

Überblicksbericht 2011

Forschungsprogramm Regulatorische Sicherheitsforschung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:**Das neue Besucherzentrum des Felslabors Mont Terri bei St-Ursanne (JU)**

Im September 2011 wurde das Besucherzentrum des Felslabors Mont Terri [1] eröffnet. Der neu errichtete Bau neben dem Bahnhof St-Ursanne beherbergt einen Vortragssaal und eine moderne Ausstellung, die der Bevölkerung die Forschung im internationalen Labor näher bringt. 14 Organisationen aus acht Ländern erforschen im Felslabor die Eigenschaften des Opalinustons, der als Wirtgestein für die Lagerung radioaktiver Abfälle vorgesehen ist. Das Besucherzentrum wird von den drei Schweizer Organisationen Swisstopo, ENSI und Nagra getragen, die im Felslabor auch eigene Forschungsprojekte betreiben. (Quelle: Swisstopo)

BFE Forschungsprogramm Regulatorische Sicherheitsforschung

Überblicksbericht 2011

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern

Programmleiter BFE (Autor):

Dr. Reiner Mailänder, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (reiner.mailaender@ensi.ch)

Bereichsleiter BFE:

Dr. Michael Moser (michael.moser@bfe.admin.ch)

<http://www.ensi.ch/sicherheitsforschung/>

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Einleitung

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ist die Aufsichtsbehörde des Bundes für die Kernanlagen. Es prüft laufend die Sicherheit in den Kernkraftwerken und beaufsichtigt die Transporte und die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle sowie die Arbeiten zur geologischen Tiefenlagerung. Das ENSI übt seine Aufsichtstätigkeit unabhängig von politischen und wirtschaftlichen Interessen aus. Oberstes Ziel der Aufsichtstätigkeit des ENSI ist der Schutz von Menschen und Umwelt vor Schäden durch Radioaktivität.

Bei der Wahrnehmung seiner Aufsichtstätigkeit ist es für das ENSI unerlässlich, im Bereich der Nuklearsicherheit auf dem Stand von Wissenschaft und Technik zu sein. Das ENSI verfolgt daher mit dem Programm «Regulatorische Sicherheitsforschung» vor allem die drei folgenden Ziele:

- Die Resultate von Forschungsprojekten sollen unmittelbar der laufenden Aufsichtstätigkeit des ENSI dienen. Forschungsergebnisse gehen einerseits in vom ENSI zu erstellende Richtlinien ein, die rechtliche Anforderungen in den Bereichen Kernenergie und Strahlenschutz konkretisieren. Andererseits zieht das ENSI auch für konkrete Einzelentscheide die Ergebnisse von Forschungsprojekten als Grundlage heran.

- Die vom ENSI geförderten Forschungsprojekte dienen dem Kompetenzerhalt nicht nur innerhalb des ENSI, sondern darüber hinaus auch bei Forschungsinstitutionen. Das ENSI fördert mit diesen Forschungsprojekten insbesondere die Ausbildung im Bereich der nuklearen Sicherheit.
- Nicht zuletzt dienen Forschungsprojekte der internationalen Vernetzung des ENSI und der schweizerischen Forschung. Der internationale Austausch ist im Bereich der nuklearen Sicherheit ausserordentlich wichtig. Die Projekte des Forschungsprogramms werden grossteils von Organisationen aus verschiedenen Ländern finanziert oder zumindest in Kooperation mit internationalen Partnern durchgeführt. So erhält das ENSI auch Resultate, die in der Schweiz alleine nicht erzielt werden könnten. Dazu muss das ENSI auch eigene Beiträge leisten können. Das ENSI ist in über 70 internationalen Gremien vertreten. In vielen von diesen werden Forschungsprojekte gesteuert und deren Ergebnisse in internationale Standards umgesetzt.

Zur Strategie des ENSI gehört es, dass jedes Forschungsprojekt durch eine Expertin oder einen Experten aus den ENSI-Fachsektionen begleitet wird. So

fliessen die im Projekt gewonnenen Erfahrungen in die Aufsichtstätigkeit ein und dienen damit direkt der Sicherheit. Gerade die Projektbegleitung verschafft den Fachsektionen auch die Möglichkeit, ihre Kompetenzen zu erhalten und weiter zu entwickeln.

Das Forschungsprogramm trägt zur Bewältigung der zentralen Herausforderungen des ENSI bei. Zu diesen zählen insbesondere der Langzeitbetrieb der bestehenden Kernkraftwerke und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Aufgrund des Entscheids der Politik, dass keine neuen Kernkraftwerke gebaut werden dürfen, hat das ENSI seine Forschung entsprechend ausgerichtet und Projekte angepasst. Indessen ist davon auszugehen, dass sich weiterer Forschungsbedarf aus der Aufarbeitung des Unfalls von Fukushima ergibt.

Den Herausforderungen trägt das ENSI in den Programmschwerpunkten Rechnung. Die vom Bund geförderten Projekte stellen nur einen Teil des Forschungsprogramms dar. Der überwiegende Teil der Kosten wird vom ENSI den Beaufsichtigten in Rechnung gestellt.

Programmschwerpunkte

Brennstoffe und Materialien

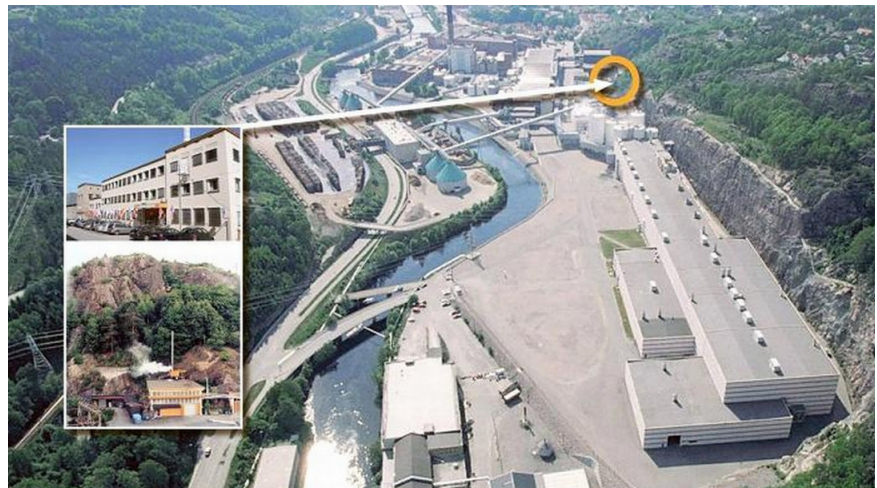
Dieser Themenbereich beschäftigt sich mit dem Reaktorkern sowie den Strukturmaterialien der wichtigsten gestaffelten Barrieren, welche den Brennstoff und den Reaktorkern umgeben und die radioaktiven Stoffe einschliessen. Die Brennelemente werden mehrere Jahre im Reaktorkern eingesetzt, bevor sie abgebrannt sind und ausgetauscht werden; beim Brennstoff und den Brennstab-Hüllrohren stehen deshalb die Anforderungen während dem Normalbetrieb und während bestimmten Störfällen im Mittelpunkt. Anders ist dies bei den wenigen nicht austauschbaren Komponenten des Primärkreislaufs, vor allem dem Reaktordruckbehälter, sowie beim Sicherheitsbehälter, dem so genannten Containment; bei diesen sind vor allem die Prozesse der Materialalterung entscheidend. Im Hinblick auf den Langzeitbetrieb der Kernkraftwerke muss gewährleistet sein, dass für alle Anforderungen weiterhin ausreichende Sicherheitsmargen vorhanden sind.

Datenbanken zu Schäden und internen Ereignissen

Die Projekte in diesem Bereich werden von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD koordiniert. Sie fördern den internationalen Erfahrungsaustausch über Störfälle in Kernkraftwerken sowie über Schäden an Komponenten, die Störfälle auslösen können. Dazu werden themenspezifische Datenbanken aufgebaut, in die systematisch Schadensfälle und Ereignisse aus den teilnehmenden OECD-Staaten eingegeben werden. Die Daten werden anschliessend ausgewertet mit dem Ziel, auf der Basis einer grösseren Anzahl von Fällen systematische Hinweise auf Schadens- bzw. Störfallursachen zu erhalten. Ein Zusammenschluss auf internationaler Basis ist dazu notwendig, weil die relevanten Ereignisse und Schäden in Kernkraftwerken selten sind.

Externe Ereignisse

Neben den Schäden, die durch Ereignisse innerhalb eines Kernkraftwerks entstehen können, berücksichtigen die



Figur 1: Der Standort des OECD Halden Reactor Projects in Halden (HRP), Südnorwegen [2]. Der Reaktor befindet sich in einer Felskaverne und liefert beim Betrieb auch Dampf an die benachbarte Papierfabrik. Das HRP hat zwei Stossrichtungen: Brennstoff- und Materialverhalten sowie Mensch-Technik-Organisation. Neben dem Versuchsreaktor stehen dem Projekt dazu eine Werkstatt zur Herstellung instrumentierter Brennstoff-Versuchsanordnungen, ein Labor zur Interaktion von Mensch und Maschine (Man-Machine Laboratory) sowie ein Simulationszentrum (Virtual Reality Centre) zur Verfügung. (Quelle: Halden Reactor Project).

Sicherheitsanalysen für Kernkraftwerke auch Ereignisse, die eine Anlage von aussen treffen können. Das ENSI unterstützt zu diesem Bereich mehrheitlich internationale Projekte unter Federführung der OECD, der Internationalen Atomenergie-Agentur IAEA und der finnischen Forschungseinrichtung VTT. Einerseits wird die Robustheit von sicherheitsrelevanten elektrischen Systemen gegenüber den Auswirkungen von Überspannungen betrachtet; diese können vom Hochspannungsbereich ausgehen und sich wegen ihres hohen Energiegehalts auf eine grosse Zahl von Kraftwerkssystemen negativ auswirken. Andererseits geht es um die Auswirkungen von Erdbeben und Flugzeugabstürzen auf die Tragwerke von sicherheitsrelevanten Gebäuden. Weil dabei aufwändige Experimente und Simulationen durchgeführt werden, ist die internationale Zusammenarbeit wichtig. Zugleich wird der Erfahrungsaustausch zwischen den Ländern gefördert. Neu und speziell auf die Schweizer Verhältnisse zugeschnitten ist schliesslich die Expertengruppe Starkbeben des Schweizerischen Erdbebendienstes SED.

Menschliche Faktoren

Übergeordnetes Ziel in diesem Bereich ist die Reduktion der Unsicher-

heit menschlicher Handlungen bei der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA), die das Risiko von Störfällen in Kernkraftwerken quantitativ erfasst. Der Bereich umfasst vor allem zwei Schwerpunkte. Einerseits geht es um den Einfluss menschlicher Handlungen auf Störfälle und deren Beherrschung. Dabei wird vor allem die Zuverlässigkeit des Operateurverhaltens unter verschiedenen Bedingungen mit der so genannten Human Reliability Analysis (HRA) untersucht. Während die versehentliche Unterlassung erforderlicher Eingriffe relativ gut untersucht ist, sind fehlerhafte Handlungen, welche den Verlauf eines Störfalls negativ beeinflussen können, weniger gut erforscht. Diese so genannten Errors of Commission werden daher im Projekt HRA systematisch identifiziert und quantifiziert. Zweiter Schwerpunkt ist der Einfluss der Kontrollraumgestaltung auf die Leistung der Operateure (Human-System Interface), der insbesondere im Halden Reactor Project [2] untersucht wird (Figur 1).

Systemverhalten und Störfallabläufe

Dieser Bereich betrifft die in der Reaktoranlage und im Containment ablaufenden Prozesse, ausgehend vom Normalbetrieb über Änderungen des

Reaktorverhaltens, die bei Störfällen in kurzer Zeit ablaufen können, bis hin zu Kernschmelz-Unfällen. Für so genannte deterministische Sicherheitsanalysen werden Computermodelle dieser Vorgänge erstellt und mit Hilfe von Experimenten validiert. Sie dienen auch als Grundlage für die quantitative Ermittlung des Anlagenrisikos in probabilistischen Sicherheitsanalysen. Zunehmend werden verschiedene Modelle gekoppelt, um das Anlageverhalten umfassender simulieren zu können. Eine solche Modellkopplung wird insbesondere im Projekt PASSPORT vorgenommen; dabei geht es um das Zusammenspiel der physikalischen Vorgänge, welche in der Reaktoranlage einerseits und dem umgebenden Containment andererseits ablaufen. Ursprünglich im Hinblick auf passive Systeme neuer Reaktoren konzipiert, wurde PASSPORT im Jahre 2011 neu ausgerichtet, um Störfallabläufe in bestehenden Reaktoren genauer betrachten zu können.

Strahlenschutz

Die Arbeiten im Bereich Strahlenschutz umfassen ein breites Spektrum anwendungsbezogener Themen. Sie reichen von der Überprüfung und Kalibrierung von Messsystemen für ionisierende Strahlung und der von Helikoptern aus durchgeführten Messung der Ortsdosisleistung in der Umgebung von Kernanlagen (Aeroradiometrie) bis hin zur Entwicklung neuer Analysemethoden für Radionuklide. Zudem trägt die Mitarbeit an internationalen Normen zur länderübergreifenden Harmonisierung im Strahlenschutz bei. Mit diesen Aktivitäten wird der Strahlenschutz in den Schweiz auf dem Stand der Technik gehalten und die Ausbildung von Nachwuchskräften gefördert.

Entsorgung

Mit dem Fortschreiten des Verfahrens gemäss dem Sachplan geologische Tiefenlager wird auch die Forschung im Bereich Entsorgung immer wichtiger. Bei der geologischen Tiefenlagerung

radioaktiver Abfälle spielt die Untersuchung geeigneter Gesteinsformationen eine zentrale Rolle. Dazu werden hydrogeologische, geochemische und felsmechanische Eigenschaften des Opalinustons im Felslabor Mont Terri [1] untersucht. Die Auslegung eines Tiefenlagers und dessen Überwachung wird ebenso beleuchtet wie die Eigenschaften der darin einzulagernden Abfälle. Zudem werden die in einem Tiefenlager ablaufenden physikalisch-chemischen Prozesse betrachtet, darunter insbesondere die Gasentwicklung. Darüber hinaus beschäftigen sich Projekte mit langfristigen Prozessen, welche die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers beeinträchtigen können, nämlich der Tiefenerosion durch Gletscher und neu auch mit der Abtragung infolge tektonischer Hebung der Landschaft.

Ein ausführlicher Jahresbericht findet sich im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2011 des ENSI (www.ensi.ch).

Nationale Zusammenarbeit

Der wichtigste inländische Partner des ENSI beim Programm «Regulatorische Sicherheitsforschung» ist mit Abstand das Paul Scherrer Institut PSI, insbesondere der PSI-Bereich Nukleare Energie und Sicherheit NES. Das PSI hat im Rahmen der internationalen Nuklearsicherheit einen ausgezeichneten Ruf und trägt wesentlich dazu

bei, dass die Schweiz international eine massgebende Rolle bei der Weiterentwicklung der Sicherheitsvorgaben spielt. Bei den vom Bund geförderten Projekten arbeitet das ENSI darüber hinaus mit Swisstopo zusammen, die das internationale Forschungsprojekt Mont Terri [1] koordiniert.

Internationale Zusammenarbeit

Der wichtigste internationale Partner des ENSI bei der Forschung ist die Kernenergieagentur NEA der OECD. Die NEA-Mitgliedsstaaten verfügen zusammen über ca. 85 % der weltweiten nuklearen Stromerzeugungskapazität. Die NEA mit Sitz in Paris unterstützt ihre Mitgliedsländer bei der Weiterentwicklung der technischen, wissenschaftlichen und rechtlichen Grundlagen.

Folgende vom Bund geförderte Projekte werden durch mehrere internationale Partner finanziert: OECD Halden Reactor Project [2], OECD CODAP, OECD ICDE, OECD COMPSIS, OECD FIRE, MSWI, OECD MCCI, OECD Clay Club, Mont Terri Project [1]. Darüber hinaus kooperieren folgende vom Bund geförderte Projekte mit internationalen Partnern: KORA, Generischer Strahlenschutz.

Referenzen

[1] Mont Terri Projekt (<http://www.mont-terri.ch/>)

[2] OECD/NEA Halden Reactor Project (<http://www.oecd-nea.org/jointproj/halden.html>)

