ist außerdem ein möglicher Katalysator bei der Entstehung organischer Moleküle und bei der Entwicklung neuer Spezies durch Mutation.

Die fundamentale Grundlagenforschung beschäftigt sich mit Fragestellungen, die der dem menschlichen Wesen innewohnenden Neugier zur Erkundung des Universums entspringen. Die Fachinformation der Öffentlichkeit ist daher ein integraler und unverzichtbarer Bestandteil dieser Forschung, um die Ergebnisse der Suche nach den Prinzipien, die die Welt "im Innersten zusammenhalten", sowie die sich daraus entwickelnden neuen, tiefer gehenden Fragen als Kulturgut allen zugänglich zu machen. Die dadurch entstehende Transparenz der Fragestellungen und Methoden trägt außerdem zu besserem Verständnis und zu größerer Akzeptanz der aktuellen wissenschaftlichen Forschung in der Öffentlichkeit bei.

Das Ziel dieses Projekts der TU Dresden in Zusammenarbeit mit allen deutschen Forschungsinstituten der (Astro-)Teilchenphysik und dem CERN geht aber sogar noch deutlich über die pure Fachinformation hinaus:

Junge Menschen sollen im "Netzwerk Teilchenwelt" die Gelegenheit erhalten, gemeinsam mit Wissenschaftlern und Jugendprojektleitern als Multiplikatoren eigene nachhaltige und authentische Erfahrungen mit realen experimentellen Daten aus den oben genannten Feldern zu machen. Durch diesen frühen und direkten Kontakt zur Grundlagenforschung soll eigenes Nachdenken über naturwissenschaftliche Themen und die Rolle der naturwissenschaftlichen Forschung in der Gesellschaft angeregt werden, sowie das eigene Interesse an diesen Themen gefördert werden. Die Betätigung der Jugendlichen als junge Forscher/innen beeinflusst in vielen Fällen ihre Studien- und Berufswahl und trägt so zur Nachwuchssicherung der Physik und Naturwissenschaften bei.

Dazu eignet sich kaum ein Feld besser als die Teilchen- und Astroteilchenphysik, da hier die fundamentalen Fragen nach dem Woher und Wohin des Universums, nach den elementaren Bausteinen und Kräften, sowie nach den vereinheitlichten Grundprinzipien und –symmetrien der Naturgesetze gestellt werden. Ausgehend von diesen Prinzipien existieren viele Kontexte zu naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Themen, die im Netzwerk ebenfalls behandelt werden können. Die in der Teilchen- und Astroteilchenphysik bereits vielfältig vorhandenen Projekte mit jungen Menschen und die Vernetzung der Wissenschaftler/innen bieten ideale Voraussetzungen für den Aufbau und die Umsetzung des Netzwerks.

2. Konzept und Zielgruppen

Das "Netzwerk Teilchenwelt" soll in 4 Vertiefungsstufen flächendeckend in Deutschland aufgebaut werden, wobei vorhandene Synergien mit bereits existierenden Aktivitäten beim Aufbau genutzt werden sollen. Es soll dabei eine pyramidenförmige Struktur der Teilnehmerzahlen von breitem Basisprogramm bis zu intensiver Mitarbeit Einzelner in den Forschungsgruppen realisiert werden (siehe Grafik auf der Titelseite).

Die folgenden **vier Vertiefungsstufen** sind im Detail in Kapitel 4 beschrieben:

- i.** Basisprogramm zur Einführung in die Themen des Netzwerks
- ii.** Qualifizierungsprogramm für die Mitgliedschaft im Netzwerk
- iii.** Vertiefungsprogramm am CERN als Schulung, Praktikum oder Workshop
- iv.** Forschungsmitarbeit von einzelnen Personen

Zentrale Zielgruppen sind junge Forscher/innen im Alter von 15-19 Jahren. Als Multiplikatoren sind vor allem Leiter von wissenschaftlichen Projekten mit Jugendlichen die Zielgruppe, aber auch Autoren von wissenschaftlichen Artikeln oder Büchern für Jugendliche. Zu den Projektleitern zählen z.B. Leiter von Arbeitsgruppen oder Projekttagen an Schulen, Leiter von Workshops für Jugendliche in Museen, Science Centern oder Schülerlaboren oder andere Leiter von Jugendgruppen im privaten oder öffentlichen Bereich.

3. Zentrale Elemente und Synergien mit bestehenden Aktivitäten

3.1. Masterclasses der Teilchenphysik

Die Basis des gesamten Netzwerks bilden neben den bestehenden internationalen "Masterclasses Hands on Particle Physics" die neu zu etablierenden nationalen "Teilchenphysik Masterclasses", die flächendeckend Jugendliche in ganz Deutschland erreichen sollen.

Bei den Teilchenphysik Masterclasses analysieren junge Forscherinnen und Forscher echte Daten von internationalen Großexperimenten der Teilchenphysik und diskutieren ihre Ergebnisse untereinander und mit Wissenschaftlern. Ohne dass spezielle Vorkenntnisse nötig wären, lernen sie dort in Vorträgen der aktiven Wissenschaftler die grundlegenden Konzepte der Teilchenphysik, bevor sie selbst daran gehen, in originalen Detektoraufnahmen Elementarteilchen zu identifizieren und fundamentale Messungen durchzuführen. Diese beinhalten die in der Einleitung erwähnten Untersuchungen von Z- und W-Zerfällen aus Daten des LEP Beschleunigers, und die daraus ableitbare Bestätigung der Universalität der 3 Leptonfamilien sowie die Messung der Zahl der Farbladungen und der Kopplungsstärke der starken Kraft. In den letzten Jahren kamen dazu noch verstärkt erste Studien von Simulationen der Physik am neuen LHC Beschleuniger des CERN.

Die Ziele der Masterclasses sind

- Wecken von Begeisterung und Interesse an grundlegenden Fragestellungen der modernen Physik bei 15-19-Jährigen
- Selbständiges Einarbeiten in die Methoden und Fragestellungen der Teilchenphysik mit Hilfe echter Daten der Experimente des CERN und Einblick in die Arbeitsweise von großen internationalen Forscherkollaborationen
- Möglichkeit zum persönlichen Kontakt und Diskussion mit Wissenschaftlern
- Ausblick auf die Bedeutung der modernen Physik für unser Weltbild
- Fachinformation über die Entstehung des Universums, die fundamentalen Bausteine der Materie und ihre Wechselwirkungen

3.1.1. Bestehende Aktivität: Internationale Masterclasses

Die Internationalen Masterclasses „Hands on Particle Physics“ werden unter der zentralen Leitung des Antragsstellers, Michael Kobel, im Rahmen der European Particle Physics Outreach Group EPPOG seit 5 Jahren für ein Netzwerk von über 80 Instituten und Forschungseinrichtungen in 23 Ländern einmal jährlich in einer 2½ wöchigen gemeinsamen Blockveranstaltung ausgerichtet. Weltweit besuchen dabei jedes Jahr über 5000 Schülerinnen und Schüler und ca. 200 Lehrkräfte für jeweils einen Tag die Forschungseinrichtungen. In Deutschland nahmen in 2009 an 14 Orten ca. 700 Schüler/innen und 50 Lehrkräfte an diesem internationalen Programm teil.

3.1.2. Geplante Neuerung: Nationale Teilchenphysik Masterclasses

Mit Hilfe des Netzwerks Teilchenwelt sollen weit mehr junge Menschen in Deutschland die Gelegenheit erhalten, an den nachgewiesenen erfolgreichen Masterclasses teilnehmen zu können. Dazu soll ein flächendeckendes Angebot für Leiter von Jugendprojekten entstehen, nationale Teilchenphysik Masterclasses im Rahmen von Projekttagen, Projektwochen, Arbeitsgemeinschaften etc. an ihren Einrichtungen (Schulen oder außerschulische Lernorte) durchzuführen. Der direkte Kontakt zu Wissenschaftler/inne/n wird dabei durch Doktorand/inn/en der deutschen (Astro-)Teilchenphysik Forschungsinstitute gesichert. Sie halten die einführenden Vorträge und betreuen die Veranstaltung vor Ort gemeinsam mit den Projektleitern und erfahreneren Jugendlichen aus dem Qualifizierungs- oder Vertiefungsprogramm. So kommt eine weitaus höhere Anzahl von jungen Menschen als bisher mit diesem Programm in Kontakt, und es dient als Einstieg in die aktive Mitarbeit im "Netzwerk Teilchenwelt".

3.2. Vor-Ort Erfahrungen am CERN in Genf

3.2.1. Bestehende Aktivitäten: Lehrerfortbildungen und Schülerbesuche

Seit über zehn Jahren führt CERN internationale Lehrerfortbildungen durch, seit 2007 auch nationale Programme in deutscher Sprache. Diese Programme von einer (national) bzw. drei (international) Wochen Dauer haben sehr eindrucksvoll gezeigt, wie wichtig es ist, Bildungsmultiplikatoren an ein Forschungsinstitut zu holen und sie dort direkt mit aktueller Forschung und insbesondere den Forschung in Kontakt zu bringen. Aus den mehreren hundert Teilnehmern bisher hat sich ein sehr aktives Netzwerk von interessierten Lehrkräften gebildet, das eine gute Eigendynamik entwickelt hat. Die Teilnehmer stehen über einen regen eMail-Austausch miteinander in Kontakt, entwickeln sowohl ihr am CERN erworbenes Wissen, als auch dessen Vermittlung an Jugendliche in den jeweiligen Ländern weiter, verbreiten es unter sich und teilen es mit ihren Kolleginnen und Kollegen, die (noch) nicht an einer solchen Veranstaltung teilgenommen haben.

Ziel der existierenden Fortbildungswochen am CERN ist es, den Bildungsmultiplikatoren durch gezielte Vorlesungen, Praktika, Besuche und Diskussionsveranstaltungen moderne Physik, insbesondere die CERN-Forschungsgebiete, und die Arbeitswelt der Forscher im internationalen Rahmen näherzubringen und sie an der Begeisterung der Physiker für die Grundlagenforschung teilhaben zu lassen.

Im Bereich der Besuche bei CERN nehmen Besuche von Schulklassen einen großen Raum ein. Gerade bei den Besuchen von Jugendlichen aus Deutschland zeigt sich, dass der Besuch einen bleibenden Eindruck hinterlässt und bereits einige junge Nachwuchswissenschaftler/innen nach dem und wegen des Besuchs ein Physikstudium begonnen haben.

Seit 2008 gibt es am CERN Erfahrungen mit jungen deutschen Praktikanten, die entweder in Gruppen oder einzeln Zeit am Institut verbringen. Dies reicht vom „Über-die-Schulter-Schauen“ bis zur direkten Mitarbeit in Ingenieurs- und Forschungsgruppen mit eigenen kleinen Projekten. Letztere tragen erheblich zur Orientierung der Jugendlichen für eine anstehende Studien- oder Berufswahl bei.

3.2.2. Geplante Neuerungen: Schulungen für Projektleiter, Workshops und Projektwochen für Jugendliche

Für das Netzwerk Teilchenwelt ergibt sich durch eigene Schulungen für die Jugendprojektleiter des Netzwerks am CERN die Möglichkeit, mit dem Netzwerk der CERN-Lehrerprogramm-Alumni in Kontakt zu kommen und Synergien zu nutzen. Insbesondere die deutschen Alumni sind geradezu prädestiniert, von Anfang an im Netzwerk Teilchenwelt mitzuarbeiten und die Jugendprojektleiter des Netzwerks an ihren Erfahrungen teilhaben zu lassen. Die authentische Umgebung am CERN, die Gelegenheit zur Vor-Ort Besichtigung der Experimente und vor allem die fast unbegrenzte Möglichkeit zur Diskussion mit Wissenschaftlern werden die Projektleiter befähigen, in ihren zukünftigen Projekten ihre vertieften fachlichen Kenntnisse und ihre Faszination an die Jugendlichen weiterzugeben.

Zwei-tägige Workshops am CERN im Rahmen des Netzwerks werden eine große Motivation für die jugendlichen Mitglieder des Netzwerks im Vertiefungsprogramm bilden und die in den vorhergehenden Stufen erworbenen Kenntnisse durch neue Eindrücke erweitern und vertiefen. Bei diesen Veranstaltungen soll neben Vorträgen und Diskussionen mit Wissenschaftlern die "live"-Erfahrung an den CERN Experimenten im Vordergrund stehen. Außer Vor-Ort Besichtigungen der Experimente sind hier u.a. vertiefende Messungen an echten Daten der LHC Experimente geplant, die über die nationalen und internationalen Masterclasses hinausgehen. Erste für Jugendliche geeignete Programmpakete mit Optionen zu vertiefter Analyse (AMELIA, HYPATIA, OGRE) sind für das ATLAS Experiment bereits in Entwicklung und/oder Erprobung.

Für besonders engagierte Jugendliche soll über die 2-tägigen Workshops hinaus auch Möglichkeiten für ganze Projektwochen am CERN geschaffen werden, in denen sie in den Ingenieurs- und/oder Forschungsgruppen zu Gast sind, und aktiv mit eigenen kleinen Projekten in deren Arbeit eingebunden werden.

3.3. Entwicklung von Begleit- und Kontextmaterialien

Um junge Menschen und Projektleiter gezielt auf die Projekte des Netzwerks vorzubereiten und dessen Nachbereitung zu unterstützen, ist die Konzeption von Begleit- und Kontextmaterialien notwendig. Mit Hilfe dieser Materialien können die Teilnehmer/innen des Programms miteinander oder im Selbststudium die Grundlagen der Teilchenphysik und Kosmologie kennenlernen oder weiter vertiefen. Ziel ist es, das Interesse von jungen Menschen an naturwissenschaftlicher Grundlagenforschung zu wecken. Insbesondere ist es dabei wichtig, die (Astro-)Teilchenphysik im Kontext einer Vielzahl anderer naturwissenschaftlicher Themen (Radioaktivität, elektrische und magnetische Felder, Astronomie...) oder z.B. für medizinische Anwendungen aufzuzeigen.

3.3.1. Bestehende Materialien

Durch die Unterstützung des BMBF konnte zwar im Rahmen der Ausstellung "Weltmaschine" eine Broschüre erstellt werden, die die Materialien des CERN oder auch die KET Broschüre ergänzt, jedoch sind diese Materialien nicht für die im Netzwerk Teilchenwelt dominierende Zielgruppe von 15-19 Jährigen verfasst, sondern wenden sich allgemein an die interessierte Öffentlichkeit.

3.3.2. Geplante Neuentwicklungen

Die speziell für das Netzwerk zu entwickelnden Begleit- und Kontextmaterialien sollen vielseitig einsetzbar sein.

Für die Teilnehmer/innen der Masterclasses sollen vor allem Materialien zur Nachbereitung und zum vertieften Einstieg und Mitarbeit beim Netzwerk Teilchenwelt entstehen. Für die in einer Ausbaustufe des Netzwerks verstärkt geplanten Experimente zur Messung kosmischer Teilchen sollen in Zusammenarbeit mit den beteiligten Instituten Arbeitsblätter erstellt werden, die das selbstständige Arbeiten der Teilnehmer/innen unterstützen sollen. Weiterhin soll eine Sammlung relevanter Experimente zur Teilchenphysik entstehen, die von den Jugendprojektleitern auch außerhalb der Veranstaltungen des Netzwerks mit den Jugendlichen durchführbar sind (z.B. Selbstbau einer Nebelkammer).

Die Schulung der Jugendprojektleiter zum Bau dieser Experimente und dem Einsatz der Begleit- und Kontextmaterialien findet insbesondere im Vertiefungsprogramm am CERN statt.

3.4. Wissenschaftliche Überprüfung der Zielerreichung

Die durch das Netzwerk Teilchenphysik angestrebten Ziele sind überaus bedeutsam im Bereich der sog. scientific literacy für die Gruppe der Heranwachsenden als auch perspektivisch für das naturwissenschaftliche Verständnis einer breiten Öffentlichkeit. Im Bereich des CERN sind durch zahlreiche Lehrerfortbildungen und Besuche von Schülergruppen bereits gute Erfolge in der Verbreitung von Wissen und Kenntnissen über Fragestellungen in der Elementarteilchenphysik erzielt worden. Über die Wirksamkeit dieser Maßnahmen gibt es jedoch neben einzelnen mündlichen Berichten kaum systematische Auswertungen im Hinblick auf langfristige Effekte. Auch die fachlichen Erkenntnisgewinne der Teilnehmer wurden nicht erfasst.

Daher soll zur Optimierung der geplanten Maßnahmen und Materialien eine wissenschaftliche Begleitung initiiert werden. In einem ersten Schritt läuft bereits seit Juli 2009 eine von der Professur Didaktik der Physik mitbetreute Wolfgang-Gentner Doktorarbeit am CERN zum Thema "Masterclass upgrade für den LHC", in der eine neue Konzeption entwickelt und erprobt wird.

Ein stärker auf Evaluation zielendes Vorhaben würde die zahlreichen Projekte hervorragend ergänzen und bereichern. Insbesondere soll die Wirksamkeit der konkreten Maßnahmen zum einen auf die langfristige Interessensentwicklung der beteiligten Jugendlichen und zum anderen auf ihre Einstellung zu moderner Naturwissenschaft und Technik sowie physikalischer Grundlagenforschung analysiert werden. Neben den Masterclasses und Vor-Ort-Kursen mit den damit verbundenen direkten Kontakten und Diskussionsmöglichkeiten mit Wissenschaftler/innen, einem zentralen Element des Netzwerks Teilchenwelt, liegt hierbei besonderes Augenmerk auf der Rezeption der Begleit- und Kontextmaterialien, damit sie ihrer Funktion im Selbststudium gerecht werden können und zugleich das Erreichen der Ziele des Netzwerks Teilchenwelt sichergestellt werden kann

3.5. Ergänzung und Ausbau des Netzwerks

Alle Stufen von der Qualifizierung über Vertiefung bis zur Forschungsmitarbeit lassen sich thematisch leicht ergänzen und ausbauen. Sinnvolle Zielrichtungen einer nächsten Ausbaustufe des Netzwerks sind

- Projekte im Bereich Astroteilchenphysik, Astrophysik und Astronomie
 - Eigene Messungen kosmischer Strahlung (Abhängigkeit vom Zenithwinkel, von der Absorberdicke, vom Luftdruck, Messung der Geschwindigkeit und der Lebensdauer von Myonen, Messung von Luftschauern, etc.)
 - Astroteilchenphysik und Astronomie als verschiedene Beobachtungsfenster des Universums
 - Kosmische Beschleuniger für Elementarteilchen im Vergleich zum LHC
 - Abschirmung kosmischer Teilchen durch das Erdmagnetfeld, Entstehung von Nord- und Südlicht an den Polen

- Projekte im IT-Bereich
 - statistische Methoden zur Auswertung der Daten
 - Entwicklung von Programmen zur Datennahme und -Auswertung mit modernen Programmiersprachen, wie z.B. Python und C++
 - Entwicklung von Animationen und Grafiken zur Darstellung physikalischer Effekte (z.B. Photoeffekt, Cerenkov-Effekt, Szintillation usw.)

- Projekte im Bereich Medizinphysik
 - Strahlenbelastung durch kosmische Teilchen,
 - Einfluss von Sonnenflares auf Organismen

In einigen deutschen Instituten, zuvorderst DESY (Zeuthen und Hamburg) aber auch Karlsruhe, Wuppertal, Göttingen, Erlangen, Mainz, Heidelberg und Würzburg, wird die Messung kosmischer Strahlung teilweise in Verbindung mit den anderen oben genannten Themen bereits heute mit jungen Menschen durchgeführt. Diese bestehenden Projekte sollen schon jetzt so weit wie möglich in das Qualifizierungsprogramm des Netzwerks Teilchenwelt eingebunden werden.

Mit der heute vorhandenen Infrastruktur kann die Messung kosmischer Strahlung dabei aber leider nur einem kleinen Teil der Jugendlichen und Projektleiter in der Qualifizierungsphase des Netzwerks Teilchenwelt angeboten werden. Eine zweite Ausbaustufe des Netzwerks in Bezug auf die Messung kosmischer Strahlung ist daher wünschenswert, besonders weil hier die Jugendlichen Gelegenheit hätten - im Gegensatz zu den Masterclasses - ihre Daten selbst "live" aufzunehmen. Durch Kooperation der Uni Göttingen mit PHYWE könnte zudem die Nachhaltigkeit durch kommerzielle Verbreitung der Entwicklungen von Mess- und Ausleseapparaturen sichergestellt werden.

3.6. Übersicht über bestehende Aktivitäten

- **Internationale Masterclasses „Hands on Particle Physics“**
Nationale und internationale Leitung : Prof. Dr. Michael Kobel, TU Dresden
Ausführung: 80 Forschungsinstitute (davon 14 deutsche) in 23 Ländern mit von Wissenschaftlern moderierter internationaler Videokonferenz:
derzeit: 5000 Schüler/innen / Jahr, davon derzeit ca 700 aus Deutschland
- <http://www.physicsmasterclasses.org/>
- **"Rent-a-Scientist" Programm**
Um direkten Kontakt mit jungen Menschen zu etablieren, können Wissenschaftler der Teilchenphysik zu Vorträgen an Schulen und Schülerlaboren (z.B. XLAB in Göttingen) eingeladen werden
- http://www.teilchenphysik.de/teilchenphysik_vor_ort/vortraege_fuer_jedermann
- <http://www.uni-goettingen.de/de/90899.html> u.v.a.m.
- **Lehrerfortbildungen zur Teilchenphysik in Deutschland**
Erfahrungen an vielen Instituten, z.T. im Rahmen der Masterclasses (Bonn, Berlin, DESY, Dresden, Göttingen, Karlsruhe, Würzburg etc.)
- <https://indico.desy.de/conferenceDisplay.py?confId=706> (Berlin)
- http://www.physik.uni-karlsruhe.de/Aktuelles/Vergangene_Veranstaltungen/Lehrerfortbildung/Lehrer_2006/
- **Deutschsprachige Lehrerfortbildungen am CERN**
Leitung : Dr. Rolf Landua und Dr. Sascha Schmeling, CERN
Ausführung: Deutsche Wissenschaftler am CERN
derzeit: 100 deutsche Lehrkräfte / Jahr
- http://cern.ch/education/Chapter1/Page3_DE.html
- **Staatsexamensarbeiten über Schulmaterialien zur Teilchenphysik**
Bereits vorhanden: Berlin, Bonn, Erlangen, Karlsruhe, Mainz, Würzburg, ...
- http://www.teilchenphysik.de/multimedia/lehr_und_lernmodule/
- <http://cern.ch/project-physicsteaching/german/teilchenphysik-multimedial.htm>
- **Messung kosmischer Strahlung bei DESY** in Form von
 - Projekttagen (ca 20 Schüler/innen pro Jahr)
 - Praktika (ca 10 Schüler/innen pro Jahr)
 - Besondere Lernleistungen (bisher 9 Schüler/innen)Leitung: Dr. Michael Walter, Adelheid Sommer, DESY in Zeuthen sowie Dr. Axel Lindner, Dr. Philipp Bechtle, Karen Ong, DESY in Hamburg
http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_strahlung
- **„Kamiokannen“ zur Messung kosmischer Strahlung**
Verfügbar an 80 Schulen und Schülerlaboren in Forschungseinrichtungen
Koordination: Prof. Thomas Trefzger, Uni Würzburg
- <http://www.physik.uni-mainz.de/lehramt/kanne/>
- <http://idw-online.de/pages/de/news224028>
- **Außerschulische Projektarbeiten**
an mehreren Instituten, z.B. BeLLs bei DESY in Zeuthen (bisher 9) und TU Dresden, preisgekrönt: Myondetektoren (2007), Neutrinopendel (2008)
- http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_strahlung/projektarbeiten
- <http://neutrinopendel.tu-dresden.de/>

4. Struktur der vier Vertiefungsstufen des Netzwerks Teilchenwelt

Die in 3) erwähnten bestehenden Aktivitäten werden durch neue Elemente so ergänzt, dass ein kohärentes Programm entsteht, das in verschiedenen Tiefen durchlaufen werden kann.

4.1. Basisprogramm

Ziel ist, in der Breite in eintägigen Veranstaltungen möglichst vielen jungen Forscher/innen Gelegenheit zu Messungen an realen experimentellen Daten der Teilchenphysik mit direktem Kontakt zu Wissenschaftlern zu verschaffen und an einem Projektleitertag möglichst vielen Multiplikatoren grundlegendes Wissen für die Behandlung der faszinierenden Thematik der modernen Teilchenphysik mit Jugendlichen zu vermitteln.

Die Elemente des Basisprogramms sind:

o Nationale Masterclasses für junge Menschen

dezentral an möglichst vielen Bildungs- und Jugendeinrichtungen, mit bis zu 200 Veranstaltungen/Jahr. Diese Zahl wird erreicht, wenn mittelfristig von 100 Jugendprojektleitern als Organisatoren - mit Hilfe von 200 Jugendlichen als Tutoren in ihrer Qualifizierungs- oder Mitgliedsphase - jährlich je Projektleiter zwei Nationale Masterclasses mit je ca 30 Jugendlichen ausgerichtet werden. Direkter Kontakt zu den Wissenschaftlern erfolgt dabei über die Anwesenheit einer/s Promovierenden einer nahe gelegenen Universität, die die Veranstaltung gemeinsam mit dem Jugendprojektleiter durchführt, den einführenden Vortrag hält, und für Fragen und Diskussion zu Verfügung steht.

Im ersten Jahr sollen mit Projektleitern aus ca. 10 Projektleitertagen und aktiver Unterstützung von Doktorand/inn/en 40 lokale Masterclasses an den lokalen Einrichtungen etabliert werden. Nach 3 Jahren sind nach genügendem Aufbau des Mitgliederbestandes im Netzwerk Teilchenwelt die volle Anzahl von 200 lokalen Masterclasses möglich.

o Projektleitertage im Rahmen der „International Masterclasses“

ausgerichtet von Wissenschaftlern an den beteiligten Instituten, u.a. durch DESY, HU Berlin, TU Dresden, Uni Göttingen, Uni Würzburg, ausbaubar auf ca 15 Standorte in Deutschland.

An diesen Projektleitertagen mit typ. 20-30 Teilnehmer/inne/n führen die zukünftigen Organisatoren zunächst selbst das Programm der Masterclasses durch. Statt der Teilnahme an einer Videokonferenz besteht Gelegenheit zur Diskussion über die lokale Umsetzung der Masterclasses an den Einrichtungen der Teilnehmer.

4.2. Qualifizierungsprogramm

Die engagiertesten Teilnehmer/innen der eintägigen Veranstaltungen des Basisprogramms erhalten sowohl auf der Seite der Jugendlichen als auch auf Projektleiterseite die Gelegenheit, sich durch eigene Aktivitäten als Mitglieder für das „Netzwerk Teilchenwelt“ zu qualifizieren und damit zu Multiplikatoren des Programms zu werden.

Die aktive Zeit als jugendliches Mitglied des Netzwerks beträgt 1-2 Jahre, für die Mitarbeit als Projektleiter werden mindestens 4 Jahre angesetzt. Sie ist nicht nach oben beschränkt.

Die Elemente des Qualifizierungsprogramms sind:

- **Durchführung eigener Veranstaltungen der Projektleiter**
Unter den jährlich bis zu 400 Teilnehmer/innen der Projektleitertage erhalten jeweils 40-80 besonders engagierte Teilnehmer/innen besondere Unterstützung aus dem Netzwerk. Sie besitzen die nötigen Kenntnisse, um unter fachlicher Beratung von Wissenschaftlern und Didaktikern und mit Hilfe der zentralen Organisation des Netzwerks eigene Projekte an ihren Einrichtungen durchzuführen. In Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Jugendlichen als Tutoren etablieren sie das lokale flächendeckende Programm der Nationalen Masterclasses. Vereinzelt im Rahmen der derzeitigen sehr begrenzten Möglichkeiten können auch Experimente im Bereich der Messung kosmischer Strahlung durchgeführt werden.
- **Tätigkeit als Multiplikatoren der Forschungsvermittlung**
Alternativ kann ebenfalls die Tätigkeit als Multiplikator der Vermittlung aktueller Forschungsthemen der Teilchenphysik zur Qualifizierung als Mitglied im Netzwerk führen, z.B. als Fachbetreuer der Physik oder Autor von wissenschaftlichen Artikeln oder Büchern für Jugendliche, wenn dadurch Kenntnisse über die im Basisprogramm des Netzwerks vermittelten Inhalte der Teilchenphysik oder über die Durchführung flächendeckender Nationaler Masterclasses der Teilchenphysik verbreitet werden.
- **Betreuung von Nationalen Masterclasses als Tutor/in**
Aus den in Deutschland stattfindenden Internationalen und Nationalen Masterclasses mit bis zu 6000 angestrebten Teilnehmer/innen sollen jährlich ca. 100 Jugendliche gewonnen werden, die als Tutor/innen bei späteren Masterclasses die neu teilnehmenden Jugendlichen betreuen. Mit dieser aktiven Tätigkeit qualifizieren sie sich als Mitglied des Netzwerks Teilchenwelt und profitieren vom Angebot des Vertiefungsprogramms für Mitglieder des Netzwerks.
- **Durchführung eigener Projekte im Bereich (Astro-)Teilchenphysik**
Alternativ können eigene Projekte von Jugendlichen im Bereich (Astro-) Teilchenphysik ebenfalls als Qualifizierung für das Netzwerk Teilchenwelt anerkannt werden und zur Mitgliedschaft im Netzwerk führen. Beispiele hierfür sind Projektarbeiten im Bereich kosmischer Strahlung, Arbeiten in "Jugend Forscht", oder ähnliche Aktivitäten, wenn sie mit einem ausformulierten Bericht, Web- oder Vortrags-Präsentation abgeschlossen werden.

4.3. Vertiefungsprogramm als Mitglied im „Netzwerk Teilchenwelt“

Das zentrale Angebot für Mitglieder des Netzwerks im Rahmen des Vertiefungsprogramms besteht insbesondere in Vor-Ort Erfahrungen am CERN in Genf, wie bereits sie in Kapitel 3.2.2. dargestellt sind.

- **Vertiefte Schulungen für Projektleiter am CERN**
ausgerichtet durch Wissenschaftler und Koordinatoren der derzeitigen deutschsprachigen Lehrerfortbildungen am CERN. Projektleiter erhalten die Möglichkeit zur Teilnahme an vertieften einwöchigen Schulungs-Aufenthalten am CERN über Experimente zu Teilchenphysik und Kosmischer Strahlung sowie über in Projekten mit Jugendlichen einsetzbare Kontext- und Begleit-Materialien.

- **Mehrtägige Workshops am CERN**

Jedes jugendliche Mitglied des Netzwerks Teilchenwelt erhält die Gelegenheit zur Teilnahme an einem 2-tägigen Workshop am CERN in Genf mit ausführlichen Besichtigungs- und Gesprächsmöglichkeiten mit Wissenschaftler/innen. Gleiches gilt für Multiplikatoren der Forschungsvermittlung wie Fachbetreuer oder Autoren von wissenschaftlichen Artikeln oder Büchern für Jugendliche. Bei den Workshops soll insbesondere auch Gelegenheit gegeben werden, mit Hilfe geeigneter Programmpakete selbst über das Programm der Masterclasses hinaus gehende Messungen mit den Daten der LHC Experimente durchzuführen.

- **Projektwochen am CERN**

Für jährlich ca 10 besonders interessierte Jugendliche sind 14-tägige vertiefte Projektwochen am CERN möglich. Entweder in Gruppen oder einzeln reichen die Aktivitäten dabei vom „Über-die-Schulter-Schauen“ bis zur direkten Mitarbeit in Ingenieurs- und Forschungsgruppen mit eigenen kleinen Projekten.

4.4. Forschungsmitarbeit

Besonders engagierte Mitglieder des „Netzwerks Teilchenwelt“ erhalten die Möglichkeit zu Mitarbeit in einer Forschungsgruppe in Deutschland. Für einige wenige besonders engagierte Projektleiter (5 / Jahr) soll die Gelegenheit eines Forschungsjahres an Universitäten und Forschungseinrichtungen zur aktiven Mitarbeit an Experimenten zur Teilchenphysik geschaffen werden. Herausragendes Engagement von jugendlichen Mitgliedern des Netzwerks Teilchenwelt (ca 10/ Jahr) kann in Zusammenarbeit mit nahegelegenen Forschungsinstituten zu einem Angebot für ein Forschungspraktikum führen.

Die Möglichkeiten der Forschungsmitarbeit sind:

- **Gelegenheit eines Forschungsjahres für Projektleiter**

an Universitäten und Forschungseinrichtungen zur aktiven Mitarbeit an Experimenten zur Teilchenphysik. Die Modalitäten (Stundenzahl als Abordnung, Forschungspraktikum, etc) richten sich dabei nach den Randbedingungen der jeweiligen Einrichtung des Projektleiters, die im Normalfall die Kosten dafür trägt. Die authentischen Forschungserfahrungen des Projektleiters können und sollen danach gewinnbringend bei der weiteren Tätigkeit des Projektleiters in seiner Einrichtung genutzt werden können.

- **Vermehrte Angebote zu Praktika und Projektarbeiten**

für herausragend geeignete jugendliche Mitglieder des Netzwerks an Universitäten und Forschungseinrichtungen. Besonders am DESY in Zeuthen ist dies derzeit bereits umgesetzt, aber auch einige Universitäten bieten solche Angebote, die im Rahmen des Netzwerks ausgebaut werden sollen. Die Betreuung soll u.a. auch durch junge Wissenschaftler/-innen gegen ein monatliches Honorar erfolgen.

5. Besondere Beachtung des Interesses von Mädchen

Zur besonderen Steigerung des Interesses von Mädchen und jungen Frauen an der modernen physikalischen Forschung wird darauf geachtet werden, dass ein großer Anteil von Wissenschaftler *innen* bei der Durchführung des Programms beteiligt ist. Dies betrifft insbesondere Vortragende und Tutorinnen der nationalen und internationalen Masterclasses, Moderatorinnen der Videokonferenzen bei den internationalen Masterclasses als auch Betreuende der Experimente zu kosmischer Strahlung. Die Wissenschaftlerinnen haben dabei Vorbildcharakter und stehen während der Veranstaltungen auch zu persönlichen Gesprächen mit den jungen Nachwuchsforscherinnen zur Verfügung. Dieses Konzept wurde bereits bei den bisherigen "International Masterclasses" und den am DESY durchgeführten Experimenten zur Kosmischen Strahlung erfolgreich erprobt. Im Jahr 2008 waren 6 von 8, in 2009 waren 4 von 9 Moderatorinnen der internationalen Masterclasses junge Wissenschaftler *innen*. Mehrjährige Erfahrungen und die in Physics Education veröffentlichte wissenschaftliche Evaluation der „Masterclasses“ haben gezeigt, dass es bei der Durchführung der Messungen und der Gesamtbeurteilung des Programms keinerlei Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Jugendlichen gibt. Der Erfolg liegt möglicherweise darin begründet, dass hier Mädchen und Jungen gleichermaßen das erste Mal in direktem Kontakt zur modernen Physik kommen, und dies gemeinsam in Zweiergruppen sehr erfolgreich miteinander erleben.

6. Organisationsstruktur und geplante Zusammenarbeiten:

6.1. Organisation

Eine Anschubförderungsperiode von 3 Jahren erlaubt den Aufbau eines genügend großen Netzwerks von Jugendlichen und Projektleitern, sowie eine flächendeckende Etablierung des Basisprogramms in Deutschland, so dass danach die Vorbereitung einer nachhaltigen Verstärkung mit wesentlich weniger Mitteln beginnen kann.

Die Organisationsstruktur soll umgekehrt zur pyramidenförmigen Teilnehmerstruktur baumartig vom zentral organisierten Basisprogramm bis zur weit verzweigten lokal organisierten Forschungsarbeit wachsen. Den Stamm bildet eine zentrale Koordination an der TU Dresden, wo bereits die internationalen Masterclasses koordiniert werden. Hier ist Erfahrung vorhanden, die als Basisprogramm dienenden Nationalen Masterclasses und Projektleitertage der Internationalen Masterclasses zu koordinieren. Die Gesamtleitung durch Prof. Michael Kobel, TU Dresden soll dabei ergänzt werden durch wissenschaftliche Zielkontrolle und Untersuchung der Nachhaltigkeit des Netzwerks durch die Professorin für Didaktik der Physik der TU Dresden, Gesche Pospiech, sowie Auftragsvergabe für die Erstellung von Kontext- und Begleitmaterialien an Prof. Dr. Thomas Trefzger, Uni Würzburg.

Die Zweige der baumartigen Organisation bilden alle deutschen Institute, an denen Forschung in Teilchenphysik und Astroteilchenphysik stattfindet. Davon sind bereits 14 an den internationalen Masterclasses beteiligt. Diese Zahl kann noch auf bis zu 20 erhöht werden. Von dort sollen die Doktorand/inn/en kommen, die die neuen Nationalen Teilchenphysik Masterclasses zusammen mit den Projektleitern flächendeckend in Deutschland durchführen sollen. Auch die

Forschungsmitarbeit der Jugendlichen und Projektleiter soll hier angesiedelt werden. Einige der Institute werden sich im Rahmen der dort begrenzt vorhandenen Infrastruktur auch am alternativen Qualifizierungsprogramm über die Messung kosmischer Strahlung beteiligen (z.B. DESY, Erlangen, Göttingen, Heidelberg, Karlsruhe, Mainz, Würzburg, Wuppertal). Weitere Institute sind an einem Aufbau von solchen Aktivitäten interessiert (z.B. Aachen, Tübingen). Ein Ausbau des Bereichs kosmischer Strahlung wäre in einer nächsten Förderstufe daher sehr wünschenswert.

6.2. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Netzwerk Teilchenwelt soll ein Pilotprojekt für ein noch breiteres Spektrum von "Lernwelten der Physik" bilden, die entstehen sollen in Zusammenarbeit mit

- Deutsche Physikalische Gesellschaft
- Lenkungsausschuss und Kuratorium "Welt der Physik" www.weltderphysik.de

Im Rahmen von "Welt der Physik" soll die gesamte Website des Netzwerks inklusive online-Registrierung, Veranstaltungskalender und Dokumentation entstehen. Dafür fallen Kosten an für Investitionen für die Erweiterung des Servers sowie für Personal für den redaktionellen Aufbau und die Pflege der neuen Plattform der "Lernwelten der Physik" innerhalb von "Welt der Physik".

6.3 Aufnahme von Mitgliedern in das Netzwerk Teilchenwelt

Die Gesamtkoordination des Netzwerks liegt in Dresden, wo auch über die Aufnahme der Mitglieder des Netzwerks entschieden wird. Es ist geplant,

- in 2010: 40 junge Forscher/innen und 25 Projektleiter/innen
- in 2011: 70 junge Forscher/innen und 50 Projektleiter/innen
- ab 2012 jährlich: 100 junge Forscher/innen und 50 Projektleiter/innen

in das Netzwerk aufzunehmen.

Nach der Teilnahme am Basisprogramm der Masterclasses, die noch keine Aufnahme ins Netzwerk bedeutet, qualifizieren sich junge Forscher/innen für die Aufnahme als Mitglied des Netzwerks über eigene Tätigkeiten als Tutor/in in weiteren Masterclasses oder über Abschlussarbeiten eigener Projekte. Alle aufgenommenen Jugendlichen erhalten dann die Möglichkeit eines 2-tägigen Workshops am CERN, den 10 Engagiertesten unter ihnen werden 2-wöchige Projektaufenthalte am CERN angeboten.

Sie verbleiben im Mittel 2 Jahre im Netzwerk, so dass ein dauerhafter Bestand von 200 jungen Forscher/innen als Mitglieder des Netzwerks zu erwarten ist.

Leiter von Projekten für Jugendliche qualifizieren sich für die Aufnahme im Netzwerk über die Durchführung von Projekten wie Masterclasses oder Messung kosmischer Strahlung an ihren eigenen Einrichtungen. Sie erhalten nach der Aufnahme die Möglichkeit zu einer einwöchigen vertieften Schulung am CERN, sowie weitgehende didaktische Beratung für eine mögliche weitere Behandlung der Themengebiete des Netzwerks. Projektleiter verbleiben möglichst langfristig im Netzwerk. Ein dauerhafter Bestand von über 200 Projektleitern im Netzwerk wird angestrebt.