



Sicherheit der Kernreaktoren

Forscherinnen und Forscher des KIT untersuchen und bewerten wesentliche internationale Entwicklungen zur Reaktorsicherheit bestehender sowie zukünftiger Anlagen und zu neuen Technologien. Bei den neuen Technologien liegt ein Fokus auf den für die Generation IV von Kernenergiesystemen zu entwickelnden Sicherheitskonzepten und dem möglichen Transmutationspotenzial zum Schließen des Brennstoffkreislaufs. Ein geschlossener Brennstoffkreislauf mit Leichtwasserreaktoren, fortgeschrittenen Transmutationsanlagen zur Umwandlung langlebiger Radionuklide und Endlagerung ermöglicht es, den Brennstoff optimal auszunutzen, Volumen, Radiotoxizität und Wärmemenge des in ein Endlager einzubringenden Abfalls effektiv zu reduzieren und bei der Endlagerung von geologischen zu historischen Zeiträumen überzugehen.

Insgesamt hat die Reaktor- und Anlagenauslegung eine große Bedeutung. Wissenschaftler am KIT führen Experimente durch, beispielsweise zur Thermo- und Fluidodynamik eines Reaktors, die der Qualifizierung von Rechenprogrammen und numerischen Methoden dienen. Für die Sicherheit besonders relevant sind Prozesse und Phänomene bei Auslegungsstörfällen, das heißt Störfallereignissen, gegen die das Kraftwerk ausgelegt ist, ohne dass aus der Anlage radioaktive Strahlung oberhalb der zulässigen Grenzwerte austritt, sowie bei auslegungsüberschreitenden Störfällen. Dabei geht es nicht nur darum, den möglichen Ablauf von Störfällen zu beschreiben, sondern auch darum, mögliche Maßnahmen zu entwickeln, die den Störfall frühzeitig beenden oder dessen Folgen auf die Anlage selbst begrenzen.

Im Einklang mit dem internationalen Ausbau der Kernenergie richtet sich die Forschung des KIT zunehmend auf neu entwickelte kerntechnische Systeme und Technologien wie beispielsweise im Generation IV International Forum (GIF).

Diese internationale Forschungskooperation zur Entwicklung künftiger Kernenergiesysteme wurde 2001 von zehn Nationen begründet: Argentinien, Brasilien, Frankreich, Großbritannien, Japan, Kanada, Schweiz, Südafrika, Südkorea, USA. 2003 trat die Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM) bei, 2007 schlossen die Russische Föderation und China sich an. Die Kernenergiesysteme der Generation IV sollen nicht nur Strom erzeugen, sondern für ein breiteres Anwendungsspektrum der Energiegewinnung, wie beispielsweise Prozesswärme und Wasserstoff, zur Verfügung stehen. Das GIF legte in einer 2002 veröffentlichten Technology Roadmap die generellen Entwicklungsziele fest. Demnach sollen die Kernreaktoren der Generation IV umfangreiche Kriterien der Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Proliferationsresistenz erfüllen. Im Rahmen des Vorsorgegebots haben Karlsruher Forscher das Echtzeit-Entscheidungshilfesystem RODOS (Real-time Online DecisiOn Support) für Notfallschutzzentralen entwickelt, das bei Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt die Entscheidungsträger unterstützt, diejenigen Maßnahmen zu identifizieren, die den größtmöglichen Schutz der Bevölkerung vor Strahlenschäden gewährleisten. Das RODOS System ist in vielen europäischen Ländern installiert und wird in der Bundesrepublik Deutschland operationell vom Bundesamt für Strahlenschutz betrieben.

Sicherheit der nuklearen Entsorgung

Zur sicheren nuklearen Entsorgung werden innerhalb des KIT-Zentrums Energie Forschungsarbeiten zur Immobilisierung hochradioaktiver Abfälle, zur Reduzierung der Radiotoxizität und zur Langzeitsicherheit von nuklearen Endlagern durchgeführt. Flüssige hochradioaktive Abfälle, wie sie bei der Wiederaufarbeitung abgebrannter Kernbrennstoffe anfallen, werden zur sicheren Endlagerung in einer Glasmatrix verfestigt. Dazu haben Karlsruher Forscher eine Verglasungstechnologie entwickelt, die bei der Immobilisierung der hochradioaktiven Spaltproduktlösungen aus der ehemaligen Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) zum Einsatz kommt und die auch international in anderen Projekten angewandt werden soll.

Wenn es gelingt, langlebige Radionuklide aus radioaktiven Abfällen abzutrennen (Partitioning) und diese in geeigneten Anlagen zu kurzlebigen oder stabilen Produkten umzuwandeln (Transmutation), kann die Langzeitradiotoxizität der verbleibenden Abfälle entscheidend reduziert werden. Im KIT-Zentrum Energie wird in internationaler Kooperation untersucht, ob Partitioning und Transmutation technisch machbar sind und welche Vorteile diese Technologie für die Entsorgung langlebiger Radionuklide bietet.

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen hat das Ziel, die Abfälle langfristig von der Biosphäre zu isolieren. Die KIT-Wissenschaftler entwickeln die Grundlagen für einen wissenschaftlich fundierten Langzeitsicherheitsnachweis. Im Mittelpunkt stehen die Actiniden und langlebigen Spaltprodukte, die für das Radiotoxizitätspotenzial hochradioaktiver Abfälle über hunderttausende von Jahren verantwortlich sind. Die KIT-Forscher untersuchen geochemisch-physikalische Prozesse, die für Freisetzung oder Rückhaltung der Radionuklide unter Endlagerbedingungen verantwortlich sind. Diese grundlegenden Arbeiten sind eng mit anwendungsorientierten Untersuchungen an echten radioaktiven Abfällen sowie mit Untersuchungen unter naturnahen Bedingungen verknüpft, beispielsweise in Untertagelabors in Schweden, in der Schweiz und in Frankreich. Die Forschungsergebnisse fließen ein in die Bewertung, Auswahl und Untersuchung von Endlagerstandorten bis hin zu einem geochemisch fundierten Langzeitsicherheitsnachweis. Die Karlsruher Forscher verfügen auf dem KIT-Campus Nord über aufwendige experimentelle Einrichtungen, wie Kontrollbereiche, Actinidenlabors und Heiße Zellen, die in Kombination mit analytischen und spektroskopischen Methoden zur Untersuchung radioaktiver Stoffe weltweit einmalig sind.

Strahlenschutz

Die Strahlenschutzforschung im KIT befasst sich mit Radionukliden in der Umwelt, ihrem Transport in Nahrungsketten zum und im Menschen sowie mit Strahlenexpositionen durch Anwendung von Radionukliden in der Medizin. Im Mittelpunkt steht der Mensch mit seinen individuellen anatomischen und physiologischen Besonderheiten. Die Wissenschaftler entwickeln Verfahren, um Strahlenexpositionen des betroffenen Menschen zu ermitteln, und empfehlen Maßnahmen zum Strahlenschutz.

Zur Messung von Radionukliden in der Umwelt und zur Ermittlung der Strahlenexposition in Photonen-, Neutronen- und Beta-Strahlungsfeldern verfügt das KIT über umfangreiche Detektor- und Auswertesysteme. In einem speziellen In-Vivo-Messlabor sind ein Ganzkörperzähler und verschiedene Teilkörperzähler zum Nachweis von Radionukliden im menschlichen Körper vorhanden.

Rückbautechniken

Das KIT betreibt das derzeit größte deutsche Versuchsfeld zum Rückbau kerntechnischer Anlagen. Ein Schwerpunkt liegt auf Kernreaktoren mit unterschiedlichen Kühlmitteln wie Wasser, Schwerwasser, Gas oder Flüssigmetall. Die technologische Weiterentwicklung ist auf eine intelligente, rückbaufreundliche Konstruktion von kerntechnischen Anlagen sowie den Rückbau von modernen Leichtwasserreaktoren selbst ausgerichtet.

Ausstattung

Das KIT verfügt über vielfältige Versuchseinrichtungen für die Forschung zur nuklearen Sicherheit, die zum Teil einzigartig in Europa sind.

Dazu gehören Wasserversuchsstände zur Untersuchung relevanter Phänomene in Leichtwasserreaktoren, ein Wasserstofftechnikum, Großversuchsanlagen zu auslegungsüberschreitenden Störfällen, das Flüssigmetalllabor Karlsruhe (KALLA), sowie die Hochtemperatur-Hochdruck-Heliumkreisläufe HEBLO im Labormaßstab und HELOKA im Technikumsmaßstab.

Für die Sicherheitsforschung zur nuklearen Entsorgung stehen ein Actinidenlabor und ein kerntechnischer Kontrollbereich sowie die INE-Actinidenbeamline an der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA zur Verfügung.

Der Bereich Strahlenschutz besitzt eine eigene Kalibrierhalle für β -Teilchen, Photonen und Neutronen sowie Radon.