

# Studiengangsdokumentation

## Masterstudiengang Physik (Kern-, Teilchen- und Astrophysik)

Teil A

TUM School of Natural Science

Technische Universität München

## Allgemeines:

- Organisatorische Zuordnung: TUM School of Natural Science (PH)
- Bezeichnung: Physik (Kern-, Teilchen- und Astrophysik)
- Abschluss: Master of Science (M.Sc.)
- Regelstudienzeit und Credits: 4 Fachsemester und 120 Credit Points (CP)
- Studienform: Vollzeit
- Zulassung: Eignungsverfahren (EV)
- Starttermin: Wintersemester (WiSe) 2010/11  
Sprache: Deutsch
- Studiengangsverantwortlicher: Academic Program Director, PP Physik  
Prof. Wilhelm Auwärter
- Ansprechperson bei Rückfragen zu diesem Dokument:  
Dr. Martin Saß  
E-Mailadresse: [master@ph.tum.de](mailto:master@ph.tum.de)  
Telefonnummer: +49 89 289 18463
- Stand vom: 20.12.2022

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Studiengangsziele</b> .....	<b>4</b>
1.1	Zweck des Studiengangs .....	4
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs .....	5
<b>2</b>	<b>Qualifikationsprofil</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Zielgruppen</b> .....	<b>8</b>
3.1	Adressatenkreis .....	8
3.2	Vorkenntnisse .....	8
3.3	Zielzahlen .....	8
<b>4</b>	<b>Bedarfsanalyse</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Wettbewerbsanalyse</b> .....	<b>11</b>
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse .....	11
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse .....	11
<b>6</b>	<b>Aufbau des Studiengangs</b> .....	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten</b> .....	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Entwicklungen im Studiengang</b> .....	<b>19</b>

# 1 Studiengangsziele

## 1.1 Zweck des Studiengangs

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 ist die Basis der Ingenieurwissenschaften und der Technik.

Die Frage, welches die fundamentalen Bausteine sind, aus denen unsere Welt aufgebaut ist, hat die Menschheit schon sehr lange beschäftigt. Der Masterstudiengang *Physik (Kern-, Teilchen- und Astrophysik) (KTA)* befasst sich mit dem Verständnis unserer Welt auf subatomarem Niveau, von den Atomkernen im Zentrum der Atome bis hin zu den elementarsten Bausteinen. Dabei sind die Struktur und Entstehung der Materie im Universum sowie die Rolle von Wechselwirkungen und Symmetrien für die Entwicklung unseres Universums von Interesse, vom Urknall bis hin zur noch laufenden Entstehung schwerer Elemente in Sternen und Sternexplosionen. Die elektromagnetischen, schwachen und starken Kräfte können im Rahmen der Quantenfeldtheorie beschrieben werden, jedoch nicht die Gravitation. Eine gemeinsame Beschreibung aller Grundkräfte ist ein wichtiges Ziel dieser Forschung in diesem Bereich. Schwerpunkte im Department of Physics sind die Grundlagenforschung in Elementarteilchenphysik, der Astroteilchenphysik sowie der Kern- und Hadronenphysik.

Verschiedene technologische Entwicklungen aus der Grundlagenforschung im Bereich KTA haben ihren Weg in den Alltag oder in andere wissenschaftliche Gebiete gefunden. So beruhen verschiedene diagnostische Methoden der Medizin, wie MRI und PET, auf der KTA Forschung. Auch werden Gamma-, Ionen- und Neutronenstrahlen heute regelmäßig zur Tumortherapie in der Krebsbekämpfung eingesetzt. Aktuelle Forschung im Bereich der medizinischen Diagnostik auf der Basis modernster Detektortechnologien und bei der Anwendung von Ionen- und Neutronenstrahlen für die Strahlenbiophysik und elementspezifische Untersuchung von Materialien sind weitere Beispiele für solchen Anwendungen. Auch die Grundlagen der Kernfusion als zukünftige mögliche Energiequelle liegen im Bereich KTA.

Daran lässt sich erkennen, dass die Grundlagenforschung nicht nur ein akademischer Gewinn für eine Minderheit ist, sondern in vielen Bereichen der Lösung von Problemen dient, vor denen die Gesellschaft steht. Neben der anwendungsbezogenen Forschung ist daher auch die Grundlagenforschung für die fortschreitende Lebensstandardsicherung der Gesellschaft unabdingbar.

Die Ausbildung von Fachkräften für die Grundlagenforschung ist ein primäres Ziel des Studiengangs. Er bereitet die Absolventinnen und Absolventen ideal auf eine Promotion und eine wissenschaftliche Karriere vor. Aber auch außerhalb des universitären Umfeldes lassen sich die im Studiengang erworbenen Kompetenzen einsetzen, wenn beispielsweise die Ergebnisse der Grundlagenforschung zu Anwendungen führen, sind Fachkräfte notwendig, die die Konzepte verstehen, anwenden und erklären können.

## 1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Das Lehrangebot der TUM School of Natural Science besteht im Bereich Physik an der TUM zurzeit aus einem grundständigen Bachelorstudiengang *Physik*, den grundlagenorientierten Physik-Masterstudiengängen *Physik (Kern-, Teilchen- und Astrophysik) (KTA)*, *Physik (Physik der kondensierten Materie) (KM)* und *Physik (Biophysik) (BIO)*, sowie dem anwendungsorientierten Masterstudiengang *Physics (Applied and Engineering Physics) (AEP)*. Als konsekutives Studienangebot bietet die School hier eine breite und dabei inhaltlich gut abgestimmte, forschungsorientierte Ausbildung im Bereich der klassischen, physikalischen Disziplinen an. Eine Vorbereitung auf eine anschließende Promotion ist dabei ein klarer Bestandteil der Lehrstrategie.

Des Weiteren gibt es den interdisziplinären Masterstudiengang *Biomedical Engineering and Medical Physics* an der Schnittstelle von Physik, Medizin und dem Munich Institute of Biomedical Engineering, den Masterstudiengang *Matter to Life* zwischen der Physik und der Max-Planck-Gesellschaft und den Masterstudiengang *Quantum Science and Technology*, der gemeinsam mit der LMU angeboten wird und die TUMagenda 2030 in ihrem Profildbereich *Quantum Science & Engineering* stützt. Der gemeinsame Elite-Masterstudiengang „Theoretical and Mathematical Physics“ der LMU und TUM, wird von der Fakultät für Physik der LMU organisiert. Mit diesen spezialisierten Masterstudiengängen sollen Studierende bedient werden, die eine fokussierte Ausbildung auf einen speziellen Anwendungsbereich suchen und den Vorteil einer stark interdisziplinären bzw. interinstitutionellen Struktur nutzen wollen, die fest im Curriculum verankert ist.

Der Masterstudiengang *KTA* fokussiert sich auf die physikalische Grundlagenforschung im Bereich der kleinsten Materiebausteine und deren Anwendungsbeispielsweise. Neben den Masterstudiengängen *KM* und *BIO* bildet er eine der drei Säulen der grundlagenorientierten Physik-Ausbildung, siehe Abbildung 1. Der Studiengang *KTA* bereitet auch in idealer Weise auf das existierende Graduiertenprogramm der TUM vor.

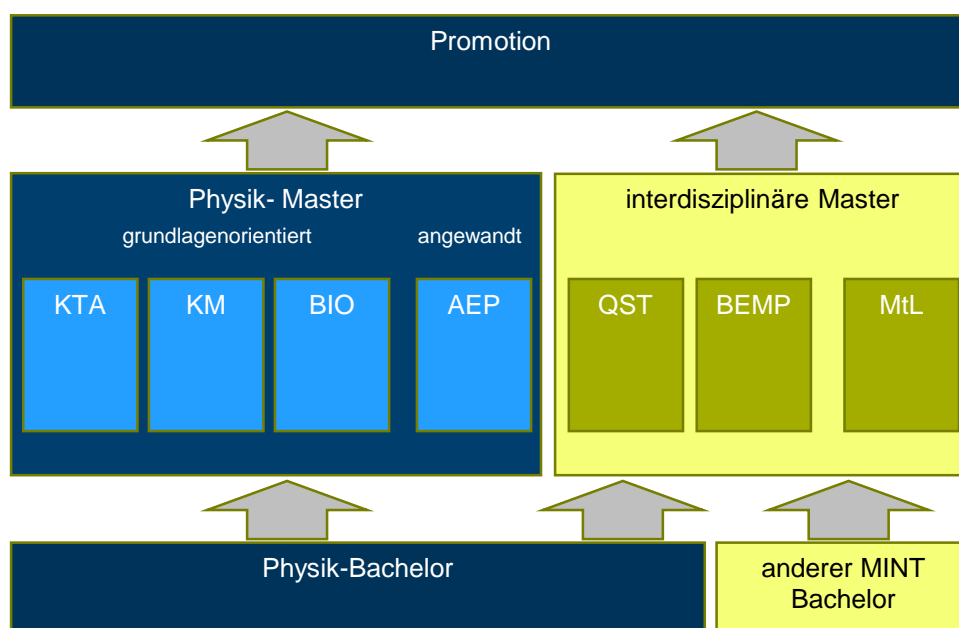


Abbildung 1: Schaubild der Studiengänge mit Physik-Bezug.

## 2 Qualifikationsprofil

Das nachfolgende Qualifikationsprofil entspricht inhaltlich den Vorgaben des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmen – HQR) und den darin enthaltenen Anforderungen (i) Wissen und Verstehen, (ii) Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen, (iii) Kommunikation und Kooperation und (iv) Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität. Die formalen Aspekte gemäß HQR (Zugangsvoraussetzungen, Dauer, Abschlussmöglichkeiten) sind in den Kapiteln 3 und 6 sowie in der entsprechenden Fachprüfungs- und Studienordnung ausgeführt.

Nach Abschluss des Masterstudiums sind die Absolventinnen und Absolventen in der Lage, erfolgreich Fragestellungen auf dem Gebiet KTA zu beantworten und zu erklären. Sie sind in der Lage, Aufwand und Ablauf von Fragestellungen dieses Fachgebiets nach dem aktuellen Stand der Forschung zu bewerten.

Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage:

- ihre vertieften mathematisch-naturwissenschaftlichen Fertigkeiten auf Problemstellungen anzuwenden, und innerphysikalische Zusammenhänge und Verknüpfungen mit angrenzenden Nachbardisziplinen zu verstehen. Sie spezialisieren sich auf dem selbstständig gewählten Gebiet der Physik derart, dass sie Anschluss an die aktuelle, internationale Forschung finden können.
- ihr Wissen zur Bearbeitung komplexer physikalischer Probleme und Aufgabenstellungen einzusetzen, und diese auf einer wissenschaftlichen Basis zu analysieren, zu beschreiben und möglichst weitgehend zu lösen.
- sich in ein beliebiges technisch-physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen, Experimente oder theoretische Methoden auf dem Gebiet zu konzipieren und durchzuführen, die Ergebnisse im Lichte der verschiedensten physikalischen Phänomene einzuordnen und Schlussfolgerungen für technische Entwicklungen und den Fortschritt der Wissenschaft daraus zu ziehen.
- komplexe Zusammenhänge der Kern-, Teilchen- und Astrophysik zu verstehen und diese auch schriftlich und mündlich darzulegen und zu diskutieren
- die konzeptionelle Ähnlichkeit der Substruktur von Atomen, Atomkernen und Kernbausteinen, aber auch deren grundlegende Unterschiede zu beschreiben.
- die fundamentalen Wechselwirkungen zwischen den kleinsten Bausteinen der Materie zu verstehen, die komplexen Strukturen um uns herum, die daraus entstanden sind, zu beschreiben.
- die Bedeutung von Symmetrieprinzipien für das Verständnis dieser grundlegenden Wechselwirkungen zu erklären.
- den Stand der Forschung, wie sich das Universum nach dem Urknall entwickelt hat, wie die Elemente entstanden sind, und wie sich Sterne im Laufe ihres Lebens verändern, wiederzugeben und in eigener Forschung anzuwenden.

- in Gruppenarbeiten gemeinsame Aufgaben erfolgreich zu bearbeiten. Sodass Sie in der Lage sind, Konfliktpotentiale in der Zusammenarbeit mit anderen zu erkennen und dieses situationsübergreifend zu Bewerten.
- in Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und gegebenenfalls mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel kommen (Durchhaltevermögen).
- komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext der aktuellen internationalen Forschung umfassend zu diskutieren und in schriftlicher und mündlicher Form darzustellen.
- Verantwortung gegenüber der Wissenschaft und möglicher Folgen ihrer Tätigkeit für die Umwelt und Gesellschaft zu übernehmen und können die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis<sup>1</sup> anwenden.

---

<sup>1</sup> In Anlehnung an: KFP, Gute wissenschaftliche Praxis bei wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten in der Physik, Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik. 18. Mai 2016.

## 3 Zielgruppen

### 3.1 Adressatenkreis

Der Masterstudiengang *KTA* richtet sich an Absolventinnen und Absolventen, die an einer in- oder ausländischen Hochschule einen Bachelor of Science oder gleichwertigem Abschluss in der Fachrichtung Physik, oder vergleichbar erworben haben. Der Studiengang *KTA* richtet sich an Bewerberinnen und Bewerber welche ein besonderes Interesse an den der Grundlagenforschung der elementaren Bausteine der Materie und der Entstehung des Universums haben.

### 3.2 Vorkenntnisse

Grundvoraussetzung für den Studiengang *KTA* ist ein Physik-Bachelorabschluss mit 180 Credit Points (CP) oder ein vergleichbarer Abschluss. Es werden fundierte Grund- und Methodenkompetenzen in den Fächern Physik und Mathematik erwartet und im Eignungsverfahren abgeprüft. Gefordert werden auch Fähigkeiten zu wissenschaftlicher bzw. grundlagen- und methodenorientierter Arbeitsweise sowie eine gute sprachliche Ausdrucksfähigkeit, die beispielsweise in einer Bachelorarbeit nachgewiesen wurden.

Die Bewerberinnen und Bewerber müssen ein Eignungsverfahren absolvieren, bei dem die fachliche Qualifikation, die Note, die Motivation für den Studiengang *KTA*, sowie sonstige Qualifikationen der Bewerberinnen und Bewerber berücksichtigt werden. Die geforderte fachliche Qualifikation beinhaltet Kenntnisse aus den Bereichen

- Grundlagen der Experimentalphysik (Mechanik, Elektrodynamik, Optik, Thermodynamik, Kern- und Atomphysik)
- Fortgeschrittene Experimentalphysik (Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Physik der kondensierten Materie)
- Grundlagen der Theoretischen Physik (Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik, Thermodynamik und Statistische Mechanik)
- Grundkurs Mathematik (Grundlagen der Lineare Algebra, Grundkurs Analysis)
- Labor- oder Praxiserfahrungen

Die rechtlichen Informationen zum Eignungsverfahren sind in der Fachprüfungsordnung beschrieben.

### 3.3 Zielzahlen

Nach dem Start im Jahr 2010 stieg die Zahl der Studienanfänger/innen in den ersten Jahren stetig an und hat sich dann bei 50 bis 60 Studienanfängern pro Jahr stabilisiert. Es ist angestrebt, diese Studierendenzahlen zu halten. Bei diesen Studierendenzahlen ist neben dem Betreuungsverhältnis zu den Dozierenden auch die Ausstattung der Laborplätze für die Anwendungsorientierten Studienabschnitte sichergestellt. Zusammen mit den anderen drei Physik-Masterstudiengängen ergibt sich eine Studierendenzahl, die ein ideales Betreuungsverhältnis ermöglicht. Somit erfolgt eine gute Auslastung der möglichen Plätze für die Forschungsphase.



## 4 Bedarfsanalyse

Absolventinnen und Absolventen der Physik werden von der Wirtschaft stark nachgefragt. Rund die Hälfte der Physikerinnen und Physiker tritt mit dem Mastergrad, die andere nach der Promotion in den Arbeitsmarkt ein. Das Masterstudium umfasst eine Spezialausbildung in Teilfächern der Physik und befähigt die Absolventinnen und Absolventen zu selbständigem wissenschaftlichen Arbeiten. Dadurch sind die Masterabsolventinnen und -absolventen für die Wirtschaft höchst attraktiv.

Geschätzte Berufseigenschaft der Physikerinnen und 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-Absolventinnen und -Absolventen auch in Berufsfeldern, die sonst ausschließlich den Ingenieurinnen und Ingenieuren vorbehalten sind, und in fachlich weiter abgelegenen Bereichen wie beispielsweise in der Unternehmensberatung, im Versicherungswesen sowie in der Produkt- und IT-Entwicklung und dem Produkt- und IT-Management gesucht.

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 Physikerinnen und 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 existierender Standards heranrücken. Deshalb sind Physikerinnen und Physiker besonders dort gefragt, wo es in Frontbereichen um Fragestellungen geht, die einer auch noch so fortgeschrittenen ingenieurmäßigen Behandlung noch nicht zugänglich sind.

Der Arbeitsmarktstudie der DPG aus dem Jahr 2016<sup>2</sup> 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 Physikerinnen und Physiker weiterhin positiv entwickeln wird. Die aktuell starke Nachfrage nach Physikerinnen und Physikern im industriellen Umfeld wird sich durch den allseits zitierten Fachkräftemangel sicher nicht ab-

---

<sup>2</sup> Oliver Koppel: Physikerinnen und Physiker im Beruf: Anschlussstudie für die Jahre 2005 bis 2013; Institut der deutschen Wirtschaft im Auftrag der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V.; Köln, Juni 2016; [https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/studien-der-dpg-pix-studien/arbeitsmarktstudie\\_2016.pdf](https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/studien-der-dpg-pix-studien/arbeitsmarktstudie_2016.pdf)

schwächen, so dass aus heutiger Sicht die mittelfristigen Aussichten für Physikerinnen und Physiker sehr gut sind.

Schwerpunkt des Studiengangs *KTA* ist die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern für die Grundlagenforschung. Es gibt aber auch in Anwendungsbezogenen Bereichen Bedarf, beispielsweise in der Fusionsforschung, die ein Hoffnungsträger als zukünftige Energiequelle ist. Fachübergreifend sind Absolventinnen und Absolventen der *KTA* auch im Finanzwesen und der Wissenschaftskommunikation gefragt.

## 5 Wettbewerbsanalyse

### 5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Physik kann an etwa 60 deutschen Universitäten studiert werden. Vor allem in den Kernbereichen gibt es einen hohen Wiedererkennungswert bei inhaltlichen und strukturellen Wesenszügen der einzelnen Studiengänge.

Die Unterscheidung der Physik-Masterstudiengänge liegt in den angebotenen Themenbereichen, die stark an die Forschungsschwerpunkte der jeweiligen Universitäten gekoppelt sind.

Der spezielle Bereich der Kern-, Teilchen und Astrophysik wird so nicht an vielen Universitäten angeboten. Bei den Bewerbungen ist festzustellen, dass der Studiengang *KTA* für Physik-Bachelor-Absolventen anderer Universitäten, an denen die Kern-, Teilchen und Astrophysik nicht angeboten wird, sehr attraktiv ist.

Die genannten Punkte lassen sich in ähnlicher Weise auf das Angebot europäischer und außereuropäischer Universitäten übertragen, wobei hier die Bewerberzahlen aufgrund der nötigen Deutschkenntnisse geringer sind.

### 5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Der Masterstudiengang *KTA* weist keine Überschneidungen zu Studiengängen an den anderen Schools und Fakultäten an der TUM auf.

Die TUM School of Natural Science bietet die folgenden weiteren Master-Studiengänge mit Bezug zur Physik an:

- M.Sc. Biomedical Engineering and Medical Physics
- M.Sc. Matter to Life
- M.Sc. Physik (Applied Engineering Physics)
- M.Sc. Physik (Biophysik)
- M.Sc. Physik (Physik der kondensierten Materie)
- M.Sc. Quantum Science & Technology

Als grundlagenorientierter Physik-Studiengang besteht keine Konkurrenz zu den interdisziplinären Studiengängen *Biomedical Engineering and Medical Physics (BEMP)*, *Quantum Science & Technology (QST)* und *Matter to Life (MtL)*. *BEMP* bezieht sich auf Biosensorik und Imaging Techniken an der Schnittstelle Physik-Ingenieurwissenschaften-Medizin, *QST* hat seinen starken Fokus auf die Quantenwissenschaften und sieht sich zwischen den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Auch *MtL* hat eine starke Verschränkung mit Nachbardisziplinen (beispielsweise: Biochemie). Diese Studiengänge unterscheiden sich damit deutlich vom Physik-Master *KTA*.

Es bestehen strukturbedingt Überschneidungen zu den anderen Physikstudiengängen, im Bereich der Spezialfächer, hauptsächlich der komplementären Spezialfächer. Dies ist dem Ziel einer

breiten Ausbildung geschuldet. Da diese Studiengänge als sich ergänzende Studiengänge konzipiert sind, ist hier nicht die Konkurrenz untereinander, sondern der Wettbewerb aller vier Physik-Masterstudiengänge mit anderen Studiengängen zu betrachten. In diesem Sinne kann festgestellt werden, dass keine Wettbewerbssituation mit anderen Masterstudiengängen an der TUM besteht.

## 6 Aufbau des Studiengangs

Der Studiengang *KTA* ist auf vier Semester mit 120 CP angelegt. Der Studienbeginn wird gemäß der Fachprüfungs- und Studienordnung (FPSO, Paragraph 35) für diesen Studiengang an der TUM im Wintersemester empfohlen.

Der Studienverlauf lässt sich in zwei Teile gliedern, einmal die ersten beiden Semester – hier als Vertiefungsphase benannt – und die Semester drei und vier, welche die Forschungsphase darstellen. Die Vertiefungsphase unterteilt sich wiederum in Pflicht- und Wahlmodule und legt die Grundlagen für die darauf aufbauende einjährige Forschungsphase, die in einem Fachgebiet beziehungsweise an einer Professur durchgeführt wird. Die Forschungsphase besteht aus einem Masterseminar sowie einem Masterpraktikum und schließt mit der Master's Thesis und dem Masterkolloquium ab. Der Studienaufbau ist in Abbildung 2 skizziert.

Im ersten Semester sind Module aus dem Wahlbereich Theoretische Physik (10 CP), dem Wahlbereich der spezifischen (dem Studiengang zugeordneten) Spezialfächer im Umfang von 10 CP sowie 5 CP aus dem Wahlbereich der komplementären Spezialfächer vorgesehen. Im zweiten Semester sind neben weiteren 10 CP aus den spezifischen und 5 CP aus den komplementären Spezialfächern die Wahlmodule aus dem nichtphysikalischen Bereich im Umfang von 8 CP und ein allgemeinbildendes Wahlfach im Umfang von 3 CP eingeplant. Das Modul Fortgeschrittene fachliche Schlüsselqualifikationen in der Physik (10 CP) ist semesterübergreifend im ersten Jahr eingeplant.

Semester	Module				Credits	
1.	Wahlbereich Theoretische Physik Wahlmodul 10 CP		Wahlbereich spezifische Spezialfächer, Applied and Engineering Physics Wahlmodul 10 CP	Wahlbereich komplementäre Physik Wahlmodul 5 CP	Fortgeschrittene fachliche Schlüsselqualifikationen der Physik Pflichtmodul 5 CP	30
	2.	Nichtphysikalischer Wahlbereich Wahlmodul 8 CP	Allgemeinbildende Fächer Wahlmodul 3 CP	10 CP		
3.		Masterseminar Pflichtmodul 10 CP		Masterpraktikum Pflichtmodul 14 CP	Master Thesis Pflichtmodul 5 CP	29
4.	Masterkolloquium Pflichtmodul 5 CP	Master Thesis Pflichtmodul 25 CP				
Legende: mittelgrau: Wahlbereich Theoretische Physik, hellgrau: Wahlbereich AEP, dunkelgrau: Wahlbereich komplementäre Physik, mittelblau: Nichtphysikalischer Wahlbereich, grau-blau: Schlüsselqualifikationen der Physik, hellblau: allgemeinbildende Fächer, dunkelblau: Forschungsphase						

Abbildung 2: Überblick über den Studienverlauf des Masterstudiengangs *KTA*.

Wesentliches Element der Vertiefungsphase sind die Wahlbereiche. Der Wahlbereich Theoretische Physik (10 CP) beinhaltet Module bei welchen die Grundlagen für ein tiefgehendes theoretisches Verständnis im gewählten Schwerpunkt gelegt werden. Viele Erkenntnisse in der Physik beruhen auf phänomenologische Beobachtungen. Der Ansatz in der theoretischen Physik ist es nun, ausgehend von modellhaften Grundannahmen diese Ergebnisse zu erklären und Voraussagen für weitere experimentelle Untersuchungen zu machen. Um diesen wichtigen Aspekt

in der physikalischen Ausbildung zu sichern, ist ein Wahlmodul aus dem Bereich der theoretischen Physik im Studium vorgeschrieben.

Der Wahlbereich Kern- Teilchen- und Astrophysik besteht aus einem Katalog an Spezialmodulen, welche das wissenschaftliche Profil der School of Natural Science in diesem Bereich der angewandten Physik widerspiegelt.

Dieser Wahlbereich ist der am stärksten gewichtete dieses Studiengangs. Die Studierenden bringen in diesen Wahlbereich Module im Umfang von mindestens 20 CP ein. Sie eignen sich dabei Spezialwissen in einem oder mehreren Bereichen der Kern- Teilchen- und Astrophysik an und werden an die aktuelle Forschung in diesen Bereichen herangeführt.

Damit die Studierenden neben ihrer Spezialisierung im Bereich KTA auch Kompetenzen in den weiteren physikalischen Bereichen in ihrem Studium erlangen sind von den Studierenden Module im Umfang von mindestens 10 CP im Wahlbereich Komplementäre Physik zu erbringen.

Der Nichtphysikalische Wahlbereich dient dazu, Verbindungen zu den Nachbarwissenschaften oder den Anwendungen der Physik in den Ingenieurwissenschaften oder der Medizin herzustellen. Hierzu wird vom Prüfungsausschuss ein Katalog möglicher Module herausgegeben und auf der Homepage der School/TUMonline veröffentlicht. Studierende können beantragen, dass neue Module in den Katalog aufgenommen werden. Die Anträge werden zeitnah geprüft, so dass eine Erweiterung des Katalogs auch innerhalb des Studienjahres noch möglich ist.

Im Gesamtbild ist so neben der fachlichen Vertiefung auch die für einen Physikstudiengang typische Breite der Ausbildung gewährleistet.

Zur Orientierung in diesen breiten Wahlangeboten sieht der Studiengang die Teilnahme am Mentorensystem vor. Hierbei wird von Beginn des Masterstudiums an jede und jeder Studierende von einer Mentorin oder einem Mentor begleitet und wird insbesondere bei der Ausrichtung und Zusammenstellung des individuellen Studienplans beraten und unterstützt, so dass hinsichtlich der angestrebten Ausrichtung der Forschungsphase ein inhaltlich strukturiertes und zielorientiertes Studium resultiert. Die Teilnahme am Mentorengespräch ist außerdem Voraussetzung für die Zulassung zur Master Thesis. Die große Breite bei der Auswahl der Wahlmodule garantiert den Studierenden eine hohe Flexibilität bei der Studienganggestaltung und fördert die Selbstständigkeit der Studierenden.

Im Rahmen des Moduls *Fortgeschrittene fachliche Schlüsselqualifikationen der Physik* führen die Studierenden in Teams (in der Regel drei Studierende) sechs Versuche aus dem Katalog des Fortgeschrittenenpraktikums gemeinsam durch, wobei vier der Versuche dem Bereich KTA zugeordnet sein müssen. Jeder dieser Versuche umfasst dabei insbesondere die Vorbereitung mit Hilfe der Versuchsanleitung, ergänzt durch Literaturrecherche und einer einführenden Besprechung mit der Versuchsbetreuerin, beziehungsweise dem Versuchsbetreuer, sowie die Durchführung des Versuchs mit Anfertigung eines Protokolls und die Anfertigung einer schriftlichen Ausarbeitung der Versuchsergebnisse und eine Abschlussdiskussion der Ergebnisse mit der Versuchsbetreuerin, beziehungsweise dem Versuchsbetreuer. Die Teilnahme an diesem Modul ist verpflichtend, da die Studierenden durch diese Versuche die Kompetenz entwickeln aktuelle Themen und Publikationen auf experimentelle Weise nachzuvollziehen. Sie entwickeln die Fähigkeit komplexe Messwerte experimentell zu erheben und die erhaltenen Daten wissenschaftlich darzustellen und zu präsentieren. Im Rahmen der Gruppenarbeit entwickeln die Studierenden zudem ein solidarisches und tolerantes Miteinander. Die Versuche werden begleitet

von einem KTA Seminar, in welchem die Studierenden im Rahmen einer Präsentation außerdem darstellen, dass sie aktuellen Forschung vor einem Fachpublikum (Mitstudierende) präsentieren können. Die Laborleistung und die Präsentation werden als Studienleistung erbracht, damit die Studierenden frei nach Ihren Neigungen und Interessen die Versuche auswählen, ohne dass ein Notendruck besteht. Der Workload des Moduls entspricht 10 CP, wobei etwa 60% auf die Versuche entfallen. Das Modul ist semesterübergreifend für die ersten beiden Semester des Masterstudiums angelegt. Üblicherweise wird im ersten Semester ein Großteil der Versuche absolviert, das Seminar ist für das zweite Semester vorgesehen, da die Studierenden zu diesem Zeitpunkt schon einen größeren Überblick über die verschiedenen Bereiche haben und daher an den Diskussionen aktiver teilnehmen können.

Die Studierenden haben die Möglichkeit aus dem weiten Bereich allgemeinbildender Fächer (Sprachenzentrum, Carl von Linde-Akademie, und vielen mehr) Wahlmodule im Umfang von drei Credit Points einzubringen. Im Bereich der Physik haben wir die Erfahrung gemacht, dass der Umfang von drei Credit Points im Bereich der allgemeinbildenden Fächer ausreichend ist, um die Lernergebnisse zu erreichen, beispielsweise um eine Grundlage für Entscheidungskompetenz auf akademischem Niveau zu erhalten.

Im dritten und vierten Semester wird die individuelle Forschungsphase der TUM erbracht. Im dritten Semester werden im Rahmen des Masterseminars (10 Credit Points) die notwendigen theoretischen Grundlagen sowie der wissenschaftliche Hintergrund der Master's Thesis durch die Studierenden selbstständig erarbeitet, präsentiert und diskutiert. Zeitgleich erlernen die Studierenden im Masterpraktikum (14 Credit Points) die für die Master's Thesis notwendigen technischen und experimentellen Methoden, wie auch die konzeptionelle Herangehensweise im Forschungsalltag. Die Module *Masterseminar* und *Masterpraktikum* dienen der optimalen Vorbereitung auf die Master's Thesis und machen die Studierenden mit den für die Master's Thesis notwendigen Arbeitsweisen vertraut. Die Bearbeitung der Master's Thesis beginnt bereits im 3. Semester in einem Umfang von 5 CP. Das vierte Semester umfasst die Hauptarbeitsphase der Master's Thesis mit einem Umfang von 25 CP sowie dem Masterkolloquium (5 CP), in welchem die Studierenden die Ergebnisse ihrer Master's Thesis vorstellen und diskutieren.

Die angebotenen Module erstrecken sich im Normalfall jeweils auf ein Semester. Dadurch werden große zeitliche Flexibilität und die Möglichkeit zur optimalen Individualisierung für die Studierenden sichergestellt.

Bei der räumlichen und zeitlichen Planung der Lehrveranstaltungen (Wahlbereich Theoretische Physik sowie Wahlbereich KTA) wird darauf geachtet, dass sich ein studierbarer Studiengang ergibt, das bedeutet dass die Theoriemodule möglichst überschneidungsfrei zu den KTA Modulen angeboten werden. Eine vollständige Überschneidungsfreiheit zu den Modulen des Wahlbereichs komplementäre Physik, den allgemeinbildenden Fächern und dem nichtphysikalischen Wahlbereich ist bei der großen Zahl pro Semester angebotenen Lehrveranstaltungen jedoch nicht möglich.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen, zur Veranschaulichung eines typischen Studienverlaufs, exemplarisch jeweils einen schematischen Studienplan. Das dritte und vierte Semester (Forschungsphase) ist für alle gleich strukturiert und wird im Studienplan nicht explizit dargestellt.

Im Teil B der Studiengangsdokumentation sind beispielhafte Stundenpläne der ersten beiden Semester für die beiden hier gezeigten Studienverläufe abgebildet.

1. Semester Anzahl Prüfungen: 4 Summe CP: 30	PH2041 Quantenfeldtheorie	PH2073 Astroteilchenphysik 1	PH2202 Von Quarks zu Hadronen: Tiefunelastische Streuung und Partonmodell	PH2275 Elektronische Struktur von Festkörpern	PH1031 Fortgeschrittene fachliche Schlüsselqualifikationen der Physik	5
	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul		
	Klausur	mündliche Prüfung	mündliche Prüfung	mündliche Prüfung		
	10	5	5	5		
2. Semester Anzahl Prüfungen: 5 Summe CP: 31	PH2185 Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	PH2187 Elementare Prozesse in molekularen Systemen	IN2001 Algorithms for Scientific Computing	SZ0705 Japanisch A1.1	Pflichtmodul Laborleistung und Präsentation	5
	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul		
	Klausur	mündliche Prüfung	Klausur			
	10	5	8	3		
Legende:	mittelgrau: Wahlbereich Theoretische Physik, hellblau: Wahlbereich Physik der kondensierten Materie, dunkelgrau: Wahlbereich komplementäre Physik, mittelblau: Nichtphysikalischer Wahlbereich, grau-blau: FoPra Schlüsselqualifikationen der Physik, hellgrau: allgemeinbildende Fächer					

Abbildung 3: Beispielhafter Studienplan für den Beginn im Wintersemester.

1. Semester Anzahl Prüfungen: 4 Summe CP: 30	PH2040 Relativität, Teilchen und Felder	PH2268 Einführung in die Flavorphysik	PH2210 Teilchenoszillationen	PH2295 Einführung in die Kristallographie	PH1031 Fortgeschrittene fachliche Schlüsselqualifikationen der Physik	5
	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul		
	Klausur	mündliche Prüfung	mündliche Prüfung	mündliche Prüfung		
	10	5	5	5		
2. Semester Anzahl Prüfungen: 5 Summe CP: 31	PH2248 Kosmologie und Strukturbildung	PH2023 Kinetik zellulärer Reaktionen	IN2003 Effiziente Algorithmen und Datenstrukturen	CLA30622 Von der Erfindung zum Patent	Pflichtmodul Laborleistung und Präsentation	5
	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul		
	Klausur	Präsentation	Klausur	Klausur		
	10	5	8	3		
Legende:	mittelgrau: Wahlbereich Theoretische Physik, hellblau: Wahlbereich Physik der kondensierten Materie, dunkelgrau: Wahlbereich komplementäre Physik, mittelblau: Nichtphysikalischer Wahlbereich, grau-blau: FoPra Schlüsselqualifikationen der Physik, hellgrau: allgemeinbildende Fächer					

Abbildung 4: Beispielhafter Studienplan für den Beginn im Sommersemester.

## Mobilitätsfenster

Den Studierenden steht die Möglichkeit eines Auslandsaufenthalts während des Studiums offen. Der ideale Zeitpunkt für einen Auslandsaufenthalt ist die Vertiefungsphase im ersten Studienjahr. Durch die Struktur des Studiengangs, die aus Wahlmodulbereichen besteht und das weitreichende



Angebot der School of Natural Science im Bereich Physik sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester sind sowohl ein- als auch zweisemestrige Auslandsaufenthalte problemlos realisierbar. Eine Auskunft über eine mögliche Anerkennung der im Ausland erbrachten Module bekommen unsere Studierenden meist schon vor dem Aufenthalt (Learning Agreement), oder auch während des Aufenthalts bei einer Änderung der im Ausland belegten Module. Voraussetzung dafür ist die Verfügbarkeit der Modulbeschreibungen (oder Vergleichbares) von den Partnereinrichtungen. Aufgrund der intensiven Beratung und Absprache mit der Studienberatung im Vorfeld des Auslandsaufenthaltes können die meisten Anerkennungsanträge von im Ausland erbrachten Leistungen positiv bewertet werden. 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.

## 7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Masterstudiengang *Physik (Kern-, Teilchen- und Astrophysik)* wird von der School of Natural Science angeboten und organisatorisch betreut. Folgende administrative Tätigkeiten werden durchgeführt durch:

<p><b>Allgemeine Studienberatung</b> <i>Allgemeine Informationen für Studieninteressierte und Studierende</i></p>	<p><b>TUM Center for Study and Teaching (CST)</b> <a href="https://www.tum.de/studium/tumcst">https://www.tum.de/studium/tumcst</a></p>
<p><b>Fach-Studienberatung</b> <i>Studienplanung, allgemeine Fragen, Studienordnung, Beratung in Prüfungsausschussangelegenheiten wie Modulkataloge, Anerkennung bereits erbrachter Studienleistungen etc.</i></p>	<p><b>TUM School of Natural Science</b> <a href="https://www.nat.tum.de/nat/studium/beratung/studium@ph.tum.de">https://www.nat.tum.de/nat/studium/beratung/studium@ph.tum.de</a></p>
<p><b>Zentrale Prüfungsangelegenheiten</b> <i>Prüfungsangelegenheiten, Prüfungsbescheide, Leistungsnachweise, Abschlussdokumente, Bescheinigungen etc. für Studierende der Studiengänge</i></p>	<p><b>TUM CST, Abteilung zentrale Prüfungsangelegenheiten, Garching</b> <a href="https://www.tum.de/studium/im-studium/das-studium-organisieren/pruefungen-und-ergebnisse">https://www.tum.de/studium/im-studium/das-studium-organisieren/pruefungen-und-ergebnisse</a></p>
<p><b>Studienbüro</b> <i>Dezentrale Prüfungsverwaltung, Prüfungsmanagement, Prüfungstermin- /Raumplanung, Prüfungsangelegenheiten</i></p>	<p><b>TUM School of Natural Science</b> <a href="mailto:studium@ph.tum.de">studium@ph.tum.de</a></p>
<p><b>Prüfungsausschuss</b></p>	<p><b>Vorsitz:</b> Prof. Christian Pfeleiderer <b>Schriftführer:</b> Dr. Martin Saß, <a href="mailto:msass@tum.de">msass@tum.de</a></p>
<p><b>Bewerbung und Immatrikulation</b> <i>Bewerbung, Immatrikulation, Student Card, Beurlaubung, Rückmeldung, Verifikation von Studienabschlüssen, etc.</i></p>	<p><b>TUM Center for Study and Teaching</b> <a href="https://www.tum.de/studium/tumcst">https://www.tum.de/studium/tumcst</a></p>
<p><b>Zulassungsverfahren</b> <i>Durchführung Eignungsverfahrens, Eignungskommission</i></p>	<p><b>TUM School of Natural Science</b> Kontakt über die Fach-Studienberatung <a href="mailto:studium@ph.tum.de">studium@ph.tum.de</a></p>

<p><b>International Office</b>  <i>Beratung Auslandsaufenthalt /  Internationalisierung</i></p>	<p>Zentral: <b>TUM Global&amp;Alumny Office</b>  <a href="https://www.international.tum.de/global/startseite/">https://www.international.tum.de/global/startseite/</a>  Dezentral: <b>Fakultät für Physik</b> international@ph.tum.de</p>
<p><b>Beiträge / Stipendien</b>  <i>Studienbeiträge, Stipendien,  Studienbeitragsdarlehen,  Befreiungen und Rückerstattungen  von Beiträgen, etc.</i></p>	<p><b>TUM Abteilung Beiträge und Stipendien</b>  <a href="https://www.tum.de/studium/studienfinanzierung/">https://www.tum.de/studium/studienfinanzierung/</a>  E-Mail: beitragsmanagement@zv.tum.de</p>
<p><b>Beratung barrierefreies Studium</b></p>	<p>Zentral: <b>TUM Center for Study and Teaching –  Servicestelle für behinderte und chronisch kranke  Studierende und Studieninteressierte</b>  <a href="https://www.tum.de/studium/hilfe-und-beratung/gesundheitsstudieren-mit-behinderung">https://www.tum.de/studium/hilfe-und-beratung/gesundheitsstudieren-mit-behinderung</a>  Dezentral: <b>TUM School of Natural Science</b>  N.N.</p>
<p><b>Gleichstellung</b></p>	<p><b>Frauenbeauftragte der TUM School of Natural Science:</b> <a href="https://www.ph.tum.de/about/diversity/gender/">https://www.ph.tum.de/about/diversity/gender/</a>  frauenbeauftragte@ph.tum.de</p>
<p><b>Qualitätsmanagement</b>  <i>Evaluation und  Qualitätsmanagement, Organisation  QM-Zirkel</i></p>	<p>zentral: Studium und Lehre -  Qualitätsmanagement (TUM CST)  <a href="http://www.lehren.tum.de/startseite/team-hrs/">www.lehren.tum.de/startseite/team-hrs/</a>  dezentral:</p>

## 8 Entwicklungen im Studiengang

In einer Prüfungsordnungsänderung zum WS2023 wird die Zusammensetzung der Lehrveranstaltungen und Prüfungen der Module in den einzelnen Katalogen, insbesondere in den Spezialfachkatalogen, flexibler gestaltet. Eine explizite Vorschrift über Anzahl SWS beispielsweise in Vorlesungen und Übungen entfällt.

Die Regelungen der Eignungskommissionen gemäß den Vorgaben der TUM an die Rechtslage angepasst.

Es erfolgten weitere Anpassungen der Formulierungen an die Mustersatzung.