Zeitschrift: Energeia : Newsletter des Bundesamtes für Energie
Herausgeber: Bundesamt für Energie
Band: - (2006)
Heft: 5

Artikel: Passive Systeme erhöhen den Sicherheitsstandard von Kernreaktoren
Autor: Buchs, Matthieu / Dreier, Jörg
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-640606

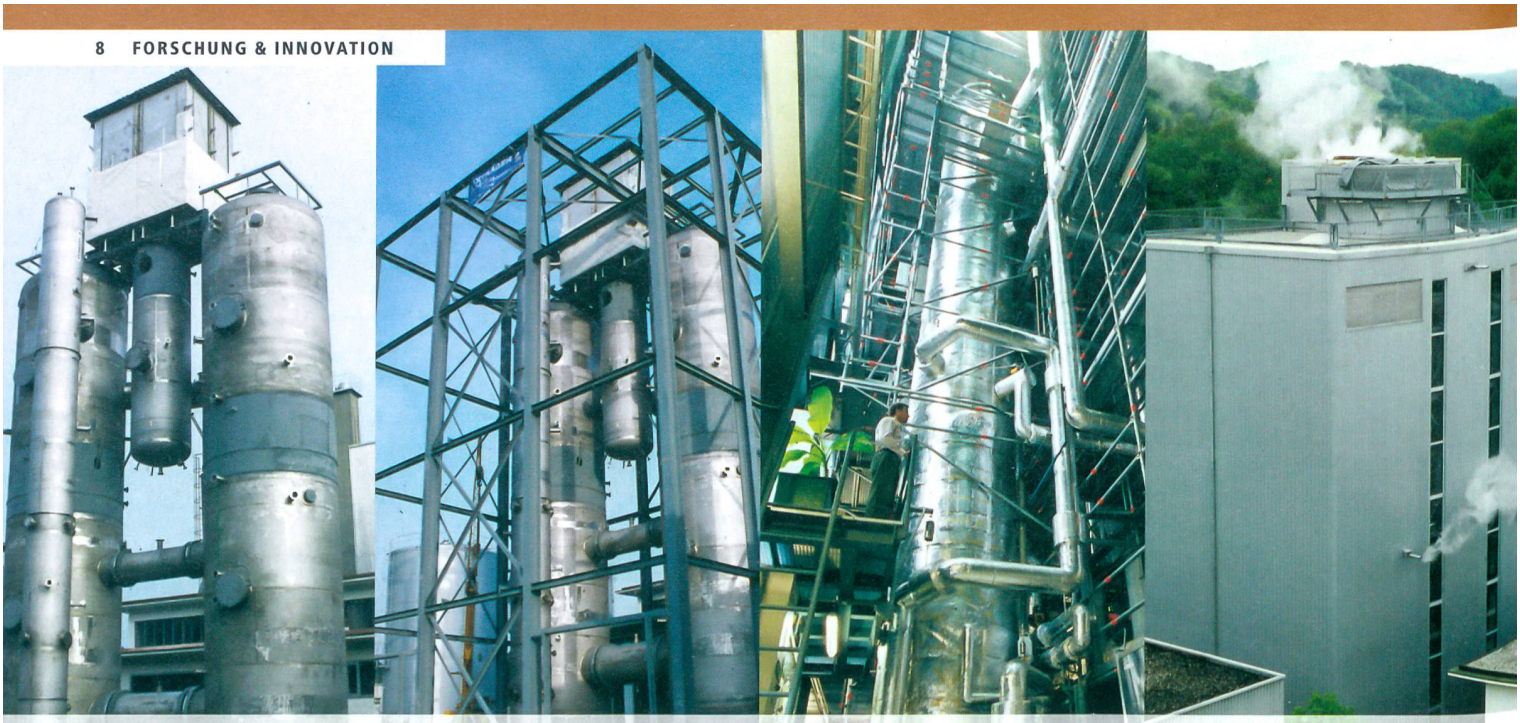
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



Passive Systeme erhöhen den Sicherheitsstandard von Kernreaktoren

INTERNET

Paul Scherrer Institut (PSI):
www.psi.ch

Labor für Thermohydraulik, PSI:
lth.web.psi.ch

Neben der Beherrschung der Spaltreaktion stellt die sichere und langfristige Abfuhr der Nachzerfallswärme eine zentrale Frage der Kernreaktorsicherheit dar. Seit 1995 werden solche Phänomene in der Versuchsanlage PANDA am Paul Scherrer Institut in Villigen untersucht. Unter anderem wurden dort fortgeschrittene passive Reaktorsysteme erfolgreich getestet.

Am Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen bilden Untersuchungen zur Sicherheit von Kernreaktoren einen Schwerpunkt der nuklearen Energieforschung. Diese Forschung hat eine hohe Priorität, denn sie erlaubt, an den neuesten Entwicklungen hinsichtlich nuklearer Sicherheit mitzuarbeiten und somit an vorderster Front der Sicherheitstechnik zu bleiben. Mit der erworbenen Expertise können einerseits die Betreiber wie auch die Sicherheitsbehörden unterstützt werden, und andererseits können die neuesten Erkenntnisse auf die Schweizer Werke angewendet werden. Neben der Verbesserung und Erhaltung der Kompetenz bietet die nukleare Sicherheitsforschung auch ein attraktives Umfeld für die Ausbildung von Spezialisten im Bereich der Nukleartechnik, sowohl zuhanden der Werke und der Sicherheitsbehörden wie auch der Industrie.

Im Rahmen dieser Sicherheitsforschung untersuchen Spezialisten des PSI auch die sogenannte Nachzerfallswärmeabfuhr in einem Kernkraftwerk. Die Nachzerfallswärme ist eine spezifische Charakteristik von nuklearen Reaktoren und entsteht durch den spontanen Zerfall von radioaktiven Spaltprodukten, die während dem Betrieb durch die Kernspaltung entstanden sind. Somit fällt die Nachzerfallswärme selbst nach dem Abschalten des Reaktors an. In den Reaktoren sind deshalb spezielle Systeme installiert, um diese Nachzerfallswärme nach der Reaktorabschaltung oder bei Störfällen aus dem Reaktorkern abzuführen.

Passive Nachzerfallswärmeabfuhr

Neben der Beherrschung der Spaltreaktion stellt die sichere und langfristige Abfuhr der Nachzerfallswärme unter den gegebenen Randbedingungen eine zentrale Frage der Reaktorsicherheit dar. Während heutige Reaktoren dieses Sicherheitsziel meist mit aktiven Systemen erreichen, die für den Notfall verschiedenartige und mehrfach vorhandene, räumlich getrennte, aktiv gesteuerte und mit Fremdenergie betriebene Zusatzsysteme bedingen, wurden neue Reaktorkonzepte entwickelt, die ausschliesslich auf sogenannten passiven Sicherheitssystemen basieren.

Passive Systeme benötigen zur Erfüllung ihrer eigentlichen Sicherheitsfunktion keine externe Energie, da sie auf dem Zusammenwirken von Naturgesetzen, Materialeigenschaften, technischen Strukturen und prozess-interner Energie basieren. Die Verwendung von passiven Sicherheitssystemen in neuen Reaktorkonzepten erlaubt daher eine Vereinfachung des Gesamtsystems und trägt damit zur Erhöhung des Sicherheitsstandards bei, senkt aber auch die Erstellungskosten von solchen Anlagen.

Die Versuchsanlage PANDA und die Gebäudehülle (rechts) am PSI.

Versuchsanlage PANDA

Für Forschungsarbeiten in diesem Bereich der Thermohydraulik verfügt das PSI über die grossmassstäbliche Versuchsanlage PANDA (passive Nachwärmeabfuhr und Druckabbau). PANDA wurde anfangs der 90-er Jahre am PSI konzipiert und gebaut, und nach der Inbetriebnahme konnten im Jahr 1995 die ersten ausführlichen experimentellen Untersuchungen durchgeführt werden. Ursprünglich wurde PANDA konzipiert, um das integrale dynamische Verhalten der passiven Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor und dem Sicherheitsbehälter und die auftretenden Phänomene für ein fortgeschrittenes passives Siedewasserreaktorkonzept zu untersuchen. Für eine realistische Simulation der thermohydraulischen Abläufe in der realen Reaktoranlage, insbesondere hinsichtlich von mehrdimensionalen Effekten, wurde PANDA in einem relativ grossen Massstab gebaut. Typischerweise liegen die Abbildungsmassstäbe für Leistung, Volumen und Durchflüsse bei 1:25 bis 1:40, während bestimmte, für die passiven Systeme wichtige Parameter, wie die Bauhöhe, Drücke und Druckdifferenzen im Massstab 1:1, das heisst prototypisch reproduziert werden. Zusammen mit der Verwendung der prototypischen Stoffe wird damit die Übertragung der Versuchsergebnisse auf die reale Anlage erleichtert.

Dank des modularen Aufbaus der PANDA Versuchsanlage konnten auch andere fortgeschrittene, passive Reaktorsysteme (gemeinhin als Generation III+ bezeichnet) untersucht werden. Bei nur minimalen Modifikationen werden auch entsprechende Untersuchungen für die neuesten Reaktorkonzepte (Generation IV, kommerzielle Realisierung in 20 bis 30 Jahren) in PANDA durchgeführt werden können. Das Konglomerat von unter anderem sechs grossen Behältern mit Total 460 Kubikmeter Volumen, über eine Höhe von mehr als 20 Meter verteilt, mit den entsprechenden Verbindungsleitungen und Hilfssystemen, erlaubt auch andere thermohydraulische Untersuchungen in PANDA durchzuführen. So werden zur Zeit im Rahmen von einem OECD-Projekt grundlegende Untersuchungen zur Thermohydraulik im Sicherheitsbehälter von nuklearen Reaktoren durchgeführt. Die Resultate tragen zur verbesserten und detaillierteren Sicherheitsanalyse auch von heutigen Reaktoren bei.

Resultate und Simulation

Die grossmassstäblichen thermohydraulischen Untersuchungen zu passiven Reaktorkonzepten in PANDA liefern einerseits den experimentellen Nachweis der Funktionstüchtigkeit der untersuchten Konzepte einschliesslich der detaillierten Analyse der wichtigen funktionsbestimmenden Phänomene und andererseits die notwendige Datenbasis für die Validierung der Rechenprogramme für die entsprechende Reaktorsicherheitsanalyse.

Obwohl PANDA bezüglich der Kombination von Grösse und Konfiguration weltweit einzigartig ist, kann nicht das vollständige, integrale Verhalten eines realen Reaktors im Massstab 1:1 reproduziert werden. Daher müssen für die Sicherheitsuntersuchungen von Nuklearanlagen umfangreiche, rechnergestützte Simulationen durchgeführt werden. Die dafür eingesetzten Rechenprogramme müssen entsprechend validiert werden, so dass sichergestellt ist, dass sie alle in der realen Anlage auftretenden Prozesse und Phänomene zuverlässig voraussagen können.

DIE SICHERE UND LANGFRISTIGE ABFUHR DER NACHZERFALLSWÄRME STELLT UNTER DEN GEGEBENEN RANDBEDINGUNGEN EINE ZENTRALE FRAGE DER REAKTORSICHERHEIT DAR.

Umfeld und Zusammenarbeit

Ein wesentliches Ziel aller Forschungsaktivitäten am PSI stellt die internationale Einbettung dar. Damit werden der weltweite Kontakt mit den Fachspezialisten und der entsprechende Informationsaustausch sichergestellt. Entsprechend werden die Resultate der PANDA-Untersuchungen nicht nur von Forschern des PSI benutzt, sondern zum Beispiel auch von Forschern der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, sowie von vielen ausländischen Spezialisten von Forschungszentren, Universitäten, Sicherheitsbehörden und Betreibern. PANDA hat in verschiedenen Forschungsprojekten des 4. und 5. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Union wichtige zentrale Beiträge geliefert. Die PANDA-Versuchsanlage wird auch als zentrales Element im Rahmen von internationalen Projekten der Mitgliedstaaten der OECD eingesetzt. Schlussendlich beteiligen sich auch private Firmen wie General Electric (USA) oder Areva NP (D) an Forschungsprojekten rund um PANDA.

Matthieu Buchs, energeia
Jörg Dreier, Leiter Labor für Thermohydraulik im Forschungsbereich Nukleare Energie und Sicherheit, PSI

Das PSI und die Energieforschung

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen (AG) ist ein multidisziplinäres Forschungsinstitut für die Natur- und Ingenieurwissenschaften. Das PSI gehört zum ETH-Bereich. Es verfügt über nahezu 1200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie ein jährliches Budget von 270 Millionen Franken.

Das PSI ist vor allem spezialisiert auf die Festkörperforschung und Materialwissenschaften, Elementarteilchen- und Astrophysik, Biologie und Medizin, die Energie im Allgemeinen und die Kernenergie im Besonderen sowie auf die Umweltforschung.

Die Energieforschung des PSI ist in zwei Bereiche aufgeteilt. Der Bereich «Allgemeine Energie» wird vom Chemiker Alexander Wokaun geleitet und der Bereich «Nukleare Energie und Sicherheit» vom Physiker Jean-Marc Cavedon. 2005 hatte die Energieforschung einen Anteil von 29 Prozent am gesamten Budget des PSI. Ihr Ziel ist es, einen Beitrag zu einer umweltverträglichen Energieversorgung zu leisten. Seit dem 1. Januar 2006 leitet das PSI das Kompetenzzentrum «Energie und Mobilität» des ETH-Bereichs.

Schwerpunkte der Energieforschung des PSI sind: Energieträger aus erneuerbaren Energie, mit Schwergewicht Methan aus Biomasse und Wasserstoff aus Solarchemie; Effiziente und schadstoffarme Energienutzung vor allem im Bereich stationäre Verbrennung und elektrochemische Speicher und Wandler; Konsequenzen für Atmosphäre, Wirtschaft und Gesellschaft; Sicherheit von Kernanlagen, durch Systemmodellierungen und experimentelle Überprüfung von heutigen und zukünftigen Reaktorkonzepten; Entsorgung von radioaktiven Abfällen mit Schwergewicht chemischer und Transport-Prozesse unter den spezifischen Bedingungen; Entwicklung von Hochtemperaturmaterialien für Fusion und Fission.

Das PSI ist nicht nur ein Forschungsinstitut, sondern auch eines der weltweit grössten Benutzerlabors. Es entwickelt, baut und betreibt komplexe Grossforschungsanlagen, die der nationalen und internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft wie auch der Industrie zur Verfügung stehen.

Weitere Informationen: www.psi.ch