

Zur Promotion im Fach Physik an deutschen Universitäten

Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e. V.
September 2007

Zur Promotion im Fach Physik an deutschen Universitäten

Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e. V.

Bad Honnef, September 2007

Vorwort

Das System der Hochschulausbildung befindet sich europaweit im Umbruch. Im Juni 1999 haben sich die europäischen Bildungsminister(innen) in Bologna auf die Schaffung eines europäischen Bildungs- und Hochschulraums geeinigt und dazu eine gemeinsame Erklärung unterzeichnet. Der so eingeleitete *Bologna-Prozess* hat tief greifende Reformen angestoßen, die im Begriffe sind, das akademische Lehr- und Lernsystem nachhaltig zu verändern. In Deutschland wird nach Beschluss der Kultusministerkonferenz bis zum Jahr 2010 für fast alle Fächer eine gestufte Studienstruktur mit Bachelor- und Masterstudiengängen eingeführt sein.

Im Communiqué von Bergen (2005) haben die Europäischen Bildungsminister(innen) die Arbeiten zum Erwerb des Doktorgrades als Teil der Hochschulausbildung definiert, der als *Dritter Zyklus* dieser Ausbildung in den Europäischen Vereinheitlichungsprozess mit einzubeziehen ist. Gleichzeitig sprachen sich die Minister(innen) für die Einführung von *strukturierten Doktorandenprogrammen* und *Promotionsstudiengängen* an den Universitäten aus. Die Praktizierung strukturierter Doktorandenprogramme ist unter anderem auch das Ziel der aktuell rund dreihundert *Graduiertenkollegs* der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie der bislang achtzehn *Graduiertenschulen*, die im Rahmen der *Exzellenzinitiative* des Bundes und der Länder an den Hochschulen eingerichtet werden.

Inwieweit es gerechtfertigt und im Sinne einer Erhöhung der Effizienz zielführend ist, die Arbeiten im Vorfeld der Promotion grundsätzlich als einen *Dritten Teil* der Hochschulausbildung zu verstehen, wird zurzeit sehr kontrovers diskutiert. Insbesondere besteht die Sorge, dass Teile der in einem gestrafften Bachelor- und Master-Studium nicht mehr unterzubringenden Lehrinhalte dorthin verschoben werden und dass Lehrveranstaltungen und Termine aller Art zu einer Verschulung führen könnten. Letztere würde dem primären Anliegen der Promotionsphase widersprechen, die hochwertige und für die Ausübung des Berufs wichtige professionelle Eigenständigkeit zu erwerben, die während des Studiums nicht erlernt werden kann.

Weiterhin wird kritisch angemerkt, dass die öffentliche Diskussion über den *Dritten Zyklus* und die Einführung von *Graduiertenkollegs*, *Graduiertenschulen* und *strukturierten Promotionsprogrammen* weitgehend undifferenziert geführt wird. Insbesondere werden die Spezifika der einzelnen Fächer völlig außer Acht gelassen. Darauf haben sowohl die Natur- und Ingenieurswissenschaften wie auch die Geisteswissenschaften in jüngster Zeit vielfach hingewiesen.

Auch ist nicht zu übersehen, dass in offensichtlicher Unkenntnis der Realitäten die Promotionsphase vielfach unter einem reinen Ausbildungsaspekt gesehen wird. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass ein überwiegender Teil der Forschung in Deutschland im Rahmen von Promotionsarbeiten erbracht wird, unabhängig davon, ob dies nun in den Geistes- und Sozialwissenschaften oder in den Natur- und Ingenieurwissenschaften der Fall ist. Jede Betonung zu-

sätzlicher ausbildungsartiger Elemente muss daher unter dem Aspekt der Folgen gesehen werden, welche dies für die Forschungsleistung in Deutschland bedeutet.

Weiterhin wird in Stellungnahmen zur Promotion zuweilen pauschal unterstellt, dass der Forschungsbezug einer Promotionsarbeit im Gegensatz stünde zu den Anforderungen eines „weiteren Arbeitsmarktes“ (Kommuqué von Bergen, 2005). Dieser Vorwurf muss gerade von den Naturwissenschaften besonders kritisch bewertet werden, weil sie sich in besonderem Maße über Wissenschaft und Forschung definieren und sich die Nachfrage nach dem jeweiligen Berufsbild in der entsprechenden Fachdisziplin (Physik, Chemie, Biologie usw.) entsprechend orientiert.

Mit dieser Schrift legt die Deutsche Physikalische Gesellschaft eine Studie vor, mit der sie aus ihrer Sicht und für die Physik als Wissenschaft und Studienfach einen Beitrag zu einer Versachlichung der Diskussion und einer Präzisierung der Problemstellungen und der Lösungsansätze dafür leisten möchte.

Die Promotionskultur in der Physik in Deutschland ist bereits in den Neunzigerjahren in Bewegung geraten. Auslöser dafür waren Bemühungen um eine Verkürzung der Promotionszeit, eine verbesserte Betreuung der Promovierenden, die Forderung nach einem möglichst hohen Wissensstand auf dem Gebiet der Physik zum Zeitpunkt der Doktorprüfung und nicht zuletzt eine Reaktion auf den internationalen Wettbewerb um den wissenschaftlichen Nachwuchs, für den weltweit attraktive Promotionsangebote zur Verfügung stehen. So findet man bereits seit Mitte der Neunzigerjahre vereinzelt an Hochschulen Promotionen im Rahmen von Promotionsstudiengängen und Graduiertenkollegs. Schon länger waren Promotionsarbeiten im Rahmen von Sonderforschungsbereichen, in denen Wissenschaftler(innen) aus einer größeren Zahl von Instituten zusammenarbeiten, üblich. Diese Erfahrungen sollten in die Gestaltung des zukünftigen Systems von Promotionsmöglichkeiten in einer positiven Weise einfließen.

Strukturierte Promotionsprogramme, Graduiertenkollegs und Graduiertenschulen, Netzwerke und andere dürfen und werden die seit längerem existierenden, klassischen Promotionsmöglichkeiten nicht ersetzen, sondern sollten gemeinsam mit diesen koexistieren. Beispielsweise würde die Verpflichtung zur Teilnahme an einem Promotionsprogramm oder einem Graduiertenkolleg bzw. zur Mitgliedschaft in einer Graduiertenschule eine Promotion mit einer in der Industrie angefertigten Arbeit behindern. Andererseits bietet gerade eine Graduiertenschule attraktive Möglichkeiten für Promotionsarbeiten in interdisziplinären Themenbereichen, welche den Erwerb von zusätzlichen Studieninhalten (zusätzlich zum studierten Fach) zur Voraussetzung machen.

Die neuen Instrumente können ihr Potential aber nur dann optimal entfalten, wenn sie auf die einzelnen Fächer optimal abgestimmt sind. Dazu ist der Input der Disziplinen selbst unabdingbar. Diese Studie hat zum Ziel, unter Berücksichtigung aller Aspekte der Promotion im Fach Physik Eckpunkte zu definieren, die den Spielraum für Reformen abstecken, welche die Effizienz und Effektivität der Promotion über den derzeit bestehenden hohen Standard in der Physik hinaus weiter verbessern können.

Wir danken den vielen Kolleginnen und Kollegen, die zum Ergebnis dieser Studie beigetragen haben. Stellvertretend für alle seien genannt Prof. Dr. Axel Haase, Würzburg, Vor-

standsmitglied für Bildung und Ausbildung 2003-2006, sowie Prof. Dr. Konrad Samwer, Göttingen, und Prof. Dr. Johanna Stachel, Heidelberg. Herr Dr. Bernd Spindler hat sich als Referent des Vorstandes in dankenswerter Weise vieler wichtiger Teilfragen und der Redaktion dieser Schrift angenommen.

Prof. Dr. Knut Urban
Vizepräsident

Prof. Dr. Gerd Ulrich Nienhaus
Vorstandsmitglied
für Bildung und Ausbildung

Kurzfassung

Der Bologna-Prozess zur Schaffung eines Europäischen Hochschulraums hat in Deutschland tief greifende Reformen der Hochschulstudiengänge angestoßen. Nach dem Willen der Europäischen Bildungsminister(innen) soll nun auch die Promotion in den Bologna-Prozess mit einbezogen werden und zwar als „Dritter Zyklus“ der Hochschulausbildung. Damit verbunden ist die Forderung nach Einrichtung von „strukturierten Promotionsstudiengängen“.

Aus der Sicht der Betroffenen, der jungen Menschen, die nach ihrem Studium eine Promotion anstreben, den promovierenden Fakultäten und den zukünftigen Arbeitgebern ist es bedauerlich, dass diese Festlegung auf politischer Ebene erfolgte, ohne dass es zuvor darüber eine öffentliche Diskussion gegeben hätte. Zudem wird in den politischen Stellungnahmen und der Formulierung der Regeln für die Umsetzung entgegen den Tatsachen davon ausgegangen, dass es lediglich *die eine* Promotion unabhängig vom Fachgebiet gäbe, und dass eine Reform dieser Promotion überall nach denselben Regeln zu erfolgen habe. In der Realität hat sich jedoch entsprechend den spezifischen Charakteristika und Anforderungen der beruflichen Praxis der einzelnen Fachgebiete, von den Natur- und den Ingenieurwissenschaften über die Medizin bis zu den Geisteswissenschaften, ein breites Spektrum sinnvoll unterschiedlicher Promotionsformen entwickelt.

Eine Reform, welche Verbesserungen im Ablauf der Promotion und eine Steigerung der Effizienz mit Bezug auf das Erreichen der mit der Promotion in den jeweiligen Fächern verbundenen Ziele anstrebt, muss die spezifischen Besonderheiten der einzelnen Fachgebiete berücksichtigen. Am Anfang müssen daher eine fächerbezogene Analyse der mit der Promotion verfolgten Ziele und eine Untersuchung darüber stehen, wie diese am besten zu realisieren sind.

Mit der vorliegenden Studie will die Deutsche Physikalische Gesellschaft einen Beitrag zu dieser aus Gründen der Sorgfalt und der Verantwortung für die deutsche Wissenschaft absolut unerlässlichen Diskussion leisten, indem sie auf der Basis ihrer Kompetenz die Promotion aus Sicht der Physik als Wissenschaft und Studienfach analysiert. Auf einer solchen detaillierten Bestandsaufnahme aufbauend soll der Rahmen für Reformen der Promotion im Fach Physik abgesteckt werden, und es werden konkrete Eckpunkte formuliert, die dabei unbedingt berücksichtigt werden müssen.

Ausgangspunkt der Studie ist eine detaillierte Beschreibung der Verfahrensweise, die zu einer Promotion im Fach Physik führt. Dazu werden die Zulassungsvoraussetzungen, der typische Verlauf der Promotionsphase, die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse sowie das eigentliche Prüfungsverfahren bis hin zur Verleihung des akademischen Grades *doctor rerum naturalium* (*Dr. rer. nat.*) diskutiert. Diese Bestandsaufnahme ist für die Diskussion essentiell, da die Vor- und Nachteile des derzeit praktizierten Systems der Promotion nur bei Würdigung der fachspezifischen Besonderheiten bewertet werden können.

Die Studie kommt dabei zu folgenden Ergebnissen:

1) Die Promotion dient dem Erwerb einer für die Ausübung des Berufs Physiker(in) wichtigen Qualifikation. Dies ist die belastbare Professionalität und Selbständigkeit unter hohem Leistungs- und Wettbewerbsdruck. Um diese Qualifikation zu erwerben, wird dem/der Promovie-

renden die Aufgabe gestellt, ein herausforderndes, modernes Thema an der vordersten Linie der Forschung zu bearbeiten. Arbeit unter Risikobedingungen, Betreten von Neuland, Eigenverantwortlichkeit nicht unter abstrakten, sondern unter den realen Bedingungen des eigenen Fachs sind Fähigkeiten, die im Rahmen der Promotion entwickelt werden sollen. Ohne sie kommen weder der Wissenschaftsbetrieb noch die Industrie und Wirtschaft aus.

2) Entsprechend ist die Tätigkeit der Promovierenden mit Bezug auf drei Kategorien zu bewerten. (i) Der Erwerb neuer Erfahrungen, die Verbesserung der **Eigenqualifizierung**, wie sie bei jeder ernsthaften beruflichen Tätigkeit entsteht. (ii) Besonders wichtig für die Physik sind die **Beiträge zur wissenschaftlichen Forschung** („Wissenschaftsoutput“). Diese sind erheblich; man geht davon aus, dass die Mehrheit der Forschungsresultate auf dem Gebiet der Physik in Deutschland auf der Arbeit von Doktorand(inn)en basiert. (iii) Sowohl der professionellen Persönlichkeitsbildung als auch einem substantiellen Beitrag zur Bewältigung der Ausbildungsaufgaben der Hochschulen dient eine **Beteiligung der Promovierenden an der universitären Lehre** durch Betreuung von Praktika und Seminaren.

3) Reformen müssen sich an dieser Triade orientieren. Einseitige Betonung eines dieser Aspekte der Promotion geht zu Lasten der anderen. Die Promotion als einen „Dritten Zyklus“ der Hochschulausbildung zu betrachten, betont einseitig den Aspekt der Eigenqualifikation nach einem schulischen Muster. Dies wird im Rahmen dieser Studie als nicht zielführend abgelehnt. Dies geschieht neben der Tatsache, dass für die Promotion genau nicht die schulischen Elemente, sondern Selbständigkeit und wissenschaftliche und organisatorische Eigenverantwortung im Vordergrund stehen, auch aus der Verantwortung heraus, dass der Wissenschaftsoutput als ein wichtiger Wirtschaftsfaktor Deutschlands, der ganz wesentlich mit Promotionsarbeiten zusammenhängt, nicht gefährdet werden darf. Die physikalische Forschung findet in einer international geprägten Wettbewerbssituation statt, in der die für eine Promotion geforderten Pionierarbeiten nur bei äußerster Fokussierung auf das betreffende Arbeitsgebiet erzielt werden können.

4) Auch eine Analyse der Tätigkeits- und Vergütungsmodelle der Promovierenden im Fach Physik zeigt, dass es sich dabei keinesfalls um einen „Dritten Zyklus“ des Hochschulstudiums handelt. Vielmehr verfügen die Promovierenden mit dem Diplom- bzw. Mastergrad über einen mit Bezug auf die Vorgaben der neuen Hochschulgesetze in Deutschland voll *berufsqualifizierenden Abschluss* und gehen im Rahmen ihrer Promotionsarbeit grundsätzlich einer Berufstätigkeit nach. Dies wird insbesondere daraus ersichtlich, dass sie in der Mehrzahl über zeitlich befristete Anstellungsverträge für Aufgaben in Forschung und Lehre vergütet werden und *nicht* für die Anfertigung einer Doktorarbeit. Im Rahmen der in jüngster Zeit eingerichteten Graduiertenschulen und Graduiertenkollegs kommen Finanzierungsmodelle in der Form von Promotionsstipendien hinzu. Allerdings stehen auch in diesen Fällen die wissenschaftlichen Arbeiten im Vordergrund. Die im Fach Physik eingerichteten Modelle streben durchweg eine Erhöhung der Forschungsleistung an, denen die anderen Elemente der Graduiertenschule bzw. des Graduiertenkollegs zu dienen haben.

5) Die Studie kommt auf der Basis ihrer Analysen bezüglich der Ziele der Promotion in der Physik und der Effizienz bei der Erreichung dieser Ziele zu dem Schluss, dass Modelle „strukturierter Promotionen“ abzulehnen sind, wenn die dabei eingeführten zeitlichen und zusätzlichen fachlichen „Strukturen“ zu einer Verschulung der Promotion führen.

6) Die allgemein berufliche Qualifikation ist Sache des Studiums. Wenn diese mit dem Ziel der Straffung des Studiums dort beschnitten wird, dann kann es nicht Sache der Promotion sein, diese hier nachzuholen. Dies setzt auch der Vermittlung sogenannter Schlüsselqualifikationen während der Arbeiten zur Promotion enge Grenzen. Kritisch werden im Rahmen dieser Studie auch Auslandsaufenthalte innerhalb der Promotionszeit bewertet, wenn sie nicht in erster Linie dem Fortgang der Forschungsarbeit dienen. Der Aspekt der Persönlichkeitsbildung wird dabei keinesfalls unterbewertet. Auslandsaufenthalte, welche aber allein damit zu begründen sind, gehören in die Zeit nach dem Bachelor- bzw. Master-Studium oder in die Postdoktoratsphase.

7) Die Studie bewertet die Einführung von Graduiertenschulen und Graduiertenkollegs positiv, sofern sie entgegen ihrem aus dem Amerikanischen übernommenen Namen nicht als „Schulen“, sondern als Zentren zur Steigerung der Effizienz beim Erreichen der überwiegend wissenschaftlich ausgerichteten Promotionsziele eingerichtet werden. Graduiertenschulen und Graduiertenkollegs können zu einer verbesserten sozialen Identifikation der Graduierten führen und den Austausch unter den Promovierenden wirksam fördern. Sie können insbesondere dort, wo an einem Ort schwerpunktmäßig bestimmte interdisziplinäre Themenstellungen Gegenstand von parallel ablaufenden Doktorarbeiten sind, auch ein Lehrangebot enthalten, wenn die im Rahmen des Studiums erworbene disziplinäre Qualifikation für die erfolgreiche Bearbeitung des Themas nicht ausreichend ist.

8) Graduiertenschulen dürfen jedoch nicht den einzigen Weg zur Promotion darstellen. Die Promotion über Arbeiten, die thematisch für sich selbst stehen, und daher nicht Gegenstand eines Graduiertenmodells sind, muss weiter möglich bleiben, schon allein deshalb, weil innovative Themen in der Regel so überhaupt erst in die Physik hinein kommen. Außerdem findet ein Großteil der Forschung in Deutschland in außeruniversitären Forschungseinrichtungen statt, und auch die universitäre Forschung, die mit Großgeräten in Deutschland oder in anderen Ländern durchgeführt wird, ist mit der Verpflichtung an einer Graduiertenschule oder einem Graduiertenkolleg teilzunehmen, nicht ohne weiteres vereinbar. Dasselbe gilt für Promotionsarbeiten, die in Industriebetrieben unter der simultanen Betreuung von Industrie- und Hochschulwissenschaftlern durchgeführt werden. Die Belastung solcher Promotionswege durch die Verpflichtung der Promovierenden zur Teilnahme an Graduiertenschulen oder Graduiertenkollegs als Voraussetzung für die Zulassung zur Promotion würde diese sowohl für die jungen Nachwuchskräfte als auch für die Wissenschaft und Wirtschaft so wünschenswerten Kooperationsmodelle in Gefahr bringen.

9) Der im Rahmen der Neufassung der Studiengänge in Deutschland ermöglichte Weg, der direkt vom Bachelor ohne den Erwerb des Mastergrades zur Promotion führt, wird im Rahmen dieser Studie kritisch bewertet. Er muss ausschließlich besonders begabten, herausragenden Studierenden vorbehalten bleiben. Die Eignung dazu muss durch entsprechende Leistungen vor einer Aufnahme in einen entsprechenden Studiengang nachgewiesen werden. In Graduiertenschulen, die direkt vom Bachelor- zum Doktorgrad führen, werden besonders qualifizierten Teilnehmern vor der eigentlichen Promotionsphase in einem etwa einjährigen Intensivstudium die einem Masterabschluss entsprechenden Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt. Im Gegensatz zur regulären Promotion unterliegen solche Studiengänge der Akkreditierungspflicht. Promotionsstudiengänge, in denen Studierende, die nicht dieser elitären Gruppe angehören und

die ihrer ungenügenden Qualifikation wegen über „Nachhilfelehrveranstaltungen“ für die Promotion „fit gemacht“ werden sollen, werden abgelehnt.

10) Die folgenden zusätzlichen Eckpunkte sind essentiell für die Promotion im Fach Physik und müssen daher unabhängig vom jeweils verfolgten Promotionsmodell unbedingt Berücksichtigung finden:

- Zulassungsvoraussetzung für die Promotion ist grundsätzlich ein qualifizierter Masterabschluss. Nur in Ausnahmefällen können besonders leistungsfähige Bewerber(innen) ohne Master oder Diplom nach Bestehen eines Eignungsfeststellungsverfahrens zur Promotion zugelassen werden.
- Die Promotion sollte in der Regel in drei bis dreieinhalb Jahren abgeschlossen sein, um den Promovierenden gute Chancen für den Einstieg in eine Position in Wirtschaft oder Wissenschaft zu gewähren.
- Ein Promotionsausschuss soll die Promotion, vom Anfang der Forschungstätigkeit bis zum Abschluss der Prüfung, beobachten, und er muss von den Promovierenden und ihren Betreuern regelmäßig über den Fortgang der Arbeit informiert werden.
- Die Promotion wird von *einem* verantwortlichen Fakultätsmitglied betreut, das Expertise auf dem betreffenden Spezialgebiet aufweist. Eine Kollektivverantwortung wird abgelehnt, weil sie eine einwandfreie Betreuung nicht sicherstellen kann. Üblicherweise erfolgt die Promotion im Rahmen eines Forschungsprojekts der betreuenden Person, die dadurch ein genuines Interesse am zügigen Fortgang und Gelingen der Arbeit hat.
- Zusätzliche Lehrveranstaltungen können in beschränktem Umfang sinnvoll sein, insbesondere, wenn interdisziplinäre Forschungsprojekte Fachkenntnisse erfordern, die nicht Gegenstand der Hochschulausbildung in der speziellen Fachdisziplin der Promovierenden sind. Generell sind Lehrveranstaltungen in der Promotionsphase auf ein Minimum zu beschränken, damit der/die Promovierende sich den extrem hohen Anforderungen der eigentlichen Forschungsarbeit widmen kann. Die Veranstaltungen müssen so organisiert sein, dass möglichst auch Promovierende mit Arbeitsplätzen außerhalb der Universität (z.B. in der Industrie oder an außeruniversitären Forschungseinrichtungen) daran teilnehmen können.
- Von Lehrveranstaltungen in allgemeiner Physik wird grundsätzlich abgeraten, da diese nur auf Kosten der für die Forschung zur Verfügung stehenden Zeit durchgeführt werden können. Eine Reihe von sog. Schlüsselqualifikationen („Soft Skills“) werden in der Physik im Zusammenhang mit der Forschungsarbeit automatisch erworben. Doktoranden- und Arbeitsgruppenseminare sowie Präsentationen auf wissenschaftlichen Tagungen fördern die Kommunikationsfähigkeit und den Einsatz von Präsentationstechniken; die Arbeit mit der Fachliteratur und die Abfassung wissenschaftlicher Aufsätze vermitteln englische Sprachkenntnisse. Da in den meisten Fällen Promotionsarbeiten im Rahmen von Förderprojekten ablaufen, lassen sich von den Promovierenden Einblicke in die Projektbeantragung, die Projektplanung und die Rechenschaftslegung gewinnen.

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft appelliert an die Verantwortlichen in der Politik, in den Ministerien und in den Hochschulen, bei der Reform der Promotion und der Neufassung der Promotionsordnungen der Universitäten im Fach Physik mit der Sorgfalt vorzugehen, welche eines der wichtigsten Instrumente zur Wahrung der zum Teil herausragenden Position der deutschen Forschung im weltweiten Vergleich verdient. Sie appelliert an die Physikerinnen und Phy-

siker in den Hochschulen und den außeruniversitären Forschungseinrichtungen, in Wahrnehmung ihrer Verantwortung für ihr Fachgebiet, für eine hohe Qualität von Lehre und Ausbildung sowie der wissenschaftlichen Forschung, sich für eine entsprechend hohe Qualität der Promotion im Fach Physik einzusetzen.

Inhaltsverzeichnis

A. Die Promotion im Fach Physik 12

1. Voraussetzungen und Grundlagen der Promotion 12
2. Die Promotionsleistung 12
3. Verlauf der Promotion in der Physik 13
4. Veröffentlichung der Ergebnisse 15
5. Die Dissertation und die mündliche Prüfung 16
6. Die Promotionsdauer 18

B. Die Promotion und ihr Verhältnis zu Studium und Beruf 19

1. Kriterien für die Beurteilung der Tätigkeit der Promovierenden 19
2. Promotion und Berufsqualifikation 20
3. Internationaler Wettbewerb um Forschungsergebnisse 23
4. Vereinbarkeit von Forschung und dem Erwerb von Zusatzqualifikationen 23
5. Interdisziplinär angelegte Promotionen 25

C. Arbeits- und Finanzierungsmodelle für die Promotion 26

1. Allgemeine Übersicht 26
2. Die Beschäftigung auf einer Assistentenstelle 26
3. Die Förderung über eine Vergütung für eine von der DFG oder einer anderen Forschungsfördervereinigung finanzierte Leistung 26
4. Graduiertenkollegs 27
5. Graduiertenschulen 28
6. Max-Planck und Helmholtz Research Schools 29

D. Eckpunkte für eine zukünftige Gestaltung der Promotion im Fach Physik 30

1. Allgemeines 30
2. Maßnahmen 31
 - (a) Betreuung der Promotion 31
 - (b) Effizienz, fachliche Expertise und Effektivität 33
 - (c) Kommunikation der Promovierenden untereinander 34
 - (d) Dauer der Promotion 34
 - (e) Auslandsaufenthalte 35
 - (f) Soft Skills und allgemeine Lehrinhalte 35
3. Für die Einführung von Strukturierten Promotionsstudiengängen gibt es in der Physik keine Begründung 37
4. Bemerkenswertes zur Verbindlichkeit von Graduiertenschulen oder -kollegs 38

E. Promovieren ohne Master-Studium 40

1. Vom Bachelor zur Promotion nach einem Eignungsfeststellungsverfahren 40
2. Im Rahmen einer Graduiertenschule vom Bachelor zur Promotion 41

Schlussbemerkungen 43

Anhang I 44

Erklärung der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zur Promotion 44

Anhang II 45

Auszüge aus den Stellungnahmen der Bildungsminister(innen) auf den Bologna-Folgekonferenzen, welche die Promotion betreffen 45

Anhang III 47

Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zu Bachelor- und Master-Studiengängen in Physik 47

A. Die Promotion im Fach Physik

1. Voraussetzungen und Grundlagen der Promotion

Die Promotionsordnungen für das Fach Physik der einzelnen deutschen Universitäten weisen gegenwärtig zwar Unterschiede im Detail auf; grundsätzlich stimmen sie jedoch in folgenden Punkten überein: Voraussetzung zur Promotion ist ein abgeschlossenes Hochschulstudium der Physik oder eines verwandten Faches. Für Kandidat(inn)en, die ein Fachhochschulstudium absolviert haben oder die nach einem Bachelor-Studium direkt eine Doktorarbeit anstreben (siehe unten), sind in den Promotionsordnungen Ausnahmeregelungen vorgesehen. In der Regel ist aber das Diplom in den klassischen Studiengängen bzw. der Bachelor- und Mastergrad in den konsekutiven Studiengängen Voraussetzung zur Zulassung zur Promotion.

Inhaltlich wurden die Zulassungsvoraussetzungen für die Promotion im Fach Physik in den von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) und der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) 2005 verabschiedeten Empfehlungen zu Bachelor- und Master-Studiengängen in Physik (Anhang) definiert. Diese besagen, dass die Kandidat(inn)en einen bestimmten fachlichen Wissensstand im Bachelorstudium erreicht haben und im darauf folgenden Masterstudiengang die fachliche Vertiefungsphase (erstes Jahr des Masterstudiengangs) sowie die Forschungsphase (zweites Jahr des Masterstudiengangs, einschließlich Masterarbeit) erfolgreich durchlaufen haben.

2. Die Promotionsleistung

Die Promotionsleistung besteht grundsätzlich aus der Dissertation, einer selbständig angefertigten wissenschaftlichen Arbeit, sowie einer mündlichen Prüfung.

Für die mit der Promotion nachgewiesene Qualifikation sind folgende Punkte entscheidend:

- (1) *Selbständigkeit*: Bei der Dissertation muss es sich um eine selbständig angefertigte wissenschaftliche Arbeit handeln.
- (2) *Originalität*: Die Arbeit muss einen substanzialen Beitrag zum Fortschritt des bearbeiteten Fachgebiets darstellen.

Zur aktuellen Promotionskultur in der Physik gehört weiterhin, dass man von Promovierten die beiden folgenden Eigenschaften erwarten kann:

- (3) *Kommunikativität*: Sie müssen in einer offenen wissenschaftlichen Umgebung erfolgreich kommunizieren, lernen, vermitteln und sich behaupten können.
- (4) *Versiertheit*: Sie müssen eine hohe fachliche Expertise auf dem eigenen Spezialgebiet besitzen und über eine breite Allgemeinbildung auf dem Gebiet der Physik verfügen.

3. Verlauf der Promotion in der Physik

In der Regel werden heute in der Physik die Themen für eine Dissertation vom dem betreuenden Mitglied der promovierenden Fakultät in einem Gespräch mit den Kandidat(inn)en vorgeschlagen. Dem kann ein Vorstellungsvortrag der Kandidat(inn)en über ihre Diplom- oder Masterarbeit vorausgehen. Da es aufgrund des Nachwuchsmangels in den naturwissenschaftlichen Fächern in Deutschland zu wenige gute Kandidat(inn)en gibt, stehen die Professor(inn)en dabei gewöhnlich miteinander im Wettbewerb.

Es liegt daher in ihrem Interesse, dass sie zur Gewinnung von Kandidat(inn)en bei der Vergabe der Themen zügig vorgehen. Bereits hier unterscheiden sich die Geprägtheiten in der Physik wesentlich von denen in manchen anderen Disziplinen, wo bereits diese erste Phase lange dauern kann und mit großen Unsicherheiten behaftet ist.

Der Wettbewerb um gute Promotionskandidat(inn)en liegt auch insofern im Interesse der Professor(inn)en, weil im Allgemeinen der größte Teil der Forschung einer Arbeitsgruppe im Rahmen von Doktorarbeiten organisiert wird. Somit bestimmen die Promovierenden in ganz besonderem Maße die Forschungsleistung und damit das nationale und internationale Ansehen des Instituts.

Die direkte Betreuung der Arbeit wird üblicherweise von der verantwortlichen Professorin oder dem Professor selbst oder von dessen Assistent(inn)en übernommen. Diese Betreuung ist sicher von Person zu Person von unterschiedlicher Qualität und unterliegt auch menschlichen Faktoren. Da die Forschung eines Instituts jedoch im Wesentlichen von den Erträgen der Doktorarbeiten abhängt, liegt es im Interesse der Institutsleitung, dass die Doktorarbeiten zügig vorangehen. Man kann davon ausgehen, dass in der Physik etwa zwei Drittel der Forschungsleistung der deutschen Universitäten und ein nur wenig geringerer Anteil der außeruniversitären nichtindustriellen Forschung von Doktorand(inn)en erbracht wird.

In der Regel erhalten alle Doktorand(inn)en in der Physik eine Finanzierung in Form eines Stipendiums, einer Stelle in der Forschungsinstitution oder einer drittmitfinanzierten Stelle im Rahmen eines Forschungsprojekts. Für experimentelle Arbeiten beinhaltet dies üblicherweise die Verpflichtung, ganztägig in der Arbeitsgruppe oder der Forschungsinstitution anwesend zu sein und das gegebene Projekt zu bearbeiten.

Zwischen der Nachfrage nach einem Promotionsthema und der Aufnahme der Arbeit vergeht in der Physik gewöhnlich nur eine kurze Zeit. Meist steht bereits ein Forschungsprojekt mit einer entsprechenden Doktorandenstelle oder ein Stipendium zur Verfügung, so dass Wartezeiten eher die Ausnahme sind. Die Beschreibung des Forschungsprojektes im Rahmen eines Antrages auf Finanzierung steckt bereits den Rahmen ab, in dem das wissenschaftliche Umfeld der Arbeit, der Stand der Wissenschaft, die erste Vorgehensweise und die relevante Literatur auf diesem Gebiet durch den Antragssteller zusammengestellt sind. Normalerweise beginnt die Arbeit mit einer Einarbeitungsphase, die meist fließend in die eigentliche Arbeitsphase übergeht. An diese schließt sich dann die Phase des Zusammenschreibens der Dissertation an, welche typischerweise etwa ein halbes Jahr in Anspruch nimmt. Der Zeitraum kann allerdings wesentlich länger sein, wenn sich im Laufe des Zusammenschreibens anhand der gründlichen Bewer-

tung und Diskussion der Resultate neue Fragen ergeben, welche für einen erfolgreichen Abschluss noch bearbeitet werden müssen.

Es gibt sowohl rein theoretische als auch rein experimentelle Arbeiten; oft werden aber auch beide Aspekte bearbeitet. In experimentellen Arbeiten ist normalerweise eine gute theoretische Durchdringung der Resultate Voraussetzung für die Annahme der Dissertation. Dies gilt auch im umgekehrten Fall. In Theorie und Experiment spielt der Erwerb des speziellen, für die Durchführung der Arbeit notwendigen „Handwerkszeugs“ eine ganz wichtige Rolle. Darüber hinaus sind gründliche Kenntnisse im Umgang mit Computern und der elektronischen Datenverarbeitung unerlässlich. Englische Sprachkenntnisse stellen für die Erarbeitung der Fachliteratur wie auch für die Veröffentlichung der Ergebnisse in einer zumeist internationalen Fachzeitschrift eine elementare Voraussetzung dar, da die physikalische Fachliteratur praktisch ausschließlich in englischer Sprache publiziert wird.

Die Infrastruktur und die Arbeitsbedingungen am Forschungsinstitut sind zentral für den Fortschritt der Arbeit. Dies betrifft die Diskussion mit den Betreuern, den Mitdoktorand(inn)en ebenso wie den Zugang zu Büchern, Zeitschriften und Literaturdatenbanken. Bei experimentellen Arbeiten stellt das Institut, die Hochschule oder ein größerer Forschungsbereich die notwendige Infrastruktur zur Verfügung. Beispiele sind Anlagen zur Material- und Probenherstellung, Kühlmittelversorgung und technische Konstruktionen sowie Werkstätten. Oft ist bei experimentellen Arbeiten der Aufbau einer Experimentiereinrichtung ein wesentlicher Teil der Arbeit. Dabei handelt es sich im Allgemeinen um Spitzentechnologie, welche von den Promovierenden ausgezeichnete Kenntnisse und Fähigkeiten verlangt. Für den Erfolg der Arbeit ist es in der Regel von essentieller Bedeutung, dass die Promovierenden auf über Jahre und Jahrzehnte gepflegte und akkumulierte Expertise des Instituts auf dem Fachgebiet zurückgreifen können. Sehr häufig hängt ein hoher wissenschaftlicher Innovationswert der Arbeit eng mit einer neuen experimentellen Einrichtung bzw. einer neuartigen instrumentellen Technik zusammen, welche einen Vorsprung vor der internationalen Konkurrenz bedeutet.

Vielfach werden theoretische Arbeiten in Verbindung mit den großen nationalen und internationalen Computerzentren durchgeführt. Viele experimentelle Bereiche verlangen den Einsatz von Großgeräten, wie sie an nationalen oder internationalen Forschungszentren zur Verfügung stehen. Beispiele dafür sind das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY (Hamburg), die Europäische Organisation für Kernforschung CERN (Genf) oder die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz FRM II (Garching). Dort finden die Arbeiten meist an großen Zusatzapparaturen (Beamlines, Spektrometer) zu den Zentralgeräten statt, die als Nutzereinrichtungen betrieben werden. Typisch ist dabei auch die Arbeit in großen Teams, die einige zehn bis über einhundert Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker umfassen können. Diese Art der Forschung ist vielfach mit längeren Aufenthalten verbunden, wobei sich die Zeitpläne gewöhnlich nach den Messzeitvorgaben der Nutzerzentren und den Bewilligungen durch Gutachtergremien richten müssen.

In der Physik gibt es darüber hinaus auch die Promotion im Rahmen einer Arbeit in der Industrie, wobei verschiedene Modelle praktiziert werden. Unabhängig vom Finanzierungsschema (Angestelltenverhältnis, projektgebundener Zeitvertrag usw.) ist hierbei die Regel, dass Industriebetrieb und Hochschule das Forschungsthema gemeinsam festlegen und auch gemeinsam am Fortschritt arbeiten. Der direkte und regelmäßige Kontakt zwischen den Partnern ist

dabei ein wesentliches Element. Dagegen sind mehr oder weniger abgeschlossene Arbeiten, die zunächst unabhängig von einer Hochschule angefertigt wurden und danach allein zum Zweck der Promotion über einen sich dafür zur Verfügung stellenden Professor oder einer Professorin bei einer Fakultät eingereicht werden, in der Physik nur noch die Ausnahme. Bei diesen Kandidat(inn)en findet man oft Defizite im generellen Fachwissen, das ebenfalls Gegenstand der mündlichen Prüfung ist.

4. Veröffentlichung der Ergebnisse

Bis vor einigen Jahrzehnten war es Bestandteil vieler Promotionsordnungen, dass eine Dissertation unveröffentlichte Originalresultate enthalten musste, um für die Promotion anerkannt werden zu können. Diese Bedingung ist inzwischen völlig entfallen. Im Gegenteil, es ist heute der Normalfall, dass während der Forschungsarbeit öffentlich über Teilergebnisse berichtet wird. Die wissenschaftlichen Resultate werden also schon während der Arbeit an der Dissertation oder unmittelbar nach der Promotion in Fachzeitschriften publiziert. Auch sind inzwischen „kumulative Promotionen“ möglich, bei denen die Dissertation aus einer ausführlichen Zusammenfassung verschiedener wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu einem Thema besteht, wobei die/der Promovierende maßgebliche Anteile an den Forschungsergebnissen erarbeitet haben muss.

Die oben angeführte Bedingung, dass eine zur Promotion geeignete Forschungsarbeit auf einem modernen Arbeitsgebiet durchgeführt werden und substantielle Beiträge zum Fortschritt auf diesem Gebiet liefern muss, bringt es in den allermeisten Fällen mit sich, dass der Prioritätsanspruch gegenüber der internationalen Konkurrenz reklamiert werden muss. Andererseits bilden sich aufgrund der gemeinsamen Interessen an einem Forschungsgebiet „Communities“, welche insgesamt – trotz aller Konkurrenz – über ein hohes Niveau an gemeinsamen Kenntnissen verfügen. Zu diesen hat nur derjenige Zugang, der selbst etwas dazu beiträgt. Diese Forschergruppen definieren sich häufig über gemeinsame Drittmittelprojekte, beispielsweise DFG-Schwerpunkte, EU-Projekte, BMBF-Programme. Bei allem fruchtbaren Konkurrenzdenken ist die Kommunikation eigener Resultate wichtig und der Normalfall, nicht zuletzt auch deshalb, weil das wissenschaftliche Ansehen der jungen Forscher(innen) und deren Institutionen darauf aufbauen.

Die eigenen Resultate werden zunächst im institutseigenen Seminar oder als Kurzreferat auf einer nationalen oder internationalen Konferenz oder auch auf Tagungen, Seminaren oder Workshops der Forschungsförderprogramme mündlich kommuniziert. Ferner gibt es die Posterpräsentation, bei der die jungen Forscher(innen) ihre Arbeit vor einem von ihnen angefertigten Poster, das die wesentlichen Ergebnisse enthält, wie auf einem „Markt“ zur Schau stellen und Interessierten mündlich erklären. In den meisten Fällen ist die Kommunikationssprache das Englische. Die Übung im Englischen geht so weit, dass die Promovierenden zur Zeit ihrer Abschlussprüfung generell über vollwertige englische Kommunikationsfähigkeiten verfügen. Inzwischen werden immer mehr Dissertationen selbst von deutschen Promovierenden in englischer Sprache geschrieben.

Die zweite Stufe ist die Publikation in einer Fachzeitschrift. Auch diese Veröffentlichung erfolgt heute fast ausschließlich in englischer Sprache. Üblicherweise wird diese Publikation in Zusammenarbeit mit dem Betreuer bzw. der Betreuerin geschrieben. Die Fähigkeit, wissen-

schaftliche Veröffentlichungen in klarer Form zu schreiben, ist ein Teil des Zugewinns an Qualifikationen und geht dem Schreiben der Dissertation voraus. Bei allen guten Promotionsthemen verfügt ein(e) fähige(r) Doktorand(in) zur Zeit der Abgabe seiner/ihrer Dissertation über eine oder mehrere Veröffentlichungen oder schriftliche Konferenzberichte, die in Proceedingsbänden erschienen sind.

Die nationalen und internationalen Forschungsfördereinrichtungen erwarten in ein- oder zweijährigen Abständen Berichte über den Fortgang der Arbeit und die dabei erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse. Auch in diesem Fall wird der Bericht vielfach von dem/der Promovierenden gemeinsam mit dem Betreuer bzw. der Betreuerin erstellt.

Da die internationale Konkurrenz eine Sicherung des Anspruchs auf Priorität bei den Ergebnissen unentbehrlich macht und auch die Forschungsfördereinrichtungen über ihre Begutachtungsinstrumente eine Erfolgskontrolle ausüben, liegt eine optimale Betreuung der Doktorand(inn)en im Interesse der Institute, damit die Forschungsresultate zügig erzielt und publiziert werden können. Es entspricht der wissenschaftlichen Fachkultur der Physik, dass die an der Erarbeitung wissenschaftlicher Ergebnisse beteiligten Personen bei Berichten, Vorträgen usw. von den Betreuer(inne)n genannt werden und auch die jungen Forscher(innen) möglichst früh selbst über ihre Ergebnisse auf Konferenzen berichten. Dies wird dadurch erleichtert, dass die Forschungsfördereinrichtungen vielfach die notwendigen Reisegelder dafür bewilligen oder dass Reisestipendien von Konferenzorganisatoren bereitgestellt werden.

Es entspricht guter wissenschaftlicher Praxis in der Physik, dass üblicherweise diejenigen in der Autorenliste an erster Stelle stehen, die die wissenschaftlichen Resultate als Doktorand(inn)en erarbeitet haben. Bei Publikationen mit Beiträgen von sehr vielen Autor(inn)en, wie es beispielsweise in der Teilchenphysik vorkommt, ist auch eine alphabetische Reihung gebräuchlich. Es ist jedoch völlig unüblich, ja in der „Community“ eher als ehrenrührig verpönt, wenn sich ein(e) Institutsleiter(in) (außer in Fällen, wo er/sie den Hauptteil der Arbeit und der zu publizierenden Resultate selbst erarbeitet hat) an die erste Stelle der Autorenliste setzt oder gar ohne seine Mitarbeiter(innen) publiziert.

5. Die Dissertation und die mündliche Prüfung

Die schriftliche Darstellung der Ergebnisse in Form einer Monographie, die Dissertation oder Doktorarbeit, *muss* eine selbständige Leistung der Promovierenden sein. Dies wird in allen Promotionsordnungen sehr ernst genommen, und die Promovierenden müssen schriftlich versichern, dass sie die wissenschaftlichen Ergebnisse eigenständig erarbeitet und die Dissertation selbst geschrieben haben. Dies setzt voraus, dass die Doktorand(inn)en das Schreiben einer wissenschaftlichen Arbeit zuvor gelernt und geübt haben. Zum elementaren Wertesystem der Promotion gehört, dass die Resultate so dokumentiert sind, dass die geschilderten Prozeduren im Detail nachvollzogen und die Resultate überprüft werden können. Weiterhin muss die Arbeit eine ausführliche Darstellung des Ausgangspunktes (*State of the Art*) zu Beginn der eigenen Forschung enthalten sowie eine Würdigung der gesamten für die Ergebnisse relevanten internationalen Literatur.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft und in der Folge alle großen Forschungsorganisationen, wissenschaftlichen Verbände und Vereine sowie die meisten Hochschulen selbst haben Richtlinien guter wissenschaftlicher Praxis formuliert. Diesen muss eine Dissertation uneingeschränkt entsprechen. Bei Verdacht auf Zuwiderhandlung setzen die Fakultäten Untersuchungsverfahren in Gang, die zur Aberkennung des Doktorgrades führen können.

Die Dissertation wird im Normalfall in Absprache mit dem betreuenden Fakultätsmitglied bei dem/der Dekan(in) der Fakultät eingereicht. Dieses Vorgehen schließt aus, dass Doktorand(inn)en von sich aus und ohne Vorprüfung der Dissertation durch das Fakultätsmitglied die Arbeit einreichen. Diese Verfahrensweise ist insofern sinnvoll, als der/die Betreuer(in) als fachlich versierte Kolleg(inn)en eine erste Garantie dafür geben, dass die Arbeit fachlich einwandfrei ist und die an eine Doktorarbeit gestellten Anforderungen erfüllt. Grundsätzlich ist jedoch eine direkte Einreichung der Dissertation bei der Fakultät durch die Promovierenden in den Promotionsordnungen nicht ausgeschlossen, so dass in einem Konfliktfall der Weg zu einer Promotion ohne die Mitwirkung des betreuenden Fakultätsmitglieds möglich bleibt. Üblich ist die Abfassung der Dissertation in deutscher Sprache; immer häufiger wird aber auch die englische Sprache zugelassen. Zunehmend fassen selbst deutsche Promovierende ihre Dissertation auf Englisch ab.

Die Promotionsarbeit wird im Allgemeinen von Beginn an von dem/der zuständigen Professor(in) und einem/einer Mitberichter(in) betreut, wobei letztere Professor(inn)en auch erst nach Abgabe der Arbeit benannt werden können. Der/Die Dekan(in) fordert zunächst von dem/der betreuenden Professor(in) ein Gutachten an, das auch die Benotung der Dissertation enthält. Dieses Verfahren soll sicherstellen, dass die höchstmögliche Expertise bei der Beurteilung eingebracht wird. Außerdem können so auch besondere Umstände, unter denen die Arbeit angefertigt wurde (beispielsweise längere Ausfallzeiten von Großgeräten, Krankheit oder familiäre Pflichten), berücksichtigt werden. Gleichzeitig wird auch der/die Mitberichter(in) zu einem Gutachten einschließlich Benotung aufgefordert. Im Falle einer möglichen Auszeichnung („summa cum laude“) wird zuweilen ein externes Drittgutachten eingeholt. Nach Eingang der Gutachten werden diese zusammen mit der Dissertation vom Dekanat einer großen Zahl (teilweise allen) von Professor(inn)en der Fakultät zur Durchsicht zur Verfügung gestellt, um die kritische Öffentlichkeit des Verfahrens sicherzustellen. Nur wenn keine Einsprüche vorliegen, kann das Verfahren mit der mündlichen Prüfungsleistung fortgesetzt werden.

Die mündliche Prüfungsleistung ist an den verschiedenen Hochschulen unterschiedlich festgesetzt. Grundsätzlich tritt eine Prüfungskommission unter der Leitung eines/einer Vorsitzenden zusammen, wobei oft nur einzelne, vom Fachbereich dafür gewählte Professor(inn)en Vorsitzende sein können. Die übrigen Mitglieder sind auf bestimmte Fächer spezialisierte Professor(inn)en. Diese Kommission stellt fest, ob die bislang vorliegenden Promotionsleistungen ausreichend sind und das Verfahren fortgeführt werden kann. Als mündliche Prüfungsleistungen sind üblich das sogenannte Rigorosum, in dem in einer etwa einstündigen Prüfung quer durch die Physik und ohne Einschränkung des Fachgebietes gefragt werden kann, oder eine Fächerprüfung, in der Fragen zu vorher vereinbarten Gebieten gestellt werden, schließlich die sogenannte Verteidigung, in der auf ein meist hochschulöffentliches Referat über die essentiellen Inhalte der Promotionsarbeit eine kritische Befragung des/der Kandidat(in) über viele Bereiche der Physik im Kreise der Prüfer(innen) folgt. Die Kommission legt am Ende die Note der Gesamtleistung fest, wobei sie die Gutachten und die mündliche Prüfungsleistung zugrunde legt.

Die Prüfungsleistungen werden von deutschsprachigen Kandidat(inn)en gewöhnlich auf Deutsch erbracht. Kandidat(inn)en mit einer anderen Muttersprache werden üblicherweise in englischer Sprache geprüft, um sie nicht aufgrund ihrer Sprachkenntnisse gegenüber den deutschsprachigen Kandidat(inn)en zu benachteiligen. Über das gesamte Promotionsverfahren einschließlich der Details der mündlichen Prüfung wird ein Protokoll angefertigt.

Bei entsprechend guter Bewertung der Promotionsleistung durch die dafür eingesetzte Gruppe von Professor(inn)en wird der/die Kandidat(in) durch die Fakultät promoviert. In der Regel führt die Promotion in der Physik zum Doktor der Naturwissenschaften (doctor rerum naturalium). Dieser akademische Grad bringt die Befähigung zu eigenständiger Forschung im Fach Physik zum Ausdruck.

6. Die Promotionsdauer

Die Dauer der Promotionsphase ist in den verschiedenen Universitäten unterschiedlich. Eine Mindestzeit gibt es nicht; in der Mehrzahl der Universitäten dauert die Promotionsphase in der Physik nach Erhebungen der Konferenz der Fachbereiche Physik zwischen drei und fünf Jahren. Es besteht Einigkeit darüber, dass etwa drei Jahre der Regelfall sein sollte und dass mehr als vier Jahre abzulehnen sind, weil dies für die Promovierenden mit späteren beruflichen Nachteilen verbunden sein könnte.

In verschiedenen Universitäten und Forschungseinrichtungen wird die Promotionsphase durch Promotionsausschüsse begleitet, welche regelmäßige Fortschrittsberichte einfordern und die Promotionszeit im Auge behalten. Es ist ein wesentlicher Aspekt der Promotionsphase, dass die Doktorand(inn)en mit dem Risiko umzugehen lernen, dass die Abläufe von Forschungsarbeiten in der Wissenschaft nicht in allen Details vorhersehbar sind. Wirklich innovative Forschung ist nicht planbar; allenfalls lassen sich gute Voraussetzungen schaffen, um mit hoher Wahrscheinlichkeit zu guten Resultaten zu kommen – eine Garantie gibt es dafür aber nicht. Darin unterscheidet sich die Promotionszeit nicht von den Bedingungen des normalen Berufslebens. Hier den richtigen Weg zu finden, ist für die Doktorand(inn)en wie für die Betreuer(innen) eine wichtige Aufgabe, die für den Erfolg der Promotion von großer Bedeutung ist.

B. Die Promotion und ihr Verhältnis zu Studium und Beruf

1. Kriterien für die Beurteilung der Tätigkeit der Promovierenden

Das Studium der Physik schließt voll berufsqualifizierend mit dem Diplom- oder Mastergrad ab. Die Graduierten bringen die Qualitäten eines Physikers bzw. einer Physikerin mit, der/die gelernt hat, sich zügig in ein bestimmtes Fachgebiet einzuarbeiten und dort wissenschaftlich zu arbeiten. Selbstverständlich erhöht jede ernsthafte Forschungsarbeit bei Nachwuchswissenschaftler(inne)n durch das „Learning on the Job“ die Berufskompetenz und damit die Berufsqualifikation. Die Promotionsphase in der Physik darf aber nicht nur vom Gesichtspunkt der zusätzlichen Qualifikation der Promovierenden gesehen werden.

Jede Diskussion über die Tätigkeit der Promovierenden und die Art der dabei erworbenen Fähigkeiten muss auf der Basis von drei Kriterien geführt werden.

(i) Die Eigenqualifizierung

Die Nachwuchswissenschaftler(innen) stehen am Anfang ihrer beruflichen Karriere. Es ist daher selbstverständlich, dass sie durch jede gründliche Beschäftigung mit einem Thema und einer damit verbundenen ausführlichen Arbeit zusätzliche Erfahrungen sammeln, die sie für ihre weitere berufliche Tätigkeit qualifizieren. Dies entspricht auch dem Grundsatz des „Lebenslangen Lernens“, wonach die berufliche Qualifizierung nie abgeschlossen ist, sondern dauerhafter Bestandteil eines modernen Berufslebens ist.

(ii) Der Beitrag zum Wissenschaftsoutput in Deutschland

In den Einrichtungen der vorwiegend öffentlich geförderten Forschung wird der überwiegende Teil des wissenschaftlichen Outputs im Rahmen von Promotionen erbracht. Sowohl bei den Hochschulen als auch bei der Max-Planck-Gesellschaft beträgt dieser Anteil etwa zwei Drittel. Dies liegt daran, dass in beiden Institutionen unbefristete Beschäftigungsmöglichkeiten so gering sind, so dass auf einen fest angestellten Wissenschaftler eine größere Zahl von Doktorand(inn)en kommt. Das weitere Personal mit Zeitverträgen besteht aus Diplomand(inn)en oder Masterstudierenden in der Forschungsphase sowie Postdoktorand(inn)en. Da auch in anderen Institutionen, beispielsweise der Helmholtz-Gemeinschaft, der Leibniz-Gemeinschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft ein großer Teil der Forschung von Promovierenden getragen wird, ist festzuhalten, dass die Mehrheit des Forschungsoutputs in Deutschland auf der Arbeit von Promovierenden beruht. Die Promovierten übertragen beim Übergang von der Forschung in die Industrie wesentliches Know-how. Die Promotion mit ihrer zentralen Bedingung, der Generierung von neuen Erkenntnissen an vorderster Linie der Wissenschaft, garantiert ganz wesentlich die Produktion von Wissen und Innovationen in Deutschland. Dies trifft gleichermaßen auf alle hoch entwickelten Industriestaaten zu.

(iii) Der Beitrag zur Lehre

Es ist eine alte Tradition, dass diejenigen, die an einer Hochschule im Rahmen einer Forschungsarbeit für Ihre Dissertation beschäftigt sind, sich an der Betreuung von Studierenden beteiligen. Diese Betreuung ist in den letzten beiden Jahrzehnten, in denen aufgrund einer Veränderung der finanziellen Rahmenbedingungen viele Hochschulen gezwungen waren, ihren akademischen Mittelbau zu vermindern, noch wichtiger geworden. An den deutschen Hochschu-

len tragen die Doktorand(inn)en einen erheblichen Teil zur Lehre bei, sei es durch Assistenz in Lehrveranstaltungen und Praktika oder durch die technische Betreuung von Labors und Experimentieranlagen. Kein Lehrstuhl in der Physik kommt heutzutage ohne diese Leistungen aus. Diese Tätigkeiten stellen aber auch einen wesentlichen Teil der Weiterbildung der Persönlichkeit und der Aneignung von Schlüsselkompetenzen der jungen Physiker(innen) dar, die sie während ihrer Doktorarbeit erwerben.

Die Diskussion um die Zukunft der Promotion in der Physik muss somit von folgender Triade ausgehen, (i) die Erhöhung der eigenen Berufskompetenz der Promovierenden; (ii) die ernsthafte und für die deutsche Forschung unentbehrliche Forschungsarbeit, und (iii) die Beteiligung an den Aufgaben der Universitäten durch Assistenztätigkeit in der Lehre.

2. Promotion und Berufsqualifikation

Die sicherlich am meisten kontrovers diskutierte Festlegung der Europäischen Bildungsminister(innen) in den Communiqués von Berlin (2003) und Bergen (2005) ist die, dass die Promotion als „Dritter Zyklus“ der Hochschulausbildung zu betrachten sei, wobei die Promovierenden gleichzeitig Studierende seien und in ihrer ersten Berufsphase stünden.

Die zentrale Frage betrifft die Inhalte dieser dritten Phase der Hochschulausbildung. Hier bleiben die Erläuterungen sehr unspezifisch: „Die Ministerinnen und Minister fordern eine verstärkte Mobilität in der Promotionsphase“ (Berliner Kommuniqué). „Wir fordern die Universitäten auf sicherzustellen, dass im Rahmen der Promotionsphase die interdisziplinäre Ausbildung und die Entwicklung beruflicher Qualifikationen gefördert werden, die den Anforderungen des weiteren Arbeitsmarktes gerecht werden.“ (Bergen Kommuniqué). Und im Communiqué der Londoner Folgekonferenz (2007): „Wir fordern die EUA [European University Association] auf, ihre Unterstützung für den Erfahrungsaustausch zwischen den Hochschulen über die sich in Europa entwickelnden innovativen Promotionswege sowie über andere entscheidende Fragen wie transparente Zugangsbedingungen, Betreuung und Begutachtung, die Entwicklung überfachlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten und Wege einer Verbesserung der Beschäftigungschancen fortzusetzen.“

Abgesehen davon, dass „Interdisziplinarität“ und „Mobilität“ nicht Werte an sich sind, sondern unter dem Aspekt der Nützlichkeit für die während der Promotion angestrebten Ziele bewertet werden müssen, ist diesen Feststellungen sicher ohne weitere Einschränkung zuzustimmen. Was wäre nun in der Physik die im Rahmen der Promotion zu erwerbende Qualität, die den „Anforderungen des Arbeitsmarktes“ entspricht und die damit die „Beschäftigungsfähigkeit“ entsprechend erhöht?

Zum Berufsbild Physiker(in) gehört in erster Linie die Fähigkeit, selbst erstklassig wissenschaftlich zu arbeiten, risikoreiches Neuland zu betreten, sich selbst und die Arbeit unter forschungsstrategischen Gesichtspunkten so zu organisieren, dass unter komplexen realen Randbedingungen verlässliche Ergebnisse entstehen. Dies unter Ernstfallbedingungen zu praktizieren, ist Ziel der Promotionsarbeit, denn als Voraussetzung für deren Erfolg gilt, dass sie etwas Substanzielles, etwas Neues zu dem entsprechenden Fachgebiet beiträgt. Genau dies ist die Gruppe von Eigenschaften, die während des Studiums naturgemäß nur begrenzt adressiert

werden können. Denn dort steht zunächst die Notwendigkeit im Vordergrund, die große Menge an Wissen zu erlernen, welche erst die Voraussetzung dafür schafft, dass man auf dem Gebiet der Physik überhaupt beruflich etwas leisten kann, sei es in der Wissenschaft oder in der industriellen Forschung. An diesem Ziel, das sich aus der beruflichen Praxis des Berufsbildes Physiker(in) ableitet, müssen sich abstrakte Forderungen nach „Interdisziplinarität“ und „Mobilität“ messen lassen.

Eine Promotionsarbeit muss zunächst einmal „disziplinär“ sein, denn sie muss auf ihrem Gebiet im internationalen Wettbewerb um Ergebnisse und Prioritäten etwas Neues leisten. Ebenso, wie Interdisziplinarität nur auf der Basis disziplinären Wissens fruchtbar sein kann, so kann im Einzelfall durchaus ein interdisziplinärer Ansatz sinnvoll und förderlich sein. Bei gezielt interdisziplinären Arbeiten, beispielsweise im Zwischenbereich zwischen Biologie oder Medizin und Physik, sind interdisziplinäre Vorgehensweisen natürlich notwendig für den Erfolg. Interdisziplinarität jedoch zum Grundsatz zu erklären, als Wert für sich, dafür gibt es keine sachliche Grundlage.

Was die Mobilität betrifft, so finden viele Promotionsarbeiten in der Physik im Rahmen von nationalen und internationalen Kooperationen statt. Zum Teil werden bestimmte Messeinrichtungen, Verfahren und Kenntnisse nicht allein lokal, sondern auch auf europäischer oder internationaler Ebene vorgehalten und gemeinsam genutzt. Hier dienen Reisen und Aufenthalte an anderen Forschungseinrichtungen und auch in der Industrie dem Ziel einer Steigerung der Effizienz beim Erreichen des im Rahmen der Forschungsarbeit zu leistenden Ziels. Dies ist wissenschaftlich und auch (unter dem Aspekt der Kosteneffizienz) volkswirtschaftlich geboten. Ein der reinen Persönlichkeitsbildung dienender Forschungstourismus ist jedoch mit dem Ernst der Sache nicht vereinbar.

In Diskussionen über die Inhalte, die mit einer Promotion zu verbinden seien, wird des Öfteren argumentiert, dass die Promotion zu sehr an einer wissenschaftlichen Originalleistung orientiert sei, obwohl ein großer Teil der Promovierten anschließend nicht unmittelbar in der wissenschaftlichen Forschung beschäftigt werde. Zuweilen wird hinzugefügt, dass die mit einer Dissertation Beschäftigten in erster Linie für die wissenschaftlichen Interessen ihrer Betreuer zu arbeiten hätten und dabei nur unzureichend auf ihr späteres Berufsleben vorbereitet würden. Der Gehalt dieses Arguments muss sich daran messen lassen, inwiefern das Berufsbild Physiker(in) mit der Fähigkeit verbunden ist, die bei der Promotion im Vordergrund steht, nämlich selbstständig unter schwierigen Bedingungen an den aktuellen Erkenntnisgrenzen der Wissenschaft eine Leistung zu erbringen, durch die Neuland betreten und Kreativität unter Beweis gestellt wird. Wer in der Wirtschaft diese Eigenschaften benötigt, wird bei einer Personalentscheidung in der Wirtschaft eine(n) Physiker(in) einstellen, und er/sie muss dann auch darauf bauen können, dass er/sie diese Qualifikation auch erhält. Die Erfahrung zeigt und dies belegt die sehr geringe Arbeitslosigkeit auf dem Gebiet der Physik, dass diese Qualifikation intensiv nachgefragt wird.

Was die Themenstellungen und eine mögliche Abhängigkeit von Doktorvater bzw. Doktormutter angeht, so wird bei den genannten kritischen Anmerkungen nicht in Betracht gezogen, dass die Auswahl an Themen, die in der Physik für Promotionsarbeiten national und international angeboten werden, riesig ist und in ihren vielerlei Varianten den jeweiligen Interessen der Bewerber(innen) fast beliebig großen Spielraum lassen. Den Bewerber(inne)n steht es frei, sich

ganz nach ihren Neigungen einem Dozenten oder einer Dozentin oder einer Graduiertenschule bzw. einem Graduiertenkolleg anzuschließen, das einem bestimmten Thema gewidmet ist. Und diese Wahlmöglichkeit wird in der Physik intensiv wahrgenommen.

Mit Sorge muss in der Diskussion um die Promotion zur Kenntnis genommen werden, dass in den meisten öffentlichen Stellungnahmen der Wert von Fachkenntnissen und -fähigkeiten nur unzureichend, wenn überhaupt, in Betracht gezogen wird. Dies geschieht vermutlich deshalb, weil die fachspezifischen Inhalte (an der vordersten Linie des jeweiligen Forschungsgebietes) naturgemäß nicht ohne weiteres von Laien verstanden werden. Dagegen nehmen Stellungnahmen mit Bezug auf zusätzliche Eigenschaften und Qualifikationen, die Allgemeingut sind und inhaltlich von jedem verstanden werden können, breiten Raum ein. Wie im Rahmen der hier vorgelegten Studie gezeigt wird, geht es um hohe Professionalität. Nur auf ihrer Basis wird ein(e) Physiker(in) in einem Forschungs- oder Entwicklungslabor oder auch an anderen Stellen in der Wirtschaft, in denen diese Berufsgruppe gut einzusetzen ist, optimal wirken und somit die Anforderungen des Arbeitsmarktes erfüllen können. Bei einer guten Promotion in der Physik werden aber im Allgemeinen auch die Eigenschaften inhärent mit gefördert, die neben dem rein Fachlichen zur Professionalität dazu gehören. Dies sind Kommunikativität und Versiertheit (siehe oben) sowie die Fähigkeit zur Eigenorganisation und zur Kooperation. Alle im Folgenden zu besprechenden Maßnahmen müssen in der Förderung der Synergie im Rahmen dieser Professionalität ihre Bewährung finden.

In diesem Zusammenhang sollte noch erwähnt werden, dass es im heutigen akademischen System grundsätzlich möglich ist, ein Diplom- oder Masterstudium in Physik mit einer Promotion in einem ingenieurwissenschaftlichen Fach, einem Wirtschaftsfach, Jura oder anderen Fächern zu verbinden. Damit stellt sich die Frage, inwieweit es unter diesen Umständen noch nötig sein könnte, das Gewicht in der oben angesprochenen Triade stärker in Richtung einer universellen, mit Bezug auf derartige Zusatzfächer gewichteten Eigenqualifikation zu verschieben. Diese Frage ist im Grundsatz zu verneinen. Dies ginge vor allem auf Kosten des Wissenschaftsoutputs, der für ein technologieorientiertes Land wie Deutschland unverzichtbar ist. Die längerfristigen Folgen dieser Veränderung in der Promotionskultur könnten beträchtlich sein und dem Standort Deutschland im Wettbewerb mit den anderen Industriekulturen Schaden zufügen.

Zu diesen Fragen werden im folgenden Abschnitt weitere Argumente beigetragen, die einerseits belegen, dass die Promotion ohne eine grundsätzlich wissenschaftliche Orientierung ihrem Anspruch nicht gerecht werden kann, und dass im Falle der Physik die Arbeit von Doktorand(inn)en bereits Berufstätigkeit und kein Teil des Studiums ist. In der Tat lässt sich aus der Sicht der Physik und der einschlägigen Wirtschaft bezüglich des Anforderungsprofils der Promotion und des späteren beruflichen Wirkens der Promovierten keine Notwendigkeit ableiten, die Promotion mit stark strukturierten Elementen, die einer Verschulung gleichkommen, anzureichern, die für so wichtig gehalten würden, dass dafür eine Schwächung des ursprünglichen, wissenschaftlichen Charakters der Promotion in Kauf genommen werden müsste. Dies würde auch einen erheblichen Verlust des Technologieschubs mit sich bringen, von dem die deutsche Wirtschaft hochgradig profitiert.

3. Internationaler Wettbewerb um Forschungsergebnisse

Auf so innovativen Gebieten wie den Naturwissenschaften, namentlich der Physik, ist die internationale Konkurrenz groß und den Nachwuchswissenschaftler(inne)n und ihren Arbeitsgruppen steht gewöhnlich eine größere Zahl gut ausgerüsteter Forschergruppen gegenüber. Der Wettbewerb dreht sich grundsätzlich immer um neue Erkenntnisse. Dies bedeutet, dass sich die Doktorand(inn)en dadurch bewähren müssen, dass sie in der Lage sind, bestimmte Beobachtungen als erste zu machen. Diese Priorität ist in der Physik nicht nur die primäre Voraussetzung dafür, dass die Forschungsarbeit als Dissertationsthema geeignet ist, sie ist auch entscheidend dafür, dass eine bei einer Fachzeitschrift eingereichte Publikation zur Veröffentlichung angenommen wird und dass für die Anwendung geeignete Ergebnisse patentierbar sind.

Hoher Erfolgs- und Kreativitätsdruck sowie das ständige Risiko, dass andere Arbeitsgruppen möglicherweise früher am Ziel sein könnten und der wissenschaftliche Erfolg und Wert der Promotion und damit die Arbeit von Jahren in Frage gestellt wird, sind zentrale Elemente der Promotionsphase in der Physik. Das Gewinnen eines solchen internationalen Wettkampfs um herausragende Ergebnisse ist in besonderem Maße kritisch für diejenigen Physiker(innen), die eine akademische Karriere anstreben, für die ja eine wissenschaftlich herausragende Promotion Voraussetzung ist. Sie liefert die Basis für den Bekanntheitsgrad und die internationale Akzeptanz. Diese sind Voraussetzung für die erfolgreiche Bewerbung um eine Assistent(inn)enstelle für die Habilitation, ein Postdoktoranden-Stipendium, eine Juniorprofessur oder eines der anderen Modelle der Hochqualifiziertenförderung. Man würde sich wünschen, dass dieser Aspekt der Ernsthaftigkeit eines Promotionsunternehmens in der öffentlichen Diskussion um die Promotion ein stärkeres Gewicht bekäme.

4. Vereinbarkeit von Forschung und dem Erwerb von Zusatzqualifikationen

Zentrales Element der Promotionsphase in der Physik ist, dass die Kandidat(inn)en nach einer kurzen Einarbeitungszeit als weitestgehend selbstverantwortlich und für ihr Fachgebiet als kompetent betrachtet werden. Ihre Arbeit ist ein wesentlicher Teil des Forschungsoutputs ihres Universitätsinstituts bzw. ihrer außeruniversitären Forschungseinrichtung und damit gleichzeitig ein Teil der wissenschaftlichen Leistung der Physik in Deutschland insgesamt. Damit tragen die Doktorand(inn)en zu dieser Zeit auch bereits das Risiko und den Leistungsdruck des kreativen Wettbewerbs, der ein permanenter Bestandteil ihres Berufslebens bleiben wird. Diese Belastung muss bei der Integration zusätzlicher Ausbildungselemente mit abgewogen werden.

Unstrittig ist der Erwerb von fachlichen Qualifikationen, Detailkenntnissen in Theorie und Praxis, die zu einer besseren Kompetenz bei der Erarbeitung des Themas der Promotionsarbeit führen. In diesem Fall können spezielle Lehrveranstaltungen, welche der/die betreuende Professor(in) oder eine Gruppe von Professor(inn)en gemeinsam, beispielsweise im Rahmen einer Graduiertenschule anbieten, direkt die Effizienz der Forschung steigern. Die dafür eingesetzte Zeit kommt damit unmittelbar dem Forschungsresultat zugute.

Als kritischer ist dagegen der Erwerb sogenannter Schlüsselqualifikationen anzusehen, welche nicht unmittelbar der Forschungsarbeit zugute kommen. Darunter fallen zwei Gruppen von Qualifikationen. Die erste Gruppe enthält Maßnahmen zur direkten Förderung der in Ab-

schnitt A.2 genannten Eigenschaften *Kommunikativität* und *Versiertheit*. Beispiele sind: die Fähigkeit, Fachvorträge zu gestalten und didaktisch und rhetorisch gut zu präsentieren, in wissenschaftlichen Diskussionen zu bestehen, das Schreiben gut verständlicher und dem guten wissenschaftlichen Standard genügender Publikationen. Die zweite Gruppe enthält Fachausbildung auf Gebieten außerhalb der Physik, beispielsweise Kenntnisse im Patentwesen, in den Grundprinzipien der Wirtschaftsabläufe und der Betriebsführung. Diese werden oft von wissenschaftlich Außenstehenden eingefordert, die kritisieren, dass Physiker(innen) für Aufgaben in der Wirtschaft besser vorbereitet werden müssten. Allerdings lassen sich im Rahmen des zur Promotion zur Verfügung stehenden Zeitrahmens bestenfalls erste Orientierungskenntnisse vermitteln. Obwohl diese sicher die Eigenqualifikation verbessern, muss diese Verbesserung sorgfältig gegenüber dem Opfer an Zeit für die Kernaufgaben der Promotion abgewogen werden. Insgesamt genommen werden durch die Promotion in Physik professionelle Fachleute geformt und nicht in vielen, zwar wünschenswerten, aber für das entsprechende Berufsbild Physiker(in) nicht zentralen Gebieten Halbgbildete.

Die angestrebte Zeit von drei bis höchstens vier Jahren für eine erfolgreiche Promotion, von der ersten Einarbeitung bis zum Zusammenschreiben der Arbeit und zum Ablegen der mündlichen Prüfung wird als sehr knapp angesehen. Dies liegt nicht an einem besonderen Ehrgeiz der Institute, die Doktorand(inn)en möglichst lange an sich zu binden, um von deren Arbeit zu profitieren; es liegt in der Natur der Sache. Es geht um einen substantiellen Beitrag zum Fachgebiet, der eine anspruchsvolle Leistung an der vordersten Linie der wissenschaftlichen Forschung darstellt. Diesen Anspruch zu erfüllen erfordert den größten Teil des Zeiteinsatzes. Wird zusätzlich zur Promotionsarbeit noch die Teilnahme an diversen vorlesungsartigen Lehrveranstaltungen gefordert, dann geht dies zu Lasten der Forschungsarbeit, sofern diese Angebote nicht in direktem Zusammenhang mit dem Dissertationsthema stehen.

Spitzenforschung erfordert eine enorme Intensität in der Hingabe zu dem zu bearbeitenden wissenschaftlichen Problem. Auch der finanzielle Aufwand ist im Allgemeinen beträchtlich. Bei experimentellen Arbeiten können die Investitionen für die jeweilige Doktorarbeit selbst leicht hohe fünfstellige Summen erreichen. Wird die Arbeit an einer über längere Zeit aufgebauten größeren Experimentieranlage durchgeführt, dann kann die Summe festgelegten Kapitals auch im Labormaßstab siebenstellige Beträge erreichen, für die ein angemessenes Kosten- und Nutzungsverhältnis gefordert werden muss. Hat ein(e) Doktorand(in) über Wochen oder gar Monate eine neue Apparatur oder einen wichtigen Zusatz zu einer existierenden Anlage endlich zur Funktionsreife entwickelt, kann es kaum sinnvoll sein, diese Dinge liegen zu lassen, um sich eine quasischulische Veranstaltung anzuhören, anstatt Ergebnisse zu erarbeiten. Die Erfahrung zeigt, dass solche Ablenkungen dem Fortgang experimenteller Arbeiten ebenso abträglich sind wie das Unterbrechen der Arbeit an einem schwierigen theoretischen Problem, in das man sich gerade optimal eingearbeitet und vertieft hat.

Ein weiteres Problem ergibt sich im Zusammenhang mit Promotionsarbeiten an einer Großforschungseinrichtung, beispielsweise an der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN (Genf), der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz FRM II (Garching) oder der European Synchrotron Radiation Facility ESRF (Grenoble). Doktorand(inn)en, die auf diese Geräte angewiesen sind, können sich ihre Experimentierzeiten und damit die Aufteilung der Aufenthalte zwischen der Heimatuniversität und der externen Forschungseinrichtung meist nicht aussuchen. Es wäre völlig inadäquat, diese nach dem Stundenplan von Zusatzvorlesungen oder

anderen Veranstaltungen auszurichten, welche die Universität für Graduierte vorschreibt. Für Promovierende, die ihre Arbeiten zur Dissertation in einem Industriebetrieb anfertigen, der in großer Entfernung zur Hochschule liegen kann, kann der Besuch von Zusatzveranstaltungen ebenfalls kaum zur Auflage gemacht werden.

Die Forschungsleistung, die im Fach Physik im Rahmen einer Promotion erbracht wird, ist beträchtlich und die für die erfolgreiche Bearbeitung des gewählten Forschungsthemas erforderlichen Anstrengungen werden von Außenstehenden vielfach erheblich unterschätzt. Nur vor diesem Hintergrund ist die starke Betonung und Forderung von sogenannten Schlüsselqualifikationen erkläbar, welche in den verschiedensten Vorschlägen zur Reform der Promotion zum Ausdruck kommt. Jede Maßnahme, die zu einer Veränderung des Ablaufs der Promotionsphase führt, muss mit Bezug auf ihre Konsequenzen für den Forschungsoutput Deutschlands mit Sorgfalt überprüft werden. Eine stärkere Betonung der Eigenqualifikation der Promovierenden durch zusätzliche ausbildungsartige Elemente kann den beruflichen Aspekt der Promotionsphase stärken, weil die Forschungskompetenz verbessert wird. Eine Überbetonung ausbildungsartiger Elemente geht jedoch zu Lasten der Forschung und führt damit zu einer Schwächung des beruflichen Leistungsaspekts der Promotionsphase. Es ist zu befürchten, dass daraus eine Abwanderung von Hochqualifizierten sowie eine Schwächung des Standortes Deutschland resultieren werden.

5. Interdisziplinär angelegte Promotionen

An einer ganzen Reihe von Hochschulen gibt es eine lange Tradition, ein Studium der Physik mit einer Promotion in den Ingenieurwissenschaften oder den Wirtschaftswissenschaften zu kombinieren. In jüngster Zeit nehmen aber Promotionsverfahren zu, in denen verschiedene Fachdisziplinen wie Chemie, Biologie und Medizin mit Physik kombiniert werden. Im Rahmen der Neuordnung der Studiengänge an den deutschen Hochschulen im Rahmen des Bologna-Prozesses sind Kombinationsstudiengänge in großer Zahl neu entstanden, in denen vom Start weg nicht etwa Physik, sondern beispielsweise Biophysik oder Nanophysik Gegenstand des Studiums sind. Auf der Ebene der Promotion werden solche Fächerkombinationen vor allem im Rahmen von Graduiertenschulen angeboten und gefördert. In diesen Fällen können gemeinsame Lehrveranstaltungen in dem bereits oben angesprochenen Sinne zur Weiterqualifizierung zugunsten der eigentlichen Promotionsaufgabe wichtig und angebracht sein.

Es wäre aber kaum sinnvoll, von einer Universität oder einem Fachbereich zu erwarten, dass in Zukunft alle Promotionen im Rahmen solcher interdisziplinären, kollektiv organisierten Fächerkombinationen erfolgen müssen. Bereits die Erfordernisse der Lehre erzwingen eine Diversifizierung der Fachgebiete, die in einer Einrichtung bearbeitet und in der Lehre vertreten werden müssen. Außerdem wäre es auch kaum sinnvoll, die Flexibilität zu verlieren, die damit verbunden ist, bei Neuberufungen oder durch Neuorientierung bestehender Kapazitäten neue Arbeitsgebiete etablieren zu können, die nicht gleich Gegenstand von Kollegs oder Schulen sind. Die Topthemen der Forschung wechseln in der Physik in kurzen Abständen und wer mit dabei sein will, der muss schnell und ohne die unvermeidlichen retardierenden Elemente größerer Einheiten reagieren können.

C. Arbeits- und Finanzierungsmodelle für die Promotion

1. Allgemeine Übersicht

In Deutschland steht heute ein breites Spektrum von Werkzeugen der Graduiertenförderung, das heißt zur Finanzierung der Promotionsphase, zur Verfügung. Im Folgenden unterscheiden wir vier Kategorien: (1) Die Beschäftigung auf einer Assistentenstelle einer Hochschule. (2) Die Förderung über eine Vergütung für eine von der DFG oder einer anderen Forschungsfördervereinigung finanzierte Leistung bzw. äquivalente Zuwendungen. (3) Eine Zuwendung im Rahmen eines Graduiertenkollegs. (4) Finanzierung durch Teilnahme an einer Graduiertenschule.

2. Die Beschäftigung auf einer Assistentenstelle

In beschränktem Umfang stehen an den Hochschulen Personalstellen zur Verfügung (Stellenkategorie TV-L Entgeltgruppe 13 oder TVöD-äquivalent), die häufig als halbe Stellen vergeben werden und als Einkommensquelle während der Promotion dienen können. Dabei besteht in jedem Fall, und das ist ihr primärer Sinn, die Verpflichtung, Tätigkeiten für die Institution durchzuführen, sei es in der Betreuung von Studierenden (Praktikumsbetreuung, Korrektur von Übungsarbeiten) oder beim Service von Laboreinrichtungen (z. B. Betreuung von Computerpools und Experimentieranlagen). Die Zahl dieser Stellen hat seit Jahren im Zuge der allgemeinen Personaleinsparungen an Universitäten kontinuierlich abgenommen, während gleichzeitig das Aufgabenvolumen gestiegen ist. Die Doktorand(inn)en müssen deshalb auf diesen Stellen zunehmend mehr und zeitaufwändiger Tätigkeiten übernehmen. Eine Verpflichtung oder Freistellung zur Promotion durch die Hochschule ist mit diesen Stellen nicht verbunden.

3. Die Förderung über eine Vergütung für eine von der DFG oder einer anderen Forschungsfördervereinigung finanzierte Leistung

Die überwiegende Zahl der Zuwendungen an Doktorand(inn)en erfolgt zurzeit im Rahmen von Forschungsprojekten, welche von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) oder anderen Finanzierungsträgern (BMBF, EU, Stiftungen, etc.) finanziert werden. Man kann nicht eindringlich genug darauf hinweisen, dass es sich dabei üblicherweise nicht um Ausbildungsstipendien handelt. Es handelt sich um Entgelte im Rahmen einer Verpflichtung des Empfängers, entsprechend der Berufsqualifikation als Physiker(in) eine wissenschaftliche Arbeit durchzuführen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft, welche den Hauptanteil der Projekte unterstützt, in deren Rahmen die Doktorand(inn)en an Hochschulen ihre Dissertationen anfertigen, definiert sich so: »*Die Deutsche Forschungsgemeinschaft dient der Wissenschaft in allen ihren Zweigen durch die finanzielle Unterstützung von Forschungsaufgaben ... ». »*Die Sachbeihilfe im Normalverfahren bildet den Kern der Forschungsförderung durch die DFG. In Form einer Sachbeihilfe können Mittel für Personal, wissenschaftliche Geräte, ... und für die meisten anderen Erfordernisse eines Forschungsvorhabens bereitgestellt werden. «**

Wenn bei der DFG ein Antrag im Normalverfahren gestellt wird, dann geht es allein um die Finanzierung einer Forschungsleistung. Entsprechendes gilt für Paketanträge, Forscher-

gruppen und Schwerpunktprogramme. Dies gilt in gleicher Form für alle Stellen, die mit Sonderforschungsbereichen verbunden sind. Dass die mit dieser Forschungsaufgabe beauftragten jungen Forscher(innen) mit den Ergebnissen zusätzlich promovieren können, spielt im Grundsatz keine Rolle.

Ganz entsprechend vergeben die außeruniversitären Forschungseinrichtungen wie die Max-Planck-Gesellschaft (MPG), die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF), die Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) und die Fraunhofer-Gesellschaft (FHG) zwar Doktorandenstipendien oder Stellen auf Zeit (meist ausgestattet mit einer Vergütung von 50% der Entgeltgruppe 13, TV-L oder TVöD). Auch diese Stellen dienen aber in erster Linie der Anfertigung einer Forschungsarbeit. In diesem Falle steht von der oben beschriebenen Triade Eigenqualifikation, Beitrag zur Forschung in Deutschland und Beitrag zur Lehre in erster Linie der zweite Aspekt im Vordergrund. Im Zuge der wachsenden Ausbreitung von Graduiertenschulen in der Physik legen zunehmend die einzelnen Abteilungen oder Institute der außeruniversitären Forschungseinrichtungen ihre Promotionsvorhaben im Rahmen einer örtlichen Graduiertenschule zusammen.

Auch in den Fällen, in denen ein Forschungsprojekt von der Industrie oder von einem Projektträger des BMBF oder im Rahmen eines der vielen EU-Projekte gefördert wird, ergibt sich unmittelbar aus dem Projektcharakter, dass die Bezahlung für die Ausführung der Forschungsarbeit und nicht für eine ausbildungsartige Förderung der Eigenqualifikation geleistet wird. Es handelt sich um die Vergütung einer Tätigkeit, die ein(e) voll ausgebildete(r) Diplomphysiker(in) oder Master als Arbeitskraft im betreffenden Projekt erbringt.

Die Finanzierung einer Doktorarbeit in der Physik begründet daher im Allgemeinen kein Ausbildungs-, sondern ein Arbeitsverhältnis. Dies bedeutet, dass Maßnahmen zur Erhöhung der Qualifikation der Promovierenden ihre Berechtigung allein aus der Erhöhung der Qualifikation für eine verbesserte Durchführung des Forschungsprojektes beziehen. Aspekte allgemeiner Berufsausbildung sind hierbei überhaupt nicht relevant. Beispielsweise würden Kurse über Projektmanagement und Vortragstechnik oder Auslandsaufenthalte, die sich nicht direkt aus der Forschungsaufgabe ergeben, nicht in die Fördervereinbarung fallen. Sie können allenfalls als Weiterbildungsangebote angenommen werden, die üblicherweise von Berufstätigen erwünscht sind. Ausnahmen würden eine entsprechende (finanzwirksame) Aufteilung der Arbeitszeit der im Rahmen des Forschungsprojektes beschäftigten Personen bedeuten und eine entsprechende Freistellung für die Zeit der eigenen allgemeinen Berufsqualifizierung. Werden diese Zusatzqualifikationen zur Bedingung gemacht, beispielsweise im Rahmen eines Voraussetzungskatalogs für die Promotion innerhalb einer Graduiertenschule, dann müssen dafür separate finanzielle Mittel bereitgestellt werden.

4. Graduiertenkollegs

Graduiertenkollegs sind befristete Einrichtungen der Hochschulen zur Förderung des besonders qualifizierten graduierten wissenschaftlichen Nachwuchses. Doktorand(innen) erhalten in Graduiertenkollegs die Möglichkeit, ihre Arbeit im Rahmen eines koordinierten, von mehreren Hochschullehrer(inne)n getragenen Forschungsprogramms durchzuführen. Im Rahmen des Kollegs werden unter Anderem gemeinsame Kurse zur effizienten Einarbeitung in das Forschungsgebiet

angeboten. Die DFG verbindet damit die Vorgabe: »*Diese Elemente sind so einzusetzen, dass sie die frühe wissenschaftliche Selbständigkeit der Promovierenden unterstützen. Mit diesem Ziel verbunden sind auch eine Begrenzung der Promotionszeit und eine Senkung des Promotionsalters und eine Steigerung der Attraktivität der Promotion.*«

Die Stipendien, die im Rahmen eines solchen Kollegs zur Verfügung stehen, wurden in den vergangenen Jahren angehoben und sind inzwischen vergleichbar mit den Vergütungen auf regulären Stellen (50% der Entgeltgruppe 13, TV-L oder TVöD). Allerdings stehen nur eingeschränkt Sachmittel zur Verfügung, so dass die Promotionsprojekte vielfach zusätzlich finanziert werden müssen. Aufgrund des Stipendiencharakters dieser Förderung fehlt die mit anderen Finanzierungen verknüpfte Verpflichtung, Dienste in Forschung und Lehre zu leisten, die nicht unmittelbar mit der Promotionsarbeit verbunden sind.

5. Graduiertenschulen

Graduiertenschulen werden schon seit einigen Jahren als Förderinstrumente angeboten. Im Rahmen der Exzellenzinitiative haben die meisten Universitäten Graduiertenschulen projektiert. Die Bezeichnung „Graduiertenschule“ folgt dabei dem angelsächsischen Sprachgebrauch. Allerdings ist die Graduiertenschule in vielen Ländern, beispielsweise im Falle der großen und bedeutendsten Universitäten in China und den USA eine Einrichtung, welche direkt vom Bachelorgrad ohne einen Mastergrad zur Promotion führt. Dies begründet einen besonderen Charakter der Organisation der dortigen Graduate Schools, deren Absolvierung weitgehend obligatorisch ist.

Die DFG schreibt dazu: »*Graduiertenschulen sind ein wesentlicher Beitrag zur Profilierung und Herausbildung wissenschaftlich führender, international wettbewerbsfähiger und exzellenter Standorte in Deutschland. Sie sind ein Qualitätsinstrument zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und folgen dem Prinzip der Qualifizierung herausragender Doktorandinnen und Doktoranden innerhalb eines exzellenten Forschungsumfelds. Graduiertenschulen bieten somit innerhalb eines breiten Wissenschaftsgebietes optimale Promotionsbedingungen und fördern als international sichtbare und integrative Einrichtungen die Identifizierung der beteiligten Doktoranden mit dem jeweiligen Standort. Dabei gehen die Graduiertenschulen weit über das Instrument der Graduiertenkollegs hinaus und unterscheiden sich substantiell von diesen.*«

Im Merkblatt der DFG und des Wissenschaftsrates zur Bewerbung um Finanzierung einer Graduiertenschule im Rahmen der Exzellenzinitiative heißt es: »*Eine Graduiertenschule soll sich auszeichnen durch a) ein wissenschaftliches Profil in Form übergeordneter Fragestellungen oder Leitbilder (nicht spezieller Themen), b) einen strukturierten Promotionsprozess, der ein innovatives und klar definiertes Betreuungskonzept inklusive verbindlicher Betreuungsvereinbarungen sowie ein differenziertes Qualifikationsprogramm beinhaltet und in der Promotionsordnung verankert ist.*«

In dieser formalen Beschreibung wird die Promotion im Wesentlichen als eine *Ausbildungsleistung* der Hochschule beschrieben. Der zumindest gleichgewichtige Aspekt des Beitrags zum Forschungsoutput der deutschen Wissenschaft wird nicht explizit erwähnt. Die in diesem Zusammenhang genannte „Strukturierte Promotion“ behandelt die Promotion wie einen

schulisch planbaren Ausbildungsablauf. Diese Sichtweise steht im Gegensatz zur wissenschaftlichen Realität bei der Anfertigung einer Promotionsarbeit in der Physik und deren schwierigen Anforderungen. Vielmehr handelt es sich hierbei um ein in erster Linie auf die Verbesserung der Eigenqualifikation der Promovierenden ausgerichtetes Instrument. Eine Diskussion mit Bezug auf die Verträglichkeit mit den beiden anderen Aspekten der Triade Eigenqualifikation, Forschungsbeitrag und Beitrag zur Lehre findet nicht statt. In der Realität der Vergabe von Graduiertenschulen in der Physik im Rahmen der Exzellenzinitiative haben die Gutachtergruppen jedoch einer Überbetonung von quasischulischen Aspekten und einer zu starren Strukturierung der Promotion zu Lasten der Wissenschaft eine klare Absage erteilt.

6. Max-Planck und Helmholtz Research Schools

Die International Max Planck Research Schools und Helmholtz-Kollegs bzw. -Graduiertenschulen stimmen in weiten Bereichen mit der Struktur der Graduiertenschulen überein. Dabei gibt es aber ein Spektrum im Umfang der innerhalb der Schulen stattfindenden Aktivitäten und im Grad der Integration der Promovierenden. So gibt es Schulen, welche über eine Anbindung an eine lokale Universität zur Promotion führen, während andere Schulen die Promotion ausschließen bzw. nicht hinreichend lange laufen, um eine ausreichende Zeit dafür zu bieten. Die Finanzierung erfolgt über spezielle institutionelle Zuwendungen der Max-Planck-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft, die bei letzterer im Rahmen eines internen Wettbewerbs vergeben werden. Es können ganze Stipendien oder analoge Beschäftigungsverhältnisse bezahlt werden.

Ziel ist auch bei diesen Schulen eine gute Positionierung im internationalen Wettbewerb um erstklassige Graduierte zugunsten einer erstklassigen Forschungsleistung der beiden Forschungsfördereinrichtungen. Ein zusätzlicher Mehrwert entsteht aber dadurch, dass die Schulen meist interdisziplinäre Themenstellungen bearbeiten, an denen Professor(inn)en und andere Wissenschaftler(innen) entsprechend ihrer Qualifikation und Expertise zusammenarbeiten. Damit lassen sich hochaktuelle und attraktive Themenbereiche der Spitzenforschung angehen, für die es (noch) keine Studiengänge gibt. Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser Schulen ist die Förderung einer intensiven und kollegialen Zusammenarbeit der Max-Planck-Institute und der Helmholtz-Zentren mit den Universitäten.

D. Eckpunkte für eine zukünftige Gestaltung der Promotion im Fach Physik

1. Allgemeines

Im Vorstehenden wurden Fakten über die gegenwärtige Promotionskultur im Fach Physik in Deutschland zusammengestellt sowie die im Rahmen des Bologna-Prozesses formulierten Forderungen an eine Reform der Promotion dargestellt und kritisch diskutiert. Dabei zeigte es sich, dass die Hochschulpolitik in Gefahr gerät, eine Reform zu verordnen, die der Physik und sicherlich auch anderen Wissenschaften zum Schaden gereicht, sofern sie die Promotion fächerunabhängig betrachtet und die damit verbundenen Strukturen und Anforderungen „über einen Kamm schert“. Die Realität der Promotion in Deutschland zeigt, dass es eben nicht „die eine“ Promotion gibt, sondern dass sich die Umstände der Promotion sowie die gestellten Anforderungen sinnvollerweise an die vielfältigen Gegebenheiten der Fächer angepasst haben, um auf diese Weise den Mehrwert zu realisieren, den sie über das Studium und den Masterabschluss hinaus in Wissenschaft und Gesellschaft bedeutet.

Es ist wahrscheinlich, dass die Universitätsfachbereiche ihre Promotionen in wachsendem Maße im Rahmen von strukturierten Einheiten organisieren werden. Dies ist eine Vorgabe der europäischen Bildungsminister. Im Vorstehenden wurde gezeigt, dass im Fach Physik vielen im Zuge der Diskussion um die Reform der Promotion vorgebrachten Forderungen seit Langem verbindliche Regeln entsprechen. Darüber hinaus sind viele der ebenfalls dabei zur Sprache gebrachten *Soft Skills* und deren Erarbeitung und Übung in der Physik allgemeine Praxis. Die im Folgenden zusammengestellten und diskutierten Punkte zur Promotion in der Physik sind als ein Grundgerüst zu verstehen, zu dem es Varianten gibt, und die Fachbereiche werden durch entsprechende (zusätzliche) Schwerpunktsetzungen ihr eigenes Profil erarbeiten.

In den Anträgen zur Einrichtung von Graduiertenkollegs der DFG und der verschiedenen Graduiertenschulen sind in Deutschland eine Vielzahl von Konzeptvarianten für diese Instrumente ausgearbeitet worden. Eine kritische Diskussion dieser Konzepte für das Fach Physik muss anhand der drei Kriterien „Eigenqualifikation“, „Beruflicher Beitrag zum Wissenschaftsoutput in Deutschland“ und „Beitrag zur Stärkung der Lehre in den Hochschulen“ erfolgen. Diese Diskussion muss zum gegenwärtigen Zeitpunkt unvermeidlich begrenzt sein, weil die Erfahrungen noch unvollständig sind und die im Zuge der Exzellenzinitiativen gegründeten Graduiertenschulen sich noch in der Anfangsphase befinden.

Es gibt jedoch Punkte, die aus der Sicht der DPG einer eindeutigen Stellungnahme bedürfen (z.B. die Ablehnung einer rein kollektiven Betreuung einer Promotionsarbeit). Andere müssen erwähnt werden, weil sie im Hinblick auf die damit verbundenen Konsequenzen deutlich gesehen werden müssen (z.B. die Frage der Akkreditierung von Promotionsstudiengängen, die direkt vom Bachelor zum Doktorgrad führen sollen, oder die Einführung eines dem ECTS entsprechenden Leistungspunktesystems in Graduiertenschulen). Die DPG sieht sich darin in Übereinstimmung mit vielen Mitgliedern von Begutachtungsgremien, die im Rahmen der Begutachtung von Anträgen zu Graduiertenschulen offensichtlich verschulende Elemente negativ bewertet haben. In der Tat ist die Diskussion um die Akkreditierung hoch aktuell, wie man aus den

jüngsten forschungspolitischen Stellungnahmen ersieht, die sowohl eine Akkreditierung bei der Promotion als auch ein Promotionsrecht auf Zeit in Erwägung ziehen.

Im Folgenden werden einige wesentliche Punkte besprochen, die zu ihrer Realisierung eigentlich keiner grundlegend neuen Struktur bedürfen. Dies zeigt sich schon allein dadurch, dass sie bereits jetzt im Rahmen der bestehenden Strukturen berücksichtigt sind. Es ist zu hoffen, dass die Physik-Fachbereiche der Versuchung widerstehen, sachlich nicht zu begründende Maßnahmen, die letztlich zu einer Verschulung der Promotion führen, in Projektanträge mit Finanzierung von Promotionen zu übernehmen, um auf diese Weise ihre (vermeintlichen) Chancen zu erhöhen, gefördert zu werden. Die Tatsache, dass nur ein sehr kleiner Teil der bei der DFG eingereichten Projekte für Graduiertenkollegs bzw. der im Rahmen der Exzellenzinitiative gestellten Anträge auf Förderung von Graduiertenschulen trotz Ablehnung mit anderen Mitteln oder ohne zusätzliche Finanzmittel realisiert werden, gibt Anlass zur Beunruhigung.

In der folgenden Diskussion von Eckpunkten werden an Hand der obigen Erörterungen sechs Aktionsgebiete unterschieden, auf denen Qualitätsmaßstäbe angesprochen werden:

- (a) Betreuung der Promotion,
- (b) Effizienz bei der Einarbeitung in das Promotionsthema, fachlichen Expertise und Effektivität im Wettbewerb um Forschungsergebnisse,
- (c) Kommunikation der Promovierenden untereinander,
- (d) Dauer der Promotion bei Aufrechterhaltung hoher Maßstäbe,
- (e) Auslandsaufenthalte,
- (f) Soft Skills.

2. Maßnahmen

(a) Betreuung der Promotion

Es wurde bereits ausgeführt, dass im Fach Physik die Formulierung des Promotionsthemas einschließlich der Vorbereitung der Finanzierung in der Regel Sache des wissenschaftlichen Betreuers bzw. der wissenschaftlichen Betreuerin ist, der/die die Arbeit anleitet. Die in anderen Fächern übliche, zeitaufwändige Suche nach einem attraktiven Thema und der Finanzierung wird den Kandidat(inn)en in der Physik abgenommen. Aufgrund der Tatsache, dass die Promotionsarbeiten üblicherweise den Hauptanteil der wissenschaftlichen Ergebnisse eines Instituts bestimmen, gibt es ein wesentliches Interesse, dass die Arbeit optimal betreut wird und zügig voran geht.

In den Hochschulen ist es üblich, einen Promotionsausschuss einzurichten, der verantwortlich ist für die Erfüllung der Voraussetzungen für die Promotion durch die Fakultät in der eigentlichen Promotionsphase, die in der Regel mit der Abgabe der Dissertation beginnt. Es erscheint empfehlenswert, diesen Ausschuss gegebenenfalls mit erweiterten Kompetenzen auszustatten, damit er die folgenden Aufgaben übernehmen kann:

- Der Promotionsausschuss sollte den Fortgang der gesamten Promotionsarbeit von der Vergabe des Themas bis zur Abgabe der Dissertation übersehen.
- Interdisziplinäre Themen oder interdisziplinäre Graduiertenkollegs und -schulen, bei denen verschiedene Fakultäten zusammenarbeiten, können die Einrichtung eines Promotionsausschusses mit erweiterten Befugnissen erfordern, um möglicherweise unterschiedliche Promotionsverfahren zu harmonisieren. Auch muss dabei von Anfang an erklärt sein, welchen Titel die Promovierten erhalten und welche Voraussetzungen sie dafür zu erfüllen haben.
- Sollten im Rahmen einer Graduiertenschule für die Teilnahme an zusätzlichen Vorlesungen oder anderen Leistungen Leistungspunkte gefordert werden, so ist der Ausschuss auch dafür zuständig, inwiefern eine Mindestpunktzahl Voraussetzung zur Promotion ist. Es muss vorab entschieden werden, wie bei externen Promotionsarbeiten (z.B. vorwiegend an einer anderen Forschungseinrichtung oder in der Industrie angefertigten) zu verfahren ist, bei denen eine Teilnahme an Vorlesungen oder anderen Angeboten nicht möglich ist.
- Anmeldung einer Promotionsarbeit beim Promotionsausschuss unter: (i) Vorlage einer Kurzbeschreibung der vorgesehenen wissenschaftlichen Arbeit, ihrer voraussichtlichen Machbarkeit und der erwarteten Aussichten, diese Arbeit innerhalb der vorgesehenen maximalen Promotionszeit auch erfolgreich abschließen zu können. (ii) Vorlage der Zeugnisse des Kandidaten oder der Kandidatin. (iii) Vorlage eines Gutachtens des Professors oder der Professorin, welche(r) die Diplom- oder Masterarbeit betreut hat. (iv) Vorlage eines eigenen Gutachtens des Betreuers bzw. der Betreuerin der Doktorarbeit, aus dem hervorgeht, dass der/die Bewerber(in) für dieses Promotionsvorhaben geeignet ist, und dass für diese Arbeit zum Zeitpunkt der Vergabe die Vergütung für die Person und die Finanzierung der Investitions- und Verbrauchsmittel gesichert ist.
- Festlegung von ein oder zwei zusätzlichen Wissenschaftler(inne)n, welche von den Promovierenden regelmäßig über den Fortgang der Arbeit unterrichtet und somit in den Verlauf der Promotionsarbeit einbezogen werden und am Ende einen Mitbericht liefern. Diese können, wenn die Promotionsarbeit im Rahmen übergeordneter Forschungskooperationen durchgeführt wird, an anderen Forschungseinrichtungen angesiedelt sein. Bei interdisziplinären Themen muss die Wahl der zusätzlichen Wissenschaftler(innen) den Teildisziplinen entsprechen.
- Vorlage jährlicher Kurzberichte der Promovierenden beim Promotionsausschuss und ihren Betreuer(inne)n über den Fortgang der Arbeit einschließlich einer Beschreibung der im Weiteren geplanten Arbeiten.
- Festlegung einer Regelpromotionszeit, die bei 3 Jahren ab Vergabe des Themas liegen sollte sowie Fortschrittskontrolle durch den Promotionsausschuss.

Unabhängig davon, wie die Verantwortlichkeiten des Promotionsausschusses im Einzelnen geregelt sind, ist eine rein kollektive Verantwortung für die Betreuung einer Promotionsarbeit im Fach Physik jedoch abzulehnen. Promovierende müssen von einer einzigen Person betreut werden, die grundsätzlich verantwortlich und als solche schriftlich festgelegt ist. Unabhängig von elementaren Grundsätzen der Personalführung, die dies mit Recht fordern, sprechen dafür Gründe der fachlichen Kompetenz. Wie oben ausgeführt, gibt es im Bereich der Physik ein genuines Interesse der Professor(inn)en am Fortgang der Doktorarbeit. Dieses ist die beste Ga-

rantie dafür, dass die Promovierenden und ihre Arbeiten eine angemessene Aufmerksamkeit erfahren. Auch darf nicht vergessen werden, dass selbst im engen Kollegenkreis die Kenntnisse auf dem betreffenden Spezialgebiet häufig nicht so verbreitet sind, dass den Doktorand(inn)en gleich von mehreren Professor(inn)en kompetente Unterstützung in Problemsituationen gegeben werden kann.

Promotionsarbeit in der Physik ist Pionierarbeit in der Wissenschaft und erfordert die Detailbetreuung und die Kompetenz des Betreuers. Dem widerspricht das Konzept der Kollektivbetreuung. Dieses Konzept lässt ferner außer Acht, dass in praktisch jedem Fall, bei experimentellen wie theoretischen Arbeiten, der Institutshintergrund mit seiner substantiellen fachlichen Expertise unerlässlich ist. Auch dies spricht für eine klare Festlegung der Betreuung durch eine(n) zuständige(n) Professor(in), welche(r) dann auch Mitverantwortung trägt, wenn die Arbeit in Probleme gerät.

Verschiedentlich ist für andere Fächer die „Promotion ohne Doktorvater“ propagiert worden, wobei die Betreuung von einem Professor(inn)enkollektiv oder einem Promotionsausschuss übernommen werden soll. Diese Vorstellungen unterstellen, dass die Betreuung durch eine einzelne Person grundsätzlich so problembehaftet sei, dass sie abzuschaffen sei. Auch wenn es naturgemäß unterschiedliche persönliche Betreuungsqualitäten gibt, ist davor nachdrücklich zu warnen. Bei der hohen zeitlichen Belastung an den Hochschulen und Forschungseinrichtungen würde das zwangsläufig dazu führen, dass zwar viele prinzipiell zuständig sind, aber sich niemand direkt verantwortlich fühlt. Unabhängig davon gilt bei den Forschungsförderinrichtungen die Regel, dass nur Promovierte Anträge auf Förderung von Forschungsprojekten stellen können. Die damit verbundene persönliche Verantwortlichkeit der Einrichtung gegenüber kann nicht von der Verantwortung für die Durchführung der Arbeit und damit der Personalverantwortung getrennt werden.

(b) Effizienz, fachliche Expertise und Effektivität

Die Effizienz bei der Einarbeitung in das Promotionsthema kann wesentlich dadurch gesteigert werden, dass neben der regelmäßigen Diskussion mit dem/der Betreuer(in) etwa drei Monate nach Beginn der Arbeit ein Vortrag im Institutsseminar eingeplant wird. Viele Graduiertenschulkonzepte beinhalten darüber hinaus regelmäßige Doktorandenseminare, in denen die Doktorand(inn)en unter sich oder unter (gleichberechtigter) Teilnahme der Professor(inn)en über die Fortschritte in ihren Arbeiten berichten und diskutieren. Dies kann zu einer erheblichen Steigerung der Effizienz beitragen, mit der sich die Promovierenden Kenntnisse über ihr Fachgebiet aneignen und diese durch die Diskussion in aktives Wissen umwandeln.

Spezial- oder Ringvorlesungen im Rahmen einer einem bestimmten Thema gewidmeten Graduiertenschule können die Einarbeitung in ein Gebiet in der Gemeinschaft der Hörer spürbar erleichtern und dazu beitragen, einen allgemeinen fachlichen Wissensstand auf hohem Niveau zu erzielen. Zunehmend widmen sich Graduiertenschulen interdisziplinären Themenstellungen, beispielsweise zwischen mehreren Naturwissenschaften oder zwischen Natur- und Ingenieurwissenschaften. Hier liegt eine besondere Stärke dieser Schulen. In diesem Falle sind Spezialvorlesungen auf den jeweils anderen Gebieten sinnvoll, um den Promovierenden neue Lehrinhalte außerhalb ihrer Fachdisziplin nahe zu bringen.

Viele Graduiertenschulen schreiben die Teilnahme an solchen Lehrveranstaltungen in einem gewissen Umfang verbindlich vor. Dies ist zu unterstützen, weil auf diese Weise die für die Bearbeitung des Promotionsthemas notwendige Expertise erarbeitet wird und somit die wissenschaftliche Effizienz erhöht wird. Es ist aber darauf zu achten, dass die Teilnahme an diesen Vorlesungen mit den zeitlichen Anforderungen experimentellen und theoretischen Arbeitens kompatibel ist und im Falle der Notwendigkeit längerer Aufenthalte außerhalb der Hochschule Ersatzangebote geschaffen werden. Abzulehnen sind dagegen Lehrveranstaltungen, die auf Kosten der wissenschaftlichen Tätigkeit im Rahmen des Studiums nicht vermitteltes Allgemeinwissen betreffen, das nicht direkt mit der Promotionsarbeit in Verbindung steht.

Ein weiteres, bereits bewährtes Werkzeug zur Steigerung der wissenschaftlichen Effizienz und der Expertise der Absolvent(inn)en sind Fachseminare, Instituts- und Fachbereichsseminare und Kolloquiumsveranstaltungen, in denen auswärtige Referent(inn)en über fachnahe und auch fachfernere Themen berichten. Dies führt zu einer Erhöhung der Aufmerksamkeit mit Bezug auf die allgemeine Physik und zu einer Vermittlung von Leitbildern im Kontakt mit herausragenden Wissenschaftler(inne)n, die an anderer Stelle und auch an anderen Themen arbeiten.

Bestandteil einer Promotion in der Physik ist zudem die Teilnahme an nationalen und internationalen Konferenzen sowie an Projekttreffen, die in der Physik inzwischen fast immer in englischer Sprache durchgeführt werden. Die Promovierenden tragen dort vor und diskutieren mit Fachkolleg(inn)en. Die Vorbereitung der Präsentationen, mündlich und schriftlich, trägt wesentlich zur Realisierung der oben genannten Kriterien für die Erarbeitung einer hohen Professionalität im Rahmen der Promotionsarbeit bei. Dazu sind Probenvorläufe im Institut ein elementarer und unverzichtbarer Bestandteil.

Viele Promotionen finden im Rahmen größerer Forschungsverbünde (Sonderforschungsbereiche der DFG, Schwerpunktprojekte der DFG, EU-Projekte usw.) statt. Hier sind in der Regel viele Fachrichtungen beteiligt. Auch dies kann zu einer Steigerung von Effizienz und Effektivität der Arbeit im Rahmen einer Promotion führen.

(c) Kommunikation der Promovierenden untereinander

Die Erfahrung zeigt, dass spezielle Doktorandenseminare (wie bereits im vorhergehenden Abschnitt beschrieben) von den jungen Wissenschaftler(inne)n sehr gern angenommen werden. Die sich dabei herausbildenden fachlichen Querverbindungen sind schnell spürbar und kommen den Arbeiten direkt zugute. Die Diskussionen, nicht selten unter Moderation durch die Betreuer(innen), tragen wesentlich zu einer Verbesserung der Kommunikationsfähigkeit bei und ermöglichen es den Promovierenden, das eigene Wissensgebiet innerhalb des Ganzen besser einzuordnen.

(d) Dauer der Promotion

Die Dauer der Promotion ist neben der Dauer des Studiums ein ganz wesentlicher Faktor dafür, dass in Deutschland Physiker und Physikerinnen um ein bis zwei Jahre später ins Berufsleben eintreten als in anderen Ländern. Die Beurteilung anhand der Triade „Eigenqualifikation, Beitrag zur Wissenschaft, Beitrag zur Lehre“ erfordert hier ein sorgfältiges Abwägen.

Zweifellos ist ein geringeres Eintrittsalter in den Beruf von Vorteil bei der Bewerbung um einen Arbeitsplatz. Demgegenüber lassen sich Schwierigkeiten beim Aufbau von Experimentieranlagen oder besonders anspruchsvolle wissenschaftliche Fragestellungen nur schwer als Begründung für eine verlängerte Promotionszeit ins Feld führen. Dasselbe gilt für Begründungen, welche auf einer Beteiligung an der Lehre basieren. An vielen Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen ist es vorgeschrieben, dass die Dissertation innerhalb von drei Jahren abgegeben werden muss, so dass einschließlich der Dauer des Promotionsverfahrens und der Prüfungen die Promotion in 3 ½ Jahren abgeschlossen werden kann. Die DPG spricht sich nachdrücklich für eine gesamte Promotionszeit von in der Regel drei bis dreieinhalb Jahren aus.

(e) Auslandsaufenthalte

Auslandsaufenthalte lassen sich unter dem Aspekt der Eigenqualifikation wie unter dem Aspekt der Nützlichkeit für die während der Promotion durchgeführte Forschungsarbeit betrachten. In der öffentlichen Diskussion darüber und auch in verschiedenen Konzepten von Graduiertenschulen wird bedauerlicherweise sehr häufig der erste Aspekt als in erster Linie wesentlich betrachtet. Unter Zurückstellung der am Anfang dieses Kapitels beschriebenen eigentlichen Aufgaben der Promotionsphase im beruflichen Qualifikationsprozess werden dabei der „persönliche Gewinn“ und die generelle „Persönlichkeitsbildung“ betont.

In der Tat ist bei fast allen Karriereformen in der Physik für die jungen Wissenschaftler(innen) ein längerer Auslandsaufenthalt förderlich und sinnvoll. Dieser sollte eine Dauer von etwa einem Jahr haben. Kürzere Aufenthalte unter einem halben Jahr werden meist als nicht ausreichend erachtet, selbst wenn sie in der Summe mehr als ein Jahr ergeben. Im Rahmen der Promotionszeit sind Auslandsaufenthalte jedoch nur dann zu empfehlen, wenn sie der Arbeit dienen und als solche Effektivität und Effizienz der Promotion erhöhen. Andernfalls sollten sie zu einem anderen Zeitpunkt erfolgen, zum Beispiel zwischen Bachelor- und Master-Studium oder im Rahmen eines Postdoktorats nach Erwerb des Doktorgrades. Solche Auslandaufenthalte nach der Promotion sind heute in der Physik die Regel. Nicht zu vergessen ist dabei, dass für das ausländische Gastinstitut ein(e) promovierte(r) Wissenschaftler(in) weit attraktiver ist und somit dort, wie auch bei den in Frage kommenden Forschungsfördervereinrichtungen, leichter eine Finanzierung zu bekommen ist.

(f) Soft Skills und allgemeine Lehrinhalte

In der Physik besteht Einigkeit darüber, dass die Ausbildung von Physiker(inne)n im allgemeinen fachlichen Bereich, die fachliche Vertiefung und die Vermittlung der für das Berufsbild Physiker(in) erforderlichen allgemein persönlichkeitsbildenden Lehrinhalte grundsätzlich Aufgaben des Bachelor- und Master-Studienganges sind. Dies gilt auch für die sogenannten „Soft Skills“. Werden die Lehrinhalte in diesen Studiengängen zugunsten kurzer Studienzeiten gestrafft, kann es nicht Aufgabe der Promotionszeit sein, diese elementaren Ausbildungsinhalte, die der Streichung zum Opfer gefallen sind, nachträglich doch noch zu vermitteln. In diesem Sinne ist eine Integration der Promotion als „Dritter Zyklus“ in die Hochschulausbildung abzulehnen.

Der Grund dafür liegt darin, dass die Promotion einer anderen, für die Ausübung des Berufs Physiker(in) außerordentlich wichtigen Qualifikation dient, welche im Rahmen des Studiums

noch nicht erworben werden konnte, für die aber in Wissenschaft und Wirtschaft ein zentraler und immer wieder mit Nachdruck geforderter Bedarf besteht. Dies ist die belastbare Professionalität und Selbständigkeit unter hohem Leistungs- und Wettbewerbsdruck. Um diese Qualifikation zu erwerben, wird dem/der Promovierenden die Aufgabe gestellt, ein herausforderndes, modernes Thema an der Front der Forschung zu bearbeiten. Arbeit unter Risikobedingungen, Betreten von Neuland, Eigenverantwortlichkeit unter Erfolgsdruck nicht unter abstrakten, sondern unter den realen Bedingungen des eigenen Fachs, all dies sind Fähigkeiten, die im Rahmen der Promotion entwickelt werden sollen. Ohne sie kommen weder der Wissenschaftsbetrieb noch die Industrie und Wirtschaft aus.

Die Forderung von Wissenschaft und Wirtschaft nach belastbaren und selbständigen Wissenschaftler(innen) sowie die Tatsache, dass etwa zwei Drittel der deutschen Forschungsleistung in Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Rahmen von Promotionen erbracht werden, schränken zwangsläufig die Möglichkeiten zur allgemeinen weiteren Persönlichkeitsbildung und die Vermittlung peripheren Wissens ein, so wünschenswert diese auch sein können.

Der Begriff der *Soft Skills*, der *Schlüsselqualifikationen* oder *Querschnittskompetenzen*, umfasst eine Reihe von menschlichen Eigenschaften, Fähigkeiten und Persönlichkeitsbezügen, die für das Ausüben des Berufs nötig und förderlich sind. Mit Bezug auf den Beruf als Physiker(in) fallen darunter folgende Begriffe: Persönlichkeit, Urteilsvermögen, analytisches und logisches Denken, soziales Einfühlungsvermögen, Menschenkenntnis, Durchsetzungsvermögen, Kreativität, Teamfähigkeit, Kommunikationsverhalten, Rhetorikkompetenz, Fähigkeit zu Auftritten vor größeren Gruppen, Verhandlungsführung, Kritikfähigkeit, Koordinationsgabe, Fähigkeit, Prioritäten zu setzen sowie Konflikte und Misserfolge zu bewältigen, Eigenverantwortung, Zeitmanagement, Organisationsgeschick. Häufig werden dazu auch Zusatzqualifikationen gerechnet, welche von Seiten des zukünftigen Arbeitgebers wünschenswert sind. Bei Physiker(inne)n können das zum Beispiel Kenntnisse auf dem Gebiet der Wirtschaftswissenschaften und des Patentwesens sein.

Für die Beurteilung, ob im Rahmen einer Promotion Zeit für Schlüsselqualifikationen eingesetzt werden soll, gilt das eingangs gesagte in besonderem Maße: Die Promotion dient einem Kernanliegen der fachbezogenen beruflichen Qualifikation, nämlich der Berufspraxis unter realer Wettbewerbs- und Leistungsdruck. Dies bedeutet beim Berufsbild des Physikers bzw. der Physikerin die Ausübung professioneller wissenschaftlicher Kompetenz. Diese Qualifikation müssen Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft gleichermaßen fordern.

Es liegt in der Natur des Begriffes, dass *Soft Skills* für die Professionalität für das Berufsbild Physiker(in) wie auch für alle anderen Berufsbilder eine Rolle spielen. Daher wird niemand die oben genannten Einzelkompetenzen in Frage stellen wollen. Jede von ihnen spielt für die Tätigkeit im Rahmen einer Promotionsarbeit eine Rolle und wird durch kontinuierliche Praxis weiter entwickelt. Beispielsweise wird durch den Besuch von Seminaren und Konferenzen und die aktive Teilnahme daran „Kommunikationsverhalten, Rhetorikkompetenz, Fähigkeit zu Auftritten vor größeren Gruppen“ unmittelbar gefördert. Hierzu gehört auch das Präsentieren von wissenschaftlichen Ergebnissen für einen größeren Kreis von Zuhörern mit den modernsten Hilfsmitteln, die in der Physik ohnehin Standard sind. Dafür spezielle Lehrveranstaltungen durchzuführen erscheint kaum angebracht. Dasselbe gilt für verordnete Übungen in Teamarbeit. Teamarbeit ist heute in der Physik eher die Regel als die Ausnahme. Die Promovierenden arbeiten

zumeist mit anderen im Team, weil sonst die schwierigen und komplexen Problemstellungen der modernen Forschung nicht zu bewältigen sind.

Verschiedentlich ist angeregt worden, die Promovierenden im Stellen von Forschungsanträgen an die Finanzierungsträger zu schulen oder sie an deren Formulierung aktiv zu beteiligen. Letzteres wäre nur dann sinnvoll, wenn es die Promovierenden direkt beträfe. Dies ist jedoch insofern fragwürdig, als die Finanzierung, und dies ist ein Vorteil, vor Beginn der Arbeit im Allgemeinen als gesichert vorausgesetzt wird. Die Bearbeitungszeit von Anträgen zwischen Antragstellung und Genehmigung einschließlich der langen Begutachtungszeiten liegt in der Größenordnung von einem Dreivierteljahr und länger. Es wäre sicher nicht zielführend, diese Fristen in die Promotionszeit zu legen. Im Zusammenhang mit Förderprojekten wurde auch die Übung im Abwickeln von solchen Projekten als Ziel der Promotion genannt. Jeder, der sich auf diesem Gebiet auskennt und sich des Aufwandes dafür bewusst ist, wird dies nicht nur als unrealistisch bezeichnen, sondern auch deutlich sagen, dass solche zeitraubenden Übungen unmittelbar auf Kosten der Erarbeitung des Forschungsoutputs gehen.

Folgende *Soft Skills* sind entsprechend den Anforderungen an die Promotionsleistung der *Selbständigkeit, Originalität, Kommunikativität, Versiertheit* wichtig und werden implizit im Rahmen der Erbringung der Promotionsleistung geprüft:

- Die Promovierenden lernen im Zuge der Vorbereitung von Präsentationen auf Tagungen, Seminaren, Projekttreffen usw. die wissenschaftliche Präsentationstechnik, Strukturierung von Vorträgen und Stellungnahmen, allgemein verständliches Präsentieren, Gestaltung von Präsentationen mit Hilfe von Medien.
- Übung der englischen Sprache, vom Lesen und detaillierten Verstehen bis zum Schreiben eigener Artikel, da die physikalische Fachliteratur heutzutage fast ausschließlich in dieser Sprache verfasst wird. Diskussion und Präsentation in englischer Sprache.
- Da die meisten Promotionen im Rahmen von Drittmittelprojekten ablaufen: Beobachtung der Formulierung von Finanzierungsanträgen auf Forschungsprojekte. Bewegung in einem vorgegebenen Finanzrahmen. Rationale Planung von zeitlichen Abläufen solcher Projekte.
- Ein weiterer wichtiger Faktor bei modernen Promotionsprojekten ist die Teamarbeit, die auch in den vorhergehenden Abschnitten immer wieder erwähnt wurde. Teamfähigkeit ist innerhalb des Institutes, in größeren Forschungsverbünden und in großen Forschungsteams, die beispielsweise in der Kern- und Elementarteilchenphysik üblich sind, absolut unerlässlich.

3. Für die Einführung von Strukturierten Promotionsstudiengängen gibt es in der Physik keine Begründung

In den Erklärungen der Europäischen Bildungsminister von Bergen (2005) und London (2007) wird von einem Bedarf an „Strukturierten Promotionsstudiengängen“ ausgegangen. Im Rahmen dieser Studie kann dies für die Physik in Allgemeinheit nicht bestätigt werden. Die DPG als eine große, die Forschung und die Industrie in ihrer Mitgliedschaft umfassende Fachgesellschaft sieht dafür keine Evidenz. Auch aus der Wirtschaft sind keine Kritikpunkte in dieser Richtung an

sie herangetragen worden. Sie steht damit in Übereinstimmung mit dem Deutschen Verband Technisch Wissenschaftlicher Vereine, dem 61 Vereine auf dem technisch-wissenschaftlichen Sektor angehören, darunter außer der DPG die großen ingenieurwissenschaftlichen Vereine VDI und VDE. Letzterer hat sich in einer Erklärung 2006 explizit gegen eine Promotion als Dritten Zyklus der Hochschulausbildung ausgesprochen.

Die DPG erarbeitet im Rahmen dieser Studie die sich aus dem Berufsbild Physiker(in) abzuleitenden Vorstellungen für die Struktur einer etablierten Betreuung und einer sachgerechten Durchführung von Promotionsarbeit und Promotion. Dabei ergibt sich an keiner Stelle dieser bewusst ausführlich gehaltenen Darstellung als Konsequenz dieser Anforderungen eine Notwendigkeit, in der Physik *Promotionsstudiengänge* einzuführen.

Dass die *Promotionsstudiengänge* „strukturiert“ aufgebaut werden sollen, kann für die Physik nicht nachvollzogen werden. Dies gilt insbesondere, wenn damit eine *zeitliche* Strukturierung gemeint ist, was allerdings eine Interpretation ist, weil dieser Begriff an keiner Stelle erklärt wird. Die Promotion in der Physik folgt durch die Notwendigkeit sich einzuarbeiten und zügig zur vordersten Linie der Forschung vorzurücken, einer klaren sachdienlichen und vernünftigen Zeitstruktur. Diese durch eine verordnete Zeitstruktur zu ersetzen, wäre sachlich nicht sinnvoll und bislang gibt es dafür auch keine Argumente. Es liegt in der Tat im Interesse von Forschung und Wirtschaft, daran keinen Zweifel zu lassen. Dies gilt auch für die Begründung von Anträgen an die Finanzierungseinrichtungen und die darin vorgesehenen Maßnahmen zur Förderung von Promotionsarbeiten.

4. Bemerkenswertes für die Verbindlichkeit von Graduiertenschulen oder -kollegs

Es ist ein gemeinsames Anliegen von Wissenschaft und Politik, sich kontinuierlich um Verbesserungen im Bildungs- und Ausbildungsbereich zu bemühen, um so die Qualität der Universitätsabschlüsse einschließlich der Promotion zu erhöhen und überall dort, wo dies sinnvoll und zielführend erscheint, neue Wege zu gehen. Diesem Anliegen kann auch die Einrichtung von Graduiertenschulen und Graduiertenkollegs dienen, wenn dabei die Kernanliegen der Promotion berücksichtigt werden.

Bei interdisziplinären Vorhaben, das wurde bereits ausgeführt, ist der Zusammenschluss verschiedener Fachbereiche an einer Hochschule, möglicherweise unter Einbezug von außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Rahmen einer Graduiertenschule eine Möglichkeit, eine sachgerechte neue und für das interdisziplinäre Anliegen optimale Struktur zu schaffen. Hierbei gehört ein geeignetes Lehrangebot zu den Kernelementen. Weitere positive, der Arbeit sehr förderliche Elemente wurden oben aufgeführt. Sie finden in der Graduiertenschule einen sehr guten Platz. Dies schafft eine neue Qualität für Forschung und Lehre, die der wachsenden Bedeutung der interdisziplinären Forschung und der späteren interdisziplinären beruflichen Tätigkeit angemessen ist.

Allerdings sind interdisziplinäre Projekte auch auf längere Sicht nicht die einzige Form der Wissenschaft. Es entspricht weder der wissenschaftlichen Struktur einer Hochschule noch der sich aus den Anforderungen der Lehre ergebenden Fächervielfalt, Promotionen nur noch in einer Graduiertenschule unter einer gemeinsamen Themenstellung durchzuführen und zuzulas-

sen. Auch ist davor zu warnen, der vordergründigen „Geradlinigkeit“ der Ausrichtung eines Fachbereiches wegen, die Thematik einer Graduiertenschule zu breit anzulegen um damit alles unterbringen zu können. Dies würde automatisch dazu führen, dass die Promovierenden an Lehrveranstaltungen teilnehmen müssten, die ihrem Fach nicht unmittelbar zuträglich sind und daher eine Zeitverlust in der eigenen wissenschaftlichen Arbeit bedeuten.

Daher wird es immer auch Promotionen auf Gebieten geben, in denen ein Thema nicht die „kritische Masse“ erreicht, die für eine Graduiertenschule oder ein Graduiertenkolleg erforderlich ist. In diesem Fall muss es möglich sein, unter Erhaltung der Vielfalt der Promotionsstrukturen auch die klassische Einzelpromotion ohne den Zwang zur Mitgliedschaft in einer Graduiertenschule oder einem Graduiertenkolleg zuzulassen.

Von Seiten der Universitäten sollte auch auf die Probleme Rücksicht genommen werden, welche der außeruniversitären Forschung entstehen könnten, wenn die Beteiligung an einer Graduiertenschule zur Voraussetzung für die Verleihung eines Doktorgrades gemacht würde. Ein hoher Anteil der Doktorarbeiten wird an außeruniversitären Forschungseinrichtungen (Instituten der MPG, der HGF, der FHG oder der WGL) unter der Betreuung von Professor(inn)en angefertigt, die im Rahmen einer gemeinsamen Berufung Angehörige des Lehrkörpers einer der umliegenden Universitäten geworden sind. Die so Berufenen sind in der Regel Angehörige einer Fakultät und können daher Promotionen betreuen. In vielen Fällen spielen Großgeräte eine Rolle, an denen von den Doktorand(inn)en oft monatelange Messaufenthalte, vielfach im Ausland, absolviert werden müssen. Eine obligatorische Bindung der Promotion an die Graduiertenschule einer Universität könnte einen Großteil dieses wissenschaftlichen Nachwuchses von der Promotion abschneiden.

Dasselbe gilt für Doktorand(inn)en, die ihre Forschungsarbeit zum überwiegenden Teil in einem Forschungsinstitut der Industrie anfertigen. Es besteht ein übergeordnetes fachliches wie gesellschaftliches Interesse an solchen Kooperationsarbeiten im Zusammenspiel zwischen öffentlichen Forschungseinrichtungen und Hochschulen mit der Industrie. Das sollte über zu strikte Forderungen mit Bezug auf Bindungen der Promovierenden an die Hochschulen nicht in Gefahr gebracht werden. Eine Einbindung dieser Doktorand(inn)en in eine Graduiertenschule könnte nur dann praktikabel sein, wenn Lehrveranstaltungen in Blockkursen (Sommerschulen, Blockpraktika, etc.) angeboten werden können.

Die DPG spricht sich dediziert dafür aus, dass die neuen Instrumente von Graduiertenschulen und Graduiertenkollegs als Möglichkeiten zur Erlangung der Promotion neben den klassischen Promotionen stehen sollen. Ziel muss es dabei sein, die Möglichkeiten aller Wege zur Promotion flexibel an die Gegebenheiten anzupassen, um einen optimierten volkswirtschaftlichen Nutzen zu erreichen.

E. Promovieren ohne Master-Studium

1. Vom Bachelor zur Promotion nach einem Eignungsfeststellungsverfahren

In den „Länderübergreifenden Strukturvorgaben gemäß §9 Abs. 2 HRG für die Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10.10.2003) haben die Kultusminister(innen) in Deutschland die Möglichkeit vorgesehen, dass „Inhaber eines Bachelorgrades auch ohne Erwerb eines weiteren Grades im Wege eines Eignungsfeststellungsverfahrens unmittelbar zur Promotion zugelassen werden [können].“

Wer lediglich den Bachelor-Studiengang absolviert hat, ist nach der Definition der DPG und der KFP in den Empfehlungen zum Physikstudium zwar eingeschränkt „berufsqualifiziert“ in dem Sinne, dass bestimmte berufliche Tätigkeiten im Anschluss an das Bachelor-Studium aufgenommen werden können. Für das Berufsbild „(Diplom-)Physiker(in)“ oder „Master im Fach Physik“ reicht diese Qualifikation jedoch nicht aus. In diesem Sinne ist der Bachelor nicht voll „berufsbefähigend“. Es fehlen sowohl die fachliche Vertiefungsphase wie auch die Forschungsphase, also die erste praktische Tätigkeit als angehende(r) Physiker(in) in einer Masterarbeit. Damit ist die Qualifikation für die Anfertigung einer Dissertation in der Regel nicht gegeben. Diese Auffassung wurde von der Konferenz der Fachbereiche Physik im Sommer 2006 (Anhang) in ihrer Entschließung zur Promotion nochmals bestätigt. Die Kultusministerkonferenz ist derselben Auffassung und macht daher ein „Eignungsfeststellungsverfahren“ zur Voraussetzung.

Da es sich beim sechsemestrigen Bachelorstudium um eine extrem verkürzte Ausbildungsphase handelt, erscheint es selbst in günstigen Fällen von hoher Begabung und persönlicher Qualifikation nur in Ausnahmefällen sinnvoll, einen Physik-Bachelor direkt zur Arbeit an einer Promotion zuzulassen. Das Masterstudium ist dem Erwerb elementarer Fähigkeiten im Fach Physik gewidmet und ist nicht etwa eine fakultative Zusatzausbildung. Jeder, der Diplmand(inn)en betreut, weiß, welche Schwierigkeiten selbst erstklassige Studierende beim Abfassen ihrer Diplom- bzw. Masterarbeit haben. Die Fähigkeiten, die erforderlich sind, um eine wissenschaftliche Abhandlung zu konzipieren und zu formulieren, müssen – eben im Rahmen der Diplom- oder Masterarbeit in Form einer Studienleistung – erst erlernt werden. Bei der Anfertigung der Masterarbeit als Studienleistung ist die pädagogische Mitarbeit der Betreuer(innen) die Regel. Dagegen ist es eine Grundanforderung aller Promotionsordnungen an die Dissertation, dass sie selbstständig angefertigt wird. Gerade in dieser Hinsicht erscheint es grundsätzlich bedenklich, die Masterarbeit zu erlassen.

Die Konferenz der Fachbereiche Physik hat sich daher dafür ausgesprochen, dass die Fachbereiche klare Regeln zu definieren haben, nach denen die Eignung vor (!) der Aufnahme einer Doktorarbeit festgestellt wird und dass für diese Eignung im Sinne einer Fürsorge für die Kandidat(inn)en hohe Maßstäbe anzulegen sind. Diese Sichtweise wird von der Kultusministerkonferenz geteilt.

Sollte es zulässig werden, den Nachweis der besonders begründeten Ausnahme erst kurz vor der Abgabe der Dissertation erbringen zu müssen, würde dies mit großer Wahrscheinlichkeit eine schnelle Veränderung der Promotionskultur in der Physik nach sich ziehen. Wer wollte Promotionskandidat(inn)en, die erst durch Nachstudieren während der Promotionsphase

ihre Qualifikation erwerben, nach angefertigter Dissertation noch die Genehmigung zur Promotion versagen?

Ebenso abzulehnen sind Graduiertenschulen, welche in ihrem Programm die Promotion ohne Erwerb des Mastergrades anbieten, aber die Vorbedingung der unbedingten Hochqualifikation dadurch umgehen, dass sie „Nachhilfekurse“ anbieten, um die Mitglieder der Graduiertenschule auf „Promotionsniveau“ zu bringen. So wurde in Konzepten für Graduiertenschulen vorgeschlagen, insbesondere ausländische Bewerber(innen) mit Bachelor-Abschluss einer Prüfung zu unterziehen, deren Ergebnis den Nachholbedarf in den Fächern anzeigt, der dann in Form von Spezialkursen nachgeholt werden muss. Diese Bewerber(innen) demonstrieren jedoch durch ihr mangelhaftes Prüfungsergebnis unmittelbar, dass sie der besonders qualifizierten Gruppe, auf die nach den Vorgaben der Kultusminister(innen) in Deutschland die Sonderkonditionen beschränkt bleiben müssen, nicht angehören.

In allen Fällen, in denen die Zugehörigkeit zu der besonders befähigten Gruppe nicht am Eingang zum Verfahren nachgewiesen wird, bzw. durch eine Prüfung diese Zugehörigkeit sogar explizit ausgeschlossen werden kann, können in den Kursen hin zur „Promotionsfähigkeit“ im eigentlichen Sinne nur Inhalte des Master-Studiums gelehrt werden. Master-Studiengänge sind aber akkreditierungspflichtig. Dies hat zwei Konsequenzen: entweder wird mit solchen Graduiertenschulen die Akkreditierungspflicht umgangen oder es wird zwangsläufig früher oder später eine Akkreditierung auch in Verbindung mit dem Promotionsstudium nicht zu vermeiden sein.

In vielen Ländern (z.B. USA und China) ist es schon seit geraumer Zeit möglich, ohne Erwerb des Mastergrades zur Promotion überzugehen. In den USA ist daraus sogar eine Abwertung des Mastergrades entstanden. Er gilt als Ausstiegsgrad für Personen, die die Qualifikationsprüfung („qualifying exam“) zur Promotion nicht geschafft haben. Dabei bestehen aber auch in diesen Ländern die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Probleme. Dies bedeutet, dass die eingesparte Zeit in der Graduiertenphase bis zur Promotion gering ist. Die Folge sind lediglich zwei Konsequenzen, die mit guten Gründen abzulehnen sind. Die erste ist die Abwertung des Mastergrades. In Deutschland hat das Diplom einen guten Ruf. Wenn das Überpringen des Masters zur Regel würde, dann wäre (wie in den USA) eine Entwertung des dem Diplom entsprechenden Masters die Folge. Die zweite Konsequenz ist eine zunehmende Verschulung der Promotionsphase, weil die normalerweise im regulären Masterstudiengang gewonnene Qualifikation in der Promotionsphase erst nachträglich erworben werden muss.

2. Im Rahmen einer elitären Graduiertenschule vom Bachelor zur Promotion

Unter bestimmten Auflagen, die im Folgenden an einem Beispiel über das bereits gesagte hinaus spezifiziert und konkretisiert werden, kann eine Graduiertenschule direkt vom Bachelor zur Promotion führen. An Bachelorabsolvent(inn)en, die direkt mit der Promotion beginnen wollen, müssen aber besonders hohe Anforderungen gestellt werden, die nur exzellente Bewerber(innen) erfüllen können. Folgender Ablauf, der im Rahmen einer Graduiertenschule organisierbar ist, kann hierbei sinnvoll sein:

1. Die Bewerber(innen) stellen einen Antrag auf Aufnahme in eine Graduiertenschule. Eine Kommission der Graduiertenschule prüft sodann in einem Eignungsfeststellungsverfahren

ren, ob weit überdurchschnittliche Kenntnisse im Fach Physik vorliegen und lässt im positiven Fall den/die Bewerber(in) zu.

2. In einem anschließenden, einjährigen Intensivstudiengang der Graduiertenschule werden vertiefte Kenntnisse der Physik und Spezialkenntnisse für eine mögliche zukünftige Promotion auf dem betreffenden Fachgebiet erworben. Zusätzlich soll eine experimentelle oder theoretische Arbeit angefertigt werden, die mit einer Thesis abgeschlossen wird.
3. Der Intensivstudiengang wird mit einer Abschlussprüfung beendet, in der eine Entscheidung darüber getroffen wird, ob der/die Kandidat(in) geeignet ist, eine Promotion durchzuführen. Im positiven Fall beginnt damit die eigentliche Phase der Promotionsarbeit, die auch eine Weiterführung der zuvor bearbeiteten Thesis sein kann.
4. Die Kommission der Graduiertenschule wird dem/der Doktorand(in) im Wege einer „Prescription“ Auflagen erstellen für den Besuch weiterer Lehrveranstaltungen neben der Bearbeitung des Promotionsprojekts. Diese Lehrveranstaltungen sollen den Umfang von 100 Semesterwochenstunden pro Jahr (entsprechend 10-15 ECTS-Punkte) nicht übersteigen und können auch in Blockkursen besucht werden. Dies stellt sicher, dass Kenntnisse nachgeholt werden können, die im Intensivstudiengang noch nicht erworben werden konnten. Auch in diesem Fall geht es nicht um das Nachholen von Lehrinhalten, welche zum Grundwissen exzellenter Studierender gehören, es geht um eine zusätzliche Höherqualifikation einer ausgesuchten Gruppe von besonders begabten und motivierten Studierenden.
5. Die Promotionsphase soll in drei Jahren abgeschlossen und mit der mündlichen Prüfung beendet werden.

Insgesamt ist auf diese Weise grundsätzlich eine Promotion vier Jahre nach dem Erwerb des Bachelorgrades möglich. Im Vergleich zu einem zweijährigen „normalen“ Masterstudium und einer dreijährigen Promotion bedeutet das eine Zeittersparnis von einem Jahr.

Da es sich in diesem Fall um einen Studiengang handelt, der das Masterstudium *de facto* mit einschließt, ist davon auszugehen, dass er der Akkreditierung unterliegt. Die Tatsache, dass für diesen Studiengang nur die besten Studierenden in Frage kommen, drückt sich auch in der ECTS-Punkte-Bilanz aus:

Der einjährige Intensivstudiengang enthält 75-90 ECTS-Punkte statt der üblichen 60 ECTS-Punkte. Die restlichen 30-45 ECTS-Punkte für eine Summe von insgesamt 120 ECTS-Punkten eines Masterstudiengangs könnten dann neben der Promotion innerhalb von 3 Jahren (10-15 ECTS-Punkte pro Jahr) erworben werden. In akkreditierten Studiengängen entsprechen 60 ECTS-Punkte dem „Workload“ eines durchschnittlichen Studierenden pro Jahr. Im Intensivstudiengang dieses Konzepts einer Graduiertenschule wird demnach erwartet, dass die Studierenden ein wesentlich größeres Pensum absolvieren können. Dies kann nur von weit überdurchschnittlichen Kandidat(inn)en (die ca. 10% Besten) erwartet werden.

Schlussbemerkungen

Jeder Entwurf zu einer Neugestaltung der Promotion in der Physik muss die drei Leistungs- und Qualifikationsebenen Eigenqualifikation, berufliche Forschungsleistung und Assistenztätigkeit angemessen berücksichtigen. Weil Doktorandinnen und Doktoranden den größten Teil der Forschungsleistung deutscher Universitäten und Forschungseinrichtungen erbringen, darf diese Quelle der Innovationskraft von Wirtschaft und Wissenschaft nicht geschwächt und durch Konzepte, die sich einseitig am Ausbildungsaspekt der Promotion orientieren, leichtfertig aufs Spiel gesetzt werden.

Die Bestrebungen der Universitäten, die Dauer der Promotion im Fach Physik auf in der Regel drei Jahre zu begrenzen und durch eine Stärkung der Aufsichtsfunktion der Fakultäten eine weiter verbesserte Betreuung der Doktorand(inn)en sicherzustellen, sind zu begrüßen. Abzulehnen ist dagegen eine Verschulung der Promotionsphase bzw. eine unsachgemäße Belastung der Promovierenden mit zusätzlichen Lerninhalten, welche eine Reduktion der Forschungsleistung und eine Schwächung des Universitätsbetriebes mit sich bringen.

Unabhängig vom Bologna-Prozess und wohl auch wesentlich zwingender wird die internationale Konkurrenz um Studierende und Graduierte in den nächsten Jahren und Jahrzehnten die Nachwuchssituation an den Universitäten und Forschungseinrichtungen bestimmen. Die neuen Instrumente der Graduiertenschulen sind eine Antwort darauf. Indem die Universitäten die Doktorandenbetreuung neben der Forschungsleistung mit zusätzlichem Gewicht versehen, erwächst eine neue Schwerpunktsetzung im Leistungsspektrum der Universitäten. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass die Leistungsangebote der Universitäten schnell zu einem relevanten Auswahlkriterium für die Graduierten auf dem Gebiet der Physik werden.

Anhang I

Erklärung der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zur Promotion Bad Honnef, 7. Juni 2006

Es ist ein Spezifikum der Physik in Deutschland, dass etwa die Hälfte der Absolventen des Studiums mit dem Diplom bzw. Master ins Berufsleben gehen. Die KFP spricht sich mit Nachdruck dafür aus, dass der Wert des Masters (bisher Diploms) als Studienabschluss im Fach Physik verbindlich erhalten bleibt.

Die andere Hälfte der Absolventen erwirbt zusätzliche Qualifikationen durch eine Promotion. Die Arbeiten für die Dissertation im Fach Physik erbringen etwa zwei Drittel der Forschungsleistung an deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen. Deutschland darf im internationalen Wettbewerb um Forschungsergebnisse nicht zurückfallen. Daher müssen sich Maßnahmen zur Veränderung der Promotion daran messen lassen, in welchem Maße sie dazu beitragen, die Forschungsleistung in Deutschland weiter zu erhöhen.

Die KFP beschließt daher die folgenden Grundsätze:

1. Die Promotion besteht aus der Anfertigung einer wissenschaftlichen Arbeit, der Dissertation, und einer mündlichen Prüfung. Es geht darum, sich in eines der aktuellen Gebiete der modernen Physik einzuarbeiten und dort durch die Anwendung modernster Methoden und Verfahren in selbständiger Arbeit neue Erkenntnisse zu gewinnen. Ausschlaggebend für die Bewertung einer Promotion und die Erteilung des Doktorgrades ist allein die Forschungsleistung.
2. Die Promotion bedeutet für die Promovierenden den Erwerb des Nachweises einer Zusatzqualifikation mit Bezug auf die Forschung. Mit der Promotion weisen die Promovierenden nach, dass sie selbständig und erfolgreich in der aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Physik gearbeitet haben. Somit ist die Promotion im Fach Physik kein Teil des Studiums. Die zugehörigen Arbeiten an der Dissertation sind bereits Teil der Ausübung des Berufes als Physiker(in).
3. Voraussetzung für die Zulassung zur Promotion ist grundsätzlich der vorhergehende Erwerb des Mastergrades (bzw. des Diploms). Der Zugang zur Promotion auf der Basis eines Bachelorabschlusses ist herausragenden Studierenden vorbehalten und nur in begründeten Ausnahmefällen möglich. Dies setzt voraus, dass die Kompetenz auf einem dem Mastergrad äquivalenten Niveau nachgewiesen wird.

Anhang II

Auszüge aus den Stellungnahmen der Bildungsminister(innen) auf den Bologna-Folgekonferenzen, welche die Promotion betreffen

1. Communiqué der Konferenz von Bologna 1999

Hier wird als Ziel formuliert: „*Einführung eines Systems, das sich im wesentlichen auf zwei Hauptzyklen stützt: einen Zyklus bis zum ersten Abschluß (undergraduate) und einen Zyklus nach dem ersten Abschluß (graduate). Regelvoraussetzung für die Zulassung zum zweiten Zyklus ist der erfolgreiche Abschluß des ersten Studienzyklus, der mindestens drei Jahre dauert. Der nach dem ersten Zyklus erworbene Abschluß attestiert eine für den europäischen Arbeitsmarkt relevante Qualifikationsebene. Der zweite Zyklus sollte, wie in vielen europäischen Ländern, mit dem Master und/oder der Promotion abschließen.*“

2. Communiqué der Konferenz von Berlin 2003

Dort steht unter „Weitere Maßnahmen, S. 8 des Textes: „*...halten es die Minister(innen) für erforderlich, über die gegenwärtige Beschränkung auf zwei Hauptzyklen der Hochschulbildung hinauszugehen und die Doktorandenausbildung als dritten Zyklus in den Bologna-Prozess einzubeziehen.“*

Weiterhin wird angeregt, dass sich *internationale Netzwerke mit Bezug auf die Doktoranden-ausbildung bilden*.

3. Communiqué der Konferenz von Bergen 2005

Wesentlich detailreicher drücken sich die Bildungsminister(innen) im Bergener Communiqué aus:

To achieve these objectives, doctoral level qualifications need to be fully aligned with the European Higher Education Area (EHEA) overarching framework for qualifications using the outcomes-based approach. The core component of doctoral training is the advancement of knowledge through original research. Considering the need for structured doctoral programmes and the need for transparent supervision and assessment, we note that the normal workload of the third cycle in most countries would correspond to 3-4 years full time.

We urge universities to ensure that their doctoral programmes promote interdisciplinary training and the development of transferable skills, thus meeting the needs of the wider employment market. We need to achieve an overall increase in the numbers of doctoral candidates taking up research careers within the EHEA.

We consider participants in third cycle programmes both as students and as early stage researchers. We charge the Bologna Follow-up Group with inviting the European University Association, together with other interested partners, to prepare a report under the responsibility of the

Follow-up Group on the further development of the basic principles for doctoral programmes, to be presented to Ministers in 2007. Overregulation of doctoral programmes must be avoided.

4. Communiqué der Konferenz von London 2007

Degree structure

2.4 Good progress is being made at national and institutional levels towards our goal of an EHEA based on a three-cycle degree system. The number of students enrolled on courses in the first two-cycles has increased significantly and there has been a reduction in structural barriers between cycles. Similarly, there has been an increase in the number of structured doctoral programmes. We underline the importance of curricula reform leading to qualifications better suited both to the needs of the labour market and to further study. Efforts should concentrate in future on removing barriers to access and progression between cycles and on proper implementation of ECTS based on learning outcomes and student workload. We underline the importance of improving graduate employability, whilst noting that data gathering on this issue needs to be developed further....

Doctoral candidates

2.15 Closer alignment of the EHEA with the European Research Area (ERA) remains an important objective. We recognise the value of developing and maintaining a wide variety of doctoral programmes linked to the overarching qualifications framework for the EHEA, whilst avoiding overregulation. At the same time, we appreciate that enhancing provision in the third cycle and improving the status, career prospects and funding for early stage researchers are essential preconditions for meeting Europe's objectives of strengthening research capacity and improving the quality and competitiveness of European higher education.

2.16 We therefore invite our HEIs to reinforce their efforts to embed doctoral programmes in institutional strategies and policies, and to develop appropriate career paths and opportunities for doctoral candidates and early stage researchers.

2.17 We invite EUA to continue to support the sharing of experience among HEIs on the range of innovative doctoral programmes that are emerging across Europe as well as on other crucial issues such as transparent access arrangements, supervision and assessment procedures, the development of transferable skills and ways of enhancing employability. We will look for appropriate opportunities to encourage greater exchange of information on funding and other issues between our Governments as well as with other research funding bodies.

Anhang III

Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zu Bachelor- und Master-Studiengängen in Physik

Beschlossen am 18. Mai 2005 in Bad Honnef

Die Ausbildung zum Diplomphysiker an den Universitäten in Deutschland ist international auf höchstem Niveau. Die Absolventen aus Deutschland haben an Forschungseinrichtungen, Hochschulen und in der Industrie im In- und Ausland beste Einstiegschancen. Der hohe Ausbildungsstand wird durch wissenschaftsorientierte Physikstudiengänge erreicht, die die volle Breite der experimentellen und theoretischen Grundlagen der Physik vermitteln und gleichzeitig eine Schwerpunktbildung entsprechend des Profils des jeweiligen Physik-Fachbereichs zulassen. Die Diplomstudiengänge werden mit einer 12-monatigen Diplomarbeit, die eine eigenständige wissenschaftliche Arbeit darstellt, abgeschlossen. Die Studien- und Prüfungsordnungen für den Diplomstudiengang Physik sind in Deutschland weitgehend aufeinander abgestimmt. Dies garantiert eine hohe Mobilität der Studierenden und größtmögliche Vergleichbarkeit der Abschlüsse im Fach Physik an den Universitäten in Deutschland.

Die KFP unterstützt den Bologna-Prozess, der bis zum Jahre 2010 zum Aufbau eines europäischen Hochschulraumes und zu vergleichbaren Studienabschlüssen in Europa führen soll. Der Aufbau oder die Reform von Studiengängen in der Physik muss sich an den Zielen und den Inhalten der bewährten Diplomstudiengänge orientieren und darf nicht zu einer Qualitätsminde rung führen. Im Zusammenhang mit dem Bologna-Prozess werden zweigestufte Studiengänge mit dem Abschluss Bachelor und Master eingeführt. Diese finden nur dann Akzeptanz in den Universitäten, den Wissenschaftsinstitutionen und der Industrie, wenn sie einen Mehrwert über dem derzeitigen Ausbildungsstand der Diplomphysiker hinaus bieten. Die KFP muss sicherstellen, dass Bachelor- und Master-Studiengänge über den qualitativen Mindeststandard hinaus, wissenschaftsorientierte Exzellenzkriterien erfüllen.

Für Bachelor- und Master-Studiengänge in Physik an den Universitäten in Deutschland stellt die KFP folgende Empfehlungen auf.

Bachelor-Studiengang Physik

Der Bachelor-Studiengang ist wissenschaftsorientiert und soll die theoretischen und experimentellen Grundlagen und insgesamt eine breite Allgemeinbildung in Physik vermitteln. Die Studierenden sollen an moderne Methoden der Forschung herangeführt werden. Der Bachelor-Studiengang zielt auf eine möglichst breite Physikausbildung und eine dadurch bedingte Berufsbefähigung. Diese wird durch eine begrenzte fachliche Schwerpunktsetzung und die Integration von Schlüsselqualifikationen („soft skills“) in die gesamte fachliche Ausbildung unterstützt.

Die Ausbildungsinhalte werden in Module zusammengefasst, die sich jeweils über ein bis zwei Semester erstrecken und die studienbegleitend geprüft werden. In der Physik bauen die Inhalte der Module aufeinander auf. Bei der Prüfung können deshalb auch die Kenntnisse über die Voraussetzungen für ein Modul geprüft werden.

Die Bachelorarbeit soll in der Regel eine Dauer von maximal 3 Monaten haben und mit einem Abschlusskolloquium beendet werden.

Der Bachelor-Studiengang soll eine Dauer von 6 Semestern haben. Folgende Fächer sollen im Bachelor-Studiengang enthalten sein:

- Mechanik
- Elektrodynamik und Optik
- Thermodynamik und Statistik
- Atom- und Molekülphysik
- Physik der Kondensierten Materie
- Kern- und Elementarteilchenphysik
- Quantenmechanik

Der Bachelor-Abschluss ist berufsbefähigend. Er reicht jedoch nicht aus, Tätigkeiten für die der Berufsabschluss „Diplomphysiker“ nötig ist, aufzunehmen. Die KFP empfiehlt deshalb, einen darauf aufbauenden Master-Studiengang zu absolvieren, um einen Kenntnisstand in der Physik auf international höchstem Niveau zu erwerben.

Master-Studiengang Physik

Eingangsvoraussetzung ist ein abgeschlossenes, qualifiziertes Bachelor-Studium in Physik oder ein gleichwertiger, qualifizierter Abschluss. Die Zulassung von Bewerbern mit anderen Abschlüssen wird durch die Masterzugangsordnung, die Eignungsprüfungen enthalten kann, geregelt.

Anerkennung von Studienleistungen aus den Diplomstudiengängen soll durch entsprechende Übergangsvorschriften ermöglicht werden.

Das Ziel des Master-Studiengangs ist eine Spezialausbildung in mehreren Teilstudien der Physik auf international höchstem Niveau und die Befähigung der Absolventen zu selbstständigem wissenschaftlichem Arbeiten. Der Master-Studiengang wird durch das wissenschaftliche Profil der Universität und des Fachbereichs Physik geprägt.

Der Master-Studiengang gliedert sich in zwei jeweils einjährige Abschnitte, die fachliche Vertiefungsphase und die Forschungsphase.

Die fachliche Vertiefungsphase dient dem Erarbeiten der für eine eigenständige produktive Arbeit in der Physik notwendigen fortgeschrittenen Kenntnisse. Durch eine vom wissenschaftlichen Profil der Universität und ihres Fachbereichs Physik geprägte Spezialausbildung in mehreren Teilstudien der Physik können sich die Absolventen auf bestimmte zukünftige Tätigkeitsbereiche gezielt vorbereiten.

Die Forschungsphase ist als Einheit anzusehen. Sie trägt der für die moderne Wissenschaft typischen Tatsache Rechnung, dass der Umfang des essentiellen Wissens so groß geworden ist, dass es auch bei einer an die Grenzen gehenden Straffung und Konzentration unvermeidbar ist, dass die Vermittlung auch nur des Basiswissens einen hohen Anteil der Studienzeit in Anspruch nimmt. Gerade diese Straffung und Konzentration vergrößert aber den Abstand zur immer weiter vorrückenden innovativen Front von Wissenschaft und Technik, an der sich die Absolventen anschließend in der Forschung und in der Wirtschaft bewähren sollen. Damit wird nicht nur der Erwerb des für das Vorrücken an die Front notwendigen Spezialwissens selbst sondern auch die Technik, wie dieses fortgeschrittene Wissen wirksam und für die Praxis ausreichend schnell erarbeitet werden kann, Gegenstand des Studiums. Hinzu kommt, dass die an der Front in Forschung und Technik eingesetzten Instrumente und Verfahren, das gilt in gleichem Maße für die Arbeit in der experimentellen wie in der theoretischen Physik, von solcher Komplexität sind und ein so umfangreiches Spezialwissen erfordern, dass das Erlernen des Umgangs mit ihnen ein kritisches Lernziel des Studiums geworden ist. Erst wenn diese Wissens- und Praxiskompetenz

erarbeitet ist, kann sich der angehende Physiker bzw. die Physikerin an eine wissenschaftliche Arbeit machen, deren Anfertigung das dritte Lernziel der Forschungsphase ist.

Die Forschungsphase wird daher zur Brücke vom Studium in die Praxis des Berufs. Sie dient dem Erlernen selbständigen wissenschaftlichen Arbeitens, der Fähigkeit völlig neuartige Sachverhalte zu erschließen und angesichts einer hochkomplexen Natur bzw. einer hoch entwickelten Technikwelt Strategien zu entwickeln, die auch dort einen substantiellen Fortschritt ermöglichen, wo man auf herkömmlichen Wegen nicht weiterkommt. Mit dieser Festlegung entspricht der Master-Studiengang unmittelbar dem immer wieder vorgetragenen Anliegen der Industrie und der Forschung, dass die Befähigung zur Praxis (in allen Sparten der Physik unabhängig davon ob es sich um experimentelles oder theoretisches Arbeiten oder um die Physik in der Technik oder in anderen Bereichen handelt) gestärkt werden muss.

Diese Fertigkeiten können nur über die selbständige Behandlung einer aktuellen Fragestellung der modernen Physik, die unter realen Bedingungen bearbeitet wird, erworben und geübt werden.

Zum Umfang der Forschungsphase gehört erstens das Erarbeiten der notwendigen Spezialkenntnisse an der vordersten Front der aktuellen Wissenschaft und zweitens der Erwerb der Fertigkeiten der experimentellen bzw. theoretisch-mathematischen Praxis, die Voraussetzung für die Durchführung des Forschungsprojektes im Rahmen der Master-Arbeit sind. Jeder dieser beiden Bereiche bildet ein Modul. Beide Module gehören inhaltlich zusammen und haben in der Summe einen Umfang von 30 ECTS-Punkten. Anschließend kann das selbständige Forschungsprojekt im Rahmen der Master-Arbeit durchgeführt werden. Das entsprechende Modul umfasst 30 ECTS-Punkte. Als essentielle Bestandteile der Forschungsphase finden alle drei Module (mit einer Gesamtsumme von 60 ECTS-Punkten) Eingang in die Gesamtnote der Masterarbeit.

In der Master-Arbeit wird selbständige wissenschaftliche Tätigkeit verbunden mit dem Erwerb von zusätzlichen Schlüsselqualifikationen wie zum Beispiel dem Projektmanagement, der Teamarbeit sowie der Darstellung und Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse.

Anhang:

Allgemeine Empfehlungen zu konsekutiven Studiengängen in der Physik (ECTS-Punkte)

Bachelor-Studiengang

Die Ausbildungsinhalte sollen mindestens dem Umfang eines Vordiploms in Physik und etwa zwei weiteren Semestern im fortgeschrittenen Studium entsprechen. Hinzu kommen:

- Erwerb von Schlüsselqualifikationen
- Bachelorarbeit

Die Verteilung der Kreditpunkte sollte sich an folgenden Richtwerten orientieren:

Vorlesungen / Übungen Experimentelle Physik	30 - 40 ECTS
Vorlesungen / Übungen Theoretische Physik	30 - 40 ECTS
Vorlesungen / Übungen Mathematische Grundlagen	30 - 40 ECTS
Anfängerpraktika	10 - 20 ECTS
Fortgeschrittenen Praktika	10 - 20 ECTS
Wahlvorlesungen / Übungen	30 - 40 ECTS
Bachelorarbeit mit Kolloquium (maximal 3 Monate Bearbeitungszeit)	10 - 20 ECTS

Summe: 180 ECTS

Master-Studiengang

Im Master-Studiengang können spezielle Schwerpunkte entsprechend dem wissenschaftlichen Profil des Physik-Fachbereiches gesetzt werden. Das letzte Studienjahr ist als Einheit zu gestalten.

Richtwerte für die Verteilung der Kreditpunkte für die Vertiefungsphase:

Vorlesungen / Übungen Experimentelle Physik	10 - 20 ECTS
Vorlesungen / Übungen Theoretische Physik	10 - 20 ECTS
Wahl- und Vertiefungsveranstaltungen (Projektpflichtika, Vorlesungen, Fortgeschrittenenpraktikum, Übungen)	30 ECTS

Kreditpunkte in der Forschungsphase:

Einführungsmodule	30 ECTS
Masterarbeit	30 ECTS
Summe:	120 ECTS

Summe konsekutiver Studiengänge Bachelor/Master: 300 ECTS

Hinweise:

Die Studieninhalte werden in Module aufgeteilt, wobei jedes Modul typischerweise 4 - 12 ECTS-Punkte enthalten sollte (Ausnahme: Bachelor- und Masterarbeit).

Pro Semester sind ca. 30 ECTS-Punkte vorgesehen.

Die Bandbreite der Kreditpunkte bietet den Universitäten die Möglichkeit, eigene fachliche Schwerpunkte zu setzen. Es wird lediglich die Gesamtpunktzahl für Bachelor- und Master-Studiengänge festgesetzt.

Studie

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste und mit rund 53.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als offenes Forum der Physikerinnen und Physiker und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Abiturienten und Lehrer sind in der DPG ebenso vertreten wie Studierende, Patentanwälte, Industrieforscher, Professoren und Nobelpreisträger. Weltberühmte Wissenschaftler waren zudem Präsidenten der DPG – so Max Planck und Albert Einstein.

Mit Tagungen und Workshops fördert die DPG den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft, physikalische Spitzenleistungen würdigt sie mit Preisen von internationaler Reputation wie der Max-Planck-Medaille für Theoretische Physik. Darüber hinaus engagiert sich die DPG auch in der politischen Diskussion. Themen wie Bildung, Forschung, Klimaschutz und Energiepolitik sind ihr dabei besonders wichtig. Sie unterstützt Schülerwettbewerbe wie „Jugend forscht“ und zeichnet – für herausragende Physikleistungen im Abitur – bundesweit Schülerinnen und Schüler aus.

Sitz der DPG-Geschäftsstelle ist das rheinische Bad Honnef. Hier liegt auch das „Physikzentrum“: Tagungsstätte der DPG und Treffpunkt für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt. Seit ihrer Vereinigung mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR im Jahre 1990 unterhält die DPG noch ein weiteres Forum: das Berliner Magnus-Haus. Regelmäßig finden dort wissenschaftliche Gesprächsrunden und öffentliche Vorträge statt.

Die DPG macht Physik öffentlich: Mit populärwissenschaftlichen Publikationen und öffentlichen Veranstaltungen beteiligt sie sich – zusammen mit anderen Wissenschaftsorganisationen und gemeinsam mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung – aktiv am Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Denn der DPG ist eines Herzenssache: allen Neugierigen ein Fenster zur Physik zu öffnen.

**Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.
Geschäftsstelle
Hauptstraße 5
53604 Bad Honnef
Telefon: 0 22 24 / 92 32 - 0
Fax: 0 22 24 / 92 32 - 50
E-Mail: dpg@dpg-physik.de**

Internet:
www.dpg-physik.de
www.weltderphysik.de