



# Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang *Nuclear Technology and Applications*

TUM School of Natural Sciences

Technische Universität München

Bezeichnung	<b>Nuclear Technology and Applications (NTA)</b>
Organisatorische Zuordnung	<b>TUM School of Natural Sciences (NAT)</b>
Abschluss	<b>Master</b> of Science (M.Sc.)
Regelstudienzeit & Credits	<b>Semesterzahl 4</b> Anzahl der <b>ECTS-Credits</b> : 120 Credit Points (CP)
Studienform	Vollzeit
Zulassung	<b>Eignungsverfahren (EV)</b>
Starttermin	WiSe 2025
Sprache	Englisch
Studiengangsverantwortliche	<b>Prof. Dr. Bastian Märkisch</b>
Ggf. ergänzende Angaben für besondere Studiengänge	
Ansprechperson bei Rückfragen	<b>Prof. Dr. Bastian Märkisch</b> maerkisch@ph.tum.de Tel. 089 / 289 - 14485
Stand, vom	Dezember 2024

## Inhaltsverzeichnis

1	31.1	31.2	42
			63
	83.1	83.2	83.3
			84
			105
	125.1	125.2	146
			157
			188
	208.1	208.2	20

# 1 Studiengangsziele

## 1.1 Zweck des Studiengangs

In Folge der Ereignisse der Tsunami-Katastrophe in Japan und dem daraus resultierenden Reaktorunglück in Fukushima hat die deutsche Bundesregierung im Jahr 2011 den Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität beschlossen. Mit der endgültigen Abschaltung der Kernkraftwerke Isar 2, Neckarwestheim 2 und Emsland im Dezember 2022 endet die nukleare Stromerzeugung in Deutschland. Gleichzeitig beurteilt die überwiegende Mehrheit der europäischen und internationalen Industriegesellschaften die Kernenergie, insbesondere im Hinblick auf ihren positiven Beitrag zu Klima- und Umweltschutz, wesentlich wohlwollender. So befinden sich derzeit weltweit 50 Kernreaktoren im Bau.

Über die Stromerzeugung hinaus finden sich zahlreiche weitere Anwendungen der Kerntechnik, wie z.B. in der Werkstoffprüfung, der Grundlagenforschung und der Herstellung von Radiopharmaka. So übernehmen wenige Forschungsreaktoren und radiochemische Einrichtungen eine tragende Rolle bei der weltweiten Versorgung mit Radiopharmaka wie z.B. Molybdän-99. Kerntechnisches Wissen ist ebenfalls grundlegend für Strahlenforschung und Strahlenschutz. Auch werden Stilllegung und Rückbau der bestehenden nuklearen Anlagen in Deutschland sowie die Suche, Qualifizierung und Inbetriebnahme von Endlagern für radioaktive Abfälle noch über Jahrzehnte andauern.

In der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts, und perspektivisch darüber hinaus, werden daher weiterhin umfangreiches Fachwissen und Anwendungserfahrung im nuklearen Bereich in Deutschland erforderlich sein. Zusätzlich liegt es im ureigenen Sicherheitsinteresse der Bundesrepublik, Expertise in der nuklearen Sicherheit zu besitzen, um diese international aktiv einbringen zu können. Diese Expertise bezieht sich dabei explizit nicht nur auf den Erhalt bereits erworbenen Wissens. Mit Hinblick auf die Entwicklung und Implementierung neuer Reaktorkonzepte im europäischen und außereuropäischen Ausland muss auch eigene Forschung betrieben werden, um international auf Augenhöhe diskutieren und argumentieren zu können.

Dieser Sachverhalt wurde von der deutschen Bundesregierung frühzeitig erkannt und mündete in der Erarbeitung des Konzepts zur Kompetenz- und Nachwuchsentwicklung für die nukleare Sicherheit durch das BMWi und das BMU. Darin werden explizit die Zeilen 6677 bis 6679 sowie 6681ff. aus dem Koalitionsvertrag der deutschen Bundesregierung vom 14.03.2018 hervorgehoben, in welchen es heißt:

*„Wir werden ein Konzept zum perspektivischen Erhalt von Fachwissen und –personal für Betrieb, Rückbau und zu Sicherheitsfragen bei Nuklearanlagen sowie für Zwischen- und Endlagerung erarbeiten. [...] Wir wollen, dass Deutschland bei der Reaktorsicherheit in Europa dauerhaft Einfluss ausübt – auch nach dem Ausstieg aus der nationalen Nutzung der Kernenergie. [...] Wer in Sicherheitsfragen mitreden will, der muss das auch können. Dafür ist der Know-how-Erhalt unverzichtbar.“*

Die Präzisierung dieser Formulierungen erfolgt durch die Ableitung von sechs Handlungsfeldern, welche den Erhalt und Ausbau von personellen und informativen Kapazitäten als Ziel haben:

- Ausbildung und Lehre
- Fort- und Weiterbildung
- Forschung und Entwicklung
- Wissenserhalt und -erarbeitung, Gremienarbeit und Netzwerke
- internationale Vernetzung und grenzüberschreitende Aktivitäten

Die Technische Universität München (TUM) als führende deutsche Elite-Universität deckt viele dieser Handlungsfelder in der Kerntechnik bereits seit Langem in vielfältiger Weise personell und institutionell ab. Zur Bündelung dieser bestehenden Kompetenzen wurde das TUM Center for Nuclear Safety and Innovation (TUM.CNSI) mit der Perspektive eines weiteren Ausbaus zu einem bayerischen Kompetenzzentrum im Jahr 2021 gegründet.

Der Masterstudiengang „**Nuclear Technology and Applications (NTA)**“ führt die vielen Handlungsfelder aus Physik, Informatik und Ingenieurwissenschaften mit einem interdisziplinären Ansatz zusammen, legt dabei aber einen starken naturwissenschaftlichen Fokus. Damit leistet der Masterstudiengang „**Nuclear Technology and Applications**“ einen wertvollen Beitrag zum Erhalt des kerntechnischen Wissens in Deutschland, zur Sicherung der herausragenden Stellung der TUM für kerntechnische Ausbildung und nicht zuletzt zur Aufrechterhaltung des sicheren Betriebs der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II).

## 1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Der Studiengang NTA hat besondere Relevanz für die Profilbildung der TUM in diesem interdisziplinären Forschungsfeld und bietet die Basis um vorhandene Strukturen, wie TUM.CNSI mit studentischer Aktivität zu beleben bzw. deren Aktivitäten langfristig zu sichern und den interdisziplinären Forschungsschwerpunkt der kerntechnischen Forschung gesellschaftlich relevant voranzubringen. Folglich wird der Studiengang zu Innovationen für Mensch, Natur und Gesellschaft führen und fügt sich somit in die Leitbilder der TUM ein:

- Die tiefgreifende Vernetzung verschiedener Institute fördert Innovationen und ermöglicht es somit, wissenschaftliche Forschungsfelder auch abseits der allgemeinen öffentlichen Wahrnehmung abzudecken.
- Der Anspruch, sich an den besten internationalen Standards zu messen, führte bereits zu einer beeindruckenden weltweiten Vernetzung. TUM.CNSI soll explizit den weiteren Ausbau von Kooperationen mit Industrie und Forschungseinrichtungen vorantreiben. Speziell sollen dabei aktuelle Forschungsthemen, wie z.B. Neuronale Netze oder Advanced Manufacturing Processes aus der Perspektive der Kerntechnik betrachtet werden.
- Es ist bekannt, dass die Kerntechnik und die damit verbundenen Technologien einen schweren Stand in der deutschen Öffentlichkeit haben. Daher soll im Rahmen von TUM.CNSI der Dialog mit Gesellschaft und Öffentlichkeit verstärkt und damit das Verständnis für die anhaltende Bedeutung dieser Themen für die Bundesrepublik Deutschland erhöht werden. Dies soll durch an ein breites Publikum adressierte Veröffentlichungen und Veranstaltungen erreicht werden, die sowohl aktuelle als auch zukünftige Themen behandeln.

Darüber hinaus bedient der Studiengang NTA auch klar formulierte Wünsche der Bundes- sowie Staatsregierung, dass trotz des vollzogenen Ausstiegs aus der kommerziellen Kernenergie, das kerntechnische Wissen in Deutschland nachhaltig gesichert werden muss. Mit der engen, internationalen Kooperation innerhalb des Studiengangs sichert man sich somit nicht nur Zugriff auf kritische Infrastruktur, sondern auch auf internationale, hervorragende Studierende.

## 2 Qualifikationsprofil

Das Qualifikationsprofil entspricht den Anforderungen des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmens - HQR) gemäß Beschluss vom 16.02.2017 der Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz. Gemäß dem HQR kann das Qualifikationsprofil für den Masterstudiengang Nuclear Technology and Application anhand der Anforderungen (i) Wissen und Verstehen, (ii) Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen und (iii) Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität definiert werden. In dem folgenden Kapitel sind die einzelnen Aspekte benannt. Die formalen Aspekte gemäß HQR (Zugangsvoraussetzungen, Dauer, Abschlussmöglichkeiten) sind in den Kapiteln 3 und 6 sowie in den entsprechenden Fachprüfungs- und Studienordnungen ausgeführt.

### Wissen und Verstehen

Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs verfügen über:

- Vertiefte Kenntnisse der physikalischen, technischen und radiologischen Grundlagen der Kerntechnik sowie möglicher medizinischen und industriellen Anwendungen von radioaktiven Isotopen.
- Ein umfassendes Verständnis der Sicherheitsanforderungen, regulatorischen Rahmenbedingungen und Umweltaspekte der Kernenergie und -technik.
- Ein systematisches Verständnis aktueller Forschungstrends, einschließlich neuartiger Reaktorkonzepte, Fusionsreaktoren und -energie sowie der Herstellung und Nutzung medizinischer Isotope.
- Interdisziplinäres Wissen, das Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und gesellschaftliche Fragestellungen integriert.

### II. Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen

Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage:

- Kerntechnische Systeme und Prozesse zu analysieren, zu modellieren, zu simulieren und zu optimieren.
- Innovative Lösungen in der Nukleartechnik (Fusion, Fission und Transmutation) zu entwickeln, beispielsweise für die Energieversorgung, medizinische Anwendungen oder verschiedene industrielle Anwendungen.
- Methoden des Strahlenschutzes, Neutronik, Thermo-hydraulik und -mechanik und Werkstoffforschung anzuwenden, um praktische und wissenschaftliche Fragestellungen zu bearbeiten.
- Theoretisches Wissen in praxisorientierten Projekten, Laborarbeiten und in Zusammenarbeit mit der Industrie einzusetzen.
- Beiträge zur Weiterentwicklung der Kernspaltung und -fusion durch eigenständige Forschung zu leisten.

### III. Kommunikation und Kooperation

Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage:

- Forschungsergebnisse und technische Zusammenhänge präzise und zielgruppengerecht zu kommunizieren, sowohl schriftlich als auch mündlich; in englischer Sprache.

- In interdisziplinären und internationalen Teams zu arbeiten, die verschiedene Disziplinen umfassen.
- Verantwortung in kooperativen Projekten zu übernehmen und wissenschaftliche Diskussionen auf hohem Niveau zu führen.
- Einen Dialog zwischen Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft zu entwickeln, um Wissen über nukleare Technologien zu erweitern.

#### **IV. Wissenschaftliches Selbstverständnis und Professionalität**

Absolventinnen und Absolventen zeichnen sich aus durch:

- Die Fähigkeit, wissenschaftliche und technische Fragestellungen kritisch zu hinterfragen und eigenständig Lösungen zu entwickeln.
- Ein ausgeprägtes Verantwortungsbewusstsein für die Sicherheit und Nachhaltigkeit kerntechnischer Anwendungen sowie für deren gesellschaftliche Auswirkungen.
- Die Bereitschaft, sich kontinuierlich fortzubilden und neue wissenschaftliche Entwicklungen zu integrieren.
- Professionalität und ethisches Handeln in einem sensiblen und gesellschaftlich kontroversen Themenfeld.
- Eine offene Haltung gegenüber neuen Technologien und Methoden sowie die Fähigkeit, diese kritisch zu bewerten und in den beruflichen Kontext zu integrieren.

Das Qualifikationsprofil bildet die Grundlage für den erfolgreichen Eintritt in führende Positionen in Forschungseinrichtungen, der Energie- und Medizintechnik, Behörden, internationalen Organisationen sowie in der universitären und außeruniversitären Forschung.



## 3 Zielgruppen

### 3.1 Adressatenkreis

Der Masterstudiengang **Nuclear Technology and Applications** richtet sich an hervorragende Hochschulabsolventinnen und –absolventen in- oder ausländischer wissenschaftlicher Hochschulen mit Bachelor of Science oder gleichwertigem Abschluss in den Studiengängen **Physik, Elektrotechnik, Maschinenwesen**, oder vergleichbaren Studiengängen, welche ein besonderes Interesse an den physikalischen Zusammenhängen,

### 3.2 Vorkenntnisse der Studienbewerber

Grundvoraussetzung für den Studiengang Nuclear Technology and Applications ist ein Bachelorabschluss (Bachelor of Science oder gleichwertiger Abschluss) mit mindestens 180 CP (beziehungsweise sechs Semester). Weitere Grundvoraussetzungen für den Studienerfolg und das Erreichen des angestrebten Studienabschlusses sind **Fachkenntnisse in Physik und Mathematik**. In diesen Fächern werden fundierte Grund- und Methodenkompetenzen erwartet und **vor der Zulassung zum Eingangsverfahren abgeprüft**. Gefordert sind Fähigkeiten zu wissenschaftlicher bzw. grundlagen- und methodenorientierter interdisziplinärer Arbeitsweise, eine ingenieur- oder naturwissenschaftliche Neigung, die Fähigkeit zum Denken mit Raumbezug sowie eine gute sprachliche Ausdrucksfähigkeit.

Die Bewerberinnen und Bewerber müssen ein Eignungsverfahren absolvieren, bei dem die fachliche Qualifikation, die Note, das Begründungsschreiben für den Masterstudiengang **Nuclear Technology and Applications** sowie sonstige Qualifikationen der Bewerberinnen und Bewerber berücksichtigt werden. Bewerberinnen und Bewerber mit ausreichender fachlicher Qualifikation haben Vorkenntnisse aus den mehreren Bereichen:

- Grundlagen der Experimentalphysik (Mechanik, Elektrodynamik, Optik, Thermodynamik, Kern- und Atomphysik)
- Fortgeschrittene Experimentalphysik (Einführung in Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Einführung in die Physik der kondensierten Materie)
- Grundlagen der Theoretischen Physik (Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik, Thermodynamik und Statistik)
- Grundkurs Mathematik (Grundlagen der Lineare Algebra, Grundkurs Analysis)
- Grundkurs Chemie (Organische und anorganische Chemie)
- Labor- oder Praxiserfahrungen

Die rechtlichen Informationen zum Eignungsverfahren sind in der Fachprüfungsordnung beschrieben. Aufgrund der starken Forschungsausrichtung wird der **Studiengang in Englisch** durchgeführt, um sich im internationalen Wettbewerb sowie im Labor- und Publikationsalltag bewähren zu können daher werden Englischkenntnisse vorausgesetzt.

### 3.3 Zielzahlen

Der Masterstudiengang **Nuclear Technology and Applications** soll im Wintersemester 2024 mit einer **Beschränkung auf vorerst 20 Studierende** starten. Diese Anzahl an Studienanfängerinnen und

Studienanfängern reicht aus, um einen signifikanten Beitrag zum Bedarf auf dem Arbeitsmarkt zu leisten und um eine exzellente Lehre garantieren zu können. Limitierende Faktoren, welche die Anzahl der Studienanfängerinnen begrenzen, sind die Personalressourcen, welche zur Betreuung von praktischen Arbeiten eingesetzt werden können, die Anzahl und Größe der zur Verfügung stehenden Hörsäle und Seminarräume sowie die vorhandenen Instrumente, Geräte und Rechnerarbeitsplätze für Module des Masterstudiengangs **Nuclear Technology and Applications**.

## 4 Bedarfsanalyse

Der Studiengang zielt vorrangig auf eine solide, kernphysikalische und -technische Ausbildung ab. Der Studienplan ist so aufgebaut, dass vertieftes Wissen in Kernphysik, Spaltungs- und Fusionsreaktoren, Thermohydraulik, Strahlenschutz etc. vermittelt wird. Die Inhalte qualifizieren die Absolventinnen und Absolventen dabei sowohl in experimentellen Aspekten als auch theoretischen Modellierung, insbesondere in numerischen Simulationen. Damit ergeben sich folgende Berufs- und Beschäftigungsfelder in folgenden Branchen:

- Private Kerntechnik
  - Physikerin / Physiker
  - Ingenieurin / Ingenieur
  - Reaktorfahrerin / Reaktorfahrer / Schichtleitung
  - Strahlenschutz
  - Rückbau von kerntechnischen Anlagen
  - Leitung einer Anlage
- Private Kernfusion
  - Physikerin / Physiker
  - Ingenieurin / Ingenieur
  - Bau von Fusionsanlagen
- Staat / Sachverständiger
  - Referentin / Referent Aufsichtsbehörde
  - Sachverständige / Sachverständiger
  - Safeguard
- Staatliche Einrichtungen
  - Wissenschaft Universität, ITER
- Sonstige private Industrie
  - Entwicklungsingenieurin / Entwicklungsingenieur
  - Laborleitung, insbesondere Röntgenlabor
  - Materialwissenschaft
  - Strahlenschutz

Das JRC der EU Kommission schlägt eine ähnliche Spezialisierung vor (siehe Fig. 1)<sup>1</sup>. Die Gründung einer eigenen Abteilung innerhalb der JRC, European Human Resources Observatory for the Nuclear Sector (EHRO-N), unterstreicht ebenfalls nochmal den Bedarf an hochqualifizierten Arbeitskräften im kerntechnischen Sektor. Durch die internationale Renaissance der Kerntechnik und den Boom der Kernfusion steigt auch der Bedarf von hochqualifizierten Arbeitskräften massiv an. Nach den Zahlen der Französischen Kernenergie Gemeinschaft braucht allein Frankreich 8.000 zusätzliche Arbeitskräfte pro Jahr. In Kanada ist der kerntechnische Sektor in den letzten fünf Jahren um 17 % gewachsen, wobei sich dieser Trend durch den Bau mehrerer SMRs sogar noch verstärken dürfte. In Deutschland ist der Bedarf durch den Ausstieg aus der kommerziellen Nutzung der Kernenergie zwar nicht so groß, aber nach Schätzungen von KernD werden selbst hierzulande noch 50 Arbeitskräfte pro Jahr benötigt.

---

<sup>1</sup> siehe "Job Classification and Taxonomy in the Nuclear Sector":

Auch im Bereich der Kernfusion wird ein steigender Bedarf erwartet. Am ITER sind im Schnitt ca. 10 Positionen offen, auf die das Qualifikationsprofil der Absolventinnen und Absolventen passen würde. Startups befinden sich in einer starken Wachstumsphase und haben Bedarf an Absolventinnen und Absolventen aus dem Nuklearbereich.

EQF 7 & 8 (MSc + PhD)		EQF 6 (BSc)		EQF 5
Construction engineering	Materials science and engineering (nuclear facility materials, failures, component engineering, inspections and lifetime management)	Construction engineering	Materials science and engineering (nuclear facility materials, failures, component engineering, inspections and lifetime management)	Construction engineering
Electrical engineering	Nuclear and particle physics	Electrical engineering	Nuclear and particle physics	Electrical engineering
Instrumentation and control (automation)	Reactor physics and dynamics	Instrumentation and control (automation)	Reactor physics and dynamics	Instrumentation and control (automation)
Mechanics/mechanical engineering	Thermal hydraulics and coolants	Mechanics/mechanical engineering	Thermal hydraulics and coolants	Mechanics/mechanical engineering
Nuclear fuel cycle (R&D, front-end, reprocessing and back-end)	Risk analysis (incl. probabilistic risk assessments)	Nuclear fuel cycle (R&D, front-end, reprocessing and back-end)	Risk analysis (incl. probabilistic risk assessments)	Radiation protection
Process engineering	Safeguards	Process engineering	Safeguards	Safety and security (business security and fire safety)
Project management	Safety and security (business security and fire safety)	Project management	Safety and security (business security and fire safety)	Process engineering
Radiation protection	Severe accidents	Radiation protection	Severe accidents	Chemistry (water)
Reactor and "hot" lab operation	Nuclear waste management, decommissioning and dismantling (including R&D and planning)	Reactor and "hot" lab operation	Nuclear waste management, decommissioning and dismantling (including R&D and planning)	
Quality management and inspections	Radiochemistry	Quality management and inspections	Radiochemistry	
Organisational and human factors	Chemistry (water)	Organisational and human factors	Chemistry (water)	
Others: (support functions such as procurement, personnel admin., training duties, document management, technical sales support; procurement; management system; information security; fusion and plasma physics research; official duties; technical business expert duties; management duties; duties related to financial profitability; strategic planning; extensive licensing-related functions; legal duties; environmental control)		Others: (support functions such as procurement, personnel admin., training duties, document management, technical sales support; procurement; management system; information security; fusion and plasma physics research; official duties; technical business expert duties; management duties; duties related to financial profitability; strategic planning; extensive licensing-related functions; legal duties; environmental control)		Others: (support functions such as nuclear fuel treatment; maintenance duties; support functions; installation duties; operator duties; and technical documentation)

## 5 Wettbewerbsanalyse

### 5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Durch den vollzogenen Ausstieg aus der kommerziellen Nutzung der Kernenergie ist auch das Ausbildungsangebot in Deutschland zurückgegangen. Heute werden noch einzelne Veranstaltungen an folgenden Universitäten bzw. Fachhochschulen angeboten:

- Universität Stuttgart – Institut für Kernenergetik und Energiesysteme (IKE)
  - Vorlesungen Kerntechnische Anlagen zur Energieerzeugung, Reaktorphysik und -sicherheit, Modellierung kerntechnischer Anlagen, Strahlenschutz, Probabilistik- und Monte-Carlo-Methoden, Nuclear Waste
  - Praktika am Siemens Unterrichtsreaktor (SUR-100)
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
  - Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) versteht sich als internationales Institut der Energieforschung. Innovation und Forschung umfassen Fusionstechnologie, Solarthermie, thermische Speicher, thermoelektrische Wandlungskonzepte und sicherheitstechnische Analysen kerntechnischer Anlagen vom Beschleuniger bis zu Kraftwerken.
    - Kernkraftwerkstechnik, innovative nukleare Systeme, Grundlagen der Reaktorphysik, Grundlagen der Reaktorsicherheit
  - Institut für Angewandte Materialien (IAM)
    - Institut für Angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik (IAM-AWP)

- Institute for Applied Materials – Mechanics of Materials and Interfaces (IAM-MMI)
  - Institut für Nukleare Entsorgung (INE)
- Institut Physikalische Chemie und Radiochemie an der Hochschule Mannheim
  - Prof. Dr. Ulrich W. Scherer
    - Kurse zum Erwerb der Fachkunde im Strahlenschutz
    - Vorlesungen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle
- FH Aachen
  - Masterstudiengang „Master of Nuclear Applications“
- Westfälische Hochschule Gelsenkirchen
  - Masterstudiengang „Sicherheit in der kerntechnischen Entsorgung“
  - Certificate of Advanced Studies (CAS) für Zertifikate für berufserfahrene Fachkräfte aus technischen oder gewerblichen Berufen (auch außerhalb der Kerntechnik)
    - CAS 1: Radioaktivität & Strahlenschutz
    - CAS 2: Umgang mit radioaktiven Reststoffen
    - CAS 3: Rechtliche Grundlagen & Lagerkonzepte für die Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle
    - CAS 4: Behälter für radioaktive Abfälle & Produktkontrolle
    - CAS 5: Stilllegung & Rückbau kerntechnischer Anlagen

## SICHERHEIT IN DER KERNTÉCHNISCHEN ENTSORGUNG

Berufsbegleitender Masterstudiengang

Westfälische Hochschule  
Gesamthochschule Bochum  
University of Applied Sciences

### Studienverlaufsplan

	Modul	CP	Modul	CP	Modul	CP	Modul	CP	Gesamt CP
<b>1. Semester</b>	Grundlagen der Radioaktivität	6	Atomrechtliches Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren	6	Freigabe radioaktiver Reststoffe	6	Grundlagen der Zwischen- und Endlagerung	6	24
<b>2. Semester</b>	Strahlenschutz	6	Zerlegetechnologien für den Rückbau kerntechnischer Anlagen	6	Abfallbehandlung und -konditionierung	6	Automatisierungstechnik in radioaktiver Umgebung	6	24
<b>3. Semester</b>	Produktkontrolle & Abfallgebindedokumentation	6	Behälter / Transporte	6	Veränderungen und Mediation / Moderation von Konflikten	6			18
<b>4. Semester</b>	Projektarbeit	18	Wahlpflichtmodul	6					24
<b>5. Semester</b>	Masterarbeit	25	Kolloquium zur Masterarbeit	5					30

Die Bündelung der verschiedenen kerntechnischen Kompetenzen sowie die vorhandenen Assets an der TUM ist ein deutschlandweites Alleinstellungsmerkmal. Die angestrebte internationale Anbindung des Studiengangs an internationale Partner, wie McMaster oder Politecnico di Milano,

bietet den Studierenden eine einzigartige Möglichkeit, bereits im Masterstudium Einblicke in andere kerntechnische Communities zu bekommen.

Der geplante Masterstudiengang „Nuclear Technology and Applications“ an der TUM stärkt ein Kernkompetenzfeld der TUM und spiegelt nicht zuletzt den Anspruch wieder, dass die TUM eines der führenden Zentren für kerntechnische Forschung in Deutschland ist. Trotz des Ausstiegs aus der Kernenergie ist der Wissenserhalt in diesem international boomenden Feld strategisch wichtig für Bayern und Deutschland.

## 5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Innerhalb der TUM School of Natural Sciences gibt es die Physik Studiengänge „Physik (Kern-, Teilchen- und Astrophysik, KTA)“ und Physics (Applied and Engineering Physics, AEP) zu denen sich der neue Studiengang **Nuclear Technology and Applications** abgrenzen muss.

Die Abgrenzung zum Studiengang KTA ist zum einen durch die Sprache gegeben, da KTA ausschließlich in Deutsch angeboten wird. Zum anderen liegt der Fokus in KTA auf den grundlegenden, physikalischen Phänomenen der subatomaren Welt. Der neue Studiengang **Nuclear Technology and Applications** legt zwar auch einen starken Fokus auf die Kernphysik und ist forschungsorientiert, jedoch ist ein Fokus auf Elemente der Anwendung der Kerntechnik gelegt, u.a. in einem eigenen Praktikum mit praxisnahen Versuchen.

Beim Studiengang AEP gibt es einen sehr breiten Ingenieursfokus, im dem kein expliziter Schwerpunkt auf kerntechnische Themen gesetzt ist. Im neuen Studiengang **Nuclear Technology and Applications** hingegen werden die physikalischen Grundlagen gelegt, um im späteren Verlauf des Studiengangs tiefgreifendes Wissen von den kerntechnischen Themen Fusion, Fission und Transmutation zu erwerben. Außerdem ist das neue Pflichtmodul „Advanced Nuclear Physics“ sowie ein eigenes Praktikum, in dem ein vertieftes Verständnis für kerntechnische Fragestellungen vermittelt wird ein herausstellendes Merkmal von **Nuclear Technology and Applications**.

Aktuell gibt es an der TUM School of Engineering and Design noch den auslaufenden Studiengang Kerntechnik. Zum einen ist dieser auf Anwendungen der Kerntechnik und deren technische Umsetzungen fokussiert und letztendlich ist dieser Studiengang auch auslaufend.

Das Alleinstellungsmerkmal des neuen Studiengangs **Nuclear Technology and Applications** ist die forschungsorientierte Vermittlung kerntechnischen Wissens in englischer Sprache mit anwendungsbezogenen Praktika. Ergänzt wird dies durch die Zusammenarbeit mit internationalen Partneruniversitäten, wie z.B. der McMaster University.

## 6 Aufbau des Studiengangs

Der Studiengang **Nuclear Technology and Applications** ist auf vier Semester mit 120 CP angelegt. Der Studienplan ist in Tabelle 1 abgebildet. Studienbeginn ist nach §5 APSO in der Regel das Wintersemester.

Tabelle 1: Studienplan mit dem grundlegenden Aufbau des Studiengangs

Semester	Module					Credits
1.	Reactor Physics and Applications of Nuclear Technology (Pflicht) Prüfungsform: mündlich oder schriftlich 5 CP	Plasma Physics I (Pflicht) Prüfungsform: mündlich oder schriftlich 5 CP	Advanced Nuclear Physics (Pflicht) Prüfungsform: schriftlich 5 CP	Wahlmodule (Wahlfach) Prüfungsform: diverse 15 CP		30
2.	Modern Concepts in Nuclear Technology (Pflicht) Prüfungsform: mündlich oder schriftlich 5 CP	Fusion Research (Pflicht) Prüfungsform: mündlich 5 CP	Advanced Lab Course (Pflicht) Prüfungsform: diverse 6 CP	Wahlmodule (Wahlfach) Prüfungsform: diverse 10 CP	Allgemeinbildende Fächer (Wahlfach) Prüfungsform: diverse 4 CP	30
3.	Masterseminar 15 CP		Masterpraktikum 15 CP			30
4.	Master's Thesis inclusive Masterkolloquium 30 CP					30

Legende:  
 dunkelblau = Forschungsphase  
 hellblau = Wahlmodulbereich  
 grau = Pflichtmodulbereich

In den ersten beiden Semestern müssen neben den Pflichtmodulen Reaktor Physics 1, Reaktor Physics 2, and Fusion Research (insgesamt 15 CP) noch insgesamt 25 CP aus dem Wahlmodulkatalog, ein Advanced Lab Course (sechs CP) und vier CP aus dem überfachlichen Wahlkatalog erbracht werden. Die ersten beiden Semester legen die Grundlagen für die darauf aufbauende einjährige Forschungsphase, die in einem Fachgebiet bzw. an einer Professur durchgeführt wird.

Der *Advanced Lab Course*, welcher im zweiten Semester abzuleisten ist, wird in sechs Tagen während der Vorlesungszeit durchgeführt. Für den Advanced Lab Course können Teilnehmerinnen und Teilnehmern verschiedene Versuche aus einem Katalog gewählt werden. Dabei wird eine Gruppengröße von bis zu vier Personen pro Gruppe angestrebt, die dann jeweils einen Versuch gemeinsam bearbeiten. Ein Versuch umfasst in der Regel die Versuchsvorbereitung, die



Versuchsdurchführung, die schriftliche Ausarbeitung sowie eine Präsentation als abschließende Besprechung und Prüfung. In der Präsentation sind die Teilergebnisse im Kontext des aktuellen Stands von Wissenschaft und Technik darzustellen. Beispielsweise könnte in dem Modul eine Laborleistung am Glasmodell eines Druckwasserreaktors verbunden mit individuellen Präsentationen zu Themen der Sicherheitsauslegung von Reaktoren, zur Detektortechnologie oder thermodynamischen Fragestellungen absolviert werden. Die benotete Gesamtleistung besteht in der Regel aus einer Laborleistung.

Die Studentinnen und Studenten haben die Möglichkeit aus dem weiten Bereich allgemeinbildender Fächer (Sprachenzentrum, Carl von Linde-Akademie, ...) Wahlmodule im Umfang von vier CP einzubringen. Die TUM School of Natural Sciences hat die Erfahrung gemacht, dass der Umfang von vier CP 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 an einer Professur erbracht. Im dritten Semester werden im Rahmen des Masterseminars (15 CP) die notwendigen theoretischen Grundlagen sowie der wissenschaftliche Hintergrund der Master's Thesis durch die Studentinnen und Studenten selbstständig erarbeitet, präsentiert und diskutiert. Zeitgleich erlernen die Studentinnen und Studenten im Masterpraktikum (15 CP) 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. Diese wird regulär, inklusive dem dazugehörigen Masterkolloquium, (30 CP) im vierten Semester durchgeführt.

Die angebotenen Module erstrecken sich im Normalfall jeweils auf ein Semester; damit werden große zeitliche Flexibilität und die Möglichkeit zur optimalen Individualisierung für die Studierenden sichergestellt. Exemplarisch ist zur Veranschaulichung eines typischen Studienverlaufs ein schematischer Studienplan in Tabelle 2 erstellt worden. Die Studierenden haben durch die flexible Gestaltung ihres Studienplans darüber hinaus die Möglichkeit, in den ersten beiden Mastersemestern ein Auslandssemester zu absolvieren.

Das dritte und vierte Semester ist durch Masterseminar, Masterpraktikum und Master's Thesis vorgegeben und wird hier nicht explizit dargestellt.

Tabelle 2: Exemplarischer Studienplan

1. Semester			2. Semester	2. Semester		
Modul:	Reactor Physics and Applications of Nuclear Technology	5 CP		Modul:	Modern Concepts in Nuclear Technology	5 CP
Typ:	Pflichtfach			Typ:	Pflichtfach	
Prüfungsform:	mündlich oder schriftlich			Prüfungsform:	mündlich oder schriftlich	
Modul:	Plasma Physics I	5 CP		Modul:	Fusion Research	5 CP
Typ:	Pflichtfach			Typ:	Pflichtfach	
Prüfungsform:	mündlich oder schriftlich			Prüfungsform:	mündlich oder schriftlich	
Modul:	Advanced Nuclear Physics	5 CP		Modul:	Advanced Lab Course	6 CP
Typ:	Pflichtfach			Typ:	Pflichtfach	
Prüfungsform:	schriftlich			Prüfungsform:	diverse	
Modul:	Technology and Applications of Current and Future Nuclear Reactors	5 CP		Modul:	Physics with Neutrons 1 (Fundamentals)	5 CP
Typ:	Wahlfach			Typ:	Wahlfach	
Prüfungsform:	schriftlich		Prüfungsform:	Mündlich		
Modul:	Computational Plasma Physics	5 CP	Modul:	Application of Radioactivity in Industry, Research and Medicine	3 CP	
Typ:	Wahlfach		Typ:	Wahlfach		
Prüfungsform:	schriftlich		Prüfungsform:	schriftlich		
Modul:	Nuclear Waste - management, disposal, and scientific aspects	5 CP	Überfachliche Grundlagen Modul:	Writing Scientific Papers: English Writing for Physics PH8116	6 CP	
Typ:	Wahlfach		Typ:	Überfachliche Grundlagen		
Prüfungsform:	schriftlich		Prüfungsform:	schriftlich		

## 7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten (all)

Der Masterstudiengang **Nuclear Technology and Applications** wird vom Professional Profile Physik der TUM School of Natural Sciences angeboten, die für die Durchführung des Studiengangs verantwortlich ist. Zusätzlich sind über Lehrintport die nachfolgenden TUM Schools und Fakultäten in den Studiengang involviert:

- TUM School of Engineering and Design, (ED)
- TUM School of Computation, Information and Technology (CIT)
- TUM School of Management (MGT)
- **TUM School of Social Sciences and Technology (SOT)**

In den Studiengang sind Lehrbeauftragte eingebunden, welche spezifische Kompetenzen und Kenntnisse aus den im Raum München angesiedelten Forschungsinstituten und Behörden vermitteln können.

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

<i>Beratung Auslandsaufenthalt / Internationalisierung</i>	Dezentral: <b>TUM School of Natural Science</b> international@ph.tum.de
<b>Beiträge / Stipendien</b> <i>Studienbeiträge, Stipendien, Studienbeitragsdarlehen, Befreiungen und Rückerstattungen von Beiträgen, etc.</i>	<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
<b>Beratung barrierefreies Studium</b>	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/gesundheits/studieren-mit-behinderung">https://www.tum.de/studium/hilfe-und-beratung/gesundheits/studieren-mit-behinderung</a> Dezentral: <b>TUM School of Natural Science</b>
<b>Gleichstellung</b>	<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
<b>Qualitätsmanagement</b> <i>Evaluation und Qualitätsmanagement, Organisation QM-Zirkel</i>	zentral: Studium und Lehre - Qualitätsmanagement (TUM CST) <a href="https://www.tum.de/studium/tumcst/teams-cst/#c64671">https://www.tum.de/studium/tumcst/teams-cst/#c64671</a> dezentral: <b>TUM School of Natural Science</b> Kontakt über die Fach-Studienberatung studium@ph.tum.de

## 8 Ressourcen

### 8.1 Personelle Ressourcen

Neben dem Lehrpersonal steht außerdem Personal für die Studiengangsverwaltung und administrative Tätigkeiten zur Verfügung. Dies umfasst die folgenden Bereiche:

- Studienberatung,
- Studiengangsverwaltung,
- Studienkoordination,
- Prüfungsverwaltung,
- Anerkennung und Eignungsfeststellung,
- Qualitätsmanagement,
- Evaluierung,
- TUM-Online Verwaltung,
- Finanzen.

Die für die administrative Abwicklung des Studiengangs erforderlichen personellen Ressourcen sind in ausreichendem Umfang vorhanden.

### 8.2 Sachausstattung und Räume

#### **Lehrveranstaltungen, Tutorien, etc.**

Die meisten Module finden in Hörsälen oder Seminarräumen statt. Die Kapazitäten sind knapp, aber derzeit ausreichend. Die Raumplanung findet zentral statt.

#### **Lern- und Lehrmaterialien**

Die Bibliothek am Campus Garching ist sehr gut ausgestattet. Lehrbücher, auch in elektronischer Form, sind in ausreichender Zahl vorrätig.

#### **Geräte, Maschinen, Labore, CIP-Ausstattung**

Die Ausstattung ist derzeit in ausreichendem Maße vorhanden. Es existieren zahlreiche Labore für Kerntechnische Anwendungen und Plasmaphysik an der TUM School of Natural Sciences, dem FRM II, der TUM School of Engineering and Design und dem Institut für Plasma-Physik.

#### **Räume für Lehrveranstaltungen, Selbststudium, Gruppenarbeit**

Am Campus Garching gibt es in ausreichender Anzahl öffentliche Arbeitsplätze an denen diskutiert, gearbeitet, gelernt und gelebt werden kann.