

Entwicklungen und Bedarfe der Reaktorsicherheit

White Paper

August 2025

- **Trotz Ausstieg aus der Kernenergie: Deutschland bleibt mittendrin.**
Viele Länder weltweit und in Europa investieren massiv in neue Reaktoren und SMR-Technologien – auch in unserer unmittelbaren Nachbarschaft.
- **Neue Reaktorkonzepte – neue Herausforderungen.**
Neuartige Reaktordesigns und Brennstoffe stellen völlig neue wissenschaftliche Herausforderungen, wenn es um eine fundierte und unabhängige Bewertung ihrer Sicherheit geht.
- **Sicherheit und Schutz brauchen Kompetenz.**
Ob für eine unabhängige Lagebeurteilung und einen effektiven Notfallschutz bei einem Unfall oder um internationale Regelwerke zur Gewährleistung hoher Sicherheitsstandards aktiv mitgestalten zu können – profundes Wissen und geeignete Analyseprogramme bleiben unverzichtbar.
- **Die Kompetenz geht unwiederbringlich verloren.**
Ohne eine nachhaltige Förderung von Forschung und Kompetenzerhalt ist der Verlust von dringend benötigter Expertise nicht abzuwenden – zulasten der Sicherheit von Menschen und Umwelt in Deutschland.

Vertreter des Kompetenzverbunds Kerntechnik	
Dr. E.-A. Reinecke Forschungszentrum Jülich	Dr. T. Mull Framatome
Dr. F.-N. Sentuc Gesellschaft für Reaktor- und Anlagensicherheit gGmbH	Dr. S. Kliem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
Dr. W. Tromm Karlsruher Institut für Technologie	Prof. S. Weihe Materialprüfungsanstalt Stuttgart
Prof. M. Koch Ruhr-Universität Bochum	Prof. U. Hampel Technische Universität Dresden
Prof. U. Scherer Technische Hochschule Mannheim	Prof. J. Starflinger Universität Stuttgart
H.-M. Kursawe TÜV Süd	

Ausgangslage

Während in Deutschland nach dem Ausstieg aus der Kernenergie der Rückbau der abgeschalteten Anlagen voranschreitet, schlagen zahlreiche Länder in Europa und weltweit einen konträren Weg ein. Vor allem vor dem Hintergrund eines stetig wachsenden Bedarfs an elektrischem Strom und Wärme aus CO₂-armer Erzeugung und des Bestrebens nach Unabhängigkeit von Importen fossiler Energieträger wird in diesen Ländern der Ausbau der Kernenergie vorangetrieben, teilweise mit erheblicher staatlicher Unterstützung. Die verfügbare elektrische Leistung von Kernkraftwerken soll bis 2050 weltweit verdreifacht¹ und in Europa um 50 %² erhöht werden. Neben den USA, dem aktuell größten Produzenten von Strom aus Kernenergie, und China, dem zweitgrößten und am stärksten wachsenden Produzenten, sprechen sich auch Nachbarländer Deutschlands für den Ausbau der Kernenergienutzung aus: Frankreich, der drittgrößte Produzent von Strom aus Kernenergie, plant den Bau von acht neuen Reaktoren. Die Slowakei und Großbritannien haben ebenfalls neue Anlagen im Bau. Die Niederlande und Belgien haben ihren Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie zurückgezogen bzw. verschoben und planen bzw. erwägen ebenfalls den Bau neuer Leistungsreaktoren. Bulgarien, Finnland, Schweden, Tschechien und Rumänien beabsichtigen den Bau neuer Reaktoren, während Polen den Neueinstieg in die Kernenergie vorbereitet.

In zahlreichen der vorgenannten Staaten wird dabei nicht nur der Bau klassischer Kernkraftwerke, sondern auch von SMR (*Small Modular Reactor*) unterschiedlicher Bauarten angestrebt. In Europa zählen hierzu neben Frankreich und Großbritannien, die beide die Entwicklung und den Bau von SMR massiv staatlich fördern, auch eine Reihe von Nachbarstaaten Deutschlands: In Polen und Tschechien wurden bereits entsprechende Verträge geschlossen bzw. Standorte ausgewählt. In den Niederlanden wurden Studien zu potenziellen Standorten durchgeführt. Im belgischen Mol soll im Rahmen eines europäischen Projekts bis 2035 ein bleigekühlter SMR-Prototyp errichtet werden, am Schweizer Paul-Scherrer-Institut ein experimenteller Salzschnmelze-SMR. Dänemark hat einen Konsultationsprozess über den Einstieg in die Kernenergie in Form von SMR gestartet.

¹ At COP28, Countries Launch Declaration to Triple Nuclear Energy Capacity by 2050, Recognizing the Key Role of Nuclear Energy in Reaching Net Zero | Department of Energy

² Nuclear Alliance calls for 50 percent increase in EU nuclear capacity by 2050 -- ANS / Nuclear Newswire

Aufgrund dieser Entwicklungen ist davon auszugehen, dass zukünftig Kernkraftwerke der Generation II, III und IV sowie verschiedene SMR- und MMR-Varianten (*Micro Modular Reactor*) in Betrieb sein werden. Dies führt zu einer Vielfalt an Designs und Konzepten, neuartigen (passiven) Sicherheitssystemen sowie eingesetzten Brennstoffen (gelöst in flüssigem Salz, TRISO³-Brennstoffe, HALEU⁴, sog. *Accident Tolerant Fuels* ATF) und Kühlmitteln (Salzschmelze, Flüssigmetalle), während in den vergangenen Jahrzehnten nur wenige verschiedene Anlagendesigns dominierend waren. Diese Veränderung bedeutet für die Sicherstellung und Bewertung der Reaktorsicherheit ganz neue Herausforderungen.

Dabei ist es für die Sicherheit von Menschen und Umwelt in Deutschland unabdingbar, Kraft eigener Kompetenzen unabhängig zu sein, wenn es um die Aussagefähigkeit bei der Bewertung der Reaktorsicherheit insbesondere grenznaher Anlagen, die Gewährleistung eines effektiven Notfallschutzes, und eine effektive Einflussnahme auf die Weiterentwicklung sicherheitsrelevanter Regelwerke und Normen auf europäischer und internationaler Ebene geht. Dies gilt umso mehr angesichts der aktuellen politischen Entwicklungen, z. B. Genehmigungsverfahren durch veränderte Zulassungsbestimmungen beschleunigen zu wollen, die hinsichtlich der nuklearen Sicherheit bewertet werden müssen.

Während in Deutschland gute Kenntnisse über die bestehenden Anlagentypen und die hierauf ausgerichteten Simulationscodes bestehen, stehen zu neuen Reaktorkonzepten und modernen Entwicklungen nur wenige Informationen und experimentelle Daten zur Verfügung. Auch die Simulationscodes sind an diese Entwicklungen noch nicht angepasst und dafür validiert. Um im internationalen Umfeld weiterhin aussagefähig zu sein, müssen auch die deutschen Organisationen mit den vorgenannten internationalen Entwicklungen wissenschaftlich Schritt halten.

Um dies zu ermöglichen, besteht nach wie vor Bedarf an gut ausgebildeten Fachleuten im Bereich der Kerntechnik. Insbesondere sind eine Reihe deutscher Firmen, z. B. die TÜVe und Framatome, mittlerweile verstärkt im Ausland tätig und stellen hierfür Arbeits-

³ TRi-strukturell ISOtropen Brennstoff

⁴ High-Assay Low-Enriched Uranium (Kernbrennstoff mit einer Anreicherung von bis zu 19,75 % Uran-235).

plätze in Deutschland bereit. Bei den Behörden gibt es weiterhin Bedarf an ausgebildetem Personal für die Aufsicht über die noch in Betrieb befindlichen kerntechnischen Anlagen (Forschungsreaktoren, Urananreicherung, Brennelementfertigung), den Rückbau, die Entsorgung radioaktiver Abfälle, die Aufrechterhaltung des radiologischen Lagezentrums des Bundes, die Verfolgung internationaler Aktivitäten und nicht zuletzt für die Umsetzung der politischen Entwicklungspläne im Bereich der Kernfusion.

Handlungsbedarf

Zukünftige Aufgabenfelder des Bundes und der Länder im Bereich der Reaktorsicherheit wurden im letzten Jahr in einem Statusbericht des RSK-Ausschusses Anlagen- und Systemtechnik festgehalten. Hierzu zählen u.a.:

- Bereitstellung von Prognosen und Bewertungen zur Unterstützung nationaler radiologischer Lagezentren im Falle von Unfällen in Reaktoren im In- und Ausland,
- Durchführung von Analysen zu aktuellen Sicherheitsfragen für Reaktoren und zu Grundsatzaspekten neuer Entwicklungen im Ausland,
- Durchführung von Sicherheitsanalysen mit vom Betreiber unabhängigen und dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechenden Rechencodes,
- Mitwirkung deutscher Stellen bei der Weiterentwicklung des internationalen kerntechnischen Regelwerks inkl. der Nachweisführung und der Nachweismethoden,
- Erhalt und Weiterentwicklung der notwendigen kerntechnischen Expertise in Deutschland.

Um diese anspruchsvollen Aufgaben weiterhin erfüllen zu können, müssen die folgenden drei Säulen gestärkt werden:

- Universitäten und Hochschulen, die Studierende an die Kerntechnik heranzuführen und diese basierend auf exzellenter Forschung ausbilden,
- Großforschungseinrichtungen mit experimenteller Infrastruktur für die Forschung auf etabliertem, hohem Niveau,
- Industrie, Behörden und Sachverständigenorganisationen, die ihre Expertise in der Praxis anwenden und aktiv in internationale Gremien zur Erhöhung der nuklearen Sicherheit einbringen können.

Empfehlungen

Um sicherheitsrelevante Kompetenzen zu erhalten und den nach wie vor bestehenden Personalbedarf zu decken, sieht der Kompetenzverbund Kerntechnik folgende Bedarfe:

- Erhöhung des Budgets für nationale Reaktorsicherheitsforschung, um mit den internationalen Entwicklungen Schritt halten zu können,
- Finanzierung von Postdoc-Stellen, Juniorprofessuren und Stiftungsprofessuren über Förderprogramme,
- Langfristige Finanzierungsperspektive sowohl im Rahmen der Projektfinanzierung als auch einer kontinuierlichen Grundfinanzierung, um
 - unabhängig von politischen Interessen und Wahlperioden zu sein und damit langfristige Planungssicherheit zu haben,
 - Ausbildungszeiten von Promovierenden besser abbilden zu können,
 - experimentelle Einrichtungen weiterhin finanzieren zu können, um Validierungsdaten bereitzustellen,
 - die Mitarbeit in internationalen Gremien und die Mitwirkung an Weiterentwicklungen der Regelwerke finanzieren zu können, um deutsche Sicherheitsstandards auf internationaler Bühne einzubringen,
 - wissenschaftliche Exzellenz der Forschung aufrecht zu erhalten. In Deutschland sind die Ressourcen in der Kerntechnik mittlerweile so stark reduziert, dass zunehmend Fachgebiete und damit Kompetenzen verlorengehen,
 - die nationalen Rechenkettten auch für neue Reaktorkonzepte weiterentwickeln zu können, so dass Deutschland international aussagefähig bleibt,
 - kontinuierlich und verstärkt in internationalen Vorhaben mitwirken zu können, um weiterhin auf der Basis valider (und andernfalls nicht/kaum zugänglicher) Informationen fundierte Aussagen zu Neuentwicklungen tätigen zu können,
- Transparente und beschleunigte Entscheidungsfindung zur Förderung neuer Projekte,
- Nachbesetzung von Professuren in der Reaktorsicherheit/Kerntechnik.

Fazit

Deutschland steht am Scheideweg: Während unsere europäischen Nachbarn teils neuartige Reaktoren bauen, droht hierzulande ein unwiederbringlicher Verlust an wissenschaftlicher Kompetenz, die über Jahrzehnte erarbeitet wurde und (noch) international hohes Ansehen genießt – mit unmittelbaren Konsequenzen für die Sicherheit. Die Politik muss jetzt handeln, mit klarer Positionierung, gezielter Förderung und langfristiger Planungssicherheit. Sonst wird Deutschland von einem unabhängigen und ernstzunehmenden Streiter für die nukleare Sicherheit zu einem passiven Zuschauer, dessen Sicherheit von der Expertise Dritter abhängig ist.