



# Studiengangsdokumentation

## Bachelorstudiengang Physik

### Fakultät für Physik, Technische Universität München

Im Oktober 2016

**Bezeichnung:** Bachelorstudiengang Physik

**Organisatorische Zuordnung:** Fakultät für Physik

**Abschluss:** Bachelor of Science (B.Sc.)

**Regelstudienzeit (Credits, SWS):** 6 Semester / (180 Credits, ca. 120 SWS)

**Studienform:** Vollzeit

**Zulassung:** Frei, Grundlagen- und Orientierungsprüfung

**Starttermin:** WS 2008/09

**Sprache:** Deutsch

**Studiengangsverantwortlicher:** Prof. Peter Fierlinger, Studiendekan der Fakultät für Physik (im Oktober 2016)

**Ansprechperson bei Rückfragen:** Dr. Karl Dressler, 18465, dressler@tum.de



## Inhalt

1	Das Physikstudium im Wandel des Bologna-Prozess .....	4
2	Studiengangziele .....	5
2.1	Zweck des Studiengangs .....	6
2.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs.....	6
3	Zielgruppen.....	7
3.1	Adressatenkreis.....	7
3.2	Vorkenntnisse Studienbewerber .....	7
3.3	Zielzahlen .....	7
4	Qualifikationsprofil .....	10
5	Bedarfsanalyse.....	11
5.1	Nachfrage der Absolventen auf dem Arbeitsmarkt.....	11
5.2	Das konsekutive Konzept.....	12
5.3	Berufliche Perspektiven .....	12
6	Wettbewerbsanalyse.....	14
6.1	Externe Wettbewerbsanalyse.....	14
6.2	Interne Wettbewerbsanalyse .....	16
7	Aufbau des Studiengangs .....	17
7.1	Überblick.....	17
7.2	Die Grundlagenphase.....	19
7.2.1	Studienplan Grundlagenphase .....	19
	Hinweise und Anmerkungen .....	20
7.2.2	Studienleistung „Allgemeinbildende Fächer“ .....	20
7.2.3	Nebenfächer Chemie und Informatik.....	21
7.3	Die Vertiefungsphase.....	21
7.3.1	Studienplan Vertiefungsphase .....	22
	Kern-, Teilchen- und Astrophysik (KTA).....	22
	Physik der kondensierten Materie (KM) .....	22
	Biophysik (BIO) .....	22
	Applied and engineering physics (AEP) .....	23



Hinweise und Anmerkungen .....	23
7.3.2    Das Modul Fachspezifische Schlüsselqualifikationen der Physik (FSQ) ...	23
7.3.2.1    Fortgeschrittenenpraktikum (FOPRA).....	24
Versuche FOPRA (Studienjahr 15/16) .....	25
Hinweise und Anmerkungen .....	26
7.3.2.2    Proseminar .....	26
7.3.3    Bachelor´s Thesis .....	27
Rahmenbedingungen .....	28
„Kompakt gelesene“ Module und „Teilzeit-Thesis“ .....	28
Organisatorischer Ablauf.....	28
7.4    Studienablauf und Prüfungen.....	30
7.4.1    „Bestehen“ eines Moduls – Prüfungsleistung/Studienleistung .....	30
7.4.2    Prüfungen und Modulgröße .....	31
7.4.3    Prüfungsschema .....	32
7.4.4    Grundlagen- und Orientierungsprüfung (GOP).....	32
7.4.4.1    Regeln der GOP und Erfolgsquote .....	33
7.4.5    Studienfortgangskontrolle.....	36
7.4.6    Endnote .....	36
7.4.7    Absolventenzahlen .....	37
7.5    Internationalisierung und Mobilität .....	38
7.5.1    Outgoing .....	39
7.5.2    Mobilität und Mobilitätsfenster im Bachelorstudiengang.....	40
7.5.3    Ausgewählte Optimierungsmaßnahmen.....	41
8    Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten .....	42
9    Ressourcen .....	43



### **Vorbemerkung zum Sprachgebrauch**

---

Nach Art. 3 Abs. 2 des Grundgesetzes sind Frauen und Männer gleichberechtigt. Alle maskulinen Personen- und Funktionsbezeichnungen in dieser Studiengangsdokumentation gelten daher für Frauen und Männer in gleicher Weise.



## 1 Das Physikstudium im Wandel des Bologna-Prozess

Die akademischen Grade Bachelor und Master sind noch vergleichsweise jung. Die Umstellung auf das Bachelor-Master-System in Deutschland begann 1999 mit der Unterzeichnung der Bologna Erklärung. Seitdem hat sich das Hochschulsystem grundlegend verändert.

Im Herbst 2008 wurde im Zuge der Bologna-Reform auch das Physikstudium an der TU München im Rahmen der von Ministerium und Universität vorgegebenen Richtlinien auf die Bachelor/Master-Struktur umgestellt. Inhaltlich konnte man dabei auf die deutschlandweit gültigen Empfehlungen und Standards zurückgreifen, die von der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) erarbeitet und herausgegeben wurden, um weiterhin eine bundesweite Vergleichbarkeit der neuen Abschlüsse im Studienfach Physik zu gewährleisten. Der Bachelorstudiengang soll demnach in sechs Semestern eine möglichst breite Allgemeinbildung in Physik vermitteln und so eine erste bedingte Berufsbefähigung gewährleisten. Das darauf aufbauende, viersemestrige Masterstudium bietet Spezialkenntnisse in Teilfächern der Physik unter Berücksichtigung der Forschungsaktivitäten des jeweiligen Studienstandortes und führt zu einem Ausbildungsstand auf international höchstem Niveau. Inkludiert ist eine insgesamt einjährige Forschungsphase, in der die Befähigung zum selbständigem wissenschaftlichen Arbeiten vermittelt wird. Der Masterabschluss berechtigt grundsätzlich zur Promotion.

Dementsprechend bietet die Fakultät für Physik seit WS08/09 einen einzigen grundständigen Bachelorstudiengang an. Dieser sieht in den ersten vier Semestern ein einheitliches Grundlagenstudium vor und ermöglicht eine erste Schwerpunktsetzung (Vertiefungsgebiet) in den abschließenden Semestern fünf und sechs, ohne dabei die erwünschte Breite der Physik-Ausbildung aus den Augen zu verlieren. Die angebotenen vier Vertiefungsrichtungen sind

- Physik der Kondensierten Materie,
- Kern-, Teilchen und Astrophysik,
- Biophysik und
- Applied and Engineering Physics,

womit den Schwerpunkten der TUM-Physik Rechnung getragen wird. Auf den Bachelorstudiengang bauen entsprechend den Vertiefungsrichtungen vier konsekutive Masterstudiengänge auf, deren Abschlüsse die Promotionszulassung definieren (Abbildung 1).



Abbildung 1: Konsekutive Bachelor-Masterstruktur des Physikstudiums an der TU München nach Umsetzung des Bologna-Prozesses

Hauptgegenstand der vorliegenden Studiengangsdokumentation ist der Bachelorstudiengang. Eine eingehende Betrachtung findet sich in den folgenden Absätzen.

## 2 Studiengangsziele

Wie bereits ausführlich dargestellt, sind die globalen Ziele und Qualifikationsprofile der neuen Bachelor- und Masterstudiengänge im Fach Physik in Deutschland durch die Rahmenvorgaben der Fachverbände festgelegt. Spielraum besteht lediglich im Detail



der Ausgestaltung, die vom wissenschaftlichen Profil der Universität und ihres Fachbereichs Physik geprägt ist.

## **2.1 Zweck des Studiengangs**

Zweck des Bachelorstudiengangs Physik ist es, den Studierenden eine breite und wissenschaftlich fundierte Grundausbildung auf den wichtigsten Teilgebieten der Physik und ihren Anwendungen zu vermitteln, und sie mit den Methoden des physikalischen Denkens und Arbeitens vertraut zu machen. Durch ihre Ausbildung und durch die Schulung des analytischen Denkens erwerben die Studierenden die Fähigkeit, sich später in die vielfältigen an sie herangetragenen Aufgabengebiete einzuarbeiten. Insbesondere erwerben sie das für einen konsekutiven Masterstudiengang erforderliche Grundwissen. Das Studium weist folglich nur eine begrenzte Schwerpunktsetzung auf, vermittelt aber neben der fachlichen Qualifikation auch allgemeine und fachspezifische Schlüsselqualifikationen.

Der Bachelorstudiengang dauert sechs Semester. Auf die einheitliche Grundlagenphase der ersten vier Semester folgt eine individuelle Schwerpunktsetzung im letzten Studienjahr. Die Unterrichtssprache im Bachelorstudiengang Physik ist in der Regel deutsch.

Der Bachelor-Abschluss ist grundsätzlich berufsbefähigend. Faktisch wird er in der Regel jedoch nicht ausreichen, um insbesondere im begehrten Arbeitsumfeld von Forschung und Entwicklung den dort charakteristischen Qualifikationsanforderungen zu genügen. Um auf dem Gebiet der Physik einen Kenntnisstand auf international höchstem Niveau zu erwerben, empfiehlt die KFP deshalb dringend einen konsekutiven Masterstudiengang zu absolvieren. Folgerichtig definiert erst der Masterabschluss den Regelzugang zur Promotion.

Diese Einschätzung wird durch das Verhalten unserer Bachelorabsolventen seit den ersten Abschlüssen im Herbst 2011 eindrucksvoll bestätigt, denn nahezu alle nehmen ein konsekutives Masterstudium auf.

## **2.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs**

Der Bachelorstudiengang Physik ist der einzige an Studienanfänger adressierte grundständige Studiengang der Fakultät für Physik. Er bildet die Grundlage für die vier konsekutiven Masterstudiengänge (vgl. Abbildung 1) und zusammen mit diesen das Bologna-konforme Studienangebot im Fach Physik. Die strategische Bedeutung für die Fakultät und die TU München ist immanent.



## 3 Zielgruppen

### 3.1 Adressatenkreis

Als grundständiger Studiengang ohne Zulassungsbeschränkung steht der Bachelorstudiengang Physik zunächst allen Studienanfängern mit allgemeiner bzw. spezifischer fachgebundener Hochschulreife offen. Wesentliche Voraussetzung für das erfolgreiche Studium der Physik ist jedoch die Begeisterung für das Fach und die Faszination an Naturwissenschaften und Technik sowie ein tiefes Interesse an physikalischen Phänomenen und Problemen. Unerlässlich sind eine gewisse physikalische und mathematische Begabung, die sich spätestens in den letzten Schuljahren deutlich abgezeichnet haben sollte.

### 3.2 Vorkenntnisse Studienbewerber

Die intensive Auseinandersetzung mit Physik- oder Mathematik in der Oberstufe wird empfohlen, ist aber keine unabdingbare Voraussetzung. Die in der Schule erworbenen mathematischen Grundkenntnisse können vor Beginn der Vorlesungszeit des ersten Fachsemesters im Mathematischen Vorkurs der Fakultät aufgefrischt werden. Der Vorkurs dient außerdem der allgemeinen Einführung in das Studium.

Weiter erwartet werden Erfahrungen im Umgang mit dem Computer sowie ausreichende Kenntnisse der englischen Sprache, um wissenschaftliche Texte und Vorträge zu verstehen. Im Zeitalter der Internationalisierung und Globalisierung ist es heute eine Selbstverständlichkeit, dass die englische Sprache mit fortschreitender Studiendauer auch im Lehrangebot zunehmend Einzug hält. Möglichkeiten zur Vertiefung der Englischkenntnisse werden im Rahmen des Studiums angeboten.

### 3.3 Zielzahlen

Aufgrund des grundsätzlich konsekutiv ausgelegten Charakters des Physikstudiums muss die Thematik Zielzahlen im Bachelorstudiengang in der Gesamtschau mit den Masterstudiengängen betrachtet werden, die ihrerseits einen stetigen Zuwachs der Studierendenzahlen verzeichnen.

Wesentlicher limitierender Faktor ist, dass die Ausbildung mit zunehmendem Studienverlauf immer personalintensiver wird und eine umfangreiche apparative und experimentelle Alimentierung der Studierenden erfordert. Beispielgebend seien die aufwendigen Fortgeschrittenenpraktika und insbesondere die einjährige Forschungsphase auf hohem wissenschaftlichen Niveau im Masterstudium genannt, bei der im Allgemeinen die Anbindung an ein Forschungsteam bewerkstelligt werden muss, aber auch ein Labor- und Arbeitsplatz bereitzustellen ist. Die Situation wird verschärft durch den Ressourcenbedarf der Bachelor's Thesis, die seit Umsetzung der





Bologna-Reform das Studienangebot bereichern, und ihrerseits über 150 weitere Labor- und Arbeitsplätze pro Studienjahr für sich beanspruchen.

Bei den aktuellen Studierendenzahlen von über 200 im Abschlussjahrgang der Masterstudiengänge scheint eine Kapazitätsgrenze und somit das Ausbauziel erreicht. Bei dieser Größenordnung verfügen die zahlreichen Arbeitsgruppen am Forschungscampus Garching einerseits über ein optimales Potential an jungen Nachwuchswissenschaftlern an der Schnittstelle zwischen Studium und Forschung (Abschlussarbeiten, Promotionen), während andererseits die Bereitstellung der nötigen Arbeitsplätze bereits zu ersten Engpässen führt.

Die optimalen Studienanfängerzahlen (Abbildung 2) respektive Absolventenzahlen (Abbildung 3) für den Bachelorstudiengang sind damit ebenfalls definiert, wobei sich der Zusammenhang der beiden Kenngrößen aus der Erfolgsquote der Grundlagen- und Orientierungsprüfung einerseits und dem Phänomen „Parkstudierende“ andererseits erschließt. Beide Aspekte werden ausführlich im Abschnitt 7.4.4 erörtert. Zu berücksichtigen ist außerdem, dass an der Schnittstelle Bachelor-Master durch externe Zugänge nochmals zu einem jährlichen Zuwachs der Studierendenzahlen von nahezu 20% kommt (siehe ebenfalls Abbildung 3).

Die Zahl der Studienanfänger im grundständigen Studiengang Physik an der TU München hatte sich auch nach der Umstellung auf den Bachelorstudiengang im WS08/09 ungebrochen auf erfreulich hohem Niveau gehalten und zunächst bei durchschnittlich 250 Anfängern eingeepegelt. Bereits im Studienjahr 11/12 konnte mit 476 Anfängern, respektive einem Plus von fast 90%, der dem bayerischen „Doppeljahrgang“ geschuldete prognostizierte Zuwachs von 40-50 % bei Weitem übertroffen werden und auch in den Folgejahren setzte sich dieser Aufwärtstrend in den Anfängerzahlen kontinuierlich fort. Im Studienjahr 15/16 haben 421 Studierende das Studium aufgenommen, wobei der Zuwachs bei den Absolventen wesentlich moderater ausfällt.

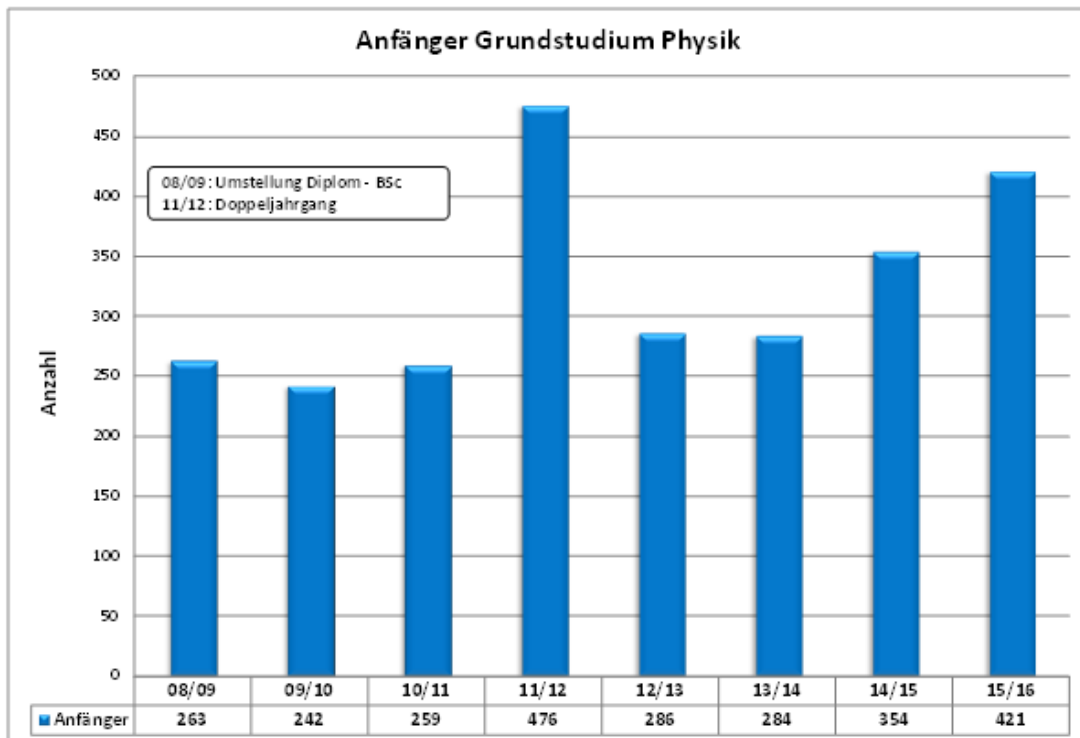


Abbildung 2: Entwicklung der Anfängerzahlen im grundständigen Studium der Physik

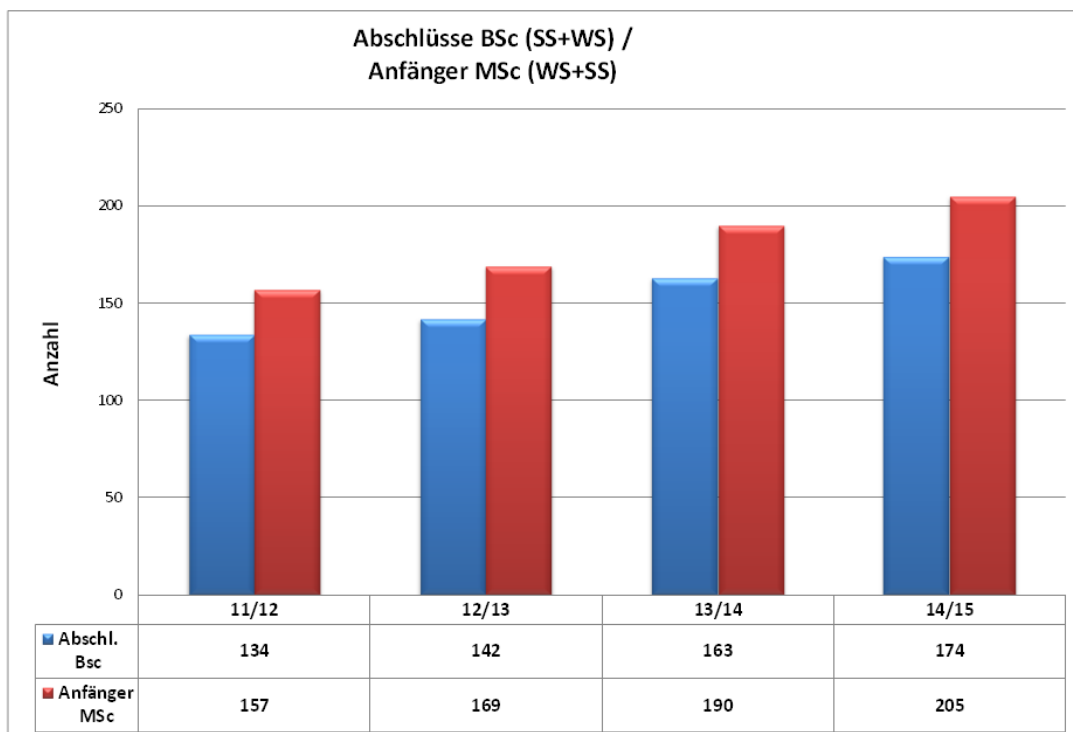


Abbildung 3: Zuwachs der Studierendenzahlen von durchschnittlich 18% an der Schnittstelle Bachelor-Master durch externe Zugänge



Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Bachelorstudiengang Physik der TUM für Studienanfänger ein äußerst attraktives Studienangebot darstellt. Die gegenwärtige Entwicklung der Studierendenzahl bzw. Absolventenzahl steht hervorragend im Einklang mit den angestrebten Zielzahlen.

## 4 Qualifikationsprofil

Ein erfolgreich absolvierter Bachelorstudiengang soll einerseits einen frühen Einstieg ins Berufsleben ermöglichen (Berufsbefähigung) und andererseits die Absolventen auch zu einem weiterführenden Studium befähigen. Die Absolventen des Bachelorstudiengangs Physik verfügen mit ihren Kenntnissen und Fähigkeiten über eine Qualifizierung auf solider naturwissenschaftlich-mathematischer Grundlage, über bestimmte überfachliche Qualifikationen und über eine hohe Flexibilität, die eine vorzügliche Basis insbesondere für die weitere Qualifizierung und Spezialisierung darstellt. Im Einzelnen bedeutet das:

- Sie verfügen über fundierte Kenntnisse in der klassischen Physik (Mechanik, Elektrodynamik, Thermodynamik, Schwingungen, Wellen und Optik) und sind mit den Grundlagen der Quanten-, Atom- und Molekül-, Kern-, Elementarteilchen- und Festkörperphysik vertraut.
- Sie kennen wichtige, in der Physik eingesetzte mathematische Methoden und können diese zur Lösung physikalischer Probleme einsetzen.
- Sie verstehen weitgehend grundlegende Prinzipien der Physik, deren inneren Zusammenhang und mathematische Formulierung und eignen sich darauf aufbauende Methoden an, die zur theoretischen Analyse, Modellierung und Simulation einschlägiger Prozesse geeignet sind.
- Sie können ihr Wissen exemplarisch auf physikalische Aufgabenstellungen anwenden und teilweise vertiefen und erwerben damit einen Grundstein für eine Problemlösungskompetenz.
- Sie sind zu einem prinzipiellen physikalischen Problemverständnis befähigt. In der Regel wird dies allerdings noch kein tiefgehendes Verständnis aktueller Forschungsgebiete ermöglichen.
- Sie sind somit in der Lage, physikalische und teilweise auch übergreifende Probleme, die zielorientiertes und logisch fundiertes Herangehen erfordern, auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse selbständig einzuordnen und durch Einsatz naturwissenschaftlicher und mathematischer Methoden zu analysieren bzw. zu lösen.



- Sie sind mit den Grundprinzipien des Experimentierens vertraut, können moderne physikalische Messmethoden einsetzen und sind in der Lage, die Aussagekraft der Resultate richtig einzuschätzen.
- Sie erwerben in der Regel auch überblicksmäßige Kenntnisse in ausgewählten anderen naturwissenschaftlichen oder technischen Disziplinen.
- Sie sind befähigt, ihr Wissen auf unterschiedlichen Gebieten einzusetzen und in ihrer beruflichen Tätigkeit verantwortlich zu handeln. Dabei können sie auch neue Tendenzen auf ihrem Fachgebiet erkennen und deren Methodik – gegebenenfalls nach entsprechender Qualifizierung – in ihre weitere Arbeit einbeziehen.
- Sie können das im Bachelorstudium erworbene Wissen ständig eigenverantwortlich ergänzen und vertiefen. Sie sind mit dazu geeigneten Lernstrategien vertraut (lebenslanges Lernen); insbesondere sind sie prinzipiell zu einem konsekutiven Masterstudium befähigt.
- Sie machen in ihrem Studium erste Erfahrungen mit überfachlichen Qualifikationen (z. B. Zeitmanagement, Lern- und Arbeitstechniken, Kooperationsbereitschaft, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit, Regeln guter wissenschaftlicher Praxis) und können diese Fähigkeiten weiter ausbauen.
- Sie kennen Kommunikationstechniken und sind mit Grundelementen der englischen Fachsprache vertraut.
- Sie sind dazu befähigt, eine einfache wissenschaftliche Aufgabenstellung zu lösen und ihre Ergebnisse im mündlichen Vortrag und schriftlich (demonstriert in der Bachelor's Thesis) zu präsentieren.

## 5 Bedarfsanalyse

### 5.1 Nachfrage der Absolventen auf dem Arbeitsmarkt

Absolventen der Physik werden von der Wirtschaft stark nachgefragt. Rund die Hälfte der Physiker tritt mit dem Mastergrad, die andere nach der Promotion in den Arbeitsmarkt ein. Aufgrund der Bologna-Reformen ist das Physikstudium in zwei aufeinanderfolgende Abschnitte gegliedert, Bachelor- und Masterphase, so dass ein zusätzlicher Abschluss, der Bachelorgrad, etabliert wurde. Dieser Abschluss ist wissenschaftsorientiert und vermittelt eine breite Allgemeinbildung in Physik. Der Bachelorgrad befähigt zum Eintritt in Masterstudiengänge der Physik und verwandter Disziplinen, soll aber gleichzeitig als erster berufsqualifizierender Abschluss einen Einstieg in eine Berufstätigkeit ermöglichen.



Im Masterstudiengang erwerben die Studierenden zusätzliche Qualifikationen. Das Masterstudium umfasst eine Spezialausbildung in Teilfächern der Physik und befähigt die Absolventen zu selbständigem wissenschaftlichen Arbeiten. Dadurch sind die Masterabsolventen für die Wirtschaft höchst attraktiv, können aber auch durch eine anschließende Promotion ihre Fähigkeiten zur selbständigen wissenschaftlichen Bearbeitung eines komplexen Forschungsprojekts vertiefen.

## 5.2 Das konsekutive Konzept

Im März 2011 hat der Arbeitskreis Industrie und Wirtschaft der Deutschen Physikalischen Gesellschaft eine Umfrage in typischen, Physiker beschäftigenden Unternehmen durchgeführt, um herauszufinden, wie Bachelorabsolventen nachgefragt und eingesetzt werden (<http://www.dpg-physik.de>). Dabei wurde deutlich, dass im internationalen Vergleich in Deutschland wenig Bedarf für Physik-Bachelorabsolventen in der Wirtschaft gesehen wird. Diese Einschätzung wird mit dem ausgezeichneten System der beruflichen Ausbildung in Deutschland begründet, das dem Arbeitsmarkt hervorragend ausgebildete Techniker und Laboranten bereitstellt.

Im Rahmen des dreijährigen Bachelorstudiums der Physik an Universitäten ist es nicht realistisch, gleichzeitig eine breite wissenschaftliche Grundlage und eine für die Industrie attraktive, praxisorientierte Ausrichtung zu schaffen. Die Praxisorientierung wird erst mit dem Physik-Master erreicht, der von der Industrie exzellent angenommen wird. Das Ziel des Bachelorstudiums der Physik ist derzeit also, die Voraussetzungen für die Aufnahme eines Masterstudiums zu schaffen, dessen Absolventen von der Wirtschaft sehr stark nachgefragt werden.

## 5.3 Berufliche Perspektiven

Folglich hängt die Bedarfsbetrachtung für den Bachelorstudiengang Physik eng mit der beruflichen Perspektive des Masterabschlusses in Physik zusammen. Hierzu ist anzuführen, dass unter den naturwissenschaftlich-technischen Disziplinen und Berufsbildern die Physik eine besondere Stellung einnimmt. Die Physik beschäftigt sich mit der Beobachtung und dem Verständnis aller grundlegenden Phänomene im Bereich von Materie und Energie. Damit bildet sie auch die Grundlage der anderen naturwissenschaftlichen Fachgebiete bis hin zu den Lebenswissenschaften und der Medizin, und sie ist die Basis der Ingenieurwissenschaften und der Technik.

Physiker arbeiten in öffentlich geförderten und in industriellen Forschungslabors an grundlagen- und anwendungsorientierten Fragestellungen. Die Themen reichen von der Kosmologie und der Elementarteilchenphysik, die meist in großen internationalen Arbeitsgruppen bearbeitet werden, über die Physik der Kondensierten Materie und der Materialien bis zur innovativen Technik. Die Physik bildet den Ausgangspunkt der zukunftsweisenden Hochtechnologien von der Mikroelektronik bis zur



Nanotechnologie und ohne ihre Mitwirkung sind nachhaltige Beiträge zur Lösung der Energie- und Umweltproblematik undenkbar.

Geschätzte Berufseigenschaft der Physiker ist ihre Fähigkeit, komplexe Vorgänge in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft unter quantitativen Gesichtspunkten systematisch zu analysieren und innovativ weiterzuentwickeln. Aufgrund dieser grundsätzlichen Fähigkeiten sind Physik-Absolventen auch in Berufsfeldern, die sonst ausschließlich den Ingenieuren vorbehalten sind, und in fachlich weiter abgelegenen Bereichen wie beispielsweise in der Unternehmensberatung und im Versicherungswesen gesuchte Mitarbeiter.

Berufliche Schlüsselqualifikation im experimentellen Bereich ist die Fähigkeit, geeignete und möglichst eindeutige Antworten liefernde Experimente zu entwerfen sowie die durch vielerlei störende Einflüsse veränderten Beobachtungen und Messresultate auf der Basis umfassenden und vielseitig anwendbaren Wissens zu interpretieren. Theoretisch orientierte Physiker beherrschen die begriffliche und mathematische Analyse beobachteter physikalischer Eigenschaften, sie entwickeln numerische Modelle und numerische Verfahren auf verschiedenen Abstraktionsebenen. Im engen Wechselspiel zwischen Experimentalphysik und Theoretischer Physik entsteht ein allgemeines und quantitatives Verständnis physikalischer Vorgänge. Dieses Naturverständnis ist ein wesentliches Kulturelement des modernen Menschen. Die darauf beruhende Fähigkeit zu verlässlichen Voraussagen von Eigenschaften und Leistungsdaten bildet das Fundament der modernen Technik.

Als Frontwissenschaft entwickelt die Physik immer wieder neuartige Experimentiertechniken, Geräte und Messverfahren bzw. neue mathematische Methoden und Computeranwendungen. Diese Methoden, Geräte und Verfahren entwickeln sich im Anschluss vielfach zu Hochtechnologie-Komponenten, deren Anwendungsbereich weit über den ursprünglichen Zweck hinausreicht.

Aus den grundsätzlichen Fragestellungen der Physik entsteht eigentliche Innovation. Das sind neue Technik- und Anwendungsfelder, die auf von der Physik entdeckten Effekten beruhen. An der Nahtstelle zwischen Physik und den Ingenieurwissenschaften stehen technische Realisierbarkeit und fortgeschrittenes physikalisches Grundlagenverständnis in engem Zusammenhang. In den klassischen Technikdisziplinen wird physikalisches grundlegendes Verständnis umso wichtiger, je näher sie an die Grenzen einer gegebenen Technik heranrücken. Deshalb sind Physiker besonders dort gefragt, wo es in Frontbereichen um Fragestellungen geht, die einer auch noch so fortgeschrittenen ingenieurmäßigen Behandlung noch nicht zugänglich sind.



Den Statistiken und Analysen der DPG für das Jahr 2011 zum Arbeitsmarkt für Physiker kann entnommen werden, dass Industrie und Wirtschaft weiterhin Arbeitskräfte für den Bereich Innovation verlangen. Aufgrund der aktuellen Daten ist davon auszugehen, dass sich der Arbeitsmarkt für Physiker weiterhin positiv entwickeln wird. Die aktuell starke Nachfrage nach Physikern im industriellen Umfeld wird sich durch den allseits zitierten Fachkräftemangel sicher nicht abschwächen, so dass aus heutiger Sicht die mittelfristigen Aussichten für Physiker sehr gut sind.

## 6 Wettbewerbsanalyse

### 6.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Wie bereits in beiden ersten Absätzen dieser Studiengangsdokumentation ausgeführt, hat die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) im Mai 2005 Empfehlungen zu den neuen Bachelor- und Masterstudiengängen in der Physik beschlossen. Erklärtes Ziel war es, wie bis dato bereits über viele Jahre hinweg praktiziert, die Standards beim Physikstudium zu koordinieren, um bundesweit eine qualitative Vergleichbarkeit der Abschlüsse zu gewährleisten.

Eine von der KFP im Juni 2007 durchgeführte detaillierte Umfrage in den etwa 60 deutschen Physikfachbereichen zum Fortgang der Umstellung und der Organisation der neuen Studiengänge hat ergeben, dass die Fachbereiche diese Empfehlungen bei der Umsetzung der Bologna-Reform im Wesentlichen berücksichtigt haben. Konkret für den Bachelorstudiengang, der sich hauptsächlich für die Vermittlung der breiten und allgemein gültigen Grundlagenausbildung verantwortlich zeichnet, bedeutet dies eine hohe inhaltliche und strukturelle Kongruenz über alle 60 deutschen Fachbereiche. Neben einer weitgehend definierten und fundierten mathematischen Ausbildung, sind die wesentlichen Teilgebiete der Physik – Mechanik, Elektrodynamik und Optik, Thermodynamik und Statistik, Atom- und Molekülphysik, Physik der kondensierten Materie, Kern- und Elementarteilchenphysik sowie Quantenmechanik in Modulen der Theoretischen Physik und Experimentalphysik in den allermeisten Bachelorstudiengängen abgedeckt. Deutliche Abweichungen finden sich lediglich für die Kern- und Elementarteilchenphysik, die nicht an allen Standorten im erforderlichen Umfang vertreten ist, speziell an der TUM allerdings sogar einen der Schwerpunkte bildet. Jedenfalls wird in der KFP-Umfrage abschließend konstatiert: „Der Vergleich der Bachelorstudiengänge lässt den Schluss zu, dass es auch zukünftig innerhalb Deutschlands vergleichbar aufgebaute Physikstudiengänge geben wird, von denen ein ähnlicher Kenntnis- und Leistungsstand der Absolventen zu erwarten ist“.

Die inhaltliche Vergleichbarkeit der Bachelorstudiengänge im Fach Physik lässt sich auch auf die internationale Ebene übertragen, da die Forderung nach einer breit



angelegten Grundlagenausbildung im Bachelorstudiengang im Fach Physik immanent ist. Sie findet in der Praxis vielfache Bestätigung bei der Sichtung der Studienunterlagen internationaler Bewerber, sei es bei der Zulassung zum Masterstudium oder zur Promotion.

Demzufolge sind inhaltliche Wettbewerbskriterien zwischen den Studiengängen diverser Standorte nur schwer auszumachen, wobei ohnehin festzuhalten ist, dass innerhalb der Physikfachbereiche die Lehre betreffend ein stark kooperativer und kein kompetitiver Geist herrscht. Dennoch spiegelt sich im Studium trotz genereller struktureller Vorgabe des Curriculums das Forschungsprofil des spezifischen Fachbereiches wider - Forschung und Studium gehen eine enge Symbiose ein. Bei der Frage des Wettbewerbs steht daher weniger das Profil des einzelnen Studienganges als vielmehr die Positionierung der jeweiligen Forschung am Standort im Vordergrund. Die diesbezügliche hohe Reputation der TUM Physik ist unbestritten und kommt in zahlreichen Spitzenplatzierungen in diversen Rankings zum Ausdruck. Das außerordentlich breite Angebot physikalischer Forschung am Campus Garching ermöglicht es den Studierenden, in zahlreichen Arbeitsgruppen und Institutionen nahezu alle Teilbereiche der modernen Physik zu bearbeiten. Dieses Umfeld bietet den optimalen Nährboden für qualitativ hochwertige Studiengänge. Deren außerordentlich hohe Akzeptanz wird durch die Studierenden- und somit Absolventenzahlen (Abbildung 4), die zu den höchsten in Deutschland zählen, eindrucksvoll untermauert.



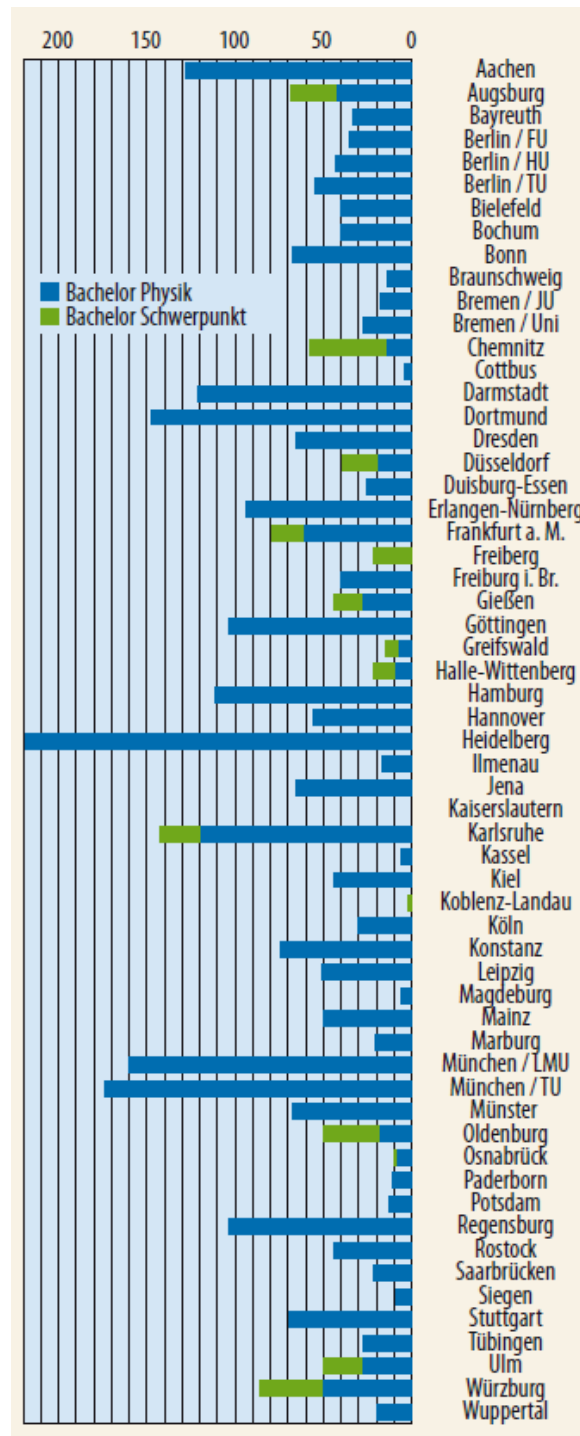


Abbildung 4: Anzahl der Bachelorabschlüsse im Studienjahr 2014/15 in den einzelnen Physikfachbereichen (aus Physik Journal 14 (2015) Nr. 8/9).

## 6.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Der Bachelorstudiengang Physik bildet die Basis des grundständigen Studienangebotes der Fakultät für Physik. Überschneidungen zu anderen Studiengängen der TUM sind definitiv ausgeschlossen.



## 7 Aufbau des Studiengangs

### 7.1 Überblick

#### *Allgemein*

Wie bereits mehrfach ausführlich dargelegt, gibt es für einen Bachelorstudiengang Physik definierte inhaltliche Vorgaben (KFP). Diese folgen per se aus der Universalität der Naturwissenschaft Physik, aus der Forderung eine umfassende breite Basisausbildung zu vermitteln und aus der Notwendigkeit die hierzu nötigen Kompetenzen einer gewissen Chronologie folgend darzubieten. Im Kern geht es um folgende Gebiete:

#### **Experimentalphysik**

- Mechanik, Schwingungen und Wellen, Akustik, Spezielle Relativitätstheorie
- Elektrizitätslehre und Magnetismus
- Optik (Grundzüge)
- Wärmelehre
- Atomphysik
- Kern- und Teilchenphysik

#### **Theoretische Physik**

- Mechanik: Newtonsche Mechanik, Analytische Mechanik (Lagrange-Formalismus), Galilei-Transformationen, Hamiltonfunktion, Spezielle Relativitätstheorie
- Elektrodynamik: Elektrostatik, Magnetostatik, elektromagnetische Wellen, Maxwell-Axiome
- Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, Heisenbergsche Unschärferelation, Wellenfunktionen, Wasserstoffatom, Heliumatom
- Thermodynamik und statistische Physik: Wärmelehre, Quantenstatistik, Vielteilchentheorie

#### **Mathematik**

- Differential- und Integralrechnung in einer und mehreren Dimensionen, Differentialgleichungen
- Vektor- und Matrizenrechnung
- Differentialgeometrie

Des Weiteren wird empfohlen, im kleineren Umfang Nebenfächer anzubieten, die je nach Angebotsspektrum einer Universität stark variieren. Vielfach findet man, wie



auch bei der TUM-Physik, einführende Module aus der Chemie (Analytische und Anorganische Chemie) und der Informatik, da Grundkenntnisse in diesen Fächern unbestritten zu den Schlüsselqualifikationen einer modernen Physikausbildung zählen.

Zur Unterstützung der Fakultäten bietet die KFP eine spezielle Handreichung zur Konzeption von Bachelor- und Masterstudiengängen an, in der auch mehrere Beispielcurricula angeboten werden. Die generelle Empfehlung der KFP sieht in etwa das folgende Schema für die Punkteverteilung vor, das auch bei der Realisierung unseres Studiengangs trefflich eingehalten wurde.

Module Experimentelle Physik	30 – 40 CP
Anfängerpraktika	10 - 20 CP
Fachspezifische Schlüsselqualifikationen (z.B. Fortgeschrittenenpraktika, Präsentationen)	10 - 20 CP
Module Theoretische Physik	30 – 40 CP
Module Mathematische Grundlagen	30 – 40 CP
Wahlmodule	30 - 40 CP
Bachelor's Thesis mit Kolloquium	10 - 20 CP

### *TUM-Physik*

Für den Bachelorstudiengang Physik müssen die allgemeinen Zugangsvoraussetzungen für ein Studium an einer Universität erfüllt sein. Die Regelstudienzeit für das Bachelorstudium beträgt insgesamt sechs Semester. Der Umfang der für die Erlangung des Bachelorgrades erforderlichen Module im Pflicht- und Wahlbereich beträgt 165 Credits (ca. 126 SWS). Hinzu kommen 12 Credits (12 Wochen) für die Erstellung der Bachelor's Thesis und 3 Credits für das Bachelorkolloquium. Der Umfang der zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen im Pflicht- und Wahlbereich im Bachelorstudiengang Physik beträgt damit 180 Credits. Die Unterrichtssprache im Bachelorstudiengang Physik ist in der Regel deutsch.

Nach einheitlichem Grundlagenstudium innerhalb der ersten vier Fachsemester ist zu Beginn des fünften Fachsemesters ein Studienschwerpunkt (physikalische Vertiefungsrichtung) zu wählen. Die möglichen Vertiefungsrichtungen sind Kern-, Teilchen- und Astrophysik (KTA), Physik der kondensierten Materie (KM), Biophysik (BIO) und Applied and Engineering Physics (AEP). Sie entsprechen damit den Ausrichtungen der konsekutiven Masterstudiengänge.

Diese erste Schwerpunktsetzung bietet insbesondere eine optimale Vorbereitung auf den gleichnamigen konsekutiven Masterstudiengang. Dennoch ist in allen Fällen u. a. durch das verpflichtende Angebot grundlegender Module in Kondensierter Materie, Kern-, Teilchen- und Astrophysik und Theorie die Breite der Ausbildung gewährleistet,



so dass im Anschluss auch ein Masterstudiengang mit anderer Ausrichtung gewählt werden kann. Bei der Schwerpunktwahl erfahren die Studierenden Unterstützung durch ein Mentoren-System.

## 7.2 Die Grundlagenphase

Das Grundlagenstudium erstreckt sich über die ersten vier Semester mit 120 ECTS-Punkten in Modulen mit insgesamt 94 Semesterwochenstunden. Unabhängig von der späteren Vertiefungsrichtung ist das Grundlagenstudium für alle Studierenden bis auf die Wahlmodule aus dem Bereich „Allgemeinbildende Fächer“ inhaltlich gleich. Alle Module des Grundlagenstudiums sind verpflichtend.

In der Grundlagenphase besuchen alle Studierenden dieselben elementaren Module. Neben einer umfangreichen Ausbildung in Mathematik gehören zum Grundkanon der Experimentalphysik Mechanik, Elektrizitätslehre, Optik, Wärmelehre, Atom- und Molekülphysik. Die Theoretische Physik umfasst Mechanik, Elektrodynamik und Quantenmechanik. Weiterhin wird ein physikalisches Laborpraktikum absolviert (Anfängerpraktikum). In geringerem Umfang kommen nichtphysikalische Fächer wie Chemie und Informatik hinzu sowie die bereits erwähnten Schlüsselqualifikationen (Bereich „Allgemeinbildende Fächer“), die sowohl in eigenständigen Fächern als auch im Rahmen der physikalischen Fachausbildung vermittelt werden.

### 7.2.1 Studienplan Grundlagenphase

[Modulnummer] Modultitel	SWS V	SWS Ü/P/S	CP	Prüfung
[PH0001] Experimentalphysik 1	4	2	9	GOP <sup>[1]</sup> , Klausur
[PH0001] Mathematische Ergänzungen zur ExPhys1		2		
[MA9201] Mathematik für Physiker 1 (Lineare Algebra 1)[3]	4	2	8	GOP <sup>[1]</sup> , Klausur
[MA9202] Mathematik für Physiker 2 (Analysis 1)[3]	4	2	8	GOP <sup>[1]</sup> , Klausur
[PH0009] Anfängerpraktikum 1[2]		4	5	Laborleistung als Studienleistung
<b>Summe 1. Semester</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	
[PH0002] Experimentalphysik 2	4	2	9	GOP <sup>[1]</sup> , Klausur
[PH0002] Mathematische Ergänzungen zur ExPhys2		2		
[PH0005] Theoretische Physik 1 (Mechanik)	4	2	8	GOP <sup>[1]</sup> , Klausur
[MA9203] Mathematik für Physiker 3 (Analysis 2)[3]	4	2	8	GOP <sup>[1]</sup> , Klausur
[PH0010] Anfängerpraktikum 2[2]		4	5	Laborleistung als Studienleistung
<b>Summe 2. Semester</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	
[PH0003] Experimentalphysik 3	4	2	8	Klausur
[PH0006] Theoretische Physik 2 (Elektrodynamik)	4	2	8	Klausur
[PH9204] Mathematik für Physiker 4 (Analysis 3)	4	2	8	Klausur



[IN8008] Einführung in die wissenschaftliche Programmierung	2	2	4	Klausur	als
„Allgemeinbildende Fächer“ [4]	2		2	Studienleistung	
<b>Summe 3. Semester</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>30</b>		
[PH0004] Experimentalphysik 4	4	2	8	Klausur	
[PH0007] Theoretische Physik (Quantenmechanik 1)	3	4	2	9	Klausur
[CH1104] Chemie für Physiker	4		6	Klausur	
„Allgemeinbildende Fächer“ [4]	2		2	Studienleistung	
[PH0011] Anfängerpraktikum 3[2]			4	5	Laborleistung als Studienleistung
<b>Summe 4. Semester</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>30</b>		

### *Hinweise und Anmerkungen*

[1] Grundlagen- und Orientierungsprüfung (GOP): Die jeweils drei Module der ersten beiden Semester unterliegen der strengen Regelung der Grundlagen- und Orientierungsprüfung (GOP). Die genauen Regelungen sind im Abschnitt Prüfungen erläutert.

[2] Anfängerpraktikum: Die drei Teile des Anfängerpraktikums werden jeweils als Block in der vorlesungsfreien Zeit und alternativ an wöchentlichen Terminen während des Semesters angeboten. Der im Studienplan formal dem ersten Fachsemester zugeordnete Teil 1 wird frühestens als Blockpraktikum in der vorlesungsfreien Zeit im Anschluss an das erste Fachsemester angeboten.

[3] Alternative Mathematik ("Mathematik Sonderweg"): Insbesondere um Studierende mit Doppelstudium Physik / Mathematik-NF-Physik zu unterstützen, können alternativ die entsprechenden Module des Mathematikstudiums anerkannt werden.

[4] Studienleistung „Allgemeinbildende Fächer“: Für die Studienleistung „Allgemeinbildende Fächer“ müssen aus einem dynamischen Katalog Module im Umfang von insgesamt 4 Credits eingebracht werden. Dies kann individuell studienbegleitend erfolgen.

### **7.2.2 Studienleistung „Allgemeinbildende Fächer“**

Im Rahmen der Studienleistung „Allgemeinbildende Fächer“ erwerben die Studierenden über das Fachstudium hinausgehende Schlüsselqualifikationen. Das breite Angebot relevanter Module ist in einem Katalog zusammengefasst:

<https://www.ph.tum.de/academics/org/softskills/>

Weitere zum Kontext passende Module können im Vorfeld eines Semesters via Antrag beim Studiendekan aufgenommen werden, so dass der Katalog dynamisch dem aktuellen Veranstaltungsangebot der TUM folgen kann.



### 7.2.3 Nebenfächer Chemie und Informatik

Grundkenntnisse in den Fächern Chemie (Analytische und Anorganische Chemie) und Informatik zählen unbestritten zu den Schlüsselqualifikationen einer modernen Physikausbildung. Entsprechend empfiehlt der Fachverband zumindest eines dieser Fächer im Rahmen der Nebenfachausbildung anzubieten, wenn das Angebotsspektrum der Universität dies zulässt.

Mit den diesbezüglich ausgezeichneten Ressourcen an der TUM lag es nahe, im Bachelorstudiengang im Sinne einer Qualitätsoptimierung beide Optionen zu verankern. Beide Module werden von den entsprechenden Fakultäten exklusiv für die Physik angeboten. Dies sichert einerseits die bestmögliche Fachkompetenz und eröffnet andererseits eine spezifisch auf die Bedürfnisse der Physiker zugeschnittene Stoffzusammenstellung.

### 7.3 Die Vertiefungsphase

Die Vertiefungsphase umfasst die Semester 5 und 6 mit 60 ECTS-Punkten in Lehrveranstaltungen mit ca. 32 Semesterwochenstunden und der Bachelor's Thesis mit einem Arbeitsumfang von 12 Wochen. In dieser Spezialisierungsphase wird einerseits die allgemeine Basisausbildung fortgesetzt und abgeschlossen. Andererseits erfolgt eine erste individuelle Schwerpunktsetzung, die mit der Bachelor's Thesis endet. Die möglichen Vertiefungsrichtungen entsprechen der Ausrichtung der vier am Physik-Department angebotenen konsekutiven Masterstudiengänge und spiegeln gleichzeitig die Forschungsschwerpunkte am Physik-Campus Garching wider. In Abhängigkeit von der gewählten Vertiefungsrichtung ergeben sich im Vertiefungsstudium im Pflichtbereich unterschiedliche Studienpläne, die alle eine kongruente Organisationsstruktur aufweisen. Dies schafft eine höchst effiziente Basis für die synergetische Nutzung des Modulangebots im Sinne eines optimierten Ressourcenmanagements. Andererseits kann durch diese transparente Struktur sichergestellt werden, dass in allen Vertiefungsrichtungen durch das Angebot von zumindest Basismodulen in den Kernfächern Kondensierte Materie, Kern-, Teilchen- und Astrophysik und Theorie die erforderliche Breite der Ausbildung gewährleistet ist. Damit sind die Absolventen trotz einer ersten Schwerpunktsetzung für alle konsekutiven Masterstudiengänge der Physik qualifiziert.

Die Kompetenzen des semesterübergreifenden Moduls „Fachspezifische Schlüsselqualifikationen der Physik (FSQ)“, das insbesondere die katalogisierten korrespondierenden Lehrveranstaltungen Fortgeschrittenenpraktikum und Proseminar enthält und somit individuell zusammengestellt werden kann, sowie das Thema der Bachelor's Thesis sind in die Schwerpunktsetzung mit einbezogen.



### 7.3.1 Studienplan Vertiefungsphase

#### Kern-, Teilchen- und Astrophysik (KTA)

Modul	SWS V	SWS Ü/P/S	CP	Prüfung
PH0014 Kern-, Teilchen- und Astrophysik 1 (KTA Expert 1)	4	2	9	Klausur
PH0019 Einführung in die Physik der kondensierten Materie (KM Intro)	4	2	8	Klausur
PH0008 Theoretische Physik 4 (Thermodynamik und statistische Mechanik) [1]	4	2	9	mündlich[1]
FSQ		4	4	Laborleistung als Studienleistung
<b>Summe 5. Semester</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	
PH0015 Kern-, Teilchen- und Astrophysik 2 (KTA Expert 2) (kompakt[2])	4	2	9	mündlich
FSQ		6	6	Präsentation als Studienleistung
Bachelor-Kolloquium			3	mündlich
Bachelor-Arbeit			12	Abschlussarbeit
<b>Summe 6. Semester</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	

#### Physik der kondensierten Materie (KM)

Modul	SWS V	SWS Ü/P/S	CP	Prüfung
PH0017 Physik der kondensierten Materie 1 (KM Expert 1)	4	2	9	Klausur
PH0016 Einführung in die Kern-, Teilchen und Astrophysik (KTA Intro)	4	2	8	Klausur
PH0008 Theoretische Physik 4 (Thermodynamik und Statistische Mechanik) [1]	4	2	9	mündlich[1]
FSQ		4	4	Laborleistung als Studienleistung
<b>Summe 5. Semester</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	
PH0018 Physik der kondensierten Materie 2 (KM Expert 2) (kompakt[2])	4	2	9	mündlich
FSQ		6	6	Präsentation als Studienleistung
Bachelor-Kolloquium			3	mündlich
Bachelor-Arbeit			12	Abschlussarbeit
<b>Summe 6. Semester</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	

#### Biophysik (BIO)

Modul	SWS V	SWS Ü/P/S	CP	Prüfung
PH0019 Einführung in die Physik der kondensierten Materie (KM Intro)	4	2	8	Klausur
PH0016 Einführung in die Kern-, Teilchen und Astrophysik (KTA Intro)	4	2	8	Klausur
PH0008 Theoretische Physik 4 (Thermodynamik und Statistische Mechanik) [1]	4	2	9	mündlich[1]
FSQ		5	5	Laborleistung als Studienleistung
<b>Summe 5. Semester</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>30</b>	
PH0020 Biophysik (BIO Expert) (kompakt[2])	4	2	10	mündlich
FSQ		5	5	Präsentation als



			Studienleistung
<b>Bachelor-Kolloquium</b>			3 mündlich
<b>Bachelor-Arbeit</b>			12 Abschlussarbeit
<b>Summe 6. Semester</b>	4	7	30

### Applied and engineering physics (AEP)

Modul	SWS V	SWS Ü/P/S	CP	Prüfung
<b>PH0019 Einführung in die Physik der kondensierten Materie (KM Intro)</b>	4	2	8	Klausur
<b>PH0016 Einführung in die Kern-, Teilchen und Astrophysik (KTA Intro)</b>	4	2	8	Klausur
<b>PH0008 Theoretische Physik 4 (Thermodynamik und Statistische Mechanik) [1]</b>	4	2	9	mündlich[1]
<b>FSQ</b>		5	5	Laborleistung als Studienleistung
<b>Summe 5. Semester</b>	12	11	30	
<b>PH0021 Energiewissenschaften (kompakt[2])</b>	2	1	5	mündlich
<b>PH0022 Materialwissenschaften (kompakt[2])</b>	2	1	5	mündlich
<b>FSQ</b>		5	5	Präsentation als Studienleistung
<b>Bachelor-Kolloquium</b>			3	mündlich
<b>Bachelor-Arbeit</b>			12	Abschlussarbeit
<b>Summe 6. Semester</b>	6	7	30	

#### Hinweise und Anmerkungen

[1] Die Prüfung zur Theoretischen Physik 4 (Thermodynamik und Statistische Mechanik) ist die abschließende Prüfung des Kanons Theoretische Physik 1-4 und erfolgt mündlich. So kann über die Rekapitulation des Stoffes hinaus, auch auf das konzeptionelle Verständnis der Theoretischen Physik geschlossen werden. Die Prüfung geht mit doppeltem Gewicht in die Endnote ein.

[2] Die Spezialisierungsmodule im sechsten Fachsemester werden in der Regel "kompakt" gelesen. D.h., dass die für die Lehrveranstaltungen angesetzten Semesterwochenstunden (4V 2Ü) in den Wochen der ersten Semesterhälfte in komprimierter Form (8V 4Ü) dargeboten werden. Die restliche Vorlesungszeit verbleibt für die arbeitsintensive Endphase der Bachelor-Arbeit.

#### 7.3.2 Das Modul Fachspezifische Schlüsselqualifikationen der Physik (FSQ)

Eine wichtige Rolle im Vertiefungsstudium nimmt das Modul „Fachspezifische Schlüsselqualifikationen der Physik“ ein. Das semesterübergreifende Modul ist als Studienleistung definiert und enthält insbesondere die katalogisierten korrespondierenden Lehrveranstaltungen Fortgeschrittenenpraktikum und Proseminar. In den Lehrveranstaltungen des Moduls wird der wissenschaftliche Alltag von Physikerinnen und Physikern nachgebildet. Die Studierenden durchlaufen die wesentlichen Phasen der physikalischen Forschung von der Vorbereitung und Durchführung von Experimenten über die Auswertung und Präsentation der





gewonnenen Daten bis zur Diskussion der eigenen Ergebnisse im Kontext aktueller Veröffentlichungen.

Die Studierenden führen in Teams aus i.d.R. drei Studierenden sechs Versuche aus dem Katalog des Fortgeschrittenenpraktikums gemeinsam durch. Jeder dieser anspruchsvollen Versuche umfasst dabei insbesondere die Vorbereitung mit Hilfe der Versuchsanleitung ergänzt durch Literaturrecherche mit einführender Besprechung mit dem Versuchsbetreuer, die Durchführung des Versuchs mit Anfertigung eines Protokolls, die Anfertigung einer schriftlichen Ausarbeitung der Versuchsergebnisse und eine Abschlussdiskussion der Ergebnisse mit dem Versuchsbetreuer.

Begleitend präsentieren die Studierenden in Proseminaren, die ebenfalls zu den unterschiedlichen Schwerpunkten angeboten werden, sich gegenseitig und Fachwissenschaftlern die eigenen Ergebnisse und diskutieren diese im Kontext der aktuellen Forschung auf der Basis von Recherchen in korrespondierenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen.

„Fachspezifische Schlüsselqualifikationen der Physik (FSQ)“ ist ein Modul, das als Studienleistung erbracht wird (10 Credits). Die Studienleistung ist bestanden, wenn sowohl die Laborleistung als auch die Präsentation erfolgreich absolviert wurden.

### **7.3.2.1 Fortgeschrittenenpraktikum (FOPRA)**

Integriert in das Modul „Fachspezifische Schlüsselqualifikationen der Physik“ stellt die dezentrale Struktur der Lehrveranstaltung Fortgeschrittenenpraktikum ein Alleinstellungsmerkmal des Physikstudiums am Campus Garching dar. Ganz im Sinne einer engen Verbindung von Forschung und Lehre vermittelt das FOPRA den Studierenden einen repräsentativen Querschnitt aktueller Forschungsaktivitäten. Die etwa 50 Versuche des Fortgeschrittenenpraktikums sind thematisch in die Arbeitsgruppen des Physik-Departments und der assoziierten Max-Planck-Institute integriert und werden dort auch durchgeführt. Für die Studierenden bietet sich die Gelegenheit, diverse Forschungsgebiete aktiv an vorderster Front kennen zu lernen und wichtige Informationen hinsichtlich der weitergehenden Spezialisierung im Studium oder der Wahl der Abschlussarbeit zu gewinnen. Jeder Versuch ist dabei einem oder mehreren Studienschwerpunkten (KTA, KM, BIO, AEP) zugeordnet.

Im Rahmen des Bachelorstudiengangs müssen sechs Einzelversuche des FOPRAS erfolgreich absolviert werden (im konsekutiven Masterstudiengang folgt ein zweiter Teil des FOPRAS mit weiteren sechs Einzelversuchen), wobei die Studierenden angehalten sind, vier Versuche aus ihrem Studienschwerpunkt zu wählen. Die Bewertung der Laborleistung (bestanden/nicht bestanden) erfolgt durch den jeweiligen Betreuer. Der Workload der 6 FOPRA-Versuche beträgt 180 Stunden



(entsprechend 30 Stunden pro Versuch) von insgesamt 300 Stunden des Moduls FSQ. Dieser Workload entspräche 6 Credits (entsprechend 1 Credit pro Versuch) der insgesamt 10 Credits des Moduls.

Entsprechend der dezentralen Struktur des FOPRAs erfolgt die Terminvereinbarung der einzelnen Versuche durch die Studierenden selbst, so dass sich innerhalb des semesterübergreifenden Rahmens des Moduls FSQ eine flexible und den individuellen Bedürfnissen angepasste Komponente der Studiengestaltung eröffnet. Explizit bedeutet dies, dass die Studierenden selbst entscheiden können, wie viele Versuche pro Semester und wann genau sie diese absolvieren, was insbesondere der vielfach notwendigen Kompensation zeitintensiver Anforderungsphasen im Rahmen der wissenschaftlichen Abschlussarbeiten dienlich ist. Grundsätzlich sind die Studierenden in den einzelnen Studienschwerpunkten aber angehalten, die Versuche derart zu absolvieren, dass pro Semester ein Gesamtarbeitsaufwand von 900 Stunden erzielt wird.

#### Versuche FOPRA (Studienjahr 15/16)

Nr.[1]	Versuch	KTA	KM	BIO	AEP
1	Ballistischer Transport (Flippern mit Elektronen)		✓		✓
4	Spurmessung von Myonen der kosmischen Strahlung mit Driftrohrkammern	✓			✓
5	Dopplerfreie Sättigungsspektroskopie		✓		✓
6	Mikrowellen- und Detektionstechnik der Elektronenspinresonanz	✓	✓	✓	✓
7	Molekulare Motoren			✓	
8	Hochauflösende Röntgenbeugung		✓	✓	✓
13	Laser und nichtlineare Optik		✓	✓	✓
14	Optische Absorption		✓		✓
16	Josephson-Effekte in Supraleitern		✓		✓
17	Mößbauer-Effekt	✓	✓		
19	Durchgang von Betastrahlen durch Materie	✓			✓
21	Lebensdauer-Messung	✓			✓
24	Feldeffekt-Transistor (MOSFET)		✓		✓
35	Elektronenspektroskopie an Oberflächen		✓	✓	✓
36	Extraterrestrische Mikrowellen	✓			✓
42	Rasterkraftmikroskopie		✓		✓
45	Optische Eigenschaften von Halbleiter-Quantenfilmen		✓		✓
50	Photovoltaik		✓		✓
52	Schwerionenstreuexperiment am Tandem-Beschleuniger	✓			✓
53	Thermische Analyse		✓		✓
60	Positronen-Lebensdauerermessung in Indium und Polymeren	✓	✓		✓



<b>61</b>	Neutronenstreuung am FRM II	✓	✓	✓	✓
<b>63</b>	Gammastrahlenspektroskopie	✓			
<b>65</b>	Positronen-Emissions-Tomographie (PET)	✓		✓	✓
<b>66</b>	Oberflächenplasmonen		✓		
<b>71</b>	Peptid-Poren			✓	
<b>72</b>	Laser-Fallen-Mikroskopie (Bakterienflagellen)			✓	
<b>73</b>	DNA-Origami			✓	
<b>74</b>	Molekulardynamik			✓	
<b>75</b>	Teilchenphysik am Computer	✓			
<b>77</b>	Detektorphysik (Simulation und Experiment)	✓			✓
<b>78</b>	3D-Rekonstruktion von Magnetosomen mittels Cryo-Elektronentomografie			✓	
<b>79</b>	Röntgencomputertomographie	✓	✓	✓	✓
<b>81</b>	Lichtsensoren für die Gamma-Astronomie	✓			✓
<b>83</b>	Rastertunnelmikroskopie & Abbildung von Molekülen		✓	✓	✓
<b>84</b>	Herstellung und Eigenschaften selbstorganisierter Monolagen		✓		✓
<b>85</b>	Relative Altersbestimmung von Sternhaufen mit Hilfe von Farben-Helligkeits-Diagrammen	✓			
<b>86</b>	Messung der Fermienergie durch die Winkelkorrelation von Gamma-Strahlung aus der Annihilation von Elektron-Positron-Paaren	✓	✓		✓
<b>87</b>	Rasterkraftmikroskopie und oberflächenunterstützte Selbstassemblierung von DNA-Nanostrukturen		✓	✓	✓
<b>88</b>	Lineare und nichtlineare Wellen in einem Doppelplasma-Experiment	✓			✓
<b>91</b>	Elektronikpraktikum (Digitalteil)	✓	✓	✓	✓

### *Hinweise und Anmerkungen*

[1] Bei dieser Nummerierung handelt es sich um eine interne eindeutige Nummerierung der Katalogelemente.

### **7.3.2.2 Proseminar**

Auch bei der Wahl des Proseminars steht den Studierenden ein reichhaltiger Katalog zur Auswahl, wobei jedes dieser Seminare zumindest einem der Schwerpunkte zugeordnet ist. Das Proseminar sollte die Bachelor's Thesis (siehe gesonderter Abschnitt) thematisch begleiten, und es wird empfohlen, die Auswahl des Seminars mit dem Betreuer der Thesis abzustimmen. Im Regelfall kann ein direkter Bezug zu den im FOPRA durchgeführten Experimenten hergestellt werden, so dass die dort erlernten Fähigkeiten und gewonnenen Erkenntnisse und Daten in die wissenschaftliche Präsentation und Diskussion mit einfließen können. Präsentation und Diskussion erfolgen im Übrigen im Kontext der aktuellen Forschung, basierend auf Recherchen in korrespondierenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Die Durchführung erfolgt



in der Regel im fortgeschrittenen Stadium des Studiums (6. Semester), so dass die fachliche Voraussetzung gegeben ist, das Angebot durch Seminare des Masterstudiengangs zu ergänzen.

Die Bewertung der Präsentation (bestanden/nicht bestanden) erfolgt im Anschluss an die Präsentation und Diskussion oder nach Abschluss des Seminars durch den Dozenten. Der Workload der Präsentation beträgt 120 Stunden von insgesamt 300 Stunden des Moduls FSQ. Dieser Workload entspräche 4 Credits der insgesamt 10 Credits des Moduls.

### *Proseminarkatalog (Studienjahr 15/16)*

Modulnr.	Titel
PH1305	Happy Hour der Kern- und Teilchenphysik
PH1316	Proseminar Plasmaphysik
PH1318	Experimentelle Methoden der Festkörperphysik
PH1320	Spin Caloritronics and Spin Pumping
PH1321	Aktuelle Themen der Magneto- und Spinelektronik
PH1333	Funktionelle weiche Materialien
PH1342	Bachelorseminar zur Biophysik
PH1343	Hochauflösende Spektroskopie an Festkörper- und Nanosystemen
PH1344	Selbst-Assemblage, selbst-organisiertes Wachstum und unkonventionelle Nanofabrikation
PH1351	Parallelisierung von physikalischen Rechnungen auf GPUs mit CUDA
PH1354	Aktuelle Fragen der Kurzzeitphysik
PH1362	Angewandte Physik und Elektronik im Alltag (Ferienakademie Sarntal)
PH1372	Physik der Hadronen und Kerne
PH1374	Gamma-Ray Bursts
PH1388	Aktuelle Probleme der Bionanotechnologie
PH1409	Introduction to Current Neutrino Astronomy
PH1411	Methoden der Oberflächenanalytik
PH1419	Aufbau und Steuerung eines Messplatzes mit LabView für Bachelorstudierende
PH1308	Methoden und Detektoren in der Astroteilchenphysik

### **7.3.3 Bachelor's Thesis**

Im Rahmen der Bachelor's Thesis zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind, eine experimentelle oder theoretische Aufgabe im moderaten thematischen Umfang innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes zu bewältigen. Die Bearbeitung erfolgt unter Anleitung weitgehend selbstständig nach bekannten Verfahren und wissenschaftlichen Gesichtspunkten.



### Rahmenbedingungen

Bachelor's Thesis und Kolloquium sind gemäß FPSO und Studienplan an das 6. Fachsemester gekoppelt. Somit ist sichergestellt, dass das Ausbildungsniveau den üblichen Anforderungen einer Bachelor's Thesis in den Laboratorien und Forschungseinrichtungen der Fakultät entspricht. Aus den zugeordneten 15 Leistungspunkten (12+3) ergibt sich in Übereinstimmung mit den Definitionen der Kultusministerkonferenz eine Arbeitsbelastung von etwas mehr als 400 Stunden, was sich gut mit der in den TUM Regularien definierten Bearbeitungszeit von 12 Wochen deckt. Neben der Bachelor's Thesis sind im 6. Fachsemester allerdings auch Module im Umfang von 15 Credits zu bewältigen. Darüber hinaus sind bedingt durch das studienbegleitende Prüfungssystem Prüfungen zu absolvieren bzw. die nötigen Vorbereitungszeiten einzuplanen, so dass kein Zeitfenster im erforderlichen Umfang zur Verfügung steht, in dem man sich ausschließlich der Thesis widmen könnte.

### „Kompakt gelesene“ Module und „Teilzeit-Thesis“

Um dennoch qualitativ hochwertige Bachelor's Thesis zu ermöglichen, wird die Bearbeitung der Thesis über einen längeren Zeitraum in Teilzeit, genauer in Phasen unterschiedlicher Arbeitsintensität, realisiert. Flankierend werden die Spezialisierungsmodule im sechsten Fachsemester "kompakt" gelesen (8 SWS Vorlesung und 4 SWS Übung), so dass diese Mitte des Sommersemesters abgeschlossen sind. Die restliche Zeit verbleibt für die intensive Endphase der Bachelor-Arbeit (siehe Abbildung 5).

### Organisatorischer Ablauf

Für die organisatorische Abwicklung der Thesis wurde eine Internetschnittstelle mit Selbstbedienungsfunktion für Studierende und Betreuer bereitgestellt, die den gesamten Prozess begleitet. Nicht zuletzt durch diese Maßnahme konnte sichergestellt werden, dass alle Studierenden den Studienabschluss nach 6 Semestern realistisch erreichen können und schnellstmöglich über Abschlussdokumente verfügen. Dies ist insbesondere dann von entscheidendem studentischem Interesse, wenn für ein weiterführendes Studium ein Wechsel des Studienortes ansteht.

In der Regel zu Beginn des Wintersemesters stellen die Betreuer mögliche Themen mit Kurzbeschreibungen und Kontakt-Koordinaten in die erwähnte Internetdreh Scheibe ein. Dies eröffnet den Studierenden ein zentrales und äußerst effizientes Informationsportal, auf dessen Basis sie im Laufe des fünften Semesters mit den Themenstellern Kontakt aufnehmen und sich schließlich die Zusage für die Bearbeitung eines Themas sichern. Es folgt eine offizielle Anmeldung über das Dekanat, bei der der Abgabetermin konkret vereinbart wird. Gleichzeitig wird das Thema im Internetportal als vergeben markiert. Um eine rechtzeitige Fertigstellung der Bachelor's Thesis, deren Bewertung und eine Durchführung des Kolloquiums noch im September

sicherzustellen und damit einen möglichst reibungslosen Übergang in den Masterstudiengang zu garantieren, wird eine avisierte Abgabe der Arbeit Ende Juli bis Ende August dringend empfohlen.

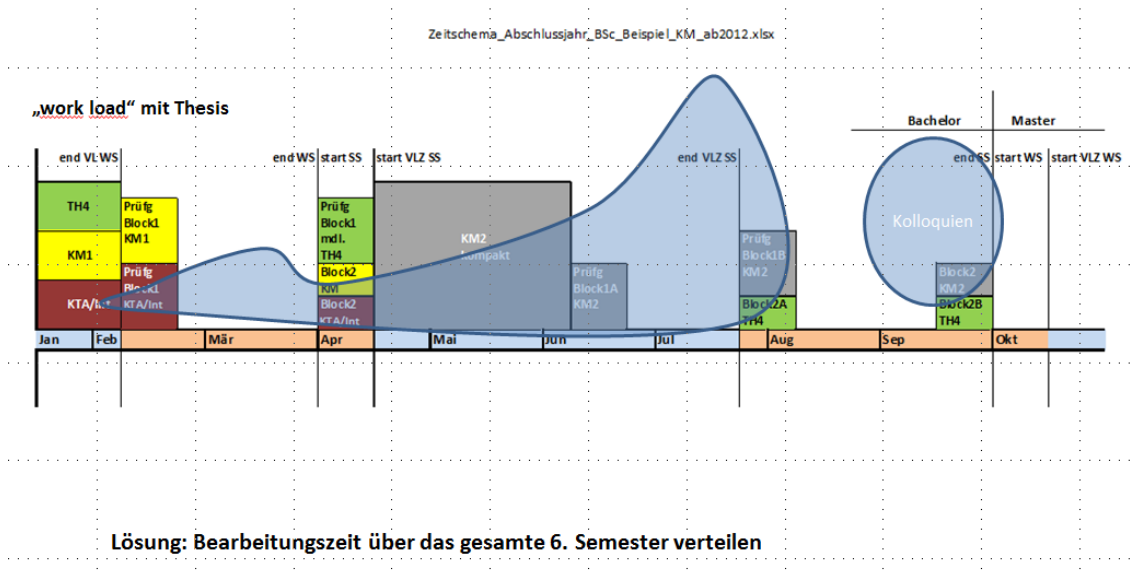


Abbildung 5: Letzter Studienabschnitt im Bachelorstudiengang Physik: Schematisch dargestellt ist die variable Arbeitsintensität an der Thesis vor dem „Workload-Hintergrund“ der anfallenden Studien- und Prüfungsleistungen.

Mit der Bearbeitung der Thesis sollte daher im Anschluss an die Prüfungen des 5. Semesters begonnen werden. Je nach individueller Studiensituation (Prüfungen, Vorbereitungen etc.) kann hierfür in der Anfangsphase mehr oder weniger Zeit aufgebracht werden. Die Durchführung erster Literaturrecherchen oder die „Akklimatisierung“ am neuen Arbeitsplatz bzw. in der neuen Arbeitsgruppe sollte aber in allen Fällen möglich sein. Die genaue Ausgestaltung obliegt dem Studierenden bzw. den Vorstellungen des Themenstellers, sicher aber auch der Spezifik des einzelnen Themas. Auch im weiteren Verlauf des Semesters sollte man die Bearbeitung der Bachelor's Thesis nie aus den Augen verlieren, wobei sich nach Abschluss des kompakt gelesenen Moduls Mitte Juni genügend Freiraum für eine äußerst intensive Abschlussphase eröffnet.

Die abschließende schriftliche Zusammenfassung der Arbeit sollte etwa 30 Seiten umfassen und wird in elektronischer Kopie (pdf) in die Themendatenbank hochgeladen. Falls nötig gleicht der Studierende das in der Datenbank hinterlegte Arbeitsthema an das Abgabethema (entspricht Deckblatt Arbeit) ab. Anschließend wird mit dem Unterzeichnen des Abgabeformulars im Dekanat die Abgabe offiziell verbucht.



Die Kolloquien finden in der Regel im September statt. Die zentrale Organisation erfolgt über das Dekanat. Die Koordinaten werden über die Internetdrehscheibe kommuniziert. Jeweils zwei Themensteller finden sich mit ihren Kandidaten zu einem Seminartermin ein. Als Richtwert kann man von etwa 6 Teilnehmern ausgehen. Im Rahmen dieses Termins werden die Arbeiten vorgestellt, verteidigt und diskutiert. Pro Arbeit setzt man etwa 30 Minuten an. Arbeit und Kolloquium werden im Zuge dieses Termins von den beiden Themensteller endgültig begutachtet bzw. benotet. Unmittelbar im Anschluss an die Kolloquien gehen die Noten an das Dekanat und werden dort in TUMonline verbucht, so dass die Zeugnisse unverzüglich erstellt werden können.

Wie weiter oben im Text bereits erwähnt, bedeutet die Bereitstellung der für die Durchführung der Bachelor's Thesis notwendigen Ressourcen eine extreme logistische Herausforderung für die Fakultät für Physik, insbesondere dann, wenn man einem hohen Qualitätsanspruch gerecht werden möchte. Dass dies trotz anfänglicher Skepsis durchwegs gelungen ist, bestätigen nicht nur die Studierenden und Betreuer, sondern zeigt auch ein Blick auf das aktuelle Themenangebot, das jeweils im Internet dargestellt ist:

<https://www.ph.tum.de/academics/bsc/thesis/#offer>

Dabei ist zu beachten, dass ein vollständiges Angebot von 200 Themen und mehr jeweils zum Jahresanfang eingestellt wird, während bearbeitete Themen aus dieser Darstellung verschwinden.

## **7.4 Studienablauf und Prüfungen**

Der Studiengang ist modularisiert. Jedem Modul ist eine bestimmte Anzahl an Credits zugeordnet (vgl. Studienplan), die in etwa die Arbeitsbelastung wiedergibt. Absolviert man ein Modul erfolgreich, erhält man die zugehörige Anzahl an Credits gutgeschrieben. Das Studium ist bestanden, wenn man alle 180 Credits erworben bzw. die zugehörigen Module „bestanden“ hat.

### **7.4.1 „Bestehen“ eines Moduls – Prüfungsleistung/Studienleistung**

Bei Modulen mit Prüfungsleistung sind am Ende der Vorlesungszeit Prüfungen zu absolvieren (Klausur, mündliche Prüfung, etc.). Diese müssen grundsätzlich bestanden werden, um die assoziierten Credits zu erwerben. Die erzielten Zensuren gehen in die Abschlussnote ein.

Module mit Studienleistung gehen nicht in die Gesamtnote ein. Dennoch müssen auch zum Bestehen dieser Module, und somit zum Erwerb der zugeordneten Credits, gewisse Leistungskriterien erfüllt werden. Dies kann fallweise eine Prüfung im obigen Sinne sein, aber auch die erfolgreiche Durchführung einer bestimmten Anzahl von



Versuchen im Rahmen eines Praktikums oder das Abhalten eines Vortrags im Rahmen eines Seminars. Die Bewertung erfolgt in der Regel nur mit „B“ für bestanden oder „N“ für nicht bestanden. Die spezifische Regelung erfährt man immer zu Beginn des jeweiligen Moduls. Module mit Studienleistungen sind in der Spalte "Prüfungen" des Studienplans als solche ausgewiesen.

#### **7.4.2 Prüfungen und Modulgröße**

Die Organisation und Administration der Prüfungen, wie Anmeldung, Ergebnisverbuchung oder die Erstellung von Bescheiden, erfolgt vollständig über das Campus-Management-System TUMonline.

Die arbeitsintensiven Pflichtmodule mit Prüfungsleistung haben einen Umfang von etwa 8-9 Credits, so dass die Studierenden pro Semester in der Regel nur drei dieser großen Prüfungen zu absolvieren haben.

Dazu kommen als Module mit Studienleistung die drei Blöcke des Anfängerpraktikums mit jeweils 5 Credits und die semesterübergreifend angelegten fachspezifischen Schlüsselqualifikationen der Physik mit 10 Credits. Durch den durchwegs immanenten Prüfungscharakter entsteht bei diesen Modulen keine zusätzliche Prüfungsbelastung am Semesterende.

Auch das Modul „Einführung in die Wissenschaftliche Programmierung (IN8008)“ mit 4 Credits geht als Studienleistung nicht in die Endnote ein. Die Studierenden bestehen dieses Modul nach erfolgreicher praktischer Umsetzung diverser Programmierprobleme, ganz im Sinne eines Praktikums. Die Fakultät für Physik erachtet es – wie im Abschnitt 7.2.3 ausgeführt - als besonderes Qualitätsmerkmal, ihren Studierenden im Nebenfachbereich neben einführenden Kenntnissen in der Chemie auch elementare Grundlagen in der Informatik vermitteln zu können.

Im Wahlbereich „Allgemeinbildende Fächer“ müssen aus einem dynamischen Katalog Module im Umfang von insgesamt 4 Credits als Studienleistung eingebracht werden. Die Studierenden werden angehalten sich überfachliche Qualifikationen anzueignen, da diese neben den Fachkompetenzen im späteren Arbeitsleben unabdingbar sind und einen hohen Stellenwert haben; entsprechend den Ausführungen im Qualifikationsprofil. Die Module bilden einen Pool von Angeboten, aus denen der Studierende frei nach den eigenen Interessen und Bedürfnissen auswählen kann. Ein Studierender benötigt aus diesem Katalog in der Regel zwei Module, um den geforderten Umfang von insgesamt mindestens 4 Credits einzubringen. Ein Verzicht auf Module mit weniger als 5 Credits oder deren Zusammenfassen zu größeren Modulen wären aufgrund der angestrebten Lernergebnisse nicht begründet und



würden die Reichhaltigkeit der individuellen Auswahlmöglichkeiten stark einschränken.

### 7.4.3 Prüfungsschema

Im Regelfall werden für jedes Modul mit Prüfungsleistung nach Vorlesungsende eine Prüfung und eine Wiederholungsprüfung angeboten. Beide Prüfungen erfolgen studienbegleitend, das heißt sie finden im Zeitraum bis einschließlich der ersten Woche der Vorlesungszeit des Folgesemesters statt. Standardmäßig werden die Erst-Prüfungen in den ersten zwei bis drei Wochen der vorlesungsfreien Zeit angesetzt (Block 1). Etwa in den letzten beiden Wochen der vorlesungsfreien Zeit besteht im Bedarfsfall die Möglichkeit zur Wiederholung (Block 2). Sind weitere Prüfungsversuche nötig, können diese in der Regel erst nach einem Jahr, wenn das Modul für den Folgejahrgang erneut angeboten wird, absolviert werden (Abbildung 6).

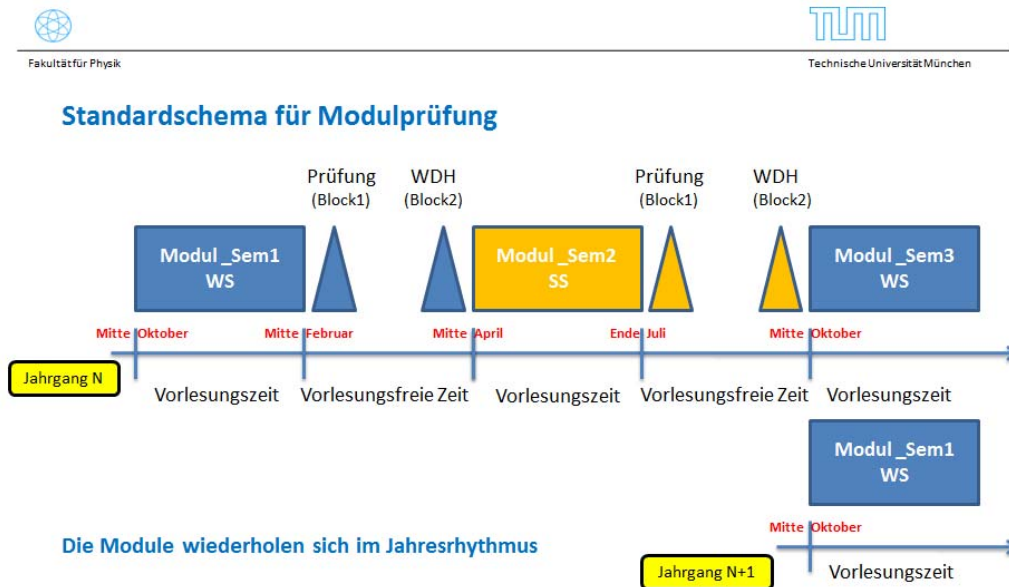


Abbildung 6: Standardschema für studienbegleitende Modulprüfungen

### 7.4.4 Grundlagen- und Orientierungsprüfung (GOP)

Gemäß Eckpunktepapier der TU München zur Gestaltung von Bachelor- und Masterstudiengängen gilt: Neben der allgemeinen Hochschulreife wird die Qualifikation für das Bachelorstudium durch ein Eignungsfeststellungsverfahren (EFV) im Vorfeld des Studiums bzw. als Instrument der Qualitätssicherung während des Studiums durch die Grundlagen- und Orientierungsprüfung (GOP) festgestellt. Vorgeschriebene Merkmale der GOP sind die Meldefiktion für alle Prüfungen des ersten Studienjahres mit einmaliger Wiederholungsmöglichkeit.



Die Fakultät für Physik hat sich für die GOP-Variante entschieden. Anders als beim EFV erhält jeder Bewerber einen Studienplatz, muss aber innerhalb des ersten Studienjahres seine Eignung unter Beweis stellen. Trotz der straffen Regelung, hat sich die GOP in den letzten Jahren bewährt und genießt auch unter den Studierenden, nicht zuletzt aufgrund folgender Kriterien, hohe Akzeptanz:

- Die GOP wird allgemein „fairer“ als das EFV eingeschätzt.
- Die Studienerfolgsaussichten betragen bei Bestehen der GOP, und dem damit verbundenen „Aufrücken“ in das dritte Semester, nahezu 100%.
- Ein Misserfolg bzw. die "Nicht-Eignung" für das Studium zeichnet sich frühzeitig ab, bleibt somit im erträglichen Rahmen, und ermöglicht den betroffenen Studierenden eine gewissenhafte Neuorientierung.

#### 7.4.4.1 Regeln der GOP und Erfolgsquote

Die jeweils drei Modulprüfungen der ersten beiden Semester unterliegen der strengen Regelung der Grundlagen- und Orientierungsprüfung (GOP).

Module GOP1 (1.Semester)
Experimentalphysik 1
Mathematik für Physiker 1 (Lineare Algebra 1)
Mathematik für Physiker 2 (Analysis 1)

Module GOP2 (2.Semester)
Experimentalphysik 2
Mathematik für Physiker 3 (Analysis 2)
Theoretische Physik 1 (Mechanik)

Diese Prüfungen müssen in jeweils zwei Versuchen bestanden sein, andernfalls ist das Studium zu beenden. Auch diese Prüfungen sind studienbegleitend, das heißt, der erste Versuch findet unmittelbar nach der Vorlesungszeit statt. Die Wiederholungsprüfung ist am Ende der vorlesungsfreien Zeit. Es besteht Antrittsverpflichtung. Entsprechend werden alle Studierenden automatisch angemeldet. Bei Nichterscheinen gilt der entsprechende Versuch als nicht bestanden.

Der Prüfungsausschuss hat zusätzlich für beide Prüfungsteile der GOP eine Drittversuchsregelung festgelegt: Kandidaten, die nach der Absolvierung der Wiederholungsversuche eines Prüfungsteiles in genau einer Modulprüfung durchgefallen sind, können zeitnah nach Bekanntgabe des Prüfungsergebnisses beim



zuständigen Prüfer eine Nachprüfung ablegen, um im Erfolgsfall das Modul doch noch mit ausreichendem Erfolg zu bestehen.

In der GOP beweisen die Studierenden ihre Eignung für das Physikstudium. Sie erwerben damit im ersten Studienjahr einen Grundstock von 60 Credits, der sich zudem als Garant für den erfolgreichen Studienabschluss innerhalb der Regelstudienzeit nach weiteren zwei Jahren erwiesen hat. Abbildung 7 zeigt am Beispiel des Studienjahrgangs 10/11 den typischen Verlauf der Studierendenzahl im Rahmen der GOP im ersten Studienjahr. Bemerkenswert ist, dass eine große Anzahl der offiziell registrierten Anfänger zu keiner der Pflichtprüfungen nach dem ersten Semester antritt. Entsprechend definieren wir bei der Ermittlung der GOP-Erfolgsquote die Bezugsgröße „reale Anfänger“, die nur jene Studierenden des Jahrgangs inkludiert, die Prüfungsantritte verzeichnen.

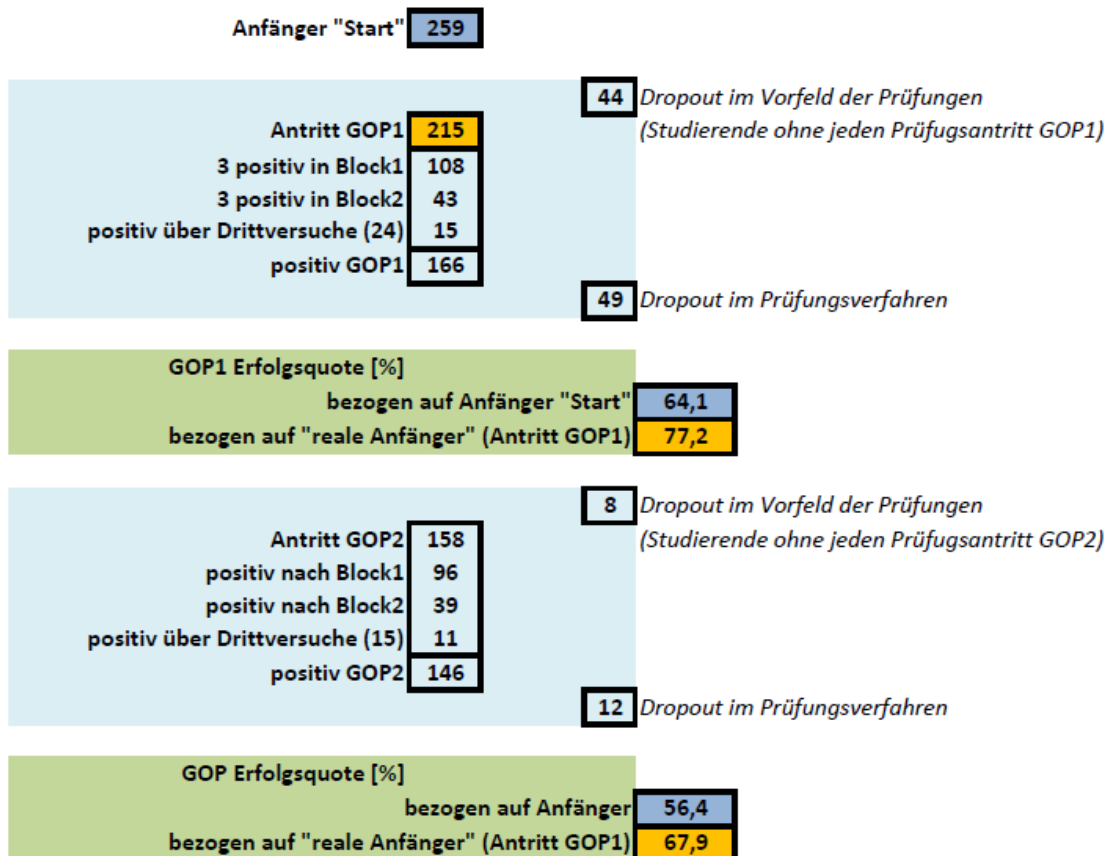


Abbildung 7: Typischer Verlauf der Studierendenzahl im Zuge der GOP im ersten Studienjahr am Beispiel des Studienjahrgangs 10/11. Erläuterung im Text

Bezogen auf reale Anfänger liegt die GOP-Erfolgsquote im langjährigen Mittel relativ konstant bei 65%. Abbildung 8 stellt den Verlauf über die zurückliegenden



Studienjahrgänge dar, legt aber auch offen, dass die Quote bezogen auf alle Anfänger kontinuierlich sinkt. Gleicht man dies mit den steigenden Studienanfängerzahlen ab, liegt nahe, dass das Kontingent der Scheinstudierenden stetig zunimmt. Der Zusammenhang zwischen Anfängern, Prüfungsteilnehmern und somit „realen Anfängern“ und Parkstudierenden ist in Abbildung 9 dargestellt.

Das Phänomen der „Parkstudierenden“ im Studienfach Physik existiert deutschlandweit. Die KFP hat im Zuge ihrer jährlichen statistischen Erhebungen 2013 damit begonnen, entsprechende Daten zu sammeln. Ein erstes Ergebnis lautet: Nur 65% der Immatrikulierten nahmen das Studium auf, und 58% verfolgen es ernsthaft (Physik Journal, August/Sept. 2013, S. 33). Leider ist dieser Sachverhalt analytisch nur schwer zugänglich, da vielerorts vor dem ersten Prüfungsantritt keine verpflichtenden Studienelemente existieren. Die KFP will durch weitere Erhebungen auch zukünftig an dem Thema dranbleiben, weist aber heute schon drauf hin, dass die scheinbar notorisch hohen Studien-Abbruch-Quoten in der Physik neu interpretiert werden müssen.

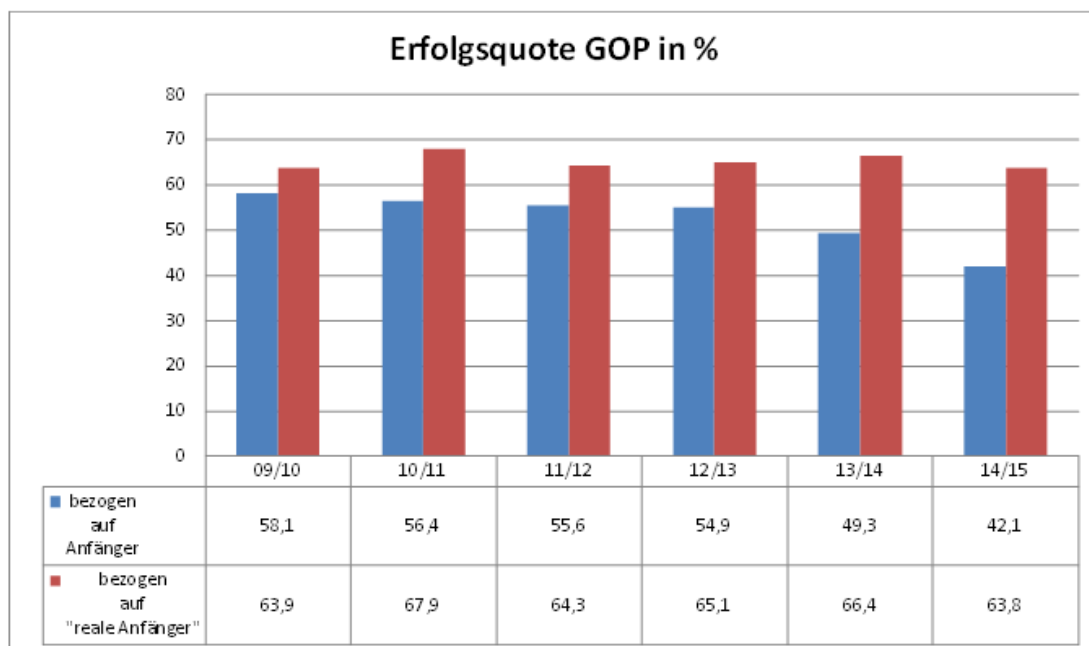


Abbildung 8: Die GOP-Erfolgsquote der „realen Anfänger“ liegt über die Jahre relativ konstant bei 65%

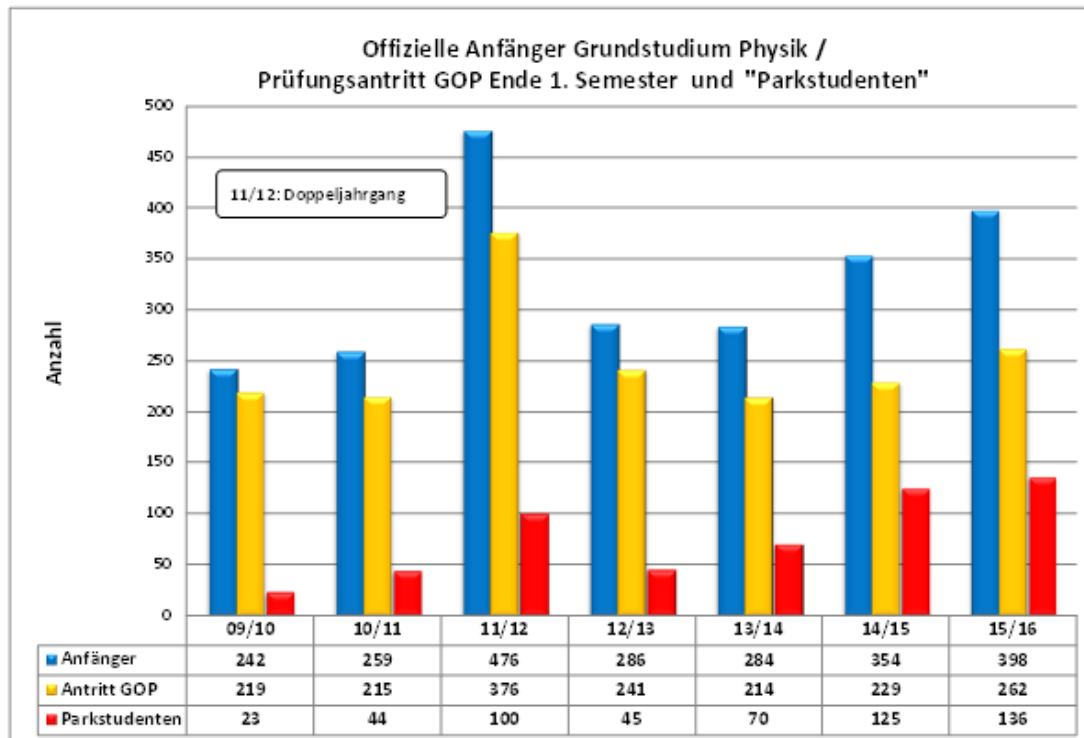


Abbildung 9: Anfänger, Antritte GOP und vermeintliche Parkstudierende

#### 7.4.5 Studienfortgangskontrolle

Prinzipiell könnte jede nicht bestandene Prüfung außerhalb der GOP beliebig oft wiederholt werden (bestandene Prüfungen sind von der Wiederholung ausgeschlossen). Allerdings muss nach jedem Fachsemester eine festgelegte Anzahl an Credits erworben worden sein, was ein gewisses Kontingent an bestandenen Prüfungen erfordert. Die im Rahmen der sogenannten Studienfortgangskontrolle erforderlichen Credits sind in folgender Tabelle wiedergegeben:

Ende Fachsemester	Muss [CP]	Soll [CP]
3	30	90
4	60	120
5	90	150
6	120	180
7	150	
8	180	

Die detaillierten Regelungen sind in der Fachprüfungsordnung (Anlage) niedergelegt.

#### 7.4.6 Endnote

Die Endnote wird im Wesentlichen aus den nach Credits gewichteten Einzelnoten der Module mit Prüfungsleistungen ermittelt. Dabei gehen die Theoretische Physik 4, die Spezialisierungsmodule aus dem sechsten Fachsemester, das Bachelor-Kolloquium



sowie die Bachelor-Arbeit mit doppeltem Gewicht ein. Exemplarisch für die Vertiefungsrichtung KTA ergibt sich folgende Gewichtung:

Modul	CP	Gewicht	CP (gewichtet)	%
Experimentalphysik 1	9	1	9	5,0
Mathematik für Physiker 1 (Lineare Algebra 1)	8	1	8	4,4
Mathematik für Physiker 2 (Analysis 1)	8	1	8	4,4
Experimentalphysik 2	9	1	9	5,0
Mathematik für Physiker 3 (Analysis 2)	8	1	8	4,4
Theoretische Physik 1 (Mechanik)	8	1	8	4,4
Experimentalphysik 3	8	1	8	4,4
Mathematik für Physiker 4 (Analysis 3)	8	1	8	4,4
Theoretische Physik 2 (Elektrodynamik)	8	1	8	4,4
Chemie für Physiker	6	1	6	3,3
Experimentalphysik 4	8	1	8	4,4
Theoretische Physik 3 (Quantenmechanik 1)	9	1	9	5,0
Kern-, Teilchen- und Astrophysik 1	9	1	9	5,0
Einführung in die Physik der Kondensierten Materie	8	1	8	4,4
Kern-, Teilchen- und Astrophysik 2	9	2	18	10,0
Theoretische Physik 4 (Thermodynamik und Statistik)	9	2	18	10,0
Bachelor-Arbeit	12	2	24	13,3
Bachelor-Kolloquium	3	2	6	3,3
<b>Summe</b>	<b>147</b>	<b>22</b>	<b>180</b>	<b>100</b>

#### 7.4.7 Absolventenzahlen

Seit den ersten Abschlüssen im Studienjahr 11/12 hat die Absolventenzahl beginnend mit 134 kontinuierlich zugenommen und betrug im Studienjahr 14/15 174. Die mittlere Studiendauer liegt bei etwa 6 Semestern und entspricht somit der Regelstudienzeit. Die mittlere Abschlussnote beträgt etwa 2,3, wobei das mittlere Alter der Absolventen bei etwas über 23 Jahren liegt (Abbildung 10).

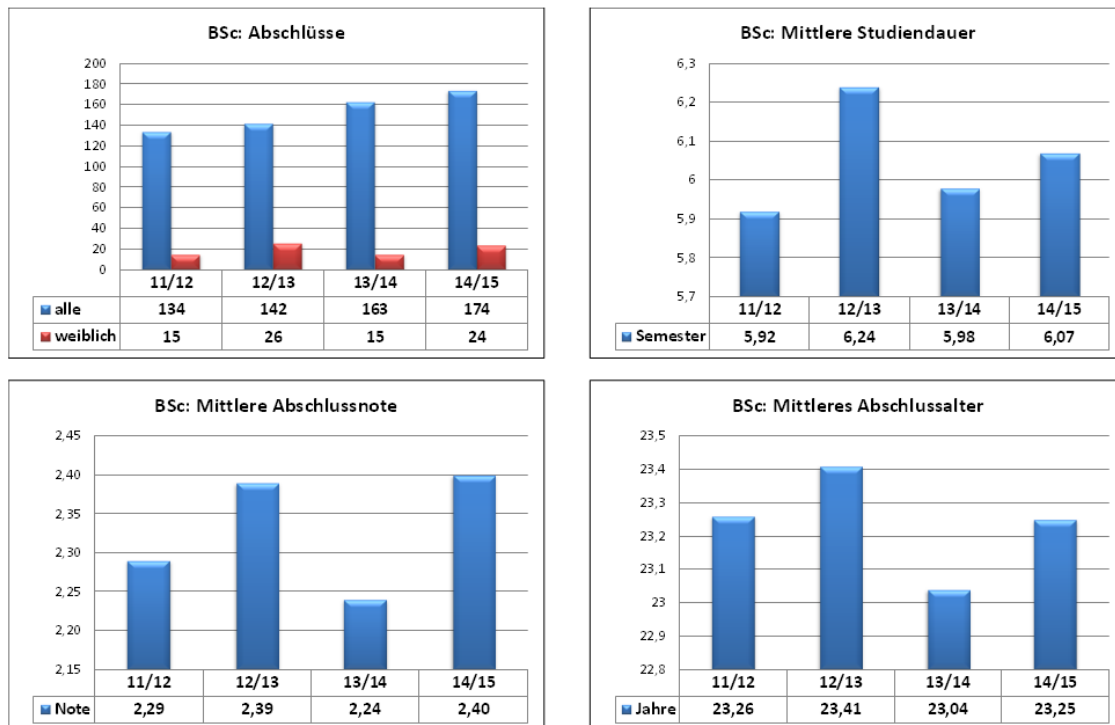


Abbildung 10: Abschlüsse - diverse Zahlen

## 7.5 Internationalisierung und Mobilität

Die internationale Ausrichtung und grenzübergreifende Zusammenarbeit des Physik-Departments blickt auf eine lange Tradition zurück und hat in den vielen Jahren zu beträchtlichen Erfolgen geführt, u.a. zur erfolgreichen Verlängerung der Maßnahmen der Exzellenzinitiative, aber auch zu zahlreichen hochkarätigen nationalen Forschungsverbänden bzw. Aktivitäten an internationalen Forschungseinrichtungen im Ausland. Heute ist die wissenschaftliche Forschung weit stärker vernetzt als noch vor einigen Jahrzehnten und vor dem Hintergrund zunehmender Konkurrenz um personelle und materielle Ressourcen sowie mit Blick auf die Demographie ist ein Prozess zur systematischen Weiterentwicklung unabdingbar, um den Wirkungsbereich zu vergrößern und hierbei insbesondere zunehmend international zu agieren.

In diesem Kontext sind uns auch attraktive Auslandsmöglichkeiten und internationale Lernerfahrungen für unsere Studierenden von großer Bedeutung, um sie auf erfolgreiche Karrieren in einer globalisierten Welt vorzubereiten und zu ihrer persönlichen Entwicklung beizutragen. Im Masterstudium bietet sich zur Realisierung unserer Internationalisierungsstrategie ein vielfältiges Spektrum an Maßnahmen an, das von internationalen Doppelabschlüssen über englischsprachige Studiengänge bis hin zu Studien- oder Forschungsaufenthalten im Ausland reicht. Die flexible Spezialisierungsphase bietet hierbei eine optimale Grundlage für die Realisierung von Auslandsaufenthalten. Weit weniger anpassungsfähig erweist sich da das

grundlagenorientierte Bachelorstudium. Dennoch werden Auslandsaufenthalte auch hier unterstützt und gefördert.

### 7.5.1 Outgoing

Unsere Studierenden nehmen verschiedene Auslandsmöglichkeiten wahr. Die meisten Studierenden gehen über Austauschprogramme wie Erasmus+ Studium und TUMexchange ins Ausland und besuchen dort sowohl Fach- als auch Sprachkurse an den Partneruniversitäten.

Outgoings	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
<b>Erasmus+ Studium</b>	35	26	28	44	21
<b>TUMexchange</b>	15	14	15	13	17
<b>Double Degrees</b>	-	0	1	1	2
<b>Sonstiges</b>	3	5	11	10	9
<b>Gesamt</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>68</b>	<b>49</b>

Das International Center der TUM kümmert sich um die administrativen Abläufe, während in der Fakultät die Referentin für Internationales die fachliche Beratung und Betreuung abdeckt. Aufgrund einer stets intensiven Beratung und Absprache im Vorfeld des Auslandsaufenthaltes (learning agreement) können die meisten Anerkennungsanträge von im Ausland erbrachten Studien- und Prüfungsleistungen positiv bewertet werden, wobei die erzielten Noten linear in das TUM-Bewertungssystem umgerechnet werden. Probleme bereitet dies lediglich bei Ländern, in denen die theoretische Bestnote kaum vergeben wird (z.B. in Frankreich und UK), sowie bei Universitäten, die ein wenig differenziertes Bewertungsschema verwenden (z.B. manche Universitäten in Schweden).

Die Anzahl der Austauschstudierenden lag in den letzten fünf Jahren relativ konstant bei etwa 50, mit einem kleinem Ausreißer nach oben in 2013/14, der dem doppelten Abiturjahrgang in Bayern geschuldet ist. Die beliebtesten Zielländer sind China, Kanada, Großbritannien, USA, Schweden und Singapur. Um der Nachfrage der Studierenden entsprechen zu können, müssen in Kanada, Großbritannien, USA und Schweden neue Fakultätspartnerschaften angebahnt werden. Weitere beliebte Zielländer in Europa bzw. die beliebtesten Erasmus-Fakultätspartneruniversitäten sind in Abbildung 11 zu sehen.

Neben dem Austausch via strukturierte Programme, kommt es über bestehende Lehrstuhlkooperationen zu zahlreichen selbstorganisierten Forschungsaufenthalten im





Rahmen von Projekten und Abschlussarbeiten, die meist selbstfinanziert und somit statistisch nicht festgehalten sind.

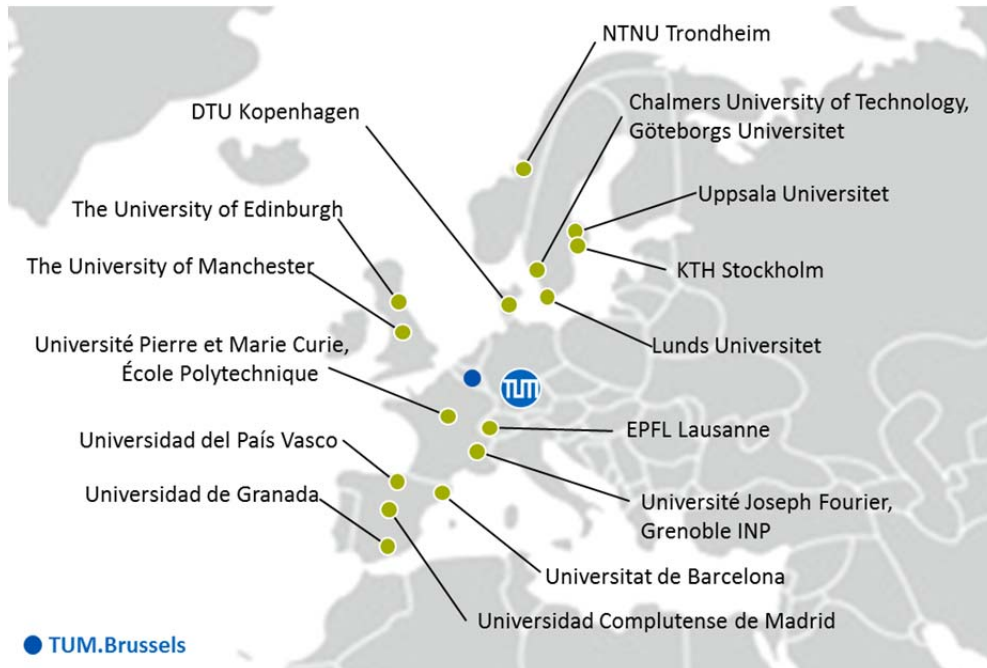


Abbildung 11: Lieblingsdestinationen der Physik-Studierenden innerhalb Europas

### 7.5.2 Mobilität und Mobilitätsfenster im Bachelorstudiengang

Wie in den vorangegangenen Abschnitten ausgeführt, ist es eine Besonderheit des Physikstudiums, dass im Bachelor ausschließlich Grundlagen vermittelt werden und dass dies in der Regel im Rahmen eines sehr starren Studienkonzeptes erfolgt. Eine Spezialisierung ist erst im Master vorgesehen. Die höhere Flexibilität im Studienprogramm des Masters begünstigt auch die Verwirklichung von Auslandsprojekten in diesem Studienabschnitt. Da nahezu alle Studierenden in der Physik einen konsekutiven Masterabschluss anstreben (vgl. Absatz 5.2), und da andererseits ein Mobilitätsprojekt einen Vorlauf von etwa einem Jahr erfordert, streben tatsächlich die meisten Bachelorstudierenden einen Auslandsaufenthalt unmittelbar nach dem Bachelorabschluss, also im ersten Studienjahr des Masterstudiums, an, wobei die Vorbereitungen bereits vollständig im Bachelorstudium erfolgen.

Nur etwa 10% unserer „Outgoings“ realisieren ihren Auslandsaufenthalt bereits während des Bachelorstudiums. Eindeutig favorisiertes Mobilitätsfenster ist dabei das fünfte Fachsemester, was sich i. W. aus der schon erwähnten organisatorischen Vorlaufzeit ergibt. Die Studierenden sind im Sinne eines zügigen Studienablaufes bestrebt, die während des Auslandsaufenthaltes versäumten Pflichtmodule an der Gastuniversität absolvieren zu können und sie werden insbesondere in dieser Fragestellung durch das internationale Referat der Fakultät bereits in der Vorbereitungsphase intensiv unterstützt. Im fünften Fachsemester handelt es sich



konkret um die Module „Kondensierte Materie“, „Kern, Teilchen und Astrophysik“ sowie „Theorie der Thermodynamik und Statistik“, die nach unseren Erfahrungen in der Regel auch an potentiellen Zieluniversitäten in vergleichbarer Form im Angebot zu finden sind und absolviert werden können.

Grundsätzlich wird angestrebt, gemeinsam mit den Studierenden bereits im Vorfeld des Aufenthalts ein Studienprogramm zusammenzustellen, das durch intensiven Abgleich mit den Modulbeschreibungen der Partnereinrichtungen, aber auch durch Austausch mit deren Auslandsbeauftragten, die spätere Anerkennung von Leistungen inkludiert, so dass sich durch den Auslandsaufenthalt keine Studienzeiterverlängerung ergibt. Für viele Standarddestinationen sind diesbezüglich bereits Routineprozesse katalogisiert.

Um den Studierenden unter Berücksichtigung der oben genannten Aspekte ein möglichst breites Spektrum an Zieluniversitäten anbieten zu können, erfolgt die Anerkennung von im Ausland erbrachten Prüfungsleistungen zwar immer auf Basis der vermittelten Kompetenzen, aber stets innerhalb eines vertretbaren Rahmens „großzügig“. Aufgrund der doch etwas unterschiedlichen Umsetzung der Curricula im Ausland und an der TUM wäre eine allzu kritische Betrachtung im Sinne einer völligen Kongruenz der Kompetenzen oftmals wenig zielführend. Die Studierenden werden in etwaigen Grenzfällen aber immer darauf hingewiesen, dass sie möglicherweise fehlende Inhalte und Kompetenzen selbstständig nachholen sollten.

### **7.5.3 Ausgewählte Optimierungsmaßnahmen**

#### ***Erweiterung der Erasmus-Fakultätspartnerschaften***

Das Physik-Department ist bestrebt, die Anzahl der Austauschplätze insbesondere in den Regionen zu erhöhen, die bei den Studierenden sehr beliebt sind. Momentan zählen dazu Großbritannien, Irland und die Skandinavischen Länder. Die neusten Partneruniversitäten im Erasmus+ Programm sind die University of Sussex, die Uppsala University und die University of Helsinki. Die Erweiterung der Partnerschaften hat noch einen weiteren positiven Effekt: abgestimmte Austauschprogramme haben sich auch als effizientes Mittel erwiesen, Incoming-Austauschstudierende von renommierten internationalen Universitäten für ein Studium bzw. eine Promotion an der TUM zu gewinnen.

#### ***Sprachencafé***

In Zusammenarbeit mit der Fakultät für Informatik und TUMi findet das Sprachencafé TalkTUM[i:] seit dem Wintersemester 2014/15 nun in Garching regelmäßig bzw. wöchentlich während der Vorlesungszeiten statt. Ziel der Veranstaltung ist es, das Üben der gesprochenen Sprachen und den interkulturellen Austausch in einer



entspannten Atmosphäre zu ermöglichen. Im Fokus steht das Angebot von Deutsch als Fremdsprache sowie weitere Landersprachen unserer Partneruniversitäten.

### *International Day der Fakultäten MPI*

Seit 2011 veranstalten die Fakultäten für Mathematik, Physik und Informatik jährlich den International Day. Diese Veranstaltung stößt bei den Studierenden auf große Resonanz und richtet sich an drei Zielgruppen:

- Studierende, die einen Auslandsaufenthalt absolvieren möchten und sich dafür genauer über die Länder und Partneruniversitäten informieren bzw. sich inspirieren lassen möchten.
- Internationale Studierende, welche wir innerhalb der Fakultäten sichtbarer machen und dabei unterstützen möchten, Kontakte mit anderen Fakultätsmitgliedern zu knüpfen.
- Angestellte in der Verwaltung sowie Lehrende und Forschende, welche wir für die Gruppe der internationalen Studierenden und die kulturellen Unterschiede sensibilisieren sowie über die Internationalisierungsmöglichkeiten der TUM informieren möchten.

## 8 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Bachelorstudiengang Physik bildet gemeinsam mit den vier konsekutiven Masterstudiengängen das elementare Studienangebot der Fakultät für Physik. Darüber hinaus bietet das Physik-Department federführend keine weiteren Studiengänge an. Für die inhaltliche und organisatorische Umsetzung des Studiengangs sind der Dekan und der Fachbereichsrat verantwortlich. Laufende Studienangelegenheiten obliegen in erster Instanz dem Studiendekan. Für prüfungsrechtliche Belange hat der Fachbereichsrat den Prüfungsausschuss eingesetzt.

Gremien - Funktionen	Stand Mai 2016
<b>Dekan:</b>	Prof. Barth
<b>Fachbereichsrat:</b>	Mitglieder...
<b>Studiendekan</b>	Prof. Fierlinger
<b>Referent Studiendekan</b>	Dr. Höffer von Loewenfeld
<b>Prüfungsausschuss</b>	
<b>Vorsitzender</b>	Prof. Simmel
<b>stellv. Vorsitzender</b>	Prof. Pfeiderer
<b>Mitglied:</b>	Prof. Gross
<b>Mitglied:</b>	Prof. Zacharias
<b>Mitglied:</b>	Prof. Kaiser



<b>Mitglied:</b> Prof. Schönert
<b>Schriftführer:</b> Dr. Dressler

Das operative Tagesgeschäft wird in der Abteilung „Zentrale akademische Verwaltung“ der Fakultät abgewickelt. Die Mitarbeiter bewältigen alle Aufgabenbereiche, die zur ordnungsgemäßen Durchführung des Studienganges unabdingbar sind. Hierzu zählen unter anderem Tätigkeiten wie Studiengangsverwaltung, Prüfungsverwaltung, Fachstudienberatung, Kommunikation, Koordination, Qualitätsmanagement aber auch technischer Support in EDV-Belangen sowie im apparativ experimentellen Bereich.

<b>Zentrale Akademische Verwaltung</b>	
<b>Akademischer Stab</b>	
<b>Leitung, Studiengangsverwaltung, -organisation, TUMonline und Fachstudienberatung:</b>	Dr. Karl Dressler
<b>Anfängerpraktikum, Fachstudienberatung:</b>	Dr. Martin Sass
<b>Fortgeschrittenenpraktikum, Fachstudienberatung</b>	Dr. Andreas Hauptner
<b>Studienangelegenheiten, Studienbeiträge, TUMonline, Fachstudienberatung,</b>	Dr. Philipp Höffer von Loewenfeld
<b>Internationale Studienangelegenheiten, Fachstudienberatung</b>	Dr. Eckholt
<b>EDV, Internet, IT-Support</b>	Dr. Josef Homolka
<b>Studiensekretariat</b>	
<b>Leitung</b>	Karin Lichtnecker
<b>Mitarbeiter</b>	Sabine Ging
<b>Vorlesungstechnik, Demonstrationsexperimente, Praktikumstechnik</b>	
<b>Leitung</b>	Josef Kressierer
<b>Mitarbeit</b>	Theo König
<b>Mitarbeit</b>	Emmerich Hartmann
<b>Mitarbeit</b>	Markus Paizoni

## 9 Ressourcen

Alle der Lehre zugeordneten Ressourcen der Fakultät, betreffend Personal, Finanz- und Sachausstattung kommen selbstverständlich in erster Linie dem eigenen Studienangebot zugute und sind seit Jahren etabliert. Die Durchführung des Bachelorstudiengangs Physik ist somit gesichert und es müssen keine neuen Stellen und Mittel beantragt werden.



## Abbildungsverzeichnis

---

<i>Abbildung 1: Konsekutive Bachelor-Masterstruktur des Physikstudiums an der TU München nach Umsetzung des Bologna-Prozesses .....</i>	<i>5</i>
<i>Abbildung 2: Entwicklung der Anfängerzahlen im grundständigen Studium der Physik.....</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 3: Zuwachs der Studierendenzahlen von durchschnittlich 18% an der Schnittstelle Bachelor-Master durch externe Zugänge .....</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 4: Anzahl der Bachelorabschlüsse im Studienjahr 2014/15 in den einzelnen Physikfachbereichen (aus Physik Journal 14 (2015) Nr. 8/9).....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 5: Letzter Studienabschnitt im Bachelorstudiengang Physik: Schematisch dargestellt ist die variable Arbeitsintensität an der Thesis vor dem „Workload-Hintergrund“ der anfallenden Studien- und Prüfungsleistungen.....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 6: Standardschema für studienbegleitende Modulprüfungen .....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 7: Typischer Verlauf der Studierendenzahl im Zuge der GOP im ersten Studienjahr am Beispiel des Studienjahrgangs 10/11. Erläuterung im Text .....</i>	<i>34</i>
<i>Abbildung 8: Die GOP-Erfolgsquote der „realen Anfänger“ liegt über die Jahre relativ konstant bei 65% 35</i>	
<i>Abbildung 9: Anfänger, Antritte GOP und vermeintliche Parkstudierende .....</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 10: Abschlüsse - diverse Zahlen.....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 11: Lieblingsdestinationen der Physik-Studierenden innerhalb Europas.....</i>	<i>40</i>

## Anlagen:

---

1. FPSO Bachelorstudiengang Physik  
[https://www.ph.tum.de/academics/faq/legal/?tag=FAQ\\_TUPHSSK](https://www.ph.tum.de/academics/faq/legal/?tag=FAQ_TUPHSSK)
2. Stundenpläne  
<https://www.ph.tum.de/academics/faq/dates/>
3. Modulhandbuch  
<https://www.ph.tum.de/academics/org/cc/>