



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

ENSI Magazin

2010 . 1

Zeitschrift für nukleare Sicherheit

NACH VIER JAHRZEHNTEM AM PSI

Das ENSI hat seinen Sitz nach Brugg verlegt

NEUES GUTACHTEN

Das ENSI hat die Standorte für ein Tiefenlager geprüft. > Seite 18

NEUER DIREKTOR

Hans Wanner wurde an die Spitze des ENSI gewählt. > Seiten 5, 22

NEUE LITERATUR

Bücher zur Kerntechnik werden vermehrt angeboten. > Seite 30

IMPRESSUM

ENSI Magazin

Zeitschrift für nukleare Sicherheit, Ausgabe 2010.1

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
Telefon: +41(0)56 460 84 00
Fax: +41(0)56 460 84 99
E-Mail: info@ensi.ch
Internet: www.ensi.ch

Redaktion und Gestaltung

Hannes Hänggi
Telefon: +41(0)56 460 86 50
E-Mail: hannes.haenggi@ensi.ch


Bildnachweis

Wo nicht anders vermerkt: Bruno Gschwend, Hannes Hänggi, Yvonne Scheiwiller, Peter Schmid, Jean-Claude Veyre (alle ENSI).

Hinweise

Alle Ausgaben des ENSI Magazins sind im PDF-Format auf der Internetseite des ENSI verfügbar. Über den Newsservice des ENSI werden Sie über die neuesten Ausgaben informiert.
Anmeldung und Download auf www.ensi.ch.
Nachdruck ist mit Quellenangabe gestattet. Ein Belegsexemplar ist erwünscht.

INHALTSVERZEICHNIS

Dossier	Würenlingen–Brugg, einfach 6 <i>Nach mehr als 40 Jahren auf dem Areal des Paul-Scherrer-Instituts in Würenlingen hat die Aufsichtsbehörde ihren Sitz nach Brugg verlegt: Der Umzug einer Behörde und wie es dazu kam.</i>
	Mit dem PSI gewachsen 10 <i>Die Geschichte des ENSI ist eng mit jener des PSI verbunden.</i>
	Auf römischen Fundamenten 12 <i>Archäologen fanden auf der ENSI-Baustelle einen Merkurtempel.</i>
	Wasser hält die Rechner kühl 13 <i>Der neue Sitz des ENSI ist ein moderner Neubau mit moderner Technik.</i>
	
National	Der ENSI-Rat hat den neuen Direktor gewählt 5 <i>Auf Ulrich Schmocker wird am 1. September 2010 Hans Wanner folgen</i>
	So hat das ENSI die geologischen Standortgebiete geprüft 18 <i>Der ENSI-Geologe Meinert Rahn erläutert, wie das ENSI die von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebiete für ein Tiefenlager geprüft hat.</i>
	«Es ist unsere Aufgabe, kritische Fragen zu stellen» 22 <i>Hans Wanner, Leiter der Abteilung Entsorgung beim ENSI, äussert sich im Interview zu den Herausforderungen der geologischen Tiefenlagerung.</i>
Rubriken	Editorial 4
	Nachrichten 28
	Buchtipps 30
	Online-Tipp 31



Daniel Moser,
Stadtammann der
Stadt Brugg

Gerade noch habe ich geduscht, rasiert, Kaffee gemacht, ein Ei gekocht. So früh dies alles, dass ich auch diverse Leuchten eingeschaltet habe. Es war ein guter, effizienter Start in den Tag. Jetzt bin ich schon im Büro. Licht an, Computer starten, Handy laden. Wir alle stehen unter Strom. Wir alle sind an ein Leben gewöhnt, das durch leicht zugängliche Energieträger beschwingt und beschleunigt wird. Wie diese Energie entsteht, wie sie zu uns findet und ob die Energie und die Technologien, die es zur Energiegewinnung braucht, auch Beschaffungs-, Verteilungs- und Entsorgungsprobleme schaffen, das blenden wir aus unserem Alltag gerne aus.

Brugg blendet sich gerne ein. Unsere Stadt ist mitten im Energiekanton Aargau gelegen. Wasserkraftwerke nutzen die Kräfte der Aargauer Flüsse. Die Anlage Beznau erreiche ich von meinem Amtssitz aus in einem einstündigen Spaziergang. Von Leibstadt und Gösgen sehen wir bei sichtigem Wetter die Dampffahrer steigen. Nach vielen Jahrzehnten eines ungestörten Zusammenlebens mit Energieanlagen empfinden wir die Nähe zu ihnen längst nicht mehr als Bedrohung, sondern als Standortvorteil.

Umsomehr freut es uns, dass sich das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI in Brugg niedergelassen hat.

Erstens, weil sich damit ein sicherer Arbeitgeber mit rund 130 Arbeitsplätzen auf unserem Terrain befindet.

Zweitens, weil sich damit der Standort Brugg/Windisch, nachdem er schon durch den neuen Campus Fachhochschule Nordwestschweiz und den Technopark Aargau eine Aufwertung erfahren hat, weiter etabliert als mittelländisches Zentrum zukunftsgerichteter Wissenschaft und Wirtschaft.

Drittens, weil das ENSI Brugg, unseren Namen, dank seiner Bedeutung hinaus trägt in die Schweiz und die ganze Welt.

Das ENSI hat eine anspruchsvolle Aufgabe. Es ist einerseits der Wissenschaft und ihren neusten Erkenntnissen verpflichtet, andererseits eingebunden in die politische Realität. Ein Spagat wird das manchmal wohl sein. Beim Stretching, das dazu erforderlich ist, wird die Stadt Brugg nicht am Rand der Turnmatte stehen. Wir stretchen mit!

Daniel Moser, Stadtammann Stadt Brugg

Neuer ENSI-Direktor gewählt

Hans Wanner übernimmt am 1. September 2010 die Aufgaben von Ulrich Schmocker

Der ENSI-Rat hat an seiner Sitzung vom 1. April 2010 Dr. Hans Wanner zum neuen Direktor des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats gewählt. Der scheidende Direktor, Dr. Ulrich Schmocker, hatte Mitte 2009 seine Demission aus Altersgründen eingereicht.

Auf den 1. September 2010 wird Hans Wanner, der zurzeit Leiter der Abteilung Entsorgung am ENSI ist, die Nachfolge von Ulrich Schmocker antreten. Mitte 2009 reichte der aktuelle Direktor des ENSI seine Demission auf Ende August 2010 ein. Grund dafür ist Schmockers bevorstehende Pensionierung im Frühjahr 2011.

Die Stelle wurde international ausgeschrieben

Im August 2009 schrieb der ENSI-Rat die Stelle des neuen Direktors in der Schweiz und international aus. Aus der Liste der Bewerber hat der ENSI-Rat nach Prüfung der eingegangenen Unterlagen und ersten Gesprächen zwei ENSI-interne und zwei externe Kandidaten ausgewählt. Diese Kandidaten wurden unter Beizug verschiedener Fachleute einem eingehenden Assessment unterzogen. Nach Abschluss des Verfahrens wählte der ENSI-Rat Hans Wanner am 1. April einstimmig zum neuen Direktor.

Hans Wanner ist 55 Jahre alt und zurzeit Leiter der Abteilung Entsorgung des ENSI. Er studierte Chemie an der ETH Zürich, wo er auch als Dr. sc. tech. ETH promovierte.

Nach zwei Jahren Forschungstätigkeit, Erfahrungen als Projektleiter bei der OECD Nuclear Energy Agency in Paris sowie in der Privatwirtschaft wechselte er 1995 zur Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, die Anfang 2009 in das ENSI überführt wurde. Seit 2007 leitete er dort die Abteilung Entsorgung und hat sich erfolgreich im Sachplanverfahren geologische Tiefenlager engagiert.

Politische Erfahrung als parteiloser Gemeindepräsident

Hans Wanner ist nicht nur ein international anerkannter Experte auf dem Gebiet der geologischen Tiefenlagerung, sondern verfügt auch über politische Erfahrung, unter anderem als parteiloser Gemeindepräsident.

Der ENSI-Rat dankt Ulrich Schmocker für seinen langjährigen Einsatz für die Sicherheit der Kernanlagen und die umsichtige Leitung des ENSI. Sein hohes Fachwissen und sein konsequenter Einsatz für die ständige Weiterentwicklung der Sicherheitsanforderungen von Kernanlagen haben auf nationaler und internationaler Ebene grosse Anerkennung gefunden.



Hans Wanner (55) wurde zum neuen ENSI-Direktor gewählt.



Ulrich Schmocker ist seit 2002 Direktor des ENSI.



Würenlingen–Brugg, einfach

Nach über einem Jahr Planungszeit ist das ENSI nach Brugg gezügelt

Seit dem 25. Januar 2010 hat das ENSI seinen Sitz direkt beim Bahnhof Brugg. Damit verabschiedete sich die Aufsichtsbehörde nach mehr als vier Jahrzehnten vom Areal des Paul Scherrer Instituts in Würenlingen.

Freitagmorgen, 22. Januar. Lastwagen der Möbel Transport AG fahren vor das ENSI-Gebäude auf dem Areal des Paul Scherrer Instituts (PSI) in Würenlingen. Kräftige Männer beginnen Kiste für Kiste, Palette für Palette aus dem Gebäude in die Lastwagen zu verladen. Kisten und Möbel aus den oberen Stockwerken befördern die Zügelmäner über eine Hebebühne nach unten. Die Lastwagen bringen ihre Fracht knapp neun Kilometer nach Süden, in das neue FLEX-Gebäude beim

Bahnhof Brugg. Hier werden die Kisten ausgeladen und auf die Büros verteilt.

Samstagabend, 23. Januar. Die letzten Kisten treffen in Brugg ein. Das Informatikteam des ENSI schliesst in Akkordarbeit die Computer der 120 Mitarbeitenden an und testet diese. Um 22 Uhr ist der letzte Computer betriebsbereit, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ENSI können nun ihre Arbeit am Montagmorgen am neuen Ort aufnehmen. Das eigentliche Zügeln der ganzen Aufsichtsbehörde hat also nur knapp zwei Tage gedauert. Die Vorbereitungen nahmen aber fast zwei Jahre in Anspruch.

Hauptorganisator des Umzugs ist Jean-Claude Veyre, ENSI-Geschäftsleitungsmitglied

Die Züglequipe räumt Kisten und Paletten aus dem ehemaligen ENSI-Gebäude auf dem PSI-Areal.



und Leiter der Abteilung Ressourcen. Er hat im Wesentlichen den Umzug von Würenlingen nach Brugg eingefädelt und koordiniert. Doch warum musste das ENSI überhaupt zügeln? – «Das ENSI brauchte schlicht mehr Platz», antwortet Jean-Claude Veyre. Dieser gestiegene Platzbedarf zeichnete sich schon anfangs 2007 ab, als bekannt geworden war, dass die Kraftwerksbetreiber neue Anlagen bauen möchten. Damit das ENSI für den möglichen Bau neuer Kernkraftwerke gewappnet ist, muss es frühzeitig Wissen zu neuen Kraftwerken aufbauen – und entsprechend mehr Personal einstellen. Aber auch die anderen Sektionen benötigen laufend mehr Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

«Zuerst war von fünf bis zehn neuen Büros die Rede», sagt Veyre. Wo diese allerdings auf dem PSI-Gelände untergebracht werden sollten, war unklar. Denn das 1976 eigens für die damalige HSK gebaute und mehrfach erwei-

terte und aufgestockte Gebäude hatte seine Kapazitätsgrenze erreicht. Eine nochmalige Erweiterung lag nicht drin. «Also diskutierte man mit dem PSI einen Neubau gleich neben dem bestehenden HSK-Gebäude», sagt Veyre. Doch im Juli 2007 wurde der Neubauantrag des PSI vom ETH-Rat abgelehnt. Kurz darauf wurde zudem bekannt, dass das PSI ebenfalls zusätzliche Büros braucht. «Für uns wurde damit klar, dass wir uns nach einem neuen Standort für das ENSI ausserhalb des PSI umschauen mussten», sagt Veyre.

Dieser neue Standort fand sich relativ rasch. Im Januar 2008 meldete sich ein Immobilienmakler beim ENSI, er suche Mieter für das FLEX-Gebäude. «Dieser Standort hat uns sofort gefallen», sagt Veyre, «denn er ist zentral beim Bahnhof Brugg gelegen, der Grundriss erschien uns spannend und unsere Platzwünsche werden erfüllt.» Nach ersten Abklärungen und Verhandlungen mit der

In diesen Neubau («FLEX») an der Industriestrasse in Brugg bringen die Zügelleute das Material.

DOSSIER



Die Gänge im alten ENSI-Gebäude sind am Tag des Umzugs mit Kisten vollgestellt.



zuständigen Brugg Immobilien AG schickte das ENSI schliesslich im März 2008 dem BBL die Kündigung des Mietvertrags am PSI. «Von da an gab es kein Zurück mehr», sagt Veyre. Grundsteinlegung für den neuen Sitz des ENSI war am 8. Mai 2008.

Nun begann die Planung des Umzugs. Denn es mussten nicht nur Computer, Material und Unterlagen von 120 Personen gezügelt werden, sondern vor allem mussten die Server und Hochleistungscomputer des ENSI unterbruchsfrei von alten zum neuen Standort verlegt werden und während der ganzen Zeit musste auch die Notfallorganisation des ENSI immer einsatzfähig sein. «Es war eine grosse Herausforderung und sehr arbeitsintensiv», so Veyre.

Viel Arbeit hatten vor allem die Sektionen Büroautomation, Support und Infrastruktur von Peter Schmid und die von Tina Stohler geleitete Sektion Informatik, Systeme und Applikationen. Denn diese zwei Sektionen mit insgesamt neun Mitarbeitenden waren ganz direkt mit dem Umzug beschäftigt. Ihre Hauptaufgabe war das Zügeln der Server und Computer – eine Herkulesaufgabe bei einer Behörde, die Millionen elektronische Dateien verwaltet und deren Organisation ununterbrochen funktionieren muss.

Das ENSI

Über den sicheren Betrieb der Kernanlagen in der Schweiz wacht seit dem 1. Januar 2009 das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI). Als unabhängige öffentlich-rechtliche Anstalt ist das ENSI direkt dem Bundesrat unterstellt. Hervorgegangen ist das ENSI aus der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) des Bundesamts für Energie. Das oberste Ziel der Aufsichtstätigkeit des Bundes im Kernenergiebereich ist es, Mensch und Umwelt vor Schäden durch Radioaktivität zu schützen. Das ENSI beaufsichtigt die fünf Kernkraftwerke in der Schweiz, die Zwischenlager für radioaktive Abfälle sowie die nuklearen Forschungseinrichtungen am Paul Scherrer Institut, an der EPF Lausanne und an der Universität Basel. Dabei wird überprüft, ob die Betreiber die Vorschriften einhalten, ob die Anlagen sicher betrieben werden und ob der Strahlenschutz gewährleistet ist. In den Aufgabenbereich des ENSI fällt zudem der Schutz der Nuklearanlagen vor Sabotage und Terrorakten. Gesuche für Änderungen an bestehenden Kernanlagen, aber auch Gesuche für den Bau neuer Kernanlagen prüft das ENSI aus dem Blickwinkel der Sicherheit. Schliesslich befasst sich das ENSI mit dem Transport radioaktiver Stoffe sowie mit den Untersuchungen zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle.

Tina Stohler, die Leiterin der Sektion Informatik, Systeme und Applikationen, begutachtet die Server in Brugg.



ENSI und PSI sind gemeinsam gewachsen

1: Das ehemalige ENSI-Gebäude auf dem PSI-Areal wird von der untergehenden Sonne beschienen.

2: Die Tafel beim Eingang hat ausgedient.

3: Am Tag des Umzugs herrscht in den Gängen des neuen ENSI-Gebäudes noch ein grosses Durcheinander. Auch in den Büros müssen die Mitarbeitenden erst ihre Kisten ausräumen, um für Ordnung zu sorgen.

4: In kurzer Zeit sind die Büros eingerichtet. Erleichtert kann Jean-Claude Veyre, der Leiter der Abteilung Ressourcen, auf die gelungene Zügelaktion zurückblicken.

Die Geschichte der nuklearen Aufsicht in der Schweiz ist eng mit dem Paul Scherrer Institut (PSI) verbunden. Am 21. August 1964 beschliesst nämlich der Bundesrat die Bildung einer „Sektion für die Sicherheit von Atomanlagen“ (SSA). Diese besteht aus einer einzigen Person, die am EIR Würenlingen (dem Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung, heute PSI-Ost) untergebracht ist. Per 1. Januar 1973 wird die auf ein halbes Dutzend Personen angewachsenen SSA in die «Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen» (ASK) umgewandelt. Ihre Mitglieder sind auf dem Areal des EIR verstreut. 1976 zieht die ASK in einen zweistöckigen Neubau auf dem Gelände. Von nun an wächst die ASK, die 1982 zur Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) wird, ständig. Mit dem Personalausbau wird auch das Gebäude in Würenlingen beständig erweitert: zwei zusätzliche Stockwerke werden aufgebaut, gegen Westen wird das Haus verlängert, im Ostteil wird eine Cafeteria errichtet. Doch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, das per 1. Januar 2009 aus der HSK hervorgeht, braucht noch mehr Platz – ein Bedürfnis, das das alte Gebäude auf dem PSI-Areal nicht mehr erfüllen kann. Auch ein Neubau auf dem PSI-Areal kommt nicht infrage. Also muss sich das ENSI nach einer neuen Niederlassung umsehen. Ein

Neubau der Kabelwerke Brugg direkt beim Bahnhof Brugg erfüllt alle Anforderungen des ENSI. Am Freitag, 22. Januar 2010, fahren in Würenlingen die Zügelastwagen vor. Damit verlässt das ENSI nach über 40 Jahren das Areal des PSI und beginnt in Brugg einen Neuanfang.



Dazu liessen sich die Informatiker etwas Besonderes einfallen: Parallel zum laufenden Rechenzentrum des ENSI bauten sie im Keller eines Gebäudes auf dem PSI-Gelände eine zweite Rechenzentrale auf. «So konnten wir testen, ob die neuen Rechner stabil laufen und ob der Datentransfer von den alten auf die neuen Server funktioniert», sagt Tina Stohler. Nach und nach wurden die funktionierenden neuen Server dann in das FLEX-Gebäude nach Brugg verlegt. Eine Standleitung zwischen Brugg und dem PSI sorgte für die nötige schnelle Datenübertragung. Die ENSI-Mitarbeitenden merkten dabei nicht, dass sie schon auf einem Server in Brugg arbeiteten, obwohl die Behörde nach wie vor am PSI war. «Alles hat reibungslos funktioniert», freut sich Stohler.

Tatsächlich bekamen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kaum etwas von der Zügelaktion mit: Am 22. Januar 2010 schalteten sie ihren Computer am PSI aus und füllten die Zügelkartons ab, am 25. Januar schalteten sie ihren Computer in Brugg wieder ein. «Ich bin erleichtert, dass es so gut funktionierte», sagt Veyre. Die jahrzehntelange Geschichte des ENSI am PSI fand damit ein Ende.

Der repräsentative Bau am Bahnhof Brugg markiert den sichtbaren Neuanfang der unabhängigen Aufsichtsbehörde. Das Haus bietet dem ENSI Platz für rund 170 Mitarbeitende und kann somit auch künftige Anforderungen bestens bewältigen.



3



4

Auf römischen Fundamenten

Unter dem FLEX-Gebäude entdeckten Archäologen einen Merkurtempel



Das neue Gebäude des ENSI steht auf einem alten römischen Heiligtum. Bei den archäologischen Ausgrabungen kam aber nicht nur ein Merkurtempel zum Vorschein, sondern auch eine Inschrift.

Die Bauarbeiten auf dem Bauareal der Kabelwerke Brugg eröffneten den Archäologen eine wahre Schatzkiste. So bargen die bis zu 60 Mitarbeitenden der Kantonsarchäologie Aargau während der fast dreijährigen Grabungskampagne rund 2 Millionen Einzelfunde und dokumentierten unzählige Befunde wie Mauerreste, Gräber, Töpferöfen, Strassen – und einen Merkurtempel. Dieser Tempel stand an der Stelle des FLEX-Gebäudes. Eine Infotafel im Eingangsbereich des ENSI beschreibt den seltenen Fund.

Das im Herbst 2007 entdeckte Heiligtum bestand aus einem gallorömischen Umgangstempel und zwei kleineren, kapellenartigen Tempelchen, wie die Kantonsarchäologie Aargau schreibt. Es lag zwischen der städtischen Siedlung des Legionslagers und dem

Gräberfeld an der Strasse nach Avenches. Um den 5 mal 4,5 Meter grossen Kultraum wand sich ein 3 Meter breiter Säulengang. Von der profanen Welt war der heilige Bezirk war durch einen Graben getrennt. Den Altar, der sich stets vor einem solchen Tempel befindet, fanden die Archäologen nicht. Vermutlich wurde dieser beim Bau moderner Gebäude zerstört.

Als kleine Sensation für Vindonissa kam beim Tempel eine Inschrift zum Vorschein. Dies war die erste Entdeckung einer Inschrift in Vindonissa seit 32 Jahren. Der bruchstückhaft erhaltenen Inschrift entnahmen die Forscher nicht nur, dass der Tempel dem Gott Merkur geweiht war, sondern auch, wer ihn gestiftet hatte. Laut den in Tuffstein gemeisselten Worten liess ein gewisser Iuvenis den Tempel auf eigene Kosten errichten. Warum Iuvenis den Tempel stiftete, darüber kann nur spekuliert werden. Weil aber Merkur der Beschützer der Händler und Diebe war, könnte die Stiftung des Tempels auf ein riskantes, aber schliesslich erfolgreiches Handelsgeschäft zurückzuführen sein.

Mitarbeiter der Aargauer Kantonsarchäologie bei Ausgrabungen auf dem Vision-Mitte-Areal. Das Bild entstand aber nicht bei den Ausgrabungen des Merkurtempels.

Foto: Kantonsarchäologie AG

Wasser hält die Rechner kühl

Die Hochleistungscomputer des ENSI werden mit einem neuartigen System gekühlt



Das FLEX-Gebäude markiert erst den Auftakt zu einer grossen Umgestaltung des Bruggner Bahnhof-Areals.

Auf dem Areal der Kabelwerke Brugg entsteht direkt beim Bahnhof Brugg das Projekt «Vision Mitte». Hauptsächlich werden dabei auf dem Areal der Kabelwerke Brugg Neubauten für den Campus der Fachhochschule Nordwestschweiz errichtet. Im Februar 2010 konnte die Bauherrin, die Brugg-Gruppe, die ersten beiden Gebäude «FLEX» und «B12» einweihen. Der Bau dieser beiden Gebäude kostete rund 40 Millionen Franken.

Die unteren Stockwerke des FLEX-Gebäudes hat das Berufs- und Weiterbildungszentrum Brugg (BWZ) bezogen, die Stockwerke zwei bis fünf belegt das ENSI. Der nuklearen Aufsichtsbehörde stehen damit auf über 6000 Quadratmeter Nutzfläche mehr als 100 Büros und neun Sitzungszimmer zur Verfügung. Im fünften Stock befindet sich zudem eine Cafeteria für das Personal. Während die Fassade streng rechteckig gestaltet ist, hat der

Gebäudegrundriss die Form eines schiefen Rhombus, in dessen Mitte ein Lichthof ausgespart ist.

Eine Besonderheit des Hauses ist für die Mitarbeitenden und die Besucher nicht sichtbar: Auf dem Dach eines Nebengebäudes steht eine moderne Kühlanlage. «Dabei handelt es sich um eine Premiere», sagt Peter Schmid, der Leiter der Sektion Büroautomation, Support und Infrastruktur. Denn das System kühlt die Hochleistungscomputer des ENSI mit Frischwasser statt wie bislang üblich mit Luft. Das erwärmte Wasser wird auf das Dach hochgepumpt und gibt dort seine Wärme an die Umwelt ab. Ein Ventilator unterstützt den Wärmeaustausch. Wie Geschäftsleitungsmitglied Jean-Claude Veyre sagt, funktioniert das System bis zu einer Aussentemperatur von 18 Grad Celsius. Erst darüber müsse ein Kühlsystem zugeschaltet werden. «Weil wir das Kühlsystem seltener einschalten müssen, sparen wir jährlich Stromkosten von etwa 40'000 Franken», sagt Veyre.

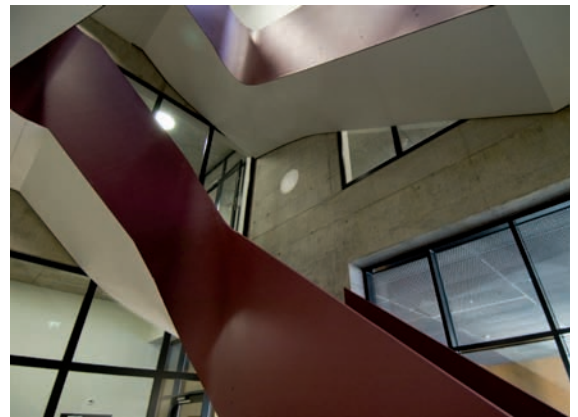
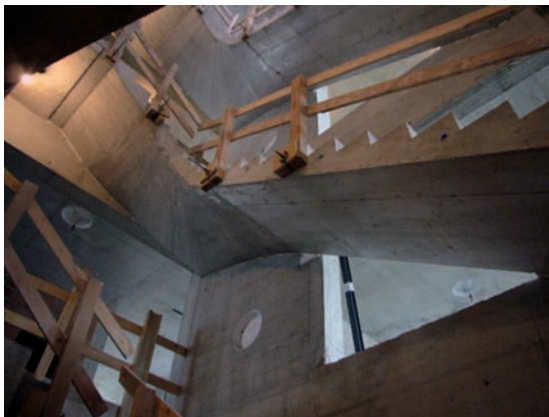
Peter Schmid, der Leiter der Sektion Büroautomation, Support und Infrastruktur, freut sich über das neu installierte Kühlsystem. Dieses funktioniert mit Wasser statt wie bisher üblich mit Luft.





Spiralförmig und scheinbar schwebend verbindet das violette Geländer im Treppenhaus die Stockwerke miteinander.

DOSSIER



Zeitraffer: Das Treppenhaus, die Eingangshalle und die Fassade in Richtung Bahnhof während des Baus und nach der Fertigstellung.



1



2

1: Die Fassade des FLEX-Gebäudes ist geometrisch streng gegliedert – und doch wirkt sie verspielt.

2: Die neue Tafel neben dem Eingang zum FLEX-Gebäude.

Standorte auf dem Prüfstand

Das ENSI hat die vorgeschlagenen Standortgebiete für geologische Tiefenlager beurteilt

Auf dem Weg zu einem geologischen Tiefenlager für radioaktive Abfälle ist die Schweiz einen Schritt weitergekommen. Im Februar stellte das ENSI das sicherheitstechnische Gutachten zu den von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebieten vor. Dutzende Fachleute arbeiteten während eines Jahres an diesem Gutachten.

Mehrere Tausend Seiten umfassen die Unterlagen, die die Nagra dem Bund im Oktober 2008 eingereicht hat. Detailliert beschreibt die «Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle» wie viele radioaktive Abfälle voraussichtlich in der Schweiz entsorgt werden müssen, wie diese Abfälle in schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und hochaktive Abfälle (HAA) aufgeteilt werden sollen, wie und wo sie gelagert werden können und wie sie sich während der Jahrtausende im Wirtgestein verhalten könnten.

Das ENSI hat die Unterlagen im vergangenen Jahr von unabhängiger Seite geprüft. Denn als die nukleare Aufsichtsbehörde des Bundes trägt das ENSI die Gesamtverantwortung für die sicherheitstechnische Überprüfung der von der Nagra vorgeschlagenen geologischen Standortgebiete. Am 26. Februar 2010 stellte das ENSI seine Resultate in Bern an einer Medienkonferenz der Öffentlichkeit vor. Doch bis Hans Wanner, Leiter der Abteilung Entsorgung und designierter ENSI-Direktor, an der Konferenz die Resultate präsentieren konnte, war es ein langer Weg.

«Die Unterlagen der Nagra haben wir zuerst einer Grobprüfung unterzogen, um abschätzen zu können, wie gross der Arbeitsaufwand sein wird und welche externen Experten wir beiziehen müssen», sagt Meinert Rahn, Leiter der Sektion Geologie beim ENSI. Zwar standen Rahn bei der Überprüfung zwei Fachsektionen zur Seite, «aber diese Aufgabe wollten wir im Dienst der Sicherheit fachlich möglichst breit angehen».

Nach der Grobprüfung wurden deshalb Verträge ausgehandelt und Teile der Arbeit

auf verschiedene Experten verteilt. So prüfte etwa die Landesgeologie von «swisstopo» die Vollständigkeit der von der Nagra verwendeten geologischen Grundlagen. Die Kommission für nukleare Entsorgung (KNE), die aus neun Mitgliedern – die Mehrheit davon Uni-Professoren – besteht, hat sich ebenfalls mit der Geologie sowie der Bautechnik beschäftigt. Das Zürcher Geologiebüro Dr. von Moos hat die Geoinformationsdaten (GIS) sowie die Quartärgeologie unter die Lupe genommen. Mit Fragen zur Bautechnik befassten sich das Ingenieurbüro Emch & Berger AG in Bern sowie die Ingenieurgeologie an der ETH Zürich. Am ENSI beschäftigten sich neun Fachleute (Geologen, Physiker und Chemiker) während eines Jahres mit dem sicherheitstechnischen Gutachten. Die einzelnen Expertenberichte wurden am ENSI kontrolliert und zusammengeführt.

Doch woraus bestand die Überprüfung des ENSI genau? – Meinert Rahn: «Wir haben eigene Untersuchungen durchgeführt, die Berechnungen der Nagra mit eigenen Modellierungen nachvollzogen und zwei öffentliche Seminare mit anerkannten Fachleuten an der ETH Zürich zu den Themen glaziale Tiefenerosion, Neotektonik und Erosion durchgeführt.» Insgesamt 13 Kriterien für die Standortwahl hat das ENSI genau untersucht (siehe S. 20). Diese Kriterien waren im Sachplan geologische Tiefenlager vorgegeben und die Nagra musste sie entsprechend berücksichtigen.

Ein grosser Teil der Überprüfung bestand aus eigenen, unabhängigen Berechnungen. So hat die Nagra etwa berechnet, wie sich Radionuklide durch das Wirtgestein nach oben bewegen könnten – unter der Annahme, dass Wasser dazukommt, die Abfallbehälter rosten und die Radionuklide mobilisiert werden. Selbst im schlimmsten Fall darf dann an der Erdoberfläche ein Schutzziel von 0,1 Millisievert pro Jahr nie überschritten werden. Dieser Wert entspricht einem kleinen Bruchteil der natürlichen Strahlung, die vom Menschen



Meinert Rahn, der Leiter der Sektion Geologie, zeigt die verschiedenen Gesteinsarten, die bei der Evaluierung für ein geologisches Tiefenlager genauer betrachtet wurden. Auf dem Tisch liegt ein Granit, in der Hand hält Rahn ein Stück Opalinuston.

Die Nagra

Die «Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle» (Nagra) hat die Aufgabe, radioaktive Abfälle sicher zu lagern. Auch für die dazu notwendigen Forschungs- und Projektierungsarbeiten ist die Nagra zuständig. Sie wurde 1972 vom Bund und den Betreibern der Kernkraftwerke gegründet und hat ihren Sitz in Wetztingen. Finanziert wird die Genossenschaft von ihren sechs Genossenschaftlern: vom Bund, vom Paul Scherrer Institut und von den vier Kernkraftwerksbetreibern.

zum Beispiel durch Radon im Boden oder durch kosmische Strahlung aufgenommen wird. Die Berechnungen umfassen Zeiträume von über einer Million Jahre. Diese und weitere Daten versuchte das ENSI nachzuvollziehen. «Bei unseren Berechnungen haben wir andere Rechencodes verwendet als die Nagra», sagt Rahn. «Damit soll die Unabhängigkeit gewährleistet werden, denn wir versuchen, auf anderem Weg zu unseren Resultaten zu kommen», erklärt Rahn.

Und trotz der verschiedenen Lösungswege decken sich die Resultate des ENSI in den meisten Fällen mit jenen der Nagra. Abweichungen, falls vorhanden, sind minimal. Entsprechend kann das ENSI die Berechnungen der Nagra nachvollziehen und stimmt dem Vorgehen zu.

Nebst vielen weiteren Kriterien und Anforderungen hat das ENSI – als weiteres Beispiel – die von der Nagra angegebene Tiefenlage

der Lager überprüft. So sieht die Mindestanforderung an ein Tiefenlager eine Tiefe von 200 Metern für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) vor; hochaktive Abfälle (HAA) müssen in einer Tiefe von mindestens 400 Metern eingelagert werden. Die Nagra hat diese Mindestanforderung noch verschärft und fordert für das SMA-Lager eine Mindestdiefe von 300 Metern und für das HAA-Lager eine von 500 Metern. «Solche verschärften Anforderungen müssen immer sicherheitsgerichtet sein, die Wirkung darf sich nicht ins Gegenteil kehren», sagt Rahn. Denn je tiefer sich ein Lager unter der Erdoberfläche befindet, desto höher sind auch die Anforderungen an Bautechnik und Material. Deshalb müsse, so Rahn, die zusätzliche Tiefe fundiert begründet sein.

Die Nagra begründet nun die zusätzliche Tiefe mit der Durchlässigkeit der geologischen Schichten. Denn Messungen in Bohrlöchern der Nordschweiz zeigen, dass sich natürliche

Die 13 sicherheitstechnischen Kriterien

Die Kriterien zur Auswahl der Standortgebiete hat das ENSI vorgängig festgelegt. So musste die Nagra vier Kriteriengruppen, bestehend aus insgesamt 13 Kriterien, berücksichtigen. Die erste Gruppe bezieht sich auf die

Eigenschaften des Wirtgesteins.

Massgeblich ist hierbei, wie gut das Gestein radioaktive Stoffe zurückhalten kann. Berücksichtigt wurden die Kriterien

1. räumliche Ausdehnung,
2. hydraulische Barrierenwirkung,
3. geochemische Bedingungen und
4. Freisetzungspfade.

Mit der zweiten Gruppe wurde die **Langzeitstabilität eines Tiefenlagers** untersucht.

Folgende Kriterien kamen zur Anwendung:

5. Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften,
6. Erosion,
7. lagerbedingte Einflüsse und
8. Nutzungskonflikte.

In seiner Beurteilung hat das ENSI dabei vor allem drei mögliche Nutzungskonflikte ausgemacht: die Zementproduktion, die Suche nach Erdöl-/Erdgasvorkommen sowie Erdwärmesonden. Die Gesteinsschichten über dem Opalinuston sind etwa als Zementrohstoff interessant. Unterhalb des Opalinustons befin-

den sich die so genannten Permokarbontröge, in denen Kohlenwasserstoffvorkommen vermutet werden. «Heute ist die Erschliessung möglicher Erdöl-Vorkommen in der Schweiz wirtschaftlich wenig interessant», sagt der Geologe Meinert Rahn, «aber in der Zukunft kann das ganz anders sein.» Und schliesslich steigt das Interesse in den Kantonen an der Energiegewinnung durch Erdwärmesonden. Dabei nehmen die Bohrtiefen für die Sonden ständig zu. Die dritte Kriteriengruppe befasst sich mit der **Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen**. So wurden

9. die Charakterisierbarkeit der Gesteine,
10. die Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse und
11. die Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen

betrachtet. Untersucht wurde, ob die Bedingungen im Wirtgestein über einen längeren Zeitraum betrachtet stabil sind und bleiben.

Die vierte Gruppe bezieht sich schliesslich auf die **bautechnische Eignung**

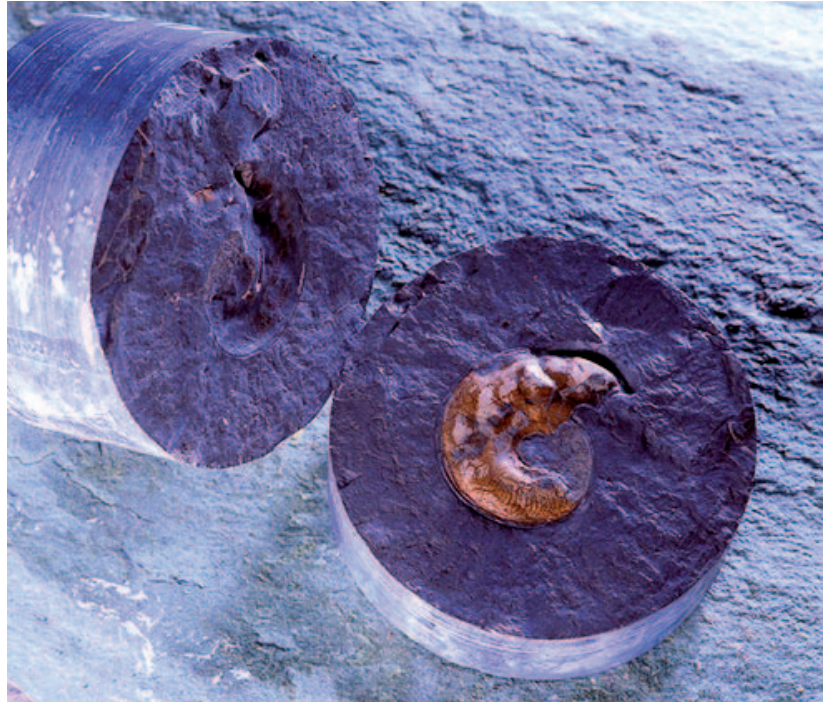
- der Standortgebiete mit den Kriterien
12. Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen und
 13. Untertägige Erschliessung und Wasserhaltung.

Dekompaktionsprozesse, wie sie durch Entlastung nahe der Oberfläche im geologischen Untergrund entstehen, bis in eine Tiefe von 200 Metern nachweisen lassen. Bis in diese Tiefe treten feine Risse im Gestein auf, in denen Wasser zirkulieren und unter Umständen Radionuklide an die Oberfläche befördern kann. «Die 100 Meter zusätzliche Tiefe geben uns tatsächlich auch zusätzliche Sicherheit», folgert Rahn. Doch nicht nur die Mobilisierung von Radionukliden und die Bautiefe hat das ENSI vertieft überprüft, sondern noch Dutzende weitere Kriterien und Anforderungen.

Nach über 20'000 Mannstunden Arbeit allein am ENSI, vielen Berechnungen am Computer, Begehungen im Feld und öffentlichen Seminaren kann das ENSI die Sicherheitsbetrachtungen der Nagra bestätigen und die Anforderungen an die Geologie und die Standorte nachvollziehen. Einzelne Kriterien, wie die Bautechnik oder Nutzungskonflikte, beurteilt das ENSI strenger als die Nagra. So ist die Aufsichtsbehörde der Ansicht, dass in einem Lager in über 650 Metern Tiefe alle Tunnelwände vollständig mit stützenden Schichten abzudecken sind. Welche Auswirkungen solche Stützmittel auf die Langzeitsicherheit im Zusammenhang mit der Felsmechanik, dem Tongehalt oder der Selbstabdichtung haben, muss jetzt noch vertieft untersucht werden.

Nutzungskonflikte ortet das ENSI vor allem dort, wo die Gesteinsschichten über dem Opalinuston für die Zementindustrie interessant sind. Werden die überlagernden Effinger Schichten und die Malmkalke abgebaut, droht der Opalinuston langfristig zu dekomprimieren und seine hervorragenden Einschlusseigenschaften zu verlieren. Die Folgen einer solchen Dekompaktion müssen noch in entsprechenden Analysen abgeklärt werden.

Abschliessend empfiehlt das ENSI, die sechs von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebiete für geologische Tiefenlager (davon drei für alle Abfalltypen) in der folgenden Etappe des Sachplanverfahrens weiter zu betrachten und einer vertieften Sicherheitsanalyse zu unterziehen. Eine solche Analyse wird dann auch einen direkten Vergleich erlauben, was die Langzeitsicherheit der Standorte betrifft – es wird dann also eine Rangliste der bes-



ten Standorte möglich sein. Mindestens die zwei am besten geeigneten Standorte sowohl für ein SMA- als auch für ein HAA-Lager werden am Ende von Etappe 2 in die engere Wahl für ein Tiefenlager kommen.

Nach Einreichen der Gutachten und Stellungnahmen des Bundes zur Etappe 1 des Sachplanverfahrens hat jetzt die Mitwirkungsphase begonnen. Die betroffenen Gemeinden, die Standortkantone sowie Organisationen und Private können sich zu den vorgeschlagenen Standorten äussern. «Diese öffentliche Mitwirkung ist ein sehr wichtiger Punkt des ganzen Verfahrens», sagt Rahn. Vertreter des ENSI sind deshalb regelmässig als Auskunftspersonen an öffentlichen Veranstaltungen in den Regionen anzutreffen.

Weitere Informationen:

www.ensi.ch

www.bfe.admin.ch

Diskussionsplattformen:

Bözberg: www.plattform-boezberg.ch

Zürcher Weinland: www.opalinus.info

Lägeren Nord: www.laegeren-nord.info

Jura-Südfuss: www.jura-suedfuss.ch

Dieser Ammonit gab dem Opalinuston seinen Namen: *Leioceras opalinum*. Durch die besonders gute Erhaltung im Opalinuston blieb die ursprüngliche, opalisierende Perlmuttersschicht bis heute konserviert.

Foto: Nagra

«Es ist unsere Aufgabe, regelmässig k

Hans Wanner, Leiter der Abteilung Entsorgung beim ENSI und designierte ENSI-Direktor, erläutert im



Hans Wanner ist ein international anerkannter Experte für die Entsorgung radioaktiver Abfälle. Im Interview erklärt er die Vorteile der geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle, er geht aber auch auf die bislang noch nicht geklärten Fragen der Entsorgung ein.

Herr Wanner, das ENSI hat die von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebiete für radioaktive Abfälle geprüft und ihnen zugestimmt. Hat das ENSI die Vorschläge einfach abgenickt?

HANS WANNER: Nein, die Nagra hat eine sehr umfangreiche Dokumentation eingereicht, die wir im Detail geprüft haben. Während des Prüfverfahrens haben wir auch Dokumente nachgefordert. Es war ein sehr intensives Verfahren, in dem wir eigene Untersuchungen und eigene Berechnungen durchgeführt haben.

In der Schweiz sind zwei Tiefenlager geplant: Eines für schwach- und mittelaktive Abfälle, eines für hochaktive Abfälle. Im Kernenergiegesetz wird aber noch eine dritte Kategorie unterschieden: die alpha-toxischen Abfälle. Was passiert mit diesen?

Die Nagra hat grundsätzlich die alpha-toxischen Abfälle, das sind Abfälle, die aus der Wiederaufarbeitung und teilweise aus der Forschung stammen, dem Lager für hochaktive Abfälle zugeordnet. Sie kommen dort aber in separate Stollen. Aufgrund der Abfallzuteilung hat die Nagra die Anforderungen an das Wirtsgestein hergeleitet sowie den zu betrachtenden Zeithorizont und die Dimensionen der Lager. All diese Herleitungen haben wir nachvollzogen.

Was hat das ENSI weiter gemacht?

Zusammen mit der Kommission Nukleare Entsorgung KNE haben wir zwei wissenschaftliche Seminare an der ETH Zürich

«Kritische Fragen zu stellen»

Interview die Rolle des ENSI bei der Suche nach einem geologischen Tiefenlager in der Schweiz



Hans Wanner

Seit 1995 arbeitet der promovierte Chemiker bei der HSK, aus der 2009 das ENSI hervorging. Seit 2007 leitet Hans Wanner die Abteilung Entsorgung am ENSI. Am 1. April 2010 hat ihn der ENSI-Rat zum neuen ENSI-Direktor gewählt. Seine neue Aufgabe wird Hans Wanner am 1. September 2010 antreten.

zu glazialer Tiefenerosion und Neotektonik durchgeführt. An diesen Seminarien konnten wir uns die Meinung breiter Fachkreise einholen. Zudem zogen wir diverse externe Experten bei, die uns unterstützt haben: «swisstopo» zum Beispiel hat für uns die Vollständigkeit der von der Nagra verwendeten geologischen Daten geprüft, die KNE hat mehrere Aspekte angeschaut, die Ingenieurgeologie an der ETH Zürich hat die Baustabilität überprüft und Ingenieurbüros haben weitere spezifische Fragestellungen beurteilt.

Das ENSI hat also das Wissen, das am Haus nicht gedeckt werden konnte, extern eingeholt?

Genau. Alle diese externen Fachgutachten sind in Expertenberichten publiziert und auf der Internetseite des ENSI aufgeschaltet. Die Berichte sind in unser Gutachten eingeflossen. In unserer Beurteilung der

Standortgebiete weichen wir in einzelnen Punkten leicht von der Beurteilung der Nagra ab. Das zeigt, dass unsere Leute kritischer eingestellt sind – was wohl auch normal ist bei einer Aufsichtsbehörde. Auf das Schlussergebnis haben sich die Abweichungen aber nicht ausgewirkt.

Hat die Nagra die Gebiete dann etwas großzügiger bewertet?

Nein, die Nagra hat sehr streng bewertet. Die Nagra fand es sogar sinnvoll, verschärfte Anforderungen an das Wirtsgestein zu stellen, um die Standortwahl schon in der ersten Etappe stärker einengen zu können. Denn sonst wäre die Zahl der als geeignet eingestuften möglichen Standortgebiete in Etappe 1 des Sachplanverfahrens grösser ausgefallen. In Etappe 2 wären die weniger geeigneten Standorte aber sowieso weggefallen, deshalb haben wir die stärkere Einengung begrüsst.

Die Rede ist immer nur von Tiefenlagern. Andere Staaten wie Frankreich haben für die schwach- und mittelaktiven Abfälle Oberflächenlager errichtet und betreiben diese bereits. War das in der Schweiz nie eine Option?

Im Kernenergiegesetz ist vorgeschrieben, dass alle radioaktiven Abfälle in der Schweiz in Tiefenlagern entsorgt werden müssen. International gilt diese Vorschrift im Allgemeinen nur für hochaktive Abfälle.

Solche Oberflächenlager müsste man auch mehrere Hundert Jahre überwachen.

Das ist der Punkt. In der Schweiz darf es nicht Teil des Sicherheitsnachweises sein, dass man ein Lager überwachen muss. Die Sicherheit eines Tiefenlagers muss in der Schweiz rein passiv gewährleistet sein. Auch aus ethischen Gründen möchten wir den nachfolgenden Generationen nicht ein Problem überlassen, für das wir heute verantwortlich sind. Wir wollen das Problem jetzt lösen.

Das Projekt des Tiefenlagers ist in der Menschheitsgeschichte etwas ganz Neues: Erstmals möchte man etwas erbauen, das über Jahrtausende Bestand haben muss. Wie kann man garantieren, dass ein solches Tiefenlager auch wirklich die geforderte Zeit übersteht?

Die Idee der Tiefenlagerung ist, dass die radioaktiven Abfälle in langzeitstabilen geologischen Schichten eingebettet werden. Denn mit einer guten geologischen Schicht kann man die Sicherheit um Zehnerpotenzen erhöhen.

Was heisst „Langzeitstabilität“?

Langzeitstabilität heisst, dass wir zurück in die Vergangenheit blicken und basierend auf diesen Erkenntnissen Prognosen für die Zukunft wagen. So darf man beispielsweise erwarten, dass eine geologische Schicht wie der Opalinuston, der 180 Millionen Jahre ungestört überdauert hat, auch die nächste Million Jahre überdauert.

«Wir möchten den nachfolgenden Generationen nicht ein Problem überlassen, für das wir heute verantwortlich sind.»

Bei Prognosen muss man aber vorsichtig sein. Ich kann nicht eine Zukunftsprognose machen und annehmen, dass die auch so eintritt – ich muss vielleicht eher annehmen, dass sie eben nicht wie erwartet eintritt. Es ist also wichtig, sich über die möglichen Entwicklungen ein Bild zu machen. Die Nagra muss zum Beispiel darlegen können, was passiert, wenn jemand unbeabsichtigt in ein Tiefenlager eindringt, oder was bei einem grossen Erdbeben passiert

oder wie sich Klima- veränderungen auf das Tiefenlager auswirken. Wir müssen eine Ahnung davon haben, was alles passieren kann.

Man muss in Zeithorizonten denken, die für

ein menschliches Leben gar nicht mehr fassbar sind. Einzig aus der Vergangenheit muss man versuchen, auf die Zukunft zu schliessen. Hat man schon alle möglichen Szenarien für die sechs vorgeschlagenen Standortgebiete berücksichtigt?

Bei den Standorten hat man zwar noch keine Sicherheitsanalyse gemacht – die folgt in Etappe 2 –, aber man hat die Anforderungen quasi mit einer umgekehrten Sicherheitsanalyse schon hergeleitet. Daraus ergaben sich die verschiedenen passiven Sicherheitsbarrieren. Sollte eine versagen, müssen die anderen deren Aufgaben erfüllen können. Bei der Szenarienanalyse muss die Nagra in Etappe 2 dann verschiedene Annahmen treffen, etwa: Was passiert, wenn ein Sicherheitsbehälter versagt? Oder was passiert, wenn der Bentonit seine abdichtenden Eigenschaften verliert? Weitere Abklärungen müssen das zeigen.

Es ist ja auch eine Vorgabe des ENSI, dass neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung in das Projekt einfließen müssen.

Ja, denn es gibt noch nicht genügend geklärte Fragen. Etwa die der Korrosion: Wie schnell korrodiert ein Stahlbehälter und welchen Einfluss kann das dabei gebildete Gas auf die Sicherheitsbarriere ausüben? Welche alternativen Behälterkonzept-

te gibt es und welches sind ihre Vor- und Nachteile? Die Vor- und Nachteile der Behälterkonzepte müssen sorgfältig gegeneinander abgewogen werden. Das ist alles ein Prozess. Und unsere Aufgabe ist es, im Verlauf des Prozesses kritische Fragen zu stellen. Jeder Schritt bedeutet für uns einen Marschhalt, bei dem wir zurückschauen und eine Zwischenbilanz ziehen. Dann legen wir fest, welche Fragen im nächsten Schritt beantwortet werden müssen. Dabei müssen nicht alle offenen Fragen beantwortet werden, sondern nur die, die für den nächsten Schritt relevant sind. Das ist wichtig. Die Wissenschaft macht nämlich ständig Fortschritte.

Ist denn überhaupt sinnvoll, jetzt schon ein Tiefenlager zu planen? Vielleicht kann man in 50 Jahren die langlebigen radioaktiven Stoffe in kurzlebige umwandeln (Transmutation)? Oder vielleicht kann man die Abfälle später wieder verwenden?

Bei den schwach- und mittelaktiven Abfällen kann sich heute niemand vorstellen, dass man die künftig noch verwenden könnte. Diese Abfälle hat man und die muss man entsorgen. Bei den hochaktiven Abfällen kann man zwei Typen unterscheiden: Da sind zum einen die verglasten Abfälle aus der Wiederaufbereitung, die man nicht mehr verwenden kann. Zum anderen sind da die abgebrannten Brennelemente – und das sind Wertstoffe. Es gibt kaum ein Land auf der Welt, das heute schon die abgebrannten Brennelemente als Abfall deklariert hätte. Auch in der Schweiz gelten die Brennelemente nicht als Abfall. Sie sind zwischengelagert am ZWILAG oder bei den Kernkraftwerken. Denn die Brennelemente könnten in Zukunft wiederaufbereitet oder in Kraftwerken der vierten Generation eingesetzt werden, die den Brennstoff viel stärker ausnutzen, so dass auch weniger hochaktive Abfälle zurückbleiben. Auch die Transmutation könnte irgendwann funkti-

onieren und die Menge langlebiger Radionuklide reduzieren. Doch die Technik ist noch nicht so weit. Zudem muss man die Brennelemente vor dem Einbringen in ein Tiefenlager mehrere Jahrzehnte abkühlen lassen. Mit der Tiefenlagerung der Brennelemente eilt es also nicht sehr.

Aber für die schwach- und mittelaktiven Abfälle, die 90 Prozent des gesamten Abfallvolumens ausmachen, und für die verglasten hochaktiven Abfälle braucht es so oder so ein Tiefenlager?

Ja, auf die Tiefenlagerung kann man nicht verzichten.

Die Nagra hat sechs mögliche geologische Standortgebiete für Tiefenlager ausgewählt, das ENSI hat diese geprüft und gutgeheissen. Wie geht es nun weiter mit dem Auswahlverfahren?

Wir gehen davon aus, dass alle sechs Standortgebiete geeignet sind. Die Anforderungen waren schon in Etappe 1 des Sachplanverfahrens sehr streng. In Etappe 2 nun werden die sechs Standorte für schwach- und mittelaktive und die

drei Standorte für hochaktive auf je mindestens zwei pro Lagertyp eingeeignet. Die Nagra muss in den Standortgebieten einzelne Lagerstandorte festlegen und für

jeden Standort provisorische Sicherheitsanalysen durchführen. Die Resultate dieser Analysen werden dann miteinander verglichen.

Wann beginnen diese Untersuchungen?

Als erstes muss die Nagra zeigen, welche Daten sie hat. Dem ENSI muss sie erklären, ob diese Daten ausreichen, oder ob weitere Untersuchungen nötig sind. Diesen Bericht erwarten wir im Lauf des Sommers und werden ihn als Vorbereitung auf Etappe 2 prüfen. Die Anforderungen an die Sicherheitsanalysen veröffentlichen wir deshalb bereits jetzt.

Wie kann sich die Bevölkerung am Verfahren beteiligen?

«Es gibt noch etliche ungeklärte Fragen. Vor- und Nachteile müssen sorgfältig gegeneinander abgewogen werden.»

INTERVIEW

Die Bevölkerung hat viele Möglichkeiten, sich zu beteiligen. Einerseits kann die Bevölkerung bei jeder Etappe des Sachplanverfahrens an der Anhörung teilnehmen. Und andererseits kann sie sich in den Partizipationsgremien einbringen. Dort werden hauptsächlich raumplanerische und sozioökonomische Fragen diskutiert. Die Fragen also, die jede und jeden in einer betroffenen Region direkt interessieren. Nicht diskutiert wird die Sicherheit, denn die ist kein Verhandlungsgegenstand. Das können nur die Experten sicher beurteilen.

Was geschieht, wenn die Sicherheit bei allen Standorten identisch oder ähnlich ist, was einen Vergleich der Standorte untereinander nur schwer erlaubt?

Dann werden andere Faktoren entschieden. Das können raumplanerische, gesellschaftliche oder wirtschaftliche Faktoren sein. Im Partizipationsverfahren, an dem sich die Bevölkerung eines jeden Standortes beteiligen kann, werden diese Faktoren analysiert...

... so dass am Schluss nur je zwei Standorte in der letzten Etappe des Sachplanverfahrens übrig bleiben?

Ja, damit können in Etappe 3 wirklich die je zwei am besten geeigneten Standorte vertieft mit Bohrungen und seismischen Untersuchungen unter die Lupe genommen werden. Am Schluss wird es dann einen Standort für ein SMA-Lager und einen Standort für ein HAA-Lager geben, wobei der Sachplan explizit nicht ausschliesst, dass die beiden Lager am selben Ort gebaut werden können. Unterirdisch wären die beiden Lager aber voneinander getrennt.

Ein weiteres zu beachtendes Kriterium bei der Standortauswahl sind mögliche Nutzungskonflikte. Das ENSI hat diesem Punkt starke Beachtung geschenkt. Denn die Kalkschichten über dem Opalinuston eignen sich zur Zementherstellung, in den Permokarbontrögen unter dem Opalinuston werden Kohlenwasserstoffvorkommen vermutet. Wie kann man Nutzungskonflikte auch in Zukunft verhindern?

Effektiv sind die Nutzungskonflikte eines der von uns vorgegeben Kriterien. Die Nagra musste also schon jetzt aufzeigen, welches mögliche Nutzungskonflikte sind, die auftreten können. Unter den Standortgebieten Nördlich Lägeren und Bözberg gibt es zum Beispiel Kohlewasserstoffvorkommen. Aber auch die Geothermie kann einen Nutzungskonflikt darstellen oder der Abbau von Rohstoffen, wie er etwa beim Bözberg geplant ist. Ziel ist jedenfalls, dass diese Nutzungen und ein geologisches Tiefenlager planerisch koordiniert werden, und dass ein Tiefenlager später nicht beeinträchtigt wird. Das sind Aufgaben der Raumplanung.

«Die Nagra muss schon jetzt aufzeigen, welches mögliche Nutzungskonflikte sind, die auftreten können.»

Heutige Richtpläne und Grundbucheinträge sind in 100'000 Jahren aber kaum noch gültig...

So lange wir eine funktionierende Gesellschaft, Grundbücher, Richtpläne und ein Bundesarchiv haben, besteht eigentlich keine Gefahr, dass das Wissen um ein geologisches Tiefenlager verloren geht. Die Frage lautet: Was passiert, wenn es einmal keine funktionierende Gesellschaft mehr gibt? Das könnte vielleicht nach der nächsten Eiszeit in zehn- oder hunderttausend Jahren der Fall sein. Und was dann ist – da kann man nur spekulieren.

Müsste dann die im Gesetz vorgeschriebene Markierung helfen?

Laut Gesetz muss ein geologisches Tiefenlager dauerhaft markiert werden. Dauerhaft heisst: Das Tiefenlager muss so markiert sein, dass die Markierung auch beispielsweise nach einer Eiszeit noch vorhanden ist. Und die Markierung muss verstanden werden, auch wenn es keine Grundbücher und kein Bundesarchiv mehr gibt.

Wie soll eine solche Markierung aussehen?

Das ist noch unklar. Es wird international besprochen und auch wir haben ein Projekt am Laufen, das das Bundesamt für Energie koordiniert. Demnächst erwarten wir den ersten Bericht. Nur: Können die Leute dann noch lesen und welche Sprache verstehen sie? Und eine auffällige Markierung könnte

bei späteren Generationen auch die gegenteilige Wirkung entfalten und Neugier wecken. Die Leute könnten gerade wegen der Markierung, die sie nicht verstehen, an der bezeichneten Stelle bohren, um zu schauen, was sich darunter befindet. Wie man dieses Risiko eliminieren möchte, ist ebenfalls noch nicht klar.

Salz, Granit oder Tonstein?

Weltweit sind sich die Experten einig, dass die geologische Tiefenlagerung die beste Methode ist, um radioaktive Stoffe über einen langen Zeitraum von der Biosphäre fernzuhalten. Ist ein solches geologisches Tiefenlager einmal verschlossen, müssen sich die nachfolgenden Generationen nicht mehr darum kümmern. Die Abfälle verbleiben in der Tiefe ohne weitere Überwachung sicher eingeschlossen. Doch welches Gestein eignet sich am besten für ein Tiefenlager? Und warum kommt in der Schweiz nur der Opalinuston als geologische Schicht für ein Hochaktiv-Lager infrage? «Andere Länder haben tatsächlich andere Wirtgesteine für ein Tiefenlager gewählt», sagt der Geologe Meinert Rahn. Schweden zum Beispiel entsorgt seine radioaktiven Abfälle in Granit, die USA bevorzugt einen Salzstock, Frankreich wiederum setzt auf Ton.

Rahn greift in seinen Gesteinsfundus und holt ein Stück **Granit** hervor. Kühl und schwer liegt das Gestein in der Hand. Die Schweizer Alpen bestehen zu einem grossen Teil aus Graniten – warum also nicht dort ein Tiefenlager? «Die Alpen sind geologisch gesehen ein junges Gebirge», erklärt Rahn. Seit Afrika vor 100 Millionen Jahren begann, sich in die europäische Platte zu pressen, wurden Gesteine vom ehemaligen Meeresboden auf mehrere Tausend Meter Höhe angehoben – zu den heutigen Alpen. Und noch immer läuft der Prozess. Durch die enormen Belastungen haben sich Risse und Spalten im spröden Granit gebildet, durch die radioaktive Stoffe mit dem Wasser an die Erdoberfläche gelangen könnten. «Die Alpen kommen daher nur für die schwach- und mittelaktive Abfälle in Frage, da deren Radioaktivität schneller abgeklungen ist als bei hochaktiven Abfällen», folgert Rahn.

Das nächste Stück aus Rahns Gesteinssammlung ist **Salz** aus Gorleben. «Dieses Material hat die Eigenschaft, dass es allfällig auftretende Risse

selbst abdichten kann», sagt Rahn. Zudem kommt Salz in Deutschland in riesigen Salzstöcken vor, die sich über teilweise mehr als tausend Meter in die Tiefe ausdehnen. Auch die USA betreiben bereits ein Tiefenlager für militärische Abfälle in einem Salzstock. Das Tiefenlager in Carlsbad, New Mexico, gilt weltweit als Vorzeigemodell. Ist Salz also das ideale Material? – «Salz ist eine in Deutschland verfolgte Option und in den USA ist die Idee bereits umgesetzt», sagt Rahn, «in der Schweiz eigenen sich die Salzvorkommen aber nicht als Wirtsgestein.» Denn die schweizerischen Salzvorkommen sind zu geringmächtig. Zudem wird das Salz besonders entlang des Rheins intensiv als Rohstoff ausgebeutet.

Bleibt in der Schweiz nur noch der **Ton**. Zum dritten Mal greift Rahn zu einem Handstück. Diesmal ist es Opalinuston, wie er verbreitet unter dem Schweizer Jura und Mittelland vorkommt. Zwar gibt es noch weitere tonreiche Sedimentgesteine in der Schweiz, die die Anforderungen an ein Wirtsgestein erfüllen. Doch einzig der Opalinuston erfüllt aus Sicht des ENSI alle strengen Anforderungen an ein Wirtsgestein für ein Tiefenlager mit hochaktiven Abfällen. Er kommt in der Nordschweiz in geeigneter Tiefe und in ausreichender Mächtigkeit und Ausdehnung vor. Zudem wird der Opalinuston darüber und darunter durch ebenfalls tonreiche Rahmgesteine umgeben. Im Felslabor am Mont Terri (Kanton Jura) werden die Eigenschaften des Opalinustons seit Jahren intensiv untersucht. Dabei zeigten sich viele positive Eigenschaften des Tons. Etwa die Quelfähigkeit, wodurch allfällig auftretende Risse wieder abgedichtet werden oder die Struktur des Tons, die Radionuklide zurückhalten kann. Die Arbeiten am Mont Terri dauern an, diverse wissenschaftliche Fragen sind noch im Detail abzuklären. Zum Beispiel die, wie sich das Gestein in Anwesenheit von Beton verhält.

Die Jahresberichte 2009 wurden veröffentlicht

BRUGG. Das ENSI beurteilt die Betriebssicherheit der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg 2009 als gut. Den Kernkraftwerken Beznau und Gösgen bescheinigt das ENSI lediglich eine ausreichende Betriebssicherheit. Insgesamt verzeichnete das ENSI im vergangenen Jahr 27 meldepflichtige Ereignisse. Die Schutzziele wurden in allen Kernanlagen eingehalten, der Strahlenschutz der Bevölkerung war jederzeit gewährleistet. Diese Ergebnisse gehen aus den Jahresberichten des ENSI hervor. Diese sind beim ENSI erhältlich. Zudem können sie der Internetseite des ENSI heruntergeladen werden.

Richtplanverfahren für KKN und EKKB haben begonnen



Geplantes EKKB. Fotomontage: Axpo

AARAU/SOLOTHURN. Zu den geplanten neuen Kernkraftwerken, dem Kernkraftwerk Niederramt (KKN) bei Gösgen und dem Ersatz des Kernkraftwerks Beznau (EKKB) kann derzeit die Bevölkerung Stellung nehmen. Noch bis zum 14. Juni 2010 sind Stellungnahmen zum EKKB möglich. Im Kanton Solothurn konnten sich zunächst bis zum 21. Mai die 15 Gemeinden des Niederamts äussern, im Juni soll dann der Richtplan während 30 Tagen öffentlich aufliegen. Über die Anpassung des Richtplans für die Aareinsel in Beznau wird der Aargauer Grosse Rat befinden. Der Solothurner Regierungsrat möchte gegen Ende 2010 den Beschluss zur Standortfestsetzung in der kantonalen Richtplanung fällen. Nebst den Rahmenbewilligungsgesuchen EKKB und KKN liegt beim Bundesamt für Energie zudem das

Gesuch für ein neues Kernkraftwerk in Mühleberg vor. Der Bundesrat wird über die drei Gesuche voraussichtlich Mitte 2012 entscheiden. Das ENSI überprüft derzeit die Gesuche nach sicherheitstechnischen Aspekten.

Kernkraftwerke in der Jahresrevision

BRUGG/BEZNAU. Einmal im Jahr werden die Kernkraftwerke in der Schweiz vom Netz genommen und einer Revision unterzogen. Nebst Instandhaltungsarbeiten werden während des Revisionsstillstands auch umfassende Prüfungen durchgeführt und Brennelemente ausgewechselt. Am 21. Mai 2010 begannen die Revisionsarbeiten im Block 1 des Kernkraftwerks Beznau. Die Arbeiten werden knapp zwei Monate dauern. Am 28. Mai wurden die Revisionsarbeiten im Kernkraftwerk Gösgen aufgenommen. Im Verlauf des Sommers werden die übrigen Kernkraftwerke in der Schweiz ebenfalls für die Jahresrevisionen abgestellt. Fachleute des ENSI sind während den Jahresrevisionen jeden Tag vor Ort und überwachen die Arbeiten.

Sechs Vorstösse in den Eidgenössischen Räten

BERN. In der diesjährigen Frühjahrssession der Eidgenössischen Räte wurden insgesamt sechs Vorstösse eingereicht, die sich mit der Kernenergie befassen: fünf im Nationalrat, einer im Ständerat. Die Vorstösse befassen sich mit der Sicherheit der Kernkraftwerke, der Lagerung radioaktiver Materialien im Ausland, einem möglichen deutsch-schweizerischen Endlager für radioaktive Abfälle, der Ökobilanz der Kernenergie und der Sicherung der Stromversorgung. Die Vorstösse sind im Wortlaut auf www.parlament.ch einsehbar.

Die Schweiz tritt in den Energiedialog mit Italien

SOLOTHURN. Ende April trafen sich Vertreter der Energiebehörden von Italien und der Schweiz auf dem Weissenstein zu einem

Energiedialog. Dabei wurden grundsätzliche Fragen zu Stromtransit und Gasversorgung besprochen, aber auch die Nuklearpolitik war ein Thema. Das ENSI hat dabei die in der Schweiz geplanten Kraftwerks- und Abfalllagerungsprojekte vorgestellt. Ziel des Gesprächs war es, Gemeinsamkeiten zu erkennen und auszuloten, wie der Dialog weitergeführt werden kann. Nebst Walter Steinmann, dem Direktor des Bundesamts für Energie (BFE) und weiteren BFE-Mitarbeitenden, war auch das ENSI mit einer Delegation auf dem Weissenstein vertreten.

Erfahrungsaustausch an internationaler Konferenz

BRUGG/WASHINGTON. Vertreter des ENSI haben Anfang März die Regulatory Information Conference bei Washington besucht und an zwei Treffen mit Vertretern der amerikanischen Aufsichtsbehörde United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC) teilgenommen. An solchen Konferenzen kann sich die schweizerische Aufsichtsbehörde einen Überblick über aktuelle Themen der Nuklearaufsicht verschaffen. Die beiden Treffen mit der USNRC dienen dem Erfahrungsaustausch hinsichtlich der in beiden Ländern anstehenden IRRS-Missionen, bei denen die Strukturen der Behörden von einer Kommission der IAEA untersucht werden sowie hinsichtlich der regulatorischen Sicherheitsforschung.

Kommission bestätigt Standortvorschläge

BRUGG. Die Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) schliesst sich der Zustimmung des ENSI zu den von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebieten für geologische Tiefenlager für radioaktive Abfälle an. Das ENSI hat nach Ansicht der KNS die von der Nagra verwendeten Grundlagen, das Vorgehen der Nagra und die Ergebnisse bei der Auswahl von Standortgebieten detailliert geprüft. Zu diesem Schluss kommt die KNS in ihrer Anfang Mai veröffentlichten Stellungnahme zum sicherheitstechnischen Gutachten des

ENSI zum Vorschlag geologischer Standortgebiete. Wie die KNS weiter schreibt, hat das ENSI den aktuellen Kenntnisstand über die Geologie der Schweiz berücksichtigt und zu verschiedenen Fragestellungen eigene Berechnungen und Abklärungen durchgeführt sowie Experten beigezogen.

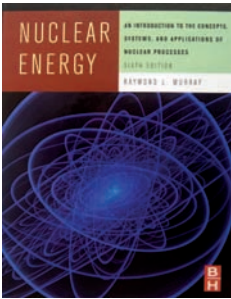
ENSI-Fachleute dozierten am Fortbildungskurs Kerntechnik

BRUGG. Rund 40 Ingenieure, Wissenschaftler und Fachkräfte der Kernenergiebranche haben Anfang Jahr den zweimonatigen Fortbildungskurs Kerntechnik des Paul Scherrer Instituts und von Swissnuclear besucht. Der Kurs wurde nach vielen Jahren erstmals wieder angeboten. Als Dozenten traten auch Fachleute des Bundesamts für Energie und des ENSI auf. Sie hielten Vorträge zu den Themen Gesetzgebung, nukleare Aufsicht, Notfallschutz, Strahlenschutz und Radioökologie.

Tödlicher Strahlenunfall auf indischem Schrottplatz

DELHI. Am 7. April 2010 meldete sich ein Schrotthändler aus der Ortschaft Mayapuri mit Symptomen der Strahlenkrankheit in einem Spital. Am 26. April starb der Mann infolge eines mehrfachen Organversagens. Nebst dem Schrotthändler mussten sechs weitere Personen behandelt werden. Der Verstorbene erhielt eine Strahlungs-dosis von etwa 3,7 Sievert, die übrigen Personen etwa 0,4 Sievert. Die indische Aufsichtsbehörde ordnete den Unfall auf der siebenstufigen internationalen Ereignisskala INES der Stufe 4 zu. Als Strahlenquelle identifizierten die Fachleute Kobalt-60, das vom Department für Chemie der Universität Delhi nicht fachgerecht entsorgt worden war und auf dem Schrottplatz landete. Laut dem Nachrichtendienst «World Nuclear News» wurden die Verantwortlichen der Universität von den Behörden vorgeladen. Der Universität wurde bis auf weiteres die Arbeit mit radioaktiven Substanzen untersagt.

NEUE BÜCHER



Fundiert und leicht verständlich

Bücher zur Kerntechnik gibt es Hunderte, doch die meisten davon wurden schon vor Jahrzehnten geschrieben und haben unterdessen eine dicke Patina angesetzt. Aktuelle Bücher fanden sich kaum in den Regalen der Bibliotheken, kaum ein Autor verfolgte das Thema.

Eine Ausnahme stellt der amerikanische Hochschuldozent und Autor Raymond L. Murray dar. Bereits in der sechsten Auflage erschien 2009 sein Standardwerk «Nuclear Energy». Laufend ergänzt und aktualisiert spiegelt das Buch den neuesten Stand von Kernphysik und Kerntechnik wider. Didaktisch klug aufgebaut, erläutert Murray zuerst die Grundlagen zu Energie, Atomen und Radioaktivität. Doch wo andere Bücher normalerweise aufhören, beginnt es bei Murray erst spannend zu werden. Denn die vermittelte Theorie wird sofort in praktisches Wissen umgesetzt. Murray liefert Antworten auf Fragen, wie Isotope getrennt werden, wie Detektoren arbeiten, welche Reaktortypen es gibt und wie diese funktionieren. Die Erklärungen

sind in einer einfachen Sprache geschrieben, weshalb sich das Lehrbuch wie ein Krimi liest. Murray spricht aber auch die unbequemen Fragen an. Etwa, welche Schäden ionisierende Strahlung verursachen kann, wie Kernwaffen funktionieren oder wie die Verbreitung radioaktiven Materials verhindert werden soll. Weiter betrachtet Murray die Entsorgung radioaktiver Abfälle, gesetzliche Regelungen und er wagt es, einen Blick in die Zukunft der Kernenergie zu werfen.

Am Schluss von jedem Kapitel gibt es eine kurze Zusammenfassung und eine ganze Reihe von Übungen, in denen sich das erworbene Wissen vertiefen lässt. Eine ausführliche Literaturliste mit Internetlinks rundet den Service ab.

«Nuclear Energy» ist nicht nur ein hervorragendes Buch für den Einstieg in die Kernphysik und Kerntechnik, sondern eröffnet auch den Profis neue Ansichten auf ein Forschungsgebiet, das wieder an Aktualität gewonnen hat.

Murray, Raymond L.: Nuclear Energy. An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes. Butterworth Heinemann. 2009. 532 Seiten. ISBN: 978-0123705471. 50 €.



Wie Kraftwerke funktionieren

Die deutschsprachige Leserschaft hatte einen schweren Stand was die Kernenergie betrifft. Neue Bücher wurden nicht geschrieben, ältere waren vergriffen. Wer sich bei Forschung und Technik auf dem neuesten Stand halten wollte, war gezwungen, auf englische Literatur auszuweichen (siehe auch oben). Der erst 30-jährige deutsche Ingenieur Markus Borlein bereitet nun der langen Durststrecke ein Ende. Sein Buch «Kerntechnik», das im Oktober 2009 in erster Auflage beim Vogel Buchverlag in Würzburg erschienen ist, ist das erste seiner Art seit Jahren im deutschsprachigen Raum.

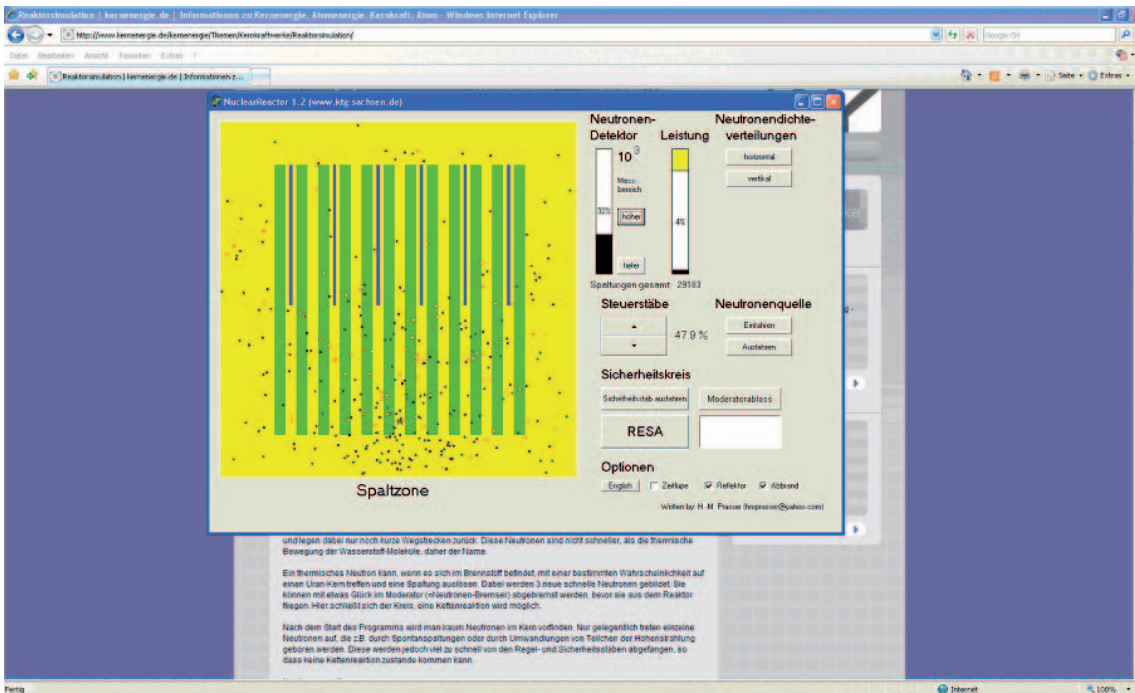
Borlein bleibt in seinem Buch, wie im Untertitel angedeutet, bei den Grundlagen der Kerntechnik. Nach einer Einführung in die Kernphysik wird das Funktionsprinzip der in Betrieb stehenden Druck- und Siederwasserreaktoren erläutert. Ein spezielles Vorwissen

ist dabei nicht nötig, richtet sich das Buch doch explizit auch an Laien. Denn, so heisst es im Klappentext, «das Buch soll vor allem dazu beitragen, dem Leser das komplexe Thema der Kernenergie in verständlicher Weise näher zu bringen».

Borleins Erklärungen der Technik in Kernkraftwerken sind gelungen und – für ein Grundlagenbuch – tiefgehend. Denn der Ingenieur berücksichtigt auch Sicherheitskonzepte und Hilfssysteme der Kraftwerke ausführlich. Solche Erläuterungen waren bislang in der deutschsprachigen Literatur äusserst dünn gesät. Die technischen Erklärungen sind denn auch die Stärken des Buches.

Nur am Rande geht dafür das Buch auf offene Fragen bei der Abfallentsorgung ein. Dies tiefer zu beleuchten dürfte aber auch nicht der Anspruch des Autors gewesen sein, gibt es hierzu doch eine grössere Literaturauswahl.

Borlein, Markus: Kerntechnik. Vogel Buchverlag. 2009. 336 Seiten. ISBN: 978-3834331311. 29.80 €.



Simulation eines einfachen Reaktors

Wie funktioniert ein Kernreaktor? Welche Sicherheitsüberlegungen gilt es zu berücksichtigen? Wie hält man eine Kettenreaktion in Gang? Wie lässt sich die Leistung regulieren? Was sonst Reaktoroperatoren vorbehalten ist, kann nun jedermann zu Hause am eigenen PC ausprobieren. Über die Internetseite von kernenergie.de lässt sich nämlich das Simulationsprogramm «NuclearReactor» downloaden. Das Programm simuliert den Kern eines einfachen Kernreaktors und kann bis zu 100'000 Neutronen gleichzeitig darstellen.

Es lässt sich nachvollziehen, wie ein Reaktor angefahren wird und wie die Leistung stabil gehalten werden kann. Simuliert wird ebenfalls der Abbrand des Brennstoffs. Damit wird ersichtlich, weshalb die Brennelemente in einem Kernkraftwerk regelmässig umplatziert und ausgetauscht werden müssen.

Obwohl die Prozesse stark vereinfacht sind und das Programm den Nutzern auch eine grosse Toleranz eingesteht bis es zur Schnelabschaltung kommt, stellt «NuclearReactor» doch ein paar grundlegende physikalische Eigenschaften nachvollziehbar dar. Besonders für Lehrer, Schüler und Studenten dürfte das Programm eine interessante Ergänzung zum Unterricht sein.

Ohne Vorkenntnisse ist das Programm jedoch nur schwer nachvollziehbar, eine Ahnung von Reaktorphysik sollte vorhanden sein. Die Anleitung auf der Internetseite erklärt dem Nutzer aber die simulierten Prozesse ausreichend gut, damit man den Simulationsreaktor störungsfrei fahren kann.

Systemvoraussetzungen: PC mit Windows, Taktfrequenz von mindestens 1 GHz. Das Simulationsprogramm ist auf der unten angegebenen Seite downloadbar.

> www.kernenergie.de/kernenergie/Themen/Kernkraftwerke/Reaktorsimulation

