



ulm university universität
uulm



Masterstudiengang Physik
Fakultät für Naturwissenschaften

Stand: Februar 2010

Universität Ulm

Viele gute Gründe sprechen für ein Masterstudium an der Universität Ulm. Einer der wichtigsten neben dem Profil der Studiengänge selbst: Das attraktive Forschungsumfeld, Basis für eine fundierte und praxisorientierte Lehre sowie für anspruchsvolle Masterarbeiten, anschließend vielleicht auch Dissertationen.

Unabhängig davon, ob Sie dabei ausschließlich fachbezogen oder interdisziplinär arbeiten wollen: Forschungsstarke eigene Institute, hoch spezialisierte An-Institute oder industrielle Forschungseinrichtungen bieten bereits in unmittelbarer Nachbarschaft vielfältige Möglichkeiten. Gleiches gilt für leistungsfähige, zumeist global tätige Unternehmen in der Region.

Und unabhängig vom Studiengang profitieren Sie von einer rundum zeitgemäßen Infrastruktur, Sprachenzentrum, International Office und Kinderbetreuung inklusive. Informieren Sie sich über Details!



Konzept des Studiengangs

»PHANTASIE IST WICHTIGER ALS WISSEN, DENN WISSEN IST BEGRENZT«

Dieses Zitat von Albert Einstein, dem berühmtesten Sohn der Stadt Ulm, drückt genau das aus, was wir in Ihnen nach einem erfolgreich abgeschlossenen Bachelorstudium in Physik oder einem verwandten Fach wecken wollen. Durch eine Vertiefung Ihrer Kenntnisse in den Forschungsfeldern des Fachbereichs Physik (Biophysik, weiche Materie, kondensierte Materie, Nanowissenschaften, Quanteninformatik, Quantentechnologien) und durch weitere Wahlpflichtmodule und Spezialveranstaltungen können Sie das Studium gemäß ihren persönlichen Neigungen folgend selbst gestalten.

Ihre Kreativität und Ihr Wissen setzen Sie bei der Durchführung der Masterarbeit in einem der physikalischen Institute bei der Lösung einer aktuellen Problemstellung ein.

Studienziele

Physiker mit Masterabschluss sind in der Lage, wissenschaftlich selbstständig kreativ zu denken und methodisch zu arbeiten. Sie tragen zu den naturwissenschaftlichen und technischen Entwicklungen auf den verschiedensten Gebieten bei und werden den sich wandelnden Anforderungen von Beruf und Gesellschaft auch im internationalen Rahmen gerecht. Darüber hinaus qualifiziert der Abschluss des Masterstudiums zur Aufnahme einer Promotion.

Berufsfelder

Das Tätigkeitsspektrum für Physiker ist außerordentlich vielfältig und dehnt sich in zunehmendem Maße in neue Aufgabenfelder in interdisziplinären Bereichen aus:

- Industrie (anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung, Qualitätskontrolle, technischer Vertrieb, Management)
- Forschungseinrichtungen (Grundlagenforschung an Universitäten, Max-Planck- und Fraunhofer-Instituten etc.)
- Interdisziplinäre Bereiche (Medizin, Medizintechnik, Energie-, Informations- und Biotechnologie)
- Dienstleistungsbereiche (Banken, Versicherungen)
- Lehre (Hochschulen, Gymnasien, Erwachsenenbildung)
- Patentwesen (mit zusätzlicher juristischer Ausbildung)
- Freiberuflich (Gutachter, Sachverständiger, Wissenschaftsjournalist)

Studienplan

Spezialisierungsphase		Forschungsphase	
1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Fortgeschrittenenpraktikum Physik II 8 LP		Fachliche Spezialisierung 15 LP	Masterarbeit Physik 30 LP
Vertiefungsmodul 16 LP		Methodenkenntnisse und Projektplanung 15 LP	
Wahlpflichtmodule aus dem Bereich der Physik 12 LP			
Wahlpflichtmodule aus den Masterstudiengängen der Universität Ulm oder aus der Philosophie 18 LP			
Additive Schlüsselqualifikationen 6 LP			
30 LP	30 LP	30 LP	30 LP

Hinweise zum Studium

Der Fachbereich Physik liegt zentral auf dem Campus mit kurzen Wegen zu den anderen Fachbereichen, Fakultäten und den der Universität angegliederten Forschungsinstituten. Kleine Gruppen in Seminaren und Praktika ermöglichen eine individuelle Betreuung und den direkten Kontakt zu den Dozenten. Der Studienplan ist so angelegt, dass die Studierenden schon frühzeitig an die aktuelle Forschung herangeführt werden:

- **Umfangreiche Wahlmöglichkeiten** im Masterstudium gestatten eine selektive Vertiefung der im Bachelorstudium erworbenen Kenntnisse und Kompetenzen als Basis für eine abschließende Masterarbeit.
- **Vertiefungsmodule** bestehen aus zwei Vorlesungen mit Seminar oder Praktikum und einem Hauptseminar aus einem der Schwer-

punkte des Fachbereichs (Biophysik und weiche Materie, kondensierte Materie, Nanowissenschaften, Ökonophysik, Plasmaphysik, Quanteninformation, Quantentechnologien).

- Wahlpflichtmodule aus dem **Lehrangebot der Masterstudiengänge der Universität Ulm** ergänzen die Ausbildung auch über die Grenze der Physik hinaus. Nach Absprache mit dem Prüfungsausschuss können entsprechende Module auch während eines Auslandsstudiums (idealerweise im 2. Semester) belegt werden.
- Die Module **Fachliche Spezialisierung** und **Methodenkenntnisse und Projektplanung** bereiten auf die Masterarbeit vor und werden in einem der physikalischen Institute durchgeführt.

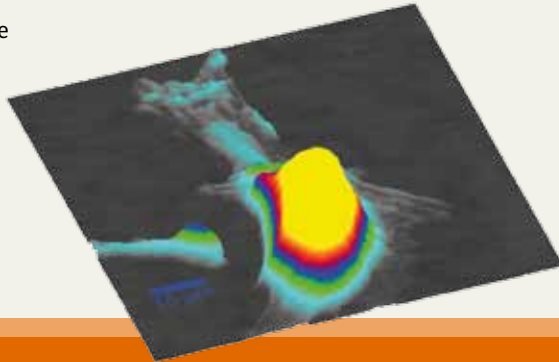
Schwerpunkt Biophysik und weiche Materie

Die Biophysik als Teil der Lebenswissenschaften befasst sich mit fundamentalen Fragen der Funktionsweise von Proteinen, Lipiden und anderen Makromolekülen, von subzellulären und zellulären Systemen bis hin zu Zellen und Zellverbänden. Es zeigt sich mehr und mehr, dass das Verständnis der Prozesse in Lebewesen nicht allein mit chemischen und biochemischen Prinzipien und Methoden erreicht werden kann. Eng verwandt mit der Thematik der Physik von Proteinen und Lipiden ist die Physik von Makromolekülen, sowohl als Einzelmoleküle wie auch im Verbund (Gele, Kunststoffe). Der Schwerpunkt „Biophysik und weiche Materie“ bietet den Studierenden eine physikalische Basis für das Verständnis dieser komplexen Systeme und verschiedene Vertiefungsrichtungen. Einerseits werden Studierende befähigt, mit experimentellen und theoretischen physi-

kalischen Methoden Fragestellungen aus den komplexen Welten der Biophysik und der Soft-Matter-Physik anzugehen und die relevanten Prozesse und die treibenden Kräfte zu erkennen. Andererseits haben Studierende die Möglichkeit vielfältige experimentelle Methoden von optischer Spektroskopie und Mikroskopie über Rasterkraft- und Elektronenmikroskopie, Einzelmolekülspektroskopie, mechanische und dielektrische Testverfahren und Röntgenmethoden zur Strukturaufklärung bis zur Zellkultur und der Darstellung und Charakterisierung von Biomakromolekülen zu erlernen. Enge Vernetzungen bestehen zu den Schwerpunkten „Nanowissenschaften“ und „Kondensierte Materie“ wie auch mit Angeboten aus den Studiengängen Biochemie und Molekulare Medizin.

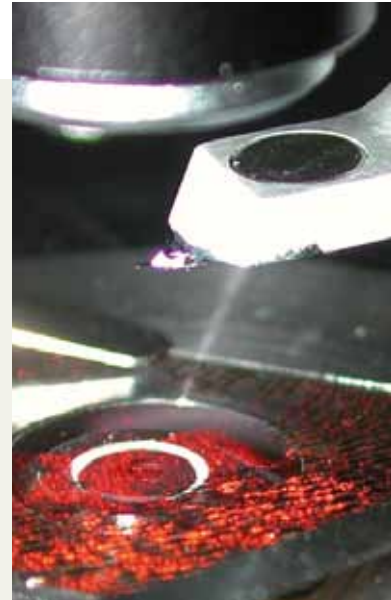
Beispiele angebotener Veranstaltungen

- Biophysik
- Polymerphysik
- Mikrofluidik
- Systembiologie
- Theorie der Makromoleküle



Institute

- Institut für Biophysik
- Institut für Experimentelle Physik
- ZE Elektronenmikroskopie



Schwerpunkt Nanowissenschaften

Das Gebiet der Nanowissenschaften beschäftigt sich mit der Fabrikation, Charakterisierung und Funktionalisierung von Materialien im Nanometerbereich, also auf Längenskalen von 10^{-9} m. Als noch junges Feld der Physik beginnt sich seine enorme technologische Bedeutung herauszukristallisieren, sein volles Potenzial zu entdecken, obliegt aber der Generation zukünftiger Wissenschaftler.

Als interdisziplinäres Forschungsgebiet hat es enge Bezüge zu den Materialwissenschaften, der Medizin und Pharmazie, der Elektro- und Mikrosystemtechnik.

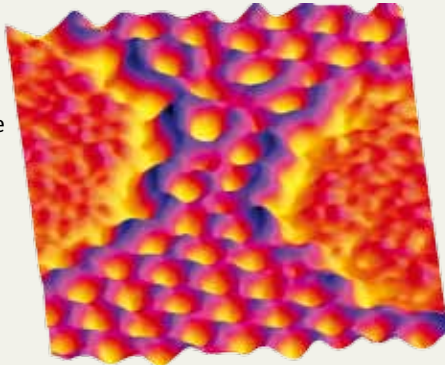
Wichtige Beispiele nanowissenschaftlicher Forschung sind die Strukturierung von Oberflächen und die Entwicklung von Nanowerkzeugen und -maschinen. Dafür ist die geeignete Manipulation von Systemen

notwendig, die aus wenigen Atomen, über Ensembles von Molekülen bis hin zu Clustern bestehen.

Der Charakterisierung in Form von Visualisierung und Detektion kommt dabei eine entscheidende Rolle zu, z.B. in Form hochentwickelter Elektronen-, Rasterkraft- und Rastertunnelmikroskope. Die Fabrikation bedient sich ausgefeilter lithografischer Verfahren und versucht, strukturelle, magnetische, elektronische und optische Eigenschaften unterschiedlicher Materialien (z.B. Verbundstoffe, Halbleiter, Nanosäulen, atomare und molekulare Monolagen) optimal auszunutzen.

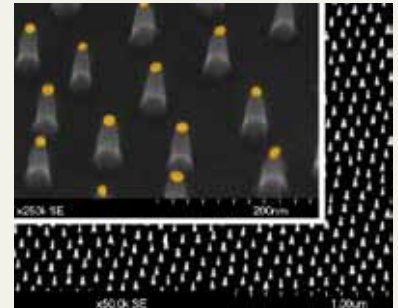
Beispiele angebotener Veranstaltungen

- Moderne Elektronenmikroskopie
- Rastertunnelmikroskopie
- Halbleiterstrukturen
- Nanolithografie
- Nanooptik
- Technologie dünner Filme



Institute

- Institut für Festkörperphysik
- Institut für Quantenmaterie
- Institut für Theoretische Physik
- ZE Elektronenmikroskopie



Schwerpunkt Kondensierte Materie

Unter den Materiezuständen „fest, flüssig, gasförmig“ erforscht die Festkörperphysik die Phänomene des festen Zustandes. Diese zeigen sich in einer unglaublichen Vielfalt und faszinierender Komplexität. Optische, elektrische, magnetische und mechanische Eigenschaften und Prozesse unterschiedlicher Materialien greifen ineinander und werden durch die Möglichkeiten binärer, tertiärer etc. Verbindungen oder Legierungen noch dramatisch gesteigert. Variable Temperaturen bis in den Bereich weniger Milli-Kelvin erlauben die Kontrolle und Detektion physikalischer Vorgänge mit bisher ungeahnter Präzision. Für die Informationstechnologie ist dabei entscheidend der Trend zu immer kleineren Strukturen. Beispiele sind der „Ein-Elektron-Transistor“ oder der „Riesenmagnetowiderstand“ in Vielfachschichten. Zur Zeit öffnet sich der Übergang von der Mikro- (10^{-6} m) zur Nano-

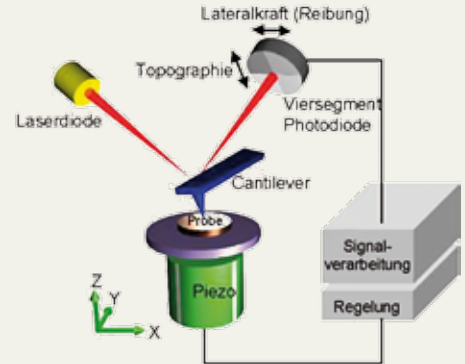
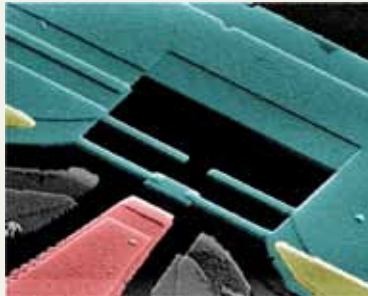
Welt (10^{-9} m) und damit der Übergang vom Festkörper über Systeme von einigen tausend Atomen bis hinunter zu Clustern mit zehn bis hundert Atomen oder makromolekularen Molekülverbänden. Damit entstehen Bezüge zu Systemen in kondensierter Phase aus der Atom- und Molekülphysik sowie der Chemie, die neben neuen diagnostischen Verfahren, wie Einzelatomnachweis mittels Rastertunnel- oder Elektronenmikroskopie, auch neue theoretische Ansätze erfordern. Der gezielten Fabrikation und Charakterisierung von Strukturen (z. B. nanostrukturierte Oberflächen, Hybridmaterialien, Halbleitersysteme) kommt hierbei eine ebenso entscheidende Rolle zu wie die Beschreibung komplexer Quantensysteme, deren Dynamik und Transporteigenschaften (z.B. molekulare Kontakte, Tunnelprozesse, kollektive Quantenphänomene, Dissipation und Rauschen).

Beispiele angebotener Veranstaltungen

- Optische und Transporteigenschaften von Festkörpern
- Halbleiterphysik
- Supraleitung: Phänomene, Materialien, Anwendungen
- Kollektive Quantenphänomene in kondensierter Materie
- Vielteilchentheorie und Transport
- Molekulare Elektronik

Institute

- Institut für Festkörperphysik
- Institut für Quantenmaterie
- Institut für Theoretische Physik
- ZE Elektronenmikroskopie



Schwerpunkt Quanteninformation

Die fortschreitende Miniaturisierung elektronischer Schaltkreise in den letzten 50 Jahren hat eine technologische Revolution ausgelöst, deren Auswirkungen fast jeden Bereich des täglichen Lebens betreffen.

Mittlerweile hat diese Entwicklung den Stand erreicht, dass Strukturen aus nur noch wenigen einzelnen Atomen aufgebaut sind. Kein Wunder also, dass die Quantenmechanik, die Theorie der atomaren Skalen, eine zentrale Rolle in der nächsten technologischen Revolution spielen wird. Zur Zeit können Kernaspekte der Laser- oder Transistortechnologie noch semi-klassisch beschrieben werden. Quantenmechanische Aspekte treten nur als makroskopische Materialeigenschaften in Erscheinung, jedoch nicht als eine fundamentale Ressource. Gleichzeitig beginnen die Miniaturisierung von Silizium-Chips und die Nanotechnologie schon jetzt an die „Quantengrenze“ zu stoßen: Quantenfluktu-

ationen und die Physik einzelner Atome werden immer wichtiger. Als Konsequenz daraus wird die Entwicklung zukünftiger Technologien in diesen Gebieten immer mehr von unserer Fähigkeit abhängen, kleine Systeme zu kontrollieren. Ihre quantenkohärenten Eigenschaften bleiben erhalten und werden sogar nutzbar gemacht. Die Entwicklung geeigneter Methoden ist eines der Hauptziele der Quanteninformationsverarbeitung. Ein genaues Verständnis kontrollierter Quantendynamik kleiner Systeme, ihrer Vielteilchen-Kohärenz und Verschränkung, sowie Ideen für Präparation, Kontrolle und Auslesung, sind also unabdingbar für zukünftige Technologien und für die moderne Grundlagenforschung. Dabei umfasst dieses Gebiet, wie kaum ein anderes der Physik, eine enorme Breite, das sich von reiner Mathematik bis hin zu praktischen Anwendungen erstreckt.

Schwerpunkt Quanteninformation

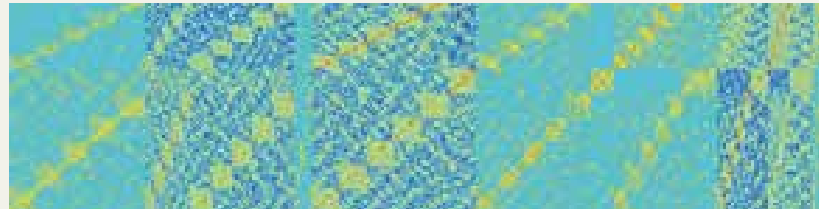
Beispiele angebotener Veranstaltungen

- Theorie der Quanteninformation
- Quantenoptik
- Mathematische Methoden der Quanteninformation
- Simulation zusammengesetzter Quantensysteme
- Systeme und ihre Umgebung: Dekohärenz und Dissipation

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Institute

- Institut für Experimentelle Quantenoptik
- Institut für Quanteninformationsverarbeitung
- Institut für Quantenphysik
- Institut für Theoretische Physik



Schwerpunkt Quantentechnologien mit Atomen, Ionen und Photonen

Quantentechnologien nutzen quantenmechanische Eigenschaften wie Überlagerungszustände oder Verschränkung für Rechenprozesse für geheimen Datentransfer, für die Simulation komplexer Zustände der Materie und für die Verbesserung physikalischer Messungen. Die Natur der Dekohärenz, des Zerfalls von Quanteninformation, wird untersucht. Wir interessieren uns für skalierbare physikalische Systeme, um Quantenbits zu implementieren und quantenlogische Operation zu realisieren. Die Systeme sollen gleichzeitig auch eine hohe Isolation zur Umgebung erlauben, damit Dekohärenzeffekte gering bleiben. Wegen ihrer ausgesprochen vorteilhaften Eigenschaften stehen zwei Systeme hier besonders im Zentrum des experimentellen Interesses: Wir untersuchen insbesondere einzelne Ionen in neu entwickelten Paul-Fallen sowie Festkörper-basierte Quantenprozessoren.

Darüber hinaus bilden ultrakalte Atomgase in optischen Gittern ideale Systeme um kollektive Phänomene, wie sie aus der Festkörperphysik bekannt sind, zu analysieren (Phasenübergänge, Vielteilchenkorrelationen). In der Theorie forschen wir an vielen für Quanteninformation relevanten Systemen, von Atomen in optischen Gittern, einzelnen Atomen oder Ionen, Festkörperbauelementen bis zu hybriden Systemen, wobei wir die Qualität der quantenlogischen Gatteroperationen ebenso verbessern wie die Skalierbarkeit hin zu vielen Quantenbits.

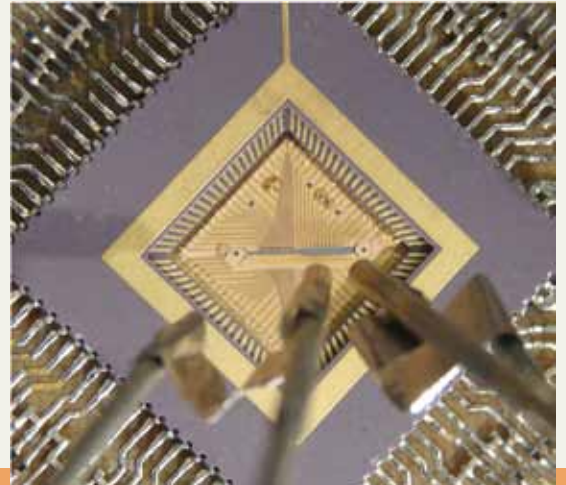


Beispiele angebotener Veranstaltungen

- Ultrakalte Atome und Moleküle mit Bose- und Fermi-Statistik
- Elementare Quantenprozessoren: Ionen, Atome, Festkörper
- Optische Quantenkommunikation und Qubit-Interfaces
- Vertiefung Atomphysik, Spektroskopie, Fangen und Laser-Kühlen
- Atomuhren und Quantensensoren
- Quantenoptik

Institute

- Institut für Experimentelle Quantenoptik
- Institut für Quanteninformationsverarbeitung
- Institut für Quantenmaterie
- Institut für Quantenphysik



Weitere Vertiefungs- und Forschungsangebote

Ökonophysik

Die Beschreibung der Dynamik von Finanzmärkten mit Methoden der statistischen Physik bildet den Gegenstand dieses noch jungen Gebietes. Abgerundet wird das Angebot durch Veranstaltungen hochkarätiger Dozenten aus Unternehmen.

Beispiele angebotener Veranstaltungen

- Ökonophysik
- Nichtgleichgewichtsprozesse im Finanzbereich
- Strategisches Management
- Kontrolltheorie
- Risiko-Management

Institute

- Institut für Theoretische Physik



Plasmaphysik

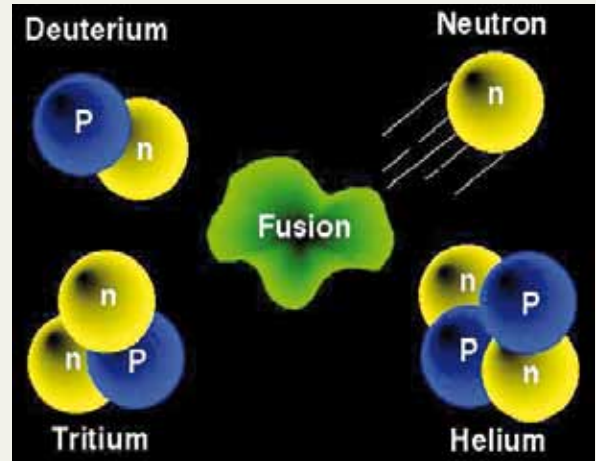
Die Physik von Plasmen, d. h. Gasen aus ionisierten Atomen und Elektronen, hat enorme technologische Bedeutung im Rahmen der Fusionsforschung. Darüber hinaus beschreibt sie einen Aggregatzustand, wie er auch in stellaren Systemen anzutreffen ist. Die Veranstaltungen werden in enger Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) durchgeführt.

Veranstaltungen

- Plasmaphysik

Institute

- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching



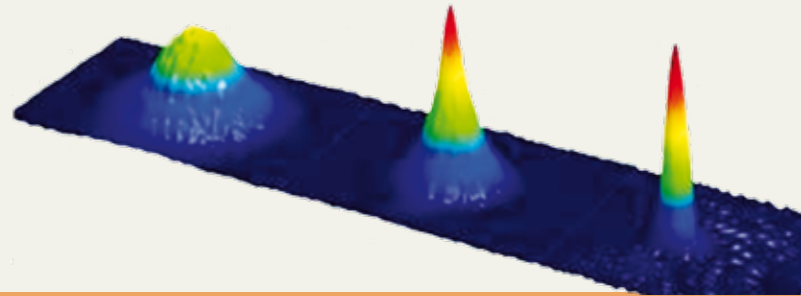
Advanced Materials

Veranstaltungen dieses englischsprachigen Masterstudiengangs können ebenfalls belegt und auf bestimmte Vertiefungsmodule angerechnet werden.

Zum Beispiel:

- Polymers in Medicine
- Biosensors
- Cell Mechanics and Interactions with Biomaterials
- Advanced Engineering-Compound Semiconductors
- Mechanics of Materials
- Solid State Chemistry
- Laser, Laser Matter Interactions

- Thin Films
- Applications of Transmission Electron Microscopy
- Micro- and Nanostructured Optics

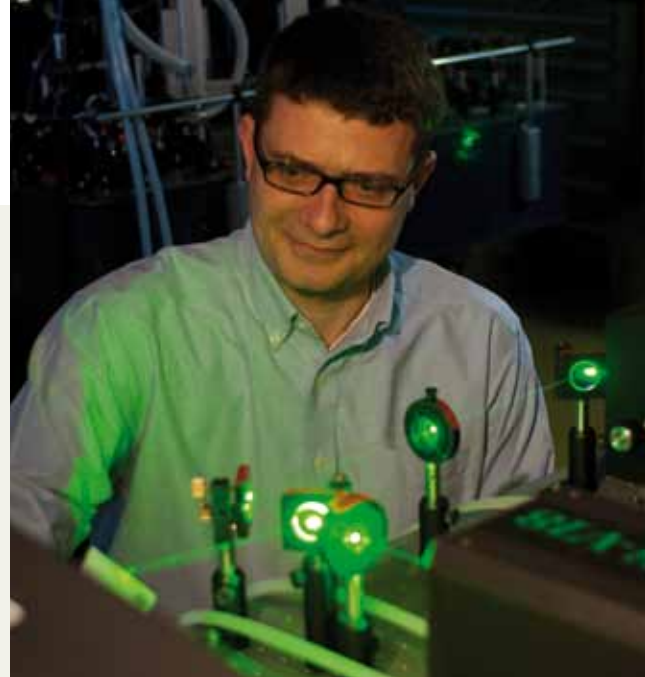


Andere Forschungseinrichtungen

Kooperationen gibt es mit weiteren Fachbereichen und der Universität angegliederten Forschungsinstituten, die sich ebenfalls auf dem Campus befinden:

- Fachbereich Chemie
- Fachbereich Ingenieurwissenschaften
- Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik (ILM)
- Zentrum für Solarenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)

Dadurch wird das Lehrangebot durch Spezialvorlesungen ergänzt und die Durchführung einer Masterarbeit auch in diesen Einrichtungen möglich.



Forschungsverbünde

Center for Quantum Engineering

Dieses Zentrum verknüpft die unterschiedlichen Aktivitäten am Fachbereich auf dem Gebiet der Quantenphysik. Experimentelle und theoretische Physiker arbeiten an hochaktuellen Fragestellungen der gezielten Fabrikation, Manipulation und Kontrolle komplexer Systeme aus Atomphysik, Quantenoptik, Festkörperphysik und Quanteninformativationsverarbeitung.

Promotionskolleg/Graduate School

Mathematical Analysis of Evolution, Information and Complexity

Die Graduiertenschule ist ein interdisziplinäres Netzwerk, das Mathematiker, Physiker, Informatiker und Ingenieure verbindet.

<http://graduateschool.mathematik.uni-ulm.de/>

Sonderforschungsbereiche

SFB 569: Hierarchische Strukturbildung und Funktion organisch-anorganischer Nanosysteme

Ulm, Fachbereiche Chemie und Physik

<http://www.uni-ulm.de/einrichtungen/sfb569.html>

The logo for SFB 569 consists of the letters 'SFB 569' in a yellow, pixelated font.

TR/SFB 21: Quantenkontrolle in maßgeschneiderter Materie

Stuttgart, Ulm, Tübingen

<http://www.physik.uni-stuttgart.de/TR21/>



Zugangsvoraussetzungen

1 Zugangsvoraussetzung ist der Nachweis eines Bachelorabschlusses mit überdurchschnittlichen Prüfungsergebnissen im bewagten Masterstudiengang oder in einem Studiengang mit im Wesentlichen gleichem Inhalt an einer in- oder ausländischen Hochschule oder ein als gleichwertig anerkannter Abschluss auf dem Niveau von mindestens drei Studienjahren.

2 Über die Gleichwertigkeit der Vorbildung sowie die Vergleichbarkeit der qualifizierten Abschlüsse entscheidet der Zulassungsausschuss. Bei der Anerkennung von ausländischen Abschlüssen sind die Empfehlungen der Kultusministerkonferenz sowie die Absprachen

im Rahmen von Hochschulpartnerschaften zu beachten. In Zweifelsfällen wird die Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen (ZAB) gehört.

3 Die überdurchschnittlichen Prüfungsergebnisse werden durch das Erfüllen mindestens eines der folgenden Kriterien nachgewiesen:
a Bachelorabschluss mit der Gesamtnote mindestens 2,4
b Bachelorarbeit mit der Note mindestens 2,0

Interessiert?

Studienberatung Physik

Prof. Dr. sc. nat./ETH Zürich Othmar Marti
Institut für Experimentelle Physik
Universität Ulm
89069 Ulm

Telefon: +49 (0)731 50 23011

E-Mail: othmar.marti@uni-ulm.de

Gerold Brackenhofer
Studienkommission Physik
Universität Ulm
89069 Ulm

Telefon: +49 (0)731 50 22953

E-Mail: gerold.brackenhofer@uni-ulm.de
WWW: <http://www.uni-ulm.de/physik/>



ulm university

universität

uulm



Zertifikat seit 2008
audit familiengerechte
hochschule