

Kerntechnische Lehrstühle an deutschsprachigen Universitäten und Hochschulen

Kerntechnik studieren, aber wo? In dieser Reihe werden die kerntechnischen Lehrstühle an deutschsprachigen Universitäten und Hochschulen in Kurzportraits vorgestellt. Hierbei geht es vor allem darum, die Standorte vorzustellen, die aktuelle Lehre zu beleuchten und exemplarisch Forschungsarbeiten zu präsentieren.

Technische Universität München.
TUM Center for Nuclear Safety
and Innovation (TUM.CNSI)

Technical
University
of Munich



Das Motto von TUM.CNSI „Kompetenzerhalt durch Forschung“ fasst unsere Mission und Motivation in drei Worten zusammen. Wir sind davon überzeugt, dass die Kerntechnik mehr ist als eine Brückentechnologie, bereits heute Lösungen für existenzielle Probleme liefert und einen entscheidenden Beitrag dazu leisten wird, dass wir die Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte erfolgreich meistern werden. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn die aktuell durchaus vorhandenen offenen Fragestellungen durch motivierte Forschungsprojekte angegangen werden. Wir sind überzeugt, dass Universitäten dafür die idealen Institutionen sind. Insbesondere bei der dringend gebotenen Dekarbonisierung ist die Kerntechnik nahezu unersetzlich, gleiches gilt für die Entwicklung modernster Medikamente für die Krebsdiagnostik und -therapie. Die aktive Forschung einerseits sowie die Vermittlung der notwendigen Expertise an motivierte Studierende und junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler andererseits stellt seit seiner Gründung 2021 einen der wesentlichen Eckpfeiler von TUM.CNSI dar.

Die Kernenergie – eine Bestandsaufnahme

Trotz des vollzogenen Ausstieges aus der Nutzung der Kernenergie zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität in Deutschland wird die Kerntechnik aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums auch zukünftig eine wesentliche Rolle am Wissenschafts- und Forschungsstandort Deutschland spielen. Sie findet Anwendung in zahlreichen Bereichen, wie z. B. der Werkstoffprüfung, der Grundlagenforschung und der Herstellung von

Radiopharmazeutika. So übernehmen wenige Forschungsreaktoren und radiochemische Einrichtungen eine tragende Rolle bei der weltweiten Versorgung mit Radiopharmaka wie z. B. Technetium-99m. 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. 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.

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.

Garching Reaktoren – vom nuklearen Anfang und Ausklang in Deutschland

Während mit dem Forschungsreaktor München (FRM) 1957 das Reaktorzeitalter in Deutschland eingeläutet wurde, wird es voraussichtlich gegen Ende des 21. Jahrhunderts mit dem Abschalten der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) dort seinen Ausklang finden. Beide Reaktoren haben den Standort Garching nachhaltig geprägt und auch die kerntechnische Forschung und Lehre an der TUM ist historisch vor allem mit dem FRM II eng verwoben. Da bei diesem bereits von Beginn an eine Umstellung auf einen Brennstoff mit niedrigerer Anreicherung vorgesehen und politisch verankert war, wurde 2003 die Arbeitsgruppe Hochdichte Kernbrennstoffe/Reaktorphysik gegründet. Sie entwickelt den für die Umrüstung erforderlichen neuen Kernbrennstoff und realistische, theoretische Umrüstungsszenarien. Dazu betreibt sie seit 2013 ein deutschlandweit einzigartiges Kernbrennstofflabor zur Forschung und Entwicklung von neuen, hochdichten Kernbrennstoffen für Forschungsreaktoren. Als Ergebnis dieser langjährigen Bemühungen konnte 2022 gezeigt werden, dass mit einem neuartigen monolithischen Uran-Molybdän Brennstoff sowie geometrischen Änderungen eine Umrüstung des FRM II auf ein niedrig-angereichertes Brennelement wissenschaftlich möglich ist. Damit ist die Voraussetzung für einen langfristigen Weiterbetrieb der Garching Neutronenquelle geschaffen.

Bündelung von Kompetenzen – Gründung von TUM.CNSI

Die TUM ist seit diesem Jahr die einzige Betreiberin eines Kernreaktors im Regelbetrieb mit einer nennenswerten thermischen Leistung und verfügt darüber hinaus mit der in unmittelbarer Nachbarschaft gelegenen Radiochemie München (RCM) und dem Lehrstuhl für Nukleartechnik über ein für eine Universität deutschlandweit einzigartiges, kerntechnisches Fähigkeitsportfolio. Somit war es naheliegend, die am Campus bereits bestehenden Kompetenzen unter einem gemeinsamen Namen zusammenzuführen, sodass 2021 das TUM Center for Nuclear Safety and Innovation (TUM.CNSI) gegründet wurde. In diesem wird die an der TUM vorhandene Expertise in Themenkomplexen gebündelt, sodass Forschungsprojekte

interdisziplinär behandelt werden können. Dazu zählen z. B. die Entwicklung neuartiger Reaktor-konzepte, neue Lösungen für die Prozessierung und Entsorgung nuklearer Abfälle sowie die Entwicklung neuer medizinischer Radioisotope.

Einzigartige Infrastruktur – Labore und Rechencluster

Ein wesentlicher Schwerpunkt von TUM.CNSI am FRM II liegt auf der angewandten Forschung, welche in verschiedenen Laboren durchgeführt wird. Insbesondere die Erforschung von monolithischen Uran-Molybdän-Brennstoffen (U-Mo) ist aktuell ein zentrales Forschungsthema, da nur diese die notwendige Urandichte besitzen, um den FRM II auf low enriched uranium (LEU) umzurüsten. Das Kernbrennstofflabor verfügt dazu über mehrere Gloveboxen, in denen offen mit Uran in verschiedensten Formen umgegangen werden kann. Die Forschungsarbeiten geschehen in enger Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern und obwohl insbesondere durch die Umrüstung des FRM II motiviert, ergeben sich auch andere potentielle Einsatzszenarien, so z. B. für sogenannte Small Modular Reactors (SMRs). Weiterhin werden die experimentellen Kapazitäten von TUM.CNSI kontinuierlich ausgebaut. So wurde das Kernbrennstofflabor durch eine Verdopplung der Grundfläche deutlich ertüchtigt, zusätzlich wurden die analytischen Fähigkeiten unter anderem durch die Installation eines FIB-SEMs mit EDX- und EBSD-Detektoren signifikant verbessert.

In Vorbereitung befindet sich derzeit ein Antrag, um die Genehmigung auf den Umgang mit Thorium zu erweitern, für verschiedene alternative Reaktorkonzepte als Brennstoff Anwendung finden kann.

THEMENKOMPLEXE	
REACTOR OPERATIONS	Strahlenschutz und Entsorgung Bestrahlungen Ausbildung von Reaktorpersonal I
NUCLEAR SAFETY	Reaktorphysik und Neutronik Thermohydraulik und -mechanik Reaktorsicherheit II
NUCLEAR MATERIALS	Grundlagenforschung Charakterisierung Fertigungstechniken III
NUCLEAR ANALYTICS	Nukleare Gefahrenabwehr und Forensik Produktkontrolle radioaktiver Abfälle Endlagersicherheit und Nuklidmigration IV
MEDICAL APPLICATIONS	Neutronentherapie Bestrahlungsplanung und Dosimetrie Radioisotopenver- und -entsorgung V

Durch die Kompetenzen der beteiligten Institute deckt TUM.CNSI eine Vielzahl von kerntechnischen Themenkomplexen ab.



Durch die Arbeit an neuen Brennstoffen im Rahmen der Umrüstung des FRM II können Studierende im Kernbrennstofflabor kerntechnische Forschung aus erster Hand erleben.
 © Bernhard Ludewig, FRM II / TUM

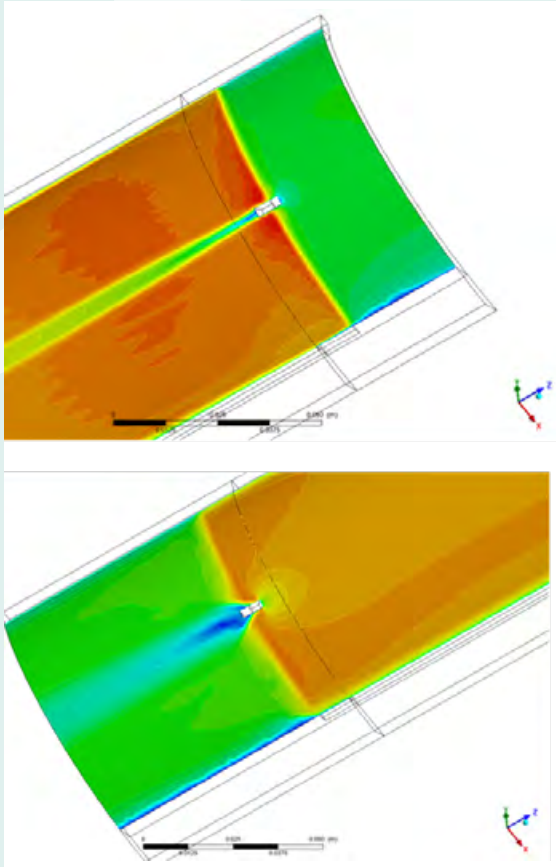
Das zweite, zentrale Standbein ist die theoretische Entwicklung neuer Reaktormodelle, wie z. B. einen LEU-Kern für den FRM II. Hierbei kommen modernste Computerprogramme zur Anwendung, wie Serpent 2 für die Neutronik, Stromfaden und Computational Fluid Dynamics (CFD) Codes für die Thermo-Hydraulik sowie verschiedene Mechanik-Programme. Um die notwendigen Berechnungen anfertigen zu können und auch der Gruppengröße Rechnung zu tragen, stehen TUM.CNSI mehrere, eigene Computer-Cluster mit insgesamt 2900 CPUs, sowie ein GPU-Cluster zur Verfügung. Auch hier werden die Kapazitäten beider Systeme aktuell deutlich ausgebaut.

Die Umrüstung des FRM II, aber auch neue Reaktorkonzepte profitieren von einer Qualifizierung von CFD-Programmen für kerntechnische Anwendungen. Der Goldstandard dafür ist der Vergleich von theoretischen Berechnungen mit experimentellen Daten. Letztere sind für Hochleistungs-Forschungsreaktoren nur sehr spärlich verfügbar, weshalb sich derzeit ein zweites Labor im Aufbau befindet, welches dem dezidierten Zweck der Validierung von Rechenmethoden dient. In diesem Labor wird ein neuer hydraulischer Teststand aufgebaut, in dem Wärmeübergangsphänomene sowie Turbulenzmodelle unter Reaktorbedingungen untersucht werden können.

Außerdem hat TUM.CNSI Zugriff auf das hydraulische Labor, den Forschungsreaktor und die heißen Zellen der McMaster Universität in Hamilton, Kanada, und kann so das experimentelle Portfolio abrunden.

Lehre und Forschung als Garant für Expertise

Wissens- und Kompetenzerhalt gelingt nur durch aktive Forschung und Ausbildung. Dazu leistet TUM.CNSI bzw. die einzelnen Partner seit Jahren einen signifikanten Beitrag an der TUM. Insbesondere die Vorlesungen, die von TUM.CNSI betreut werden, ziehen viele Studierende in die kerntechnische Forschung. Besondere Erfolgsgaranten sind die Vorlesungen Reaktorphysik I & II mit jeweils mehr als 50 Studierenden. Ergänzt werden beide Vorlesungen durch die weiteren Veranstaltungen „Strahlung und Strahlenschutz“, „Einführung in die Kernenergie“, „Grundlagen und thermohydraulische Analyse von Kraftwerken“ und „Grundlagen der Nukleartechnik“. Die vielfältigen Themenkomplexe, die im Rahmen der Umrüstung des FRM II bewältigt werden mussten und müssen, macht diese zu einem der erfolgreichsten Programme für die kerntechnische Ausbildung in Deutschland. Durch die Vergabe von Abschlussarbeiten kann TUM.CNSI außerdem Studierenden auch langfristige und vor allem anwendungsbezogene



Beispielhaftes Ergebnis einer CFD-Rechnung für eine FRM II Brennstoffplatte.

Ausbildungsmöglichkeiten bieten. Die Studierenden profitieren hier zusätzlich von der engen Zusammenarbeit mit Kanada und dessen aktivem, zivilen Nuklearprogramm. Durch den Austausch können Studierende z. B. an der Entwicklung und dem Bau eines SMR oder an Bestrahlungsexperimenten mitwirken.

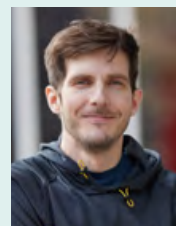
Zukünftige Herausforderungen: Finanzierung und Verteilung der Fördermittel

Der sogenannte „Atomausstieg“ stellt auch das TUM.CNSI vor große Herausforderungen. Insbesondere die Verringerung der zur Verfügung stehenden Fördermittel sowie deren

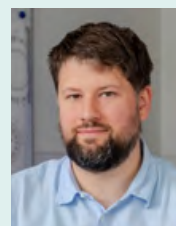
ungleichmäßige Verteilung an die im kerntechnischen Bereich tätigen Akteure wirft die Frage auf, ob die hervorragenden Bedingungen, welche die Forschung und die Lehre an der TUM in der Vergangenheit auszeichneten, auch für die Zukunft bewahrt werden können. Diese Frage ist durchaus existentieller Natur und erfordert beherztes und zügiges Handeln aller Beteiligten. Aufgrund des vorhandenen Rückhalts sind wir jedoch optimistisch, dass sich eine nachhaltige Antwort finden wird und somit die kerntechnische Forschung und Entwicklung an der TUM nicht nur sichergestellt, sondern ausgebaut werden kann. Dank den am Garching Campus präsenten Einrichtungen besitzt die TUM somit alle Voraussetzungen, ihre herausragende Stellung in der kerntechnischen Ausbildung in Deutschland auch in Zukunft zu halten.

KONTAKT

Forschungs-Neutronenquelle
Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)
Technische Universität München (TUM)
Lichtenbergstr. 1, 85748 Garching
www.frm2.tum.de



Dr. rer. nat. Tobias Chemnitz
Tobias.Chemnitz@frm2.tum.de



Dr. rer. nat. Christian Reiter
Christian.Reiter@frm2.tum.de



Technische Universität München (TUM) – Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II).
© Astrid Eckert, TUM