

# Studiengangsdokumentation

## Masterstudiengang Physik (Physik der kondensierten Materie)

Teil A

TUM School of Natural Science

Technische Universität München

## Allgemeines:

- Organisatorische Zuordnung: TUM School of Natural Science (PH)
- Bezeichnung: Physik (Physik der kondensierten Materie)
- 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>7</b>
<b>3</b>	<b>Zielgruppen</b> .....	<b>9</b>
3.1	Adressatenkreis .....	9
3.2	Vorkenntnisse .....	9
3.3	Zielzahlen .....	9
<b>4</b>	<b>Bedarfsanalyse</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Wettbewerbsanalyse</b> .....	<b>12</b>
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse .....	12
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse .....	12
<b>6</b>	<b>Aufbau des Studiengangs</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten</b> .....	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Entwicklungen im Studiengang</b> .....	<b>21</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.

Der Forschungsbereich Kondensierte Materie steht für eines der reichhaltigsten Gebiete der Physik. Das Verständnis und die Kontrolle der untersuchten Materialsysteme, Grenzflächen und Nanostrukturen stellt höchste Ansprüche an die Experimentierkunst sowie die theoretische Beschreibung. Mit dem gewonnenen Wissen werden insbesondere neuartige Eigenschaften für maßgeschneiderte Funktionsmaterialien und Bauelemente erschlossen. Die Kollektive Eigenschaften von Systemen wechselwirkender Atome und Moleküle führen beispielsweise zu besonderen elektrischen, magnetischen, optischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften, die sich nicht einfach vorhersagen lassen und deren Beschreibung spezielle Konzepte erfordert. Sowohl für die Grundlagenforschung als auch für technologische Anwendungen ist es essenziell, die räumliche Anordnung der Atome auf makroskopischen Längenskalen sowie die intermateriellen Grenzflächen und die Materialoberflächen auf der atomaren Skala gezielt kontrollieren und manipulieren zu können. Die Anwendungen von funktionellen Materialien reichen von verschiedenartigsten Sensoren und Detektoren über photovoltaische und katalytische Zellen für die Energiekonversion und Speicherung bis hin zu metallischen, supraleitenden, magnetischen, spinelktronischen und halbleiterbasierten Schaltkreisen für die Informations- und Quanteninformationstechnologie und stellen gesellschaftlich hochaktuelle Themenstellungen dar. Innovationen in diesen Gebieten liefern einen Beitrag zur Lösung von Problemen insbesondere in den Bereichen Energie, IT und Materialwissenschaften.

*Der Masterstudiengang Physik (Physik der kondensierten Materie) (KM)* führt die Studierenden an die aktuelle Forschung und neue Entwicklungen in der Physik der kondensierten Materie heran und befähigt sie die neusten Entwicklungen anzuwenden und bedingt durch neue Fragestellungen weiterzuentwickeln; dabei sind sowohl die Grundlagenforschung, als auch die Erforschung neuer Materialien für die Anwendung von Bedeutung. Sie tauchen tief in die Details der Materialphysik ein, um zu erkennen, wie Materialien auf atomaren, molekularen und Nanometer-Skalen maßgeschneidert werden können; sie können sich mit ultraschnellen Prozessen in Atomen und Molekülen auf Zeitskalen von Atto- und Femtosekunden, harten und weichen Materialien sowie Konzepten und Bauteilen beschäftigen, die in der modernen Physik der kondensierten Materie zum Einsatz kommen.

Die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs *KM* werden sowohl für Weiterentwicklungen in der Grundlagen-, als auch in der Anwendungsforschung benötigt. Zudem spielen sie auch eine Rolle bei der Implementierung der gewonnenen Erkenntnisse in der industriellen Anwendung.

## 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 *KM* fokussiert sich auf die grundlegende physikalische Beschreibung kondensierter Materie. Neben den Masterstudiengängen *KTA* und *BIO* bildet er eine der drei Säulen der grundlagenorientierten Physik-Ausbildung, siehe Abbildung 1. Der Studiengang bereitet in idealer Weise auf das existierende Graduiertenprogramm der TUM vor.

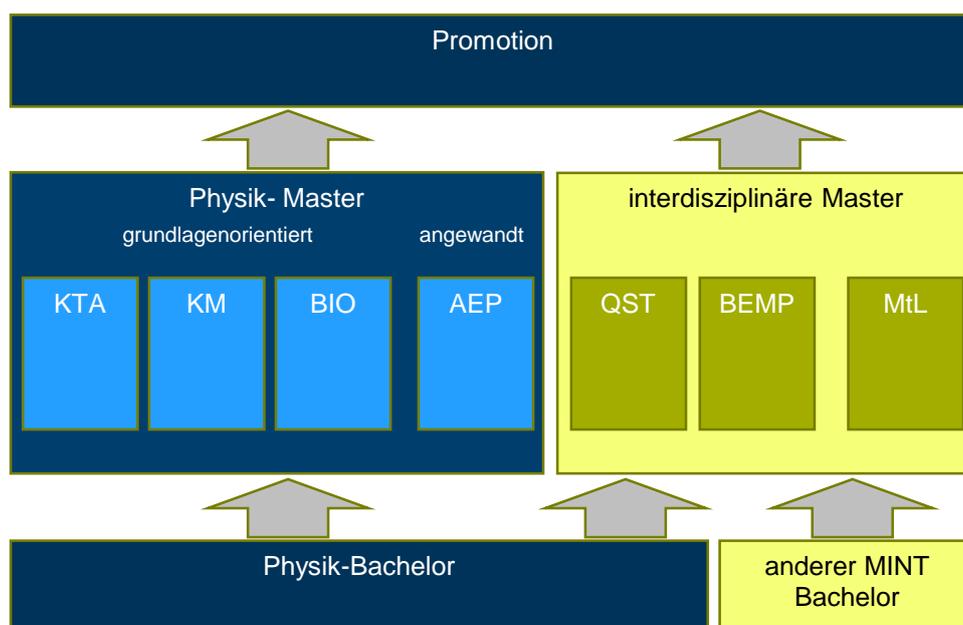


Abbildung 1: Schaubild der Studiengänge mit Physik-Bezug.



## 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 KM 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:

- vertiefte mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse zu verstehen und anzuwenden sowie innerphysikalische Zusammenhänge und Verknüpfungen mit angrenzenden Nachbardisziplinen zu überblicken. 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 können diese auf einer wissenschaftlichen Basis analysieren, formulieren und möglichst weitgehend lösen.
- zur Lösung komplexer physikalischer Probleme, Experimente zu planen, aufzubauen, durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren (Schwerpunkt Experimentalphysik) oder Simulation und Modellierung auf der Basis physikalischer Grundprinzipien einzusetzen (Schwerpunkt Theoretische Physik).
- 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.
- in einem oder mehreren der folgenden Bereiche ihr Spezialwissen anzuwenden:
  - *Fortgeschrittene Festkörperphysik*, insbesondere fortgeschrittene statistische Physik und Festkörpertheorie, Untersuchung von Korrelationsphänomenen und Magnetismus, Untersuchung der elektronischen Struktur von Festkörpern, fortgeschrittene experimentelle und theoretische Halbleiterphysik, Halbleiterelektronik und photonische Bauteile, Physik von Grenzflächen und Oberflächen, Magnetismus und Magnonik auf der Nanoskala, Quanten-Vielteilchen-Theorie, Spin-Physik und Spin-Elektronik, Supraleitung und Physik bei tiefen Temperaturen, topologische Isolatoren, Graphen und zweidimensionale Materialien.

- *Experimentelle Techniken*, Numerische Methoden und Simulationsmethoden - insbesondere Festkörperspektroskopie, Neutronenphysik, moderne Physik mit Röntgenstrahlen, fortgeschrittenen Materialanalyse mit Synchrotron-Strahlung, magnetische Messmethoden und Nano-Wissenschaften mit Rastersondenmikroskopie.
  - *Physik der Nanowissenschaften*, insbesondere Nanosysteme, Nanomaterialien, nanostrukturierte harte und weiche Materialien, Oberflächen und Effekte auf der Nanoskala, insbesondere mit Blick auf das Verständnis fortgeschrittener Konzepte für nanoelektronischer und nanophotonischer Systeme und Bauelemente.
  - *Quantenoptik und Nanophotonik*, insbesondere Quantenoptik, Ultrakurzzeit-Physik und die Attosekunden-Skala, Optik von nanostrukturierten Materialien, Plasmonik, nanostrukturierte photonische Medien, Erzeugung und Einsatz von kohärenten Lichtquellen von Infrarot- bis Röntgenstrahlung, photonische Bauteile, Optoelektronik und die Physik ultrakalter Quantengase.
  - *Physik Weicher Materie*, insbesondere Polymerphysik, nanostrukturierte weiche Materialien.
- unterschiedliche experimentelle Techniken zur Untersuchung von makroskopischen und mikroskopischen Eigenschaften neuer Werkstoffe einzusetzen und weiterzuentwickeln.
  - 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 anwenden.

## 3 Zielgruppen

### 3.1 Adressatenkreis

Der Masterstudiengang *KM* 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 *KM* richtet sich an Bewerberinnen und Bewerber welche ein besonderes Interesse grundlegenden physikalischen Fragestellungen aus dem Bereich der kondensierten Materie haben.

### 3.2 Vorkenntnisse

Grundvoraussetzung für den Studiengang *KM* 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 *KM*, 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 zunächst an und bewegte sich danach mit Schwankungen um Bereich von etwa 50 Immatrikulationen pro Jahr. 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 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 und im Versicherungswesen gesucht. Die weiterführenden IT-Kenntnisse führen auch dazu, dass die Absolventinnen und Absolventen in der IT-Entwicklung und im IT-Management tätig werden können.

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. Die Absolventinnen und Absolventen können daher auch als Produktentwickler und im Produktmanagement tätig werden.

Der Arbeitsmarktstudie der DPG aus dem Jahr 2016<sup>1</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 abschwächen, so dass aus heutiger Sicht die mittelfristigen Aussichten für Physikerinnen und Physiker sehr gut sind.

Die Bereiche neuer Materialien und Nanotechnologie sind stark wachsender industrieller Bereich, beispielsweise zur Weiterentwicklung der Photovoltaik oder in der Halbleitertechnologie. Entsprechend wächst auch die Nachfrage an qualifiziertem Personal in diesen Bereichen. Der Studiengang *KM* zielt gerade auf diese Nachfrage ab und bedient dieses Anforderungsprofil. Unsere Alumni finden Sie deshalb nahezu überall, beispielsweise in Führungspositionen in der Elektronikindustrie und Energieunternehmen sowie in der Produkt- und IT-Entwicklung und dem

---

<sup>1</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)

Produkt- und IT-Management, bei Unternehmensberatungen, aber auch als Professorinnen und Professoren in der Wissenschaft.

## 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. Im Bereich der kondensierten Materie hat das Physikdepartment eine enge Anbindung an verschiedene Zentralinstitute (beispielsweise WSI, ZNN, FRMII) und ist mit externen Forschungsinstituten vernetzt (beispielsweise WSI, ZNN, FRMII, WMI, MPis). Dadurch und durch die Größe des Fachbereichs entsteht eine Breite mit verschiedensten Schwerpunkten, die ein Alleinstellungsmerkmal ist. Diese unterschiedlichen Spezialisierungen stehen dann auch den Studierenden im Masterstudiengang KM offen.

Die genannten Punkte lassen sich in ähnlicher Weise auf das Angebot europäischer und außereuropäischer Universitäten übertragen.

### 5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Der Masterstudiengang *KM* 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 (Kern-, Teilchen- und Astrophysik)
- 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 grundlagenorientierten Physikstudiengang *KM*.

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 *KM* 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 *KM*.

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 Physik der kondensierten *Materie* 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 angewandten Physik an und werden an die aktuelle Forschung in diesen Bereichen herangeführt.

Damit die Studierenden neben ihrer Spezialisierung im Bereich KM 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. Für den international ausgerichteten Studiengang *KM* hat es sich als zielführend herausgestellt, Musterstudienpläne für spezifische Fachgebiete innerhalb des Schwerpunktes aufzulegen, wie Applied Solid State Physics, Nano Science, Energy Science, Soft Materials oder Experimental Methods (siehe: Link zur Website des Studiengangs *KM* der School of Natural Science). Dies erleichtert Studierenden, die neu an die TUM kommen und eventuell erst kurz vor Beginn der Vorlesungszeit in München ankommen, die Orientierung und den Einstieg in das Masterstudium. Selbstverständlich ist weiterhin ein individuelles Curriculum mit Unterstützung des Mentors möglich. 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 KM 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 *KM* 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 KM) wird darauf geachtet, dass sich ein studierbarer Studiengang ergibt. Dies bedeutet, dass die Theoriemodule möglichst überschneidungsfrei zu den KM Spezialfach-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	PH1001 Theoretische Festkörperphysik	PH2274 Physik elektrochemischer Grenzflächen	PH2275 Elektronische Struktur von Festkörpern	PH2023 Kinetik zellulärer Reaktionen	PH1031 Fortgeschrittene fachliche Schlüsselqualifikationen der Physik	5
	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul		
	Klausur	mündliche Prüfung	mündliche Prüfung	Präsentation		
	10	5	5	5		
2. Semester Anzahl Prüfungen: 5 Summe CP: 31	PH2246 Topologie und neue Arten der Ordnung in der Physik der kondensierten Materie	PH2154 Physikalisch-chemische Grundlagen genetischer Informationsverarbeitung	MA3305 Numerische Programmierung 1	SZ0602 Italienisch A1.1	Pflichtmodul Laborleistung und Präsentation	5
	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul		
	Präsentation	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 Studienbeginn im Wintersemester

1. Semester Anzahl Prüfungen: 3 Summe CP: 30	PH1006 Theorie stochastischer Prozesse	PH2297 Fortgeschrittene Methoden in der Quanten-Vielteilchenphysik		PH2154 Physikalisch-chemische Grundlagen genetischer Informationsverarbeitung	PH1031 Fortgeschrittene fachliche Schlüsselqualifikationen der Physik	5
	Wahlmodul	Wahlmodul		Wahlmodul		
	Klausur	mündliche Prüfung		mündliche Prüfung		
	10	10		5		
2. Semester Anzahl Prüfungen: 6 Summe CP: 31	PH2274 Physik elektrochemischer Grenzflächen	PH2031 Supraleitung und Tieftemperaturphysik 1	PH2023 Kinetik zellulärer Reaktionen	IN2003 Effiziente Algorithmen und Datenstrukturen	CLA30622 Von der Erfindung zum Patent	Pflichtmodul Laborleistung und Präsentation
	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	Wahlmodul	
	mündliche Prüfung	mündliche Prüfung	Präsentation	Klausur	Klausur	
	5	5	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 Studienbeginn 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 Forschungsaufhalten im Rahmen von Projekten und Abschlussarbeiten, die meist selbstfinanziert und somit statistisch nicht festgehalten sind.

## 7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Masterstudiengang *Physik (Physik der kondensierten Materie)* wird von der School of Natural Science angeboten und organisatorisch betreut. Folgende administrative Tätigkeiten werden durchgeführt durch:

<p><b>Allgemeine Studienberatung</b></p> <p><i>Allgemeine Informationen für Studieninteressierte und Studierende</i></p>	<p><b>TUM Center for Study and Teaching (CST)</b></p> <p><a href="https://www.tum.de/studium/tumcst">https://www.tum.de/studium/tumcst</a></p>
<p><b>Fach-Studienberatung</b></p> <p><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></p> <p><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></p> <p><i>Prüfungsangelegenheiten, Prüfungsbescheide, Leistungsnachweise, Abschlussdokumente, Bescheinigungen etc. für Studierende der Studiengänge</i></p>	<p><b>TUM CST, Abteilung zentrale Prüfungsangelegenheiten, Garching</b></p> <p><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></p> <p><i>Dezentrale Prüfungsverwaltung, Prüfungsmanagement, Prüfungstermin- /Raumplanung, Prüfungsangelegenheiten</i></p>	<p><b>TUM School of Natural Science</b></p> <p><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</p> <p><b>Schriftführer:</b> Dr. Martin Saß, <a href="mailto:msass@tum.de">msass@tum.de</a></p>
<p><b>Bewerbung und Immatrikulation</b></p> <p><i>Bewerbung, Immatrikulation, Student Card, Beurlaubung, Rückmeldung, Verifikation von Studienabschlüssen, etc.</i></p>	<p><b>TUM Center for Study and Teaching</b></p> <p><a href="https://www.tum.de/studium/tumcst">https://www.tum.de/studium/tumcst</a></p>
<p><b>Zulassungsverfahren</b></p> <p><i>Durchführung Eignungsverfahrens, Eignungskommission</i></p>	<p><b>TUM School of Natural Science</b></p> <p>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 wurden gemäß den Vorgaben der TUM an die Rechtslage angepasst.

Es erfolgten weitere Anpassungen der Formulierungen an die Mustersatzung.