

# Physik

Von Prof. Dr. Karlheinz Meier

## Physik – eine kurze Einführung

Es ist erklärtes Ziel aller Physikstudiengänge, eine breite und vollständige Ausbildung in allen Bereichen der Physik zu anzubieten. Die umfassende Kenntnis eines der bedeutendsten Wissensgebiete der Menschheit ist das wichtigste Kapital eines Physikers. Es erlaubt ihm immer wieder, ausgetretene Pfade zu verlassen und innovative Ansätze mit Fachwissen und Mut voranzutreiben.

Diese Fähigkeit der Physiker ist in der Gesellschaft durchaus nicht unbekannt und führt dazu, dass sie in fast allen Lebensbereichen präsent sind. Ob Bundeskanzlerin, Investmentbanker oder Astronom, Physiker finden sich fast überall. Wer als Physiker auf einer Party seinen Beruf preisgibt, wird nach der üblichen Antwort "In Physik hatte ich immer eine Fünf" auch eine gemischte Reaktion aus Entsetzen und Bewunderung bemerken. Man erwartet vom Physiker, dass er die Welt versteht. Natürlich ist dies niemals wirklich der Fall. Das Physikstudium soll jedoch eine möglichst gute und vollständige Grundlage für diesen hohen Anspruch liefern.

Im nachfolgenden Text ist immer wieder von "Physikern" die Rede. Dies soll natürlich die "Physikerinnen" einschließen, jedoch gibt es leider sehr wenige. Nur typische 20-30 Prozent eines Anfängerjahrganges sind weiblichen Geschlechts. Dies ist schade, da es wohl kaum ein Gebiet gibt, in dem fachfremde Attribute wie Geschlecht, Nationalität und gesellschaftliche Konventionen so bedeutungslos sind wie in der Physik. Durch die sehr ausgeprägte Wissens- und Erfolgsorientierung haben Frauen in diesem Fach ausgezeichnete Chancen. Und: Physiker sind zwar manchmal etwas merkwürdig, aber eigentlich immer nette Menschen.

## Das Studium der Physik

Die breite Ausbildung in allen Facetten der experimentellen und der theoretischen Physik nimmt insgesamt mindestens 70 Prozent des Studiums ein. Dabei wird die derzeit bekannte Physik vollständig abgehandelt. Dies bedeutet häufig gerade in den ersten Semestern eine gewisse Wiederholung des Schulstoffes. So ist denn auch eine umfassende Physikausbildung in der Schule zwar von Nutzen und dient in vielen Fällen als eigentliche Motivation für das Physikstudium, tiefer gehende Vorkenntnisse in der Physik werden aber üblicherweise an der Universität von den Studienanfängern nicht gefordert.

Anders sieht es mit der Mathematik aus. Die Mathematik ist Voraussetzung für eine quantitative Beschreibung der Natur. Die Schulmathematik wird am ersten Tag des Studiums als vertraut vorausgesetzt. Zur Schulmathematik gehören eine souveräne Beherrschung der Umformung umfangreicher Terme, eine gute Kenntnis algebraischer und elementarer transzendenter Funktionen sowie die Grundlagen der Analysis, also einfacheres Differenzieren und Integrieren. Differentialgleichungen, komplexe Zahlen und Wahrscheinlichkeitsrechnung werden zwar zunächst nicht vorausgesetzt, spielen aber bereits nach kurzer Zeit eine große Rolle und müssen in der Anfangsphase des Studiums erlernt

werden.

Die Physik fordert hier schnell mehr als die tiefer gehenden Mathematikvorlesungen liefern können, so dass an allen Universitäten ein Angebot aus mathematischen Vorkursen und mathematischen Ergänzungen für Physiker besteht. Zusammen mit der "richtigen" Mathematik hat man als Studienanfänger dann häufig das Gefühl, sich fast nur noch mit Mathematik zu beschäftigen. Die Mathematik ist aber eine gute und wichtige Investition und sehr bald kommt dann auch die Physik zu ihrem Recht.

## **Studienorganisation**

Auch wenn Physik und Mathematik das Leben eines Physikstudenten bereits stark ausfüllen, muss trotzdem noch ein Nebenfach studiert werden. Im Grundstudium (also vor dem Vordiplom oder dem Bachelor-Abschluss) bieten sich hier meist die Informatik oder die Chemie an. Beide Fächer sind für Physiker von großer Bedeutung im späteren Berufsleben. Aber auch andere Fächer wie Astronomie, Meteorologie, Elektrotechnik oder gar Betriebswirtschaft und Philosophie zählen an einigen Universitäten zum möglichen Spektrum der Nebenfächer. Im Hauptstudium (also nach der Zwischenprüfung) kann man dann noch einmal ein neues Nebenfach angehen oder das erste Nebenfach weiter vertiefen.

Im Hauptstudium gibt es auch noch ein Wahlfach. Das Wahlfach kommt aus der Physik und soll an einem ausgewählten Gebiet bis an die Grenzen der aktuellen Forschung führen. Das Wahlfach ist damit natürlich auch ein Einstieg in eine intensivere Beschäftigung mit einem bestimmten Gebiet der Physik, die bei einigen vielleicht zum Lebensinhalt wird. Die Wissensvermittlung in der Physik, der Mathematik, Nebenfach und Wahlfach erfolgt in der Hauptsache zunächst über die klassische Vorlesung. In den Anfangssemestern sind diese Vorlesungen zum Teil mit spektakulären Demonstrationsexperimenten ausgestattet, die man häufig sein Leben lang nie wieder vergisst. Aber zum Lernen gehört natürlich mehr. Die Nächte allein mit einem Lehrbuch und einem scheinbar unlösbaren Problem genauso wie die kleinen Arbeitsgruppen mit anderen Studenten oder der Gruppenunterricht, in dem Übungsaufgaben oder Ergänzungen zu den Vorlesungen in kleinen Gruppen diskutiert werden.

## **Abschlussarbeit**

Aber wer denkt bei der Physik nicht eigentlich zuerst an Laboratorien und eigenes Experimentieren? Auch das ist natürlich Bestandteil des Physikstudiums. In den Anfängerpraktika des Grundstudiums wird zunächst das Messen und Protokollieren an Hand klassischer Praktikumsexperimente geübt. Die kritische Beurteilung der eigenen Daten und eine solide Fehlerabschätzung muss jeder Physiker beherrschen. Im Hauptstudium schließt sich das Fortgeschrittenenpraktikum an. Hier werden längere Experimente über Tage oder Wochen durchgeführt, die häufig direkt von den vor Ort ansässigen Forschungsgruppen betreut werden und methodisch nah an der aktuellen Forschung sind. Auch hier ergeben sich vielleicht Kontakte, die in manchen Fällen den weiteren Lebensweg als Physiker beeinflussen.

Schließlich gibt es noch die klassische Lehrform des Seminars. Seminare gibt es in der Physik auf ganz verschiedenen Ebenen vom Oberseminar für wissenschaftliche Arbeitsgruppen bis zu

Studentenseminaren im Hauptstudium. In den Studentenseminaren besteht die wichtige Möglichkeit, sich ein aktuelles oder historisches wissenschaftliches Thema unter Verwendung selbst gewählter Literatur zu erarbeiten und anschließend in einem Vortrag zu präsentieren. Dabei werden neben dem Inhalt auch Präsentationstechniken geübt.

Der Höhepunkt eines Physikstudiums ist die eigene Abschlussarbeit am Ende des Hauptstudiums. Je nach gewähltem Studiengang handelt es sich um eine Diplomarbeit, eine Masterarbeit oder eine Zulassungsarbeit zum Staatsexamen. Die deutschen Physikfakultäten haben sich gemeinsam mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) entschlossen, die Abschlussarbeit im Masterstudium ebenso wie die klassische Diplomarbeit effektiv über zwölf Monate laufen zu lassen. Die Zulassungsarbeit zum Staatsexamen dauert sechs Monate. In dieser Zeit sollen Methoden der physikalischen Forschung in einem eigenen Projekt angewandt werden.

Fast immer geschieht dies als durchaus vollwertiges Mitglied einer Forschungsgruppe an der Fakultät oder auch an einem externen Institut oder in der Industrie. Je nach gewähltem Schwerpunkt beinhaltet die Arbeit theoretische Studien, Computersimulationen, den Bau eigener Apparate, die Durchführung von Messungen an eigenen oder existierenden Apparaturen und schließlich eine zusammenfassende Beurteilung der geleisteten Arbeit. Spätestens in dieser Phase spielt die Beherrschung der englischen Sprache in Wort und Schrift eine bedeutende Rolle. Literaturrecherchen, eigene Vorträge, Memos oder gar eigene Publikationen werden in der aktuellen Forschung praktisch ausschließlich in Englisch verfasst.

## Fragen zum Physikstudium

*Ist Physik das richtige für mich?* Lesen Sie mit Begeisterung populärwissenschaftliche Zeitschriften? Basteln und reparieren Sie gern optische, elektronische oder mechanische Geräte? Denken Sie manchmal darüber nach, wann das Universum entstanden ist? Bleiben Sie beim Fernsehen an Wissenschaftssendungen hängen? Haben Sie sich immer auf die nächste Physikstunde gefreut? Bereitet Ihnen die Schulmathematik keine besonderen Probleme? Wenn Sie die große Mehrheit dieser Fragen mit einem ehrlichen JA beantworten, gibt es eigentlich keinen Zweifel. Wenn Sie aber nur bei der erratischen Suche nach irgendeinem Studienfach bei der Physik gelandet sind, sollten Sie Ihre Entscheidung mit Eltern, Physiklehrern oder ihnen bekannten Physikern gründlich besprechen. Die überall angebotenen Schülertage der Universitäten sollten Sie in jedem Fall besuchen.

*Wo soll ich studieren?* Hier ist zunächst einmal die persönliche Situation wichtig. Grundsätzlich ist es sehr empfehlenswert, nach dem Abitur den Heimatort zu verlassen und sich in einer fremden Umgebung zu orientieren. In den ersten Semestern spielt die Forschungsaktivität Ihrer Wahluniversität noch keine so große Rolle. Wer noch kein so großes Durchsetzungsvermögen hat, sollte vielleicht zunächst eine eher kleinere Universität mit guter Grundausbildung und kleinen Arbeitsgruppen wählen. Wirklich sorgfältig sollte man jedoch die Universität für das Hauptstudium, den Master oder gar die Promotion auswählen. Hier spielen Reputation und Forschungsgebiete für Ihre persönliche Entwicklung eine sehr große Rolle. In jedem Fall ist es wichtig, die gewählte Universität vor der Entscheidung persönlich zu besuchen. Schauen Sie in die Hörsäle, klopfen sie (vorsichtig ..) an die Labortüren, sprechen Sie andere Studenten, Studienberater oder Professoren an. Und wenn es an einem Ort gar nicht klappt: auch ein Universitätswechsel ist keine Schande. Schauen Sie

sich einmal die Lebensläufe der großen Physiker des 20. Jahrhunderts an!

*Komme ich mit der Mathematik zurecht?* Die Mathematik ist für fast alle Studienanfänger zunächst die größte Herausforderung. Beurteilen Sie selbst einmal ehrlich Ihre Schulmathematik. Hat Ihnen dieses Fach keine großen Probleme bereitet? Dann werden Sie nach einigen Anfangsschwierigkeiten auch an der Universität bestehen. Haben Sie große Probleme mit der Schulmathematik gehabt? Dann sollten sie von einem Physikstudium vermutlich eher Abstand nehmen.

*Muss ich Computerkenntnisse besitzen?* Natürlich muss jeder Physikstudent die elementaren Handwerkszeuge unserer Kommunikationsgesellschaft beherrschen. Über E-Mail, Office, Web u.s.w. sollen hier keine Worte verloren werden. Für den Physiker kommen jedoch sehr bald andere Anforderungen hinzu. Computeralgebra, Datenauswertung, Programmierung in einer aktuellen, objektorientierten Sprache werden zum Teil bereits in Übungsaufgaben oder Praktikum, spätestens aber in der Diplomarbeit verlangt. Die entsprechenden praktischen Fähigkeiten können Sie sich aber im Verlaufe des Studiums mit speziellen Kursen aneignen.

*Muss ich Englisch können?* Ja! Englisch ist die Sprache der Naturwissenschaft. Im Grundstudium kommen sie noch ohne Englischkenntnisse aus, spätestens im Hauptstudium müssen Sie Englisch lesen und verstehen, spätestens zur Abschlussarbeit müssen Sie Englisch sprechen.

*Ist ein Auslandsaufenthalt sinnvoll?* Auf jeden Fall. Zeitlich bietet sich der Abschluss des Grundstudiums an. Versuchen Sie, das Kursprogramm an Ihrer Gastuniversität für Ihren Abschluss in Deutschland zu nutzen. In der Physik ist dies üblicherweise nicht so schwer. Wer nicht so lang weg möchte, sollte das Angebot von Sommerschulen an vielen internationalen Forschungszentren nutzen. Besonders wichtig: Planen Sie mindestens ein Jahr im Voraus. Die Bewerbungsverfahren und das Einholen von Gutachten sind zeitaufwendig.

*Theoretische Physik, Experimentalphysik, Angewandte Physik, ....?* Diese Frage sollten Sie erst spät im Studium beantworten (wenn Sie die Antwort nicht bereits schon wissen). Gehen Sie regelmäßig in das Physikalische Kolloquium Ihrer Fakultät und bilden Sie sich langsam eine eigene Meinung über Ihre Vorlieben in der Physik.

*Wo kann ich mehr erfahren?* Die bequemste Quelle ist natürlich das Internet. Webseiten der Physikfakultäten geben im Detail Auskunft über Studienverläufe. Die DPG bietet Statistiken zum Physikstudium an. Es ist aber noch viel wichtiger, den Computer einmal abzuschalten!! Besuchen Sie (z.B. gemeinsam mit Freunden) die Universitäten. Schauen Sie sich die Physik Institute an. Sprechen Sie mit Studenten, Studienberatern und Professoren.

## **Abschlüsse des Physikstudiums**

Das Physikstudium befindet sich seit etwa 2005 in einem Umbruch. Der Bologna-Beschluss der europäischen Länder schreibt die Umstellung des in Deutschland und auch international bewährten und anerkannten Diploms auf das Bachelor-/Master-System vor. Bei allem dadurch verursachten Durcheinander an den Universitäten haben die klassischen großen Studiengänge wie beispielsweise die Physik einen großen Vorteil: Der zu vermittelnde Inhalt hat sich nicht geändert. Die Physikstudium soll und wird wie eh und je die Breite des Faches vermitteln. Eine vorzeitige Überspezialisierung ist in diesem Fach nicht sinnvoll und würde die Physiker ihres größten Vorteils auf dem Arbeitsmarkt berauben.

Im Jahre 2006 begannen deutschlandweit von insgesamt fast 9000 Studienanfängern im Fach Physik etwa 20 Prozent bereits mit einem Bachelor-/Master-Studiengang. Die Zahl der neu eingeschriebenen Lehramtsstudenten liegt leicht darunter. Das Diplom ist derzeit noch immer bei weitem dominant, dies wird sich jedoch bis zum Ende des Jahrzehnts ändern.

## Diplom

Bis etwa 2015 wird es in Deutschland noch Absolventen des Diplomstudienganges geben. Alle Universitäten garantieren natürlich die unproblematische und ordnungsgemäße Durchführung eines einmal begonnenen Studienganges. Das Diplomstudium Physik hat eine Regelstudienzeit von zehn Semestern einschließlich einer 12-monatigen Diplomarbeit. In der Realität sind die erreichten Studienzeiten geringfügig länger. Die vollständige Statistik aller deutschen Physikfakultäten ist über die DPG zu erhalten (<http://www.dpg-physik.de/presse/hintergrund/index.html>). Im Verlauf des Diplomstudienganges wird nach etwa vier Semestern die Vordiplomprüfung abgelegt. Diese Prüfung ist eine interne Erfolgskontrolle und damit noch nicht berufsqualifizierend. Vordiplom- und Diplomprüfungen sind in der Mehrheit der Teilprüfungen mündlich. Erfolgskontrollen erfolgen während des Studiums über so genannte "Scheine", welche die erfolgreiche Teilnahme am Übungs- oder Praktikumsbetrieb dokumentieren. Alle Diplomabschlüsse sind innerhalb Deutschlands vollständig äquivalent und eine gegenseitige Anerkennung von Studienleistungen erfolgt im Allgemeinen problemlos. Auch im Ausland ist das Physikdiplom aus Deutschland ein anerkannter Qualitätsstandard. Das Diplom qualifiziert bei entsprechender Benotung (typisch "gut" oder besser) für die Zulassung zu einer Promotion.

## Bachelor

Der Bachelor of Science in Physics (BSc.) ist gemäß der Bologna-Vereinbarung bereits ein berufsqualifizierender Abschluss. Er soll nach sechs Semestern erreicht werden. Ziel ist auch hier eine gewisse Breite in der Grundausbildung, jedoch kombiniert mit der Möglichkeit der Spezialisierung entsprechend den Anforderungen des Arbeitsmarktes oder den Zielen einer weiterführenden Universitätsausbildung. Fachübergreifende Kompetenzen (Sprachen, Präsentationstechniken, Arbeitsorganisation u.a.) sollen bei diesem Studiengang im Umfang von etwa 20 Prozent beinhaltet sein. Die Leistungsbeurteilung erfolgt über europäische Standards, die einen direkten internationalen Vergleich gewährleisten sollen. Die so genannten ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System) Punkte messen dabei den zu leistenden Zeitaufwand. So entspricht ein Bachelor-Abschluss 180 ECTS-Punkten, die in verschiedenen Lehrveranstaltungen über drei Jahre gesammelt werden müssen. Die Leistungsbewertung erfolgt studienbegleitend, d.h. sie ergibt sich nicht aus wenigen Prüfungen sondern einer Vielzahl von Klausuren und anderen Tests. Da die Bachelor-Studiengänge sich noch in der Aufbauphase befinden, wird ein direkter Vergleich unter den deutschen Universitäten erst nach einer gewissen Übergangsphase möglich sein. Eine intensive Information bei den in Betracht gezogenen Universitäten wird aus diesem Grunde dringend angeraten. Der BSc. qualifiziert nicht für die Zulassung zur Promotion.

## Master

Der Master of Science in Physics (MSc.) ist ein so genanntes zweijähriges Aufbaustudium. Die Kombination Ba/Ma wird daher auch als konsekutives Studienmodell bezeichnet. Für den Übergang vom Bachelor zum Master ist ein Auswahlverfahren vorgeschrieben, dessen Gestaltung den einzelnen Universitäten überlassen bleibt. Auch hier ist eine persönliche und frühzeitige Information dringend anzuraten. Inhaltlich führt das MSc.-Studium nach insgesamt 3+2 Jahren zu einem dem Diplom gleichwertigen Kenntnisstand; besonders wichtig ist hierbei die in der Physik effektiv 12-monatige Masterarbeit. Der MSc. qualifiziert bei entsprechender Bewertung wie das Diplom zur Promotion. Einige Fakultäten in Deutschland denken derzeit über einen Früheinstieg in die Promotionsphase nach einem Jahr Masterstudium nach, um die Zeit bis zur Promotion zu verkürzen. Ein solches Verfahren würde ebenfalls nur nach einem Auswahlverfahren angewandt werden können.

## Staatsexamen

Das erste Staatsexamen ist der Abschluss des wissenschaftlichen Studiums für den Beruf des Lehrers an Gymnasien. Dem 1. Staatsexamen schließt sich die Referendariatszeit an. Das erste Staatsexamen muss in zwei Hauptfächern abgelegt werden. Für die Physik bietet sich hier die Mathematik als sehr sinnvolle und effektive Lösung an. Ein anderes zweites Hauptfach ist mit einem sehr hohen Mehraufwand verbunden, da die Mathematik sowieso eine wichtige Rolle im Physikstudium spielt. Das 1. Staatsexamen fordert eine 6-monatige Zulassungsarbeit in einem der beiden Hauptfächer. Wegen des hohen Lehrermangels speziell im Fach Physik ist ein Lehramtsstudium sehr zu empfehlen. Das 1. Staatsexamen qualifiziert bei entsprechender Beurteilung auch für eine Zulassung zur Promotion.

## Promotion

Die Promotion ist der Einstieg in die selbstständige wissenschaftliche Laufbahn. Sie erfordert einen mindestens guten Diplom-, Master- oder Staatsexamensabschluss und vor allem eine persönliche Begeisterung für die aktuelle Forschung in einem selbst gewählten Teilbereich der Physik. Ein Promotionsthema findet man in persönlicher Abstimmung mit einem Hochschullehrer. Da es keinen Anspruch auf eine Promotion gibt, sind ausführliche Vorgespräche und Besuche des betreffenden Instituts sehr wichtig.

Doktorand und Arbeitsgruppe müssen gut zueinander passen. Die Promotionsdauer ist nicht formal festgelegt, liegt aber realistisch in Deutschland zwischen drei und vier Jahren. Doktoranden der Physik erhalten in fast allen Fällen ein Stipendium oder einen Angestelltenvertrag. Eine neue Entwicklung in Deutschland bilden die Graduiertenschulen, in denen Doktoranden in speziellen, häufig auf wenige Wochen beschränkte Kursprogramme mit den allerneuesten Entwicklungen ihres Arbeitsgebietes vertraut gemacht werden. Als Doktorand ist man bereits Mitglied der "wissenschaftlichen Gemeinschaft", besucht Konferenzen und publiziert die erzielten Ergebnisse. Für eine wissenschaftliche Karriere ist die Promotion unabdingbare Voraussetzung. Aber auch für eine Industrietätigkeit bringt die Promotion nützliche Erfahrungen und einen wichtigen Wissensvorsprung.

# Aktuelle Fragestellungen und Herausforderungen

Die Physik in der Schule beschäftigt sich nahezu ausschließlich mit vollständig gelösten Problemstellungen der Physik. Die großartigen Gedankengebäude der Mechanik, des Elektromagnetismus und der statistischen Deutung der Thermodynamik bilden gemeinsam die Errungenschaft der klassischen Physik bis an das Ende des 19. Jahrhunderts. Sie waren Grundlage der industriellen Revolution bis hinein in die ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts. In der Öffentlichkeit werden im Allgemeinen diese Errungenschaften direkt mit dem Begriff Physik identifiziert. Physik ist für viele zunächst einmal die schiefe Ebene, der Kühlschrank und der Fahrraddynamo. Auch die Schule konzentriert sich nahezu vollständig auf solche Themen.

Das 20. Jahrhundert wirbelte diese Physik dann gründlich durcheinander. Quantenphysik und Relativitätstheorie zeigten, dass die klassische Physik nicht unter allen Bedingungen unsere Welt beschreibt. Insbesondere das Verständnis der atomaren und subatomaren Welt braucht die neue Physik, die gleichzeitig die Grundlage für die Revolution in der Informationstechnologie bildete. Bereits die inzwischen wohl etablierte Physik des 20. Jahrhunderts ist in der Schule kaum mehr präsent. In der Universität ist sie aber natürlich Schwerpunkt der Ausbildung. Ist das dann schon alles? Muss man also nur verstehen, was in den Büchern steht? Die wichtigste Nachricht an alle angehenden Physikstudenten lautet: Die Physik ist heute voller völlig ungeklärter Fragen. Wer heute mit dem Physikstudium beginnt, hat gute Chancen bei einer grundlegenden Veränderung unseres Weltbildes aktiv mitzuwirken. Im Folgenden sind einige offene Fragen zusammengestellt. Die Liste orientiert sich an drei Stoßrichtungen, welche die aktuelle physikalische Forschung charakterisieren.

## Das Kleine

Kleine Objekte erfordern Untersuchungen bei kleinen Abständen. Um Dinge sehr nahe aneinander zu bringen, braucht man hohe Energien. Hohe Energien können auf der Erde künstlich in Teilchenbeschleunigern erzeugt werden, existieren aber auch in explodierenden Sternen. Auch zum Zeitpunkt der Entstehung unseres Universums war die Welt so, wie wir sie heute in Teilchenbeschleunigern beobachten können. Moderne Experimente der Teilchenphysik am CERN, am DESY und anderen Laboratorien untersuchen unsere Welt bei Abständen bis hinunter zu  $10^{-18}$  Metern. Das ist etwa ein tausendstel eines kleinen Atomkerns. Bis dorthin lässt sich unsere Welt mit dem erfolgreichen Standardmodell der Elementarteilchenphysik sehr gut verstehen. Trotzdem gibt es eine Reihe zum Teil sehr einfacher und offensichtlicher Fragen, die wir bis heute nicht beantworten konnten:

- Warum haben Elementarteilchen so verschiedene träge Massen?
- Warum ist die Gravitation so anders als die anderen Kräfte?
- Warum gibt es fast nur Materie und keine Antimaterie?
- Welche Massen haben die Neutrinos?
- Kann man die dunkle Materie des Universums auch im Labor herstellen?

- Gibt es womöglich eine supersymmetrische Spiegelwelt?
- Gilt das Gravitationsgesetz auch bei kleinen Abständen?
- Sind die wirklichen Elementarteilchen punktförmig?
- Hat die Welt tatsächlich nur drei Raumdimensionen?

Diese Fragen sind leicht gestellt, doch kann man sie auch beantworten? Nun, die Chancen stehen zurzeit sehr gut. Die Physiker haben ein spannendes Experimentierprogramm aufgelegt, das in den nächsten 10-20 Jahren genau diese Fragen angreifen wird. Zuallererst ist hier das große, internationale LHC-Projekt am CERN in Genf zu nennen, das ab 2008 die Physiker und wahrscheinlich die ganze Welt in Atem halten wird.

## **Das Große**

Phantastische neue Beobachtungstechniken erlauben uns in den kommenden Jahren völlig neue und tiefe Einblicke in das Universum, seine Entstehungsgeschichte und seine heutige Struktur. Die Astronomie steht der Physik methodisch und inhaltlich sehr nahe und der Weg zur Astronomie führt über ein Physikstudium. Zu diesem Themenbereich wird an dieser Stelle ein gesonderter Artikel angeboten.

## **Das Komplexe**

Der klassische, sehr erfolgreiche Ansatz physikalischer Forschung besteht in der Reduktion physikalischer Prozesse auf die elementaren Wechselwirkungen zwischen wenigen, fundamentalen Objekten. Dies gilt zum Beispiel für die klassische Mechanik des Massepunktes oder die Hochenergiestreuung von Elementarteilchen. Es gibt jedoch auch physikalische Phänomene, die auf der Wechselwirkung sehr vieler Konstituenten beruhen. Grundsätzlich geht es bei der Physik komplexer Systeme um die Prozesse der Strukturbildung und um die Dynamik solcher Prozesse. Die zu Grunde liegende Physik kann dabei klassischer Natur sein oder den Gesetzen der Quantenmechanik gehorchen. Fragestellungen aus diesem Gebiet der Physik lauten beispielsweise:

- Wie laufen Phasenübergänge ab?
- Welche Rolle spielen mikroskopische Ordnung und Unordnung für die Eigenschaften von Stoffen?
- Wie erfolgte die Strukturbildung im Universum?
- Welche Eigenschaften haben komplexe Biosysteme?
- Welche dynamischen Prozesse laufen in neuronalen Netzwerken ab?
- Welche Eigenschaften haben komplexe Quantensysteme?
- Können komplexe Quantensysteme zur Informationsverarbeitung genutzt werden?

Offensichtlich sind in diesen Fragestellungen bereits interdisziplinäre Verknüpfungen zu anderen Wissenschaften, insbesondere natürlich der Biologie enthalten. Die Nutzung physikalischer Methoden gerade zur Lösung fundamentaler Fragen der Biologie ist ein



besonders spannendes Forschungsfeld der Zukunft (Biophysik). Warum ist auf diesem Sektor in den kommenden Jahren besonders viel Fortschritt zu erwarten? Auch hier gibt es eine Reihe sehr neue und technologisch anspruchsvolle experimentelle Ansätze: Die Herstellung makroskopischer Quantensysteme, die Nanostrukturierung und die Nanomanipulation von Atomen und Molekülen, die Spektroskopie mit ultrakurzen Lichtpulsen und schließlich die atemberaubende Entwicklung der Simulationstechnologie auf extrem leistungsstarken Computern.

## Angewandte Physik

Die Methoden der Physik waren und sind noch immer entscheidende Grundlage für alle Fortschritte in der Technologie. Der Schritt von der Grundlagenforschung zur industriellen Anwendung führt in jedem Fall über die angewandte Physik. Während es zur Zeit der industriellen Revolution die Entwicklung großer Maschinen war, die auf physikalischen Prinzipien der Thermodynamik oder des Elektromagnetismus beruhten, ist die Anwendung der Physik heute viel weiter gefasst. Wichtige Arbeitsfelder der angewandten Physik liegen heute vor Allem in der Informationstechnologie und den Lebenswissenschaften. Einige sehr aktuelle Beispiele sind im Folgenden aufgeführt:

- Nachfolge der CMOS Technologie – Wie entwickelt sich Moores Law?
- Magnetische und optische Speicher hoher Dichte
- Sensoren für Strahlung und Teilchen
- Abbildende Verfahren in der Biologie – Nanoskopie
- Abbildende Verfahren in der Medizin (MRI, EEG, CT, PET)
- Strahlentherapie mit Teilchenstrahlen

Diese Liste soll den Überblick über Studium und Beruf des Physikers abschließen. Die Physik ist ein Feld mit großen ungeklärten Fragen, phantastischen neuen Methoden und damit einer ausgezeichneten Zukunftsperspektive. Wer die Physik mag, sollte auf jeden Fall Physik studieren!

## Perspektiven nach Abschluss des Studiums

Die beruflichen Perspektiven nach einem erfolgreichen Studienabschluss sind für Physiker eigentlich immer positiv gewesen. Natürlich folgt ein so wissenschaftlich-technischer Beruf den Entwicklungen der Wirtschaft. Von großem Vorteil ist jedoch die Breite der Ausbildung. Auch wenn der eigentliche Traumberuf in einem speziellen Bereich der Forschung vielleicht nicht in jedem Fall erreichbar ist, finden Physiker als "Universaltalente" eigentlich immer eine adäquate Beschäftigung, die das vorhergehende Studium als sinnvolle und gute Investition rechtfertigt. In der derzeitigen positiven Wirtschaftsentwicklung, den vielen langfristig orientierten Großforschungsprojekten und dem gesellschaftlich anerkannten Wunsch nach

einer guten naturwissenschaftlichen Schulausbildung sind die Berufsperspektiven auf den drei klassischen Betätigungsfeldern zur Zeit ganz ausgezeichnet. Die Tätigkeit von Physikern in Wissenschaft und Hochschule, in der Industrie sowie an der Schule soll im folgenden dargestellt werden.

## **Wissenschaftler und Hochschullehrer**

Dies ist für viele Studienanfänger der eigentliche Traumberuf. Man arbeitet an den Grenzen des menschlichen Wissens, kann eigene Ideen verwirklichen und mit den besten Studenten gemeinsam forschen. Die Physik wirft derzeit so viele grundlegende offene Fragen auf, dass dieser Berufszweig in den nächsten Jahren wahrscheinlich auch ganz ausgezeichnete Chancen bietet. Wo kann man als Forscher arbeiten? Außer an den Universitäten bieten sich Arbeitsmöglichkeiten an den Max-Planck-Instituten, den Helmholtz-Instituten, den Fraunhofer-Instituten und vielen nationalen und internationalen Laboratorien (z.B. CERN, ILL, ESA, EMBL und andere). Die Frage nach den Berufschancen in der reinen Forschung lässt sich eigentlich immer auf sehr einfache Weise beantworten: wer in seinem Gebiet sehr gut ist und mit Leib und Seele für seine Wissenschaft lebt, hat immer ganz ausgezeichnete Chancen. Allerdings muss man schon einige Opfer erbringen, um als reiner Wissenschaftler eine Lebensperspektive zu entwickeln. Die Bezahlung wird nie so hoch sein wie die der Kollegen in der Industrie. Der Weg zum Professor führt über einen gewundenen Pfad aus vielen zeitlich befristeten Stellen in verschiedenen Teilen der Welt. Mit der generellen Anerkennung der Rolle der Nachwuchswissenschaftler und vielen für diese Gruppe geschaffenen Förderprogrammen (z.B. das Emmy-Noether Programm) hat sich die Situation in den letzten Jahren sehr deutlich verbessert. Auch kann man nach einer gewissen Zeit in der reinen Forschung immer noch in die Industrie oder den Lehrerberuf wechseln. Umgekehrt ist dies nicht möglich.

## **Industriephysiker**

Eine "physikalische Industrie" gibt es im Gegensatz zur Chemie nicht. Trotzdem arbeiten Physiker in fast allen Bereichen industrieller Forschung und Produktion: Automobilbau, Chemie, Elektroindustrie, Medizintechnik, Optik/Lasertechnik, Maschinenbau, Halbleiter und Informationstechnologie. Darüber hinaus finden sich Physiker im Dienstleistungsbereich: Banken, Börse, Versicherungen, Unternehmensberatung, Klinika, öffentliche Verwaltung und Medien. Nach einer DPG Studie aus dem Jahre 2000 arbeiten 60 Prozent der Industriephysiker in der verarbeitenden Industrie (ohne Software), 22 Prozent im Softwarebereich und 18 Prozent in der Dienstleistung. Was macht Physiker für die Industrie interessant? Wie bereits gesagt, das wichtigste Kapital des Physikers ist seine breite Ausbildung in den Grundlagen der Physik. Was heute angewandt ist, ist morgen veraltet! Physiker sind in vielen Unternehmen die Innovationsmotoren. Physiker bringen aber zusätzlich eine Reihe weiterer Fähigkeiten mit, die für die Industrie von großem Interesse sind. Diese Fähigkeiten sind häufig aus der Erfahrung großer Forschungsprojekte im internationalen Rahmen entstanden.

- Fähigkeit, Strategien zur Problemlösung zu entwickeln

- Computer-Kenntnisse (ggfs. Studienschwerpunkt)
- Fremdsprachen (Physik ist international)
- Mobilität (evtl. Auslandsaufenthalt, Mitarbeit in Großprojekten)
- Soziale und kommunikative Fähigkeiten (internationale Großprojekte)
- Zusatzqualifikationen (Management, BWL)

Was macht ein Physiker in der Industrie? Die folgende Liste gibt eine Übersicht über typische Tätigkeitsfelder von Physiker. Die Liste ist dabei von einer reinen Forschungstätigkeit bis hin zu reinen Management und Koordinierungsaufgaben geordnet.

- Forschung und Entwicklung
- Fertigung, Produktion, Qualitätsmanagement
- Vertrieb, Verkauf, Beratung, PR und Marketing
- Planung
- Patentwesen
- Leitungsfunktionen, Management
- Unternehmer

Es ist interessant, dass die oben erwähnte DPG-Studie auch die Zufriedenheit der Physiker untersucht hat. Physiker (und Mathematiker, Chemiker) sind, verglichen mit Absolventen anderer Fächer überdurchschnittlich zufrieden mit der erreichten beruflichen Situation. Achtzig Prozent würden wieder Physik studieren.

## **Physiklehrer**

Physiklehrer sind in gewisser Weise eine Wurzel der Innovation in unserer Gesellschaft. Nicht nur zukünftige Physiker sondern vor allem naturwissenschaftlich und technisch aufgeklärte Bürger entstehen durch einen qualitativ hochwertigen und sachgerechten Schulunterricht. Die gegenwärtige Krise des naturwissenschaftlichen Unterrichtes muss daher als großes Drama bezeichnet werden. Die Chancen für Physiklehrer stehen also gut und sie werden gebraucht. Die gegenwärtigen Anfängerzahlen sind allerdings viel zu klein, so dass auch ein Quereinstieg nach Abschluss des Diploms/Masters oder nach der Promotion sinnvoll und in vielen Bundesländern möglich ist.