

# Bulletin 6

Dezember 2014

## Gösgen: Stromproduktion auf den Punkt gebracht

Seite 7



Sind Fusionsreaktoren beliebig verkleinerbar?  
**Seite 4**

Ein Blick auf innovative Technologien  
**Seiten 9 + 14**

Vorankündigung:  
Forums-Treff  
am 9. Februar 2015  
**Seite 28**

<b>Editorial</b>	<b>3</b>	<b>Fenster zum E-Bulletin</b>	<b>23</b>
Wie wollen wir 2015 gehört werden?	3	Schweiz	23
		International	23
<b>Forum</b>	<b>4</b>	<b>Kolumne</b>	<b>26</b>
Kompakte Fusionsreaktoren – Traumvorstellung oder Realität?	4	Arnolds Wirtschaftsblick	26
<b>Hintergrundinformationen</b>	<b>7</b>	<b>Hoppla!</b>	<b>27</b>
KKG: Besucherzentrum neu ausgerüstet	7	Ein Schuss, der nach hinten losgehen darf	27
Innovation bei Kernreaktoren: Kugelhaufen, Salzschmelze, Thorium	9	<b>Pinnwand</b>	<b>28</b>
China entwickelt die Nukleartechnologien von morgen	14		
Vertiefungskurs 2014 zum Thema «Sicherheitsmargen in Kernkraftwerken: identifizieren, quantifizieren, erweitern»	18		
<b>Medienschau</b>	<b>21</b>		
Tiefenlager-Studien im Fokus und in der Kritik	21		

## Impressum

---

### Redaktion:

Marie-France Aepli (M.A., Chefredaktorin); Beat Bechtold (B.B.);  
Max Brugger (M.B.); Dr. Peter Bucher (P.B.); Matthias Rey (M.Re.);  
Sandra Rycharz (S.Ry.); Dr. Michael Schorer (M.S.)

### Herausgeber:

Dr. Michaël Plaschy, Präsident *a. i.*  
Beat Bechtold, Geschäftsführer  
Nuklearforum Schweiz  
Konsumstrasse 20, Postfach 1021, CH-3000 Bern 14  
Tel. +41 31 560 36 50, Fax +41 31 560 36 59  
info@nuklearforum.ch  
www.nuklearforum.ch oder www.ebulletin.ch

Das «Bulletin Nuklearforum Schweiz» ist offizielles  
Vereinsorgan des Nuklearforums Schweiz und der  
Schweizerischen Gesellschaft der Kernfachleute (SGK).  
Es erscheint 6-mal jährlich.

Copyright 2014 by Nuklearforum Schweiz ISSN 1661-1470 –  
Schlüsseltitel Bulletin (Nuklearforum Schweiz) – abgekürzter  
Schlüsseltitel (nach ISO Norm 4): Bulletin (Nuklearforum Schweiz).

Der Abdruck der Artikel ist bei Angabe der Quelle frei.  
Belegexemplare sind erbeten.

© Titelbild: KKG

## Beat Bechtold

Geschäftsführer Nuklearforum Schweiz



## Wie wollen wir 2015 gehört werden?

Das Nuklearforum wird 2015 die im Vorjahr begonnene Intensivierung seiner Kommunikationstätigkeiten weiterführen. Im kommenden Jahr soll vermehrt die breite Öffentlichkeit über unterschiedliche Kanäle erreicht werden. Im Sinne unserer Statuten wollen wir einen faktenbasierten Beitrag zur positiveren Wahrnehmung über den Nutzen der Kernenergie leisten. Es ist nötig und an der Zeit, vermehrt Flagge zu zeigen, um der Verunsicherung über die Rolle der Kernenergie in der Schweiz entgegenzuwirken und den Wissensstand der Bevölkerung hinsichtlich der nuklearen Stromproduktion und aktueller Forschungsaktivitäten zu erhöhen. Es gilt, die Stimmberechtigten für die politische Diskussion mit Fakten und sachlicher Information aufzuklären. Dies ist deshalb von so grosser Bedeutung, da die «Ausstiegsinitiative» der Grünen Partei möglicherweise unabhängig von der «Energiestrategie 2050» zur Abstimmung kommt. Ebenfalls wird im kommenden Jahr der Ständerat über die vom Nationalrat beschlossenen Entscheide zur künftigen helvetischen Energiepolitik beraten. Mit einem definitiven Parlamentsentscheid zur «Energiestrategie 2050» wird jedoch frühestens Ende 2015 zu rechnen sein.

Im eidgenössischen Wahljahr 2015 dürften die Möglichkeiten zur Beeinflussung der Bundespolitik gering sein. Für die Kommunikationsarbeit des Nuklearforums ist es deshalb umso wichtiger, direkt (oder indirekt über die Medien) mit entsprechenden Inhalten die Öffentlichkeit anzusprechen. Damit soll in der Bevölkerung nicht nur das Vertrauen in den Nutzen der Kerntechnologie, sondern auch das heute schwach ausgeprägte energiepolitische Problembewusstsein und der Wissensstand um den gegenwärtigen weltweiten Ausbau der

Kernenergie gestärkt werden. Die Kommunikationsinhalte rund um diese Nutzendiskussion werden 2015 fortgeführt. Hingegen werden der Kommunikationsstil und die Kommunikationsinstrumente teilweise angepasst. So wollen wir neue Kanäle öffnen, um auch jenes Publikum schnell und treffsicher zu erreichen, das sich nicht nur über die klassischen Medien informiert, sondern via Social Media Inhalte konsumiert. Dies erfordert Anpassungen bei den bisherigen Kommunikationsinstrumenten. Deren Qualität freilich bleibt gleich, jedoch müssen in quantitativer Hinsicht punktuell Einsparungen gemacht werden. So wird das vorliegende gedruckte Bulletin im kommenden Jahr quartalsweise und ohne die Monatsberichte erscheinen. Aktuelle Informationen werden wie bis anhin über unsere Website [www.nuklearforum.ch](http://www.nuklearforum.ch) täglich sowie über den E-Bulletin-Newsletter wöchentlich publiziert. Im Rahmen dieser bewussten Schwerpunktbildung erhofft sich das Nuklearforum, die enorme Wissenslücke in der breiten Bevölkerung – verursacht durch die Selbstzensur der staatsnahen Medien und der unausgewogenen Informationspolitik des Bundes – mittels einer Wissensbrücke in kerntechnischer Hinsicht schliessen zu können.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bechtold', written in a cursive style.

Interview mit Prof. Minh Quang Tran, CRPP



Interview: Max Brugger

## Kompakte Fusionsreaktoren – Traumvorstellung oder Realität?

Das Entwicklerteam Skunk Works der amerikanischen Lockheed Martin Corporation hat Mitte Oktober 2014 auf sich aufmerksam gemacht, als es neue Details zu seinem in Entwicklung stehenden Compact Fusion Reactor (CFR) veröffentlichte. Die Entwickler sagten, sie könnten ihren Fusionsreaktor rund zehn Mal kleiner bauen als beispielsweise einen Tokamak-Reaktor gleicher Leistung. So soll der CFR nur noch die Grösse eines Sattelschleppers haben. Das Nuklearforum Schweiz fragte Prof. Minh Quang Tran vom Centre de Recherches en Physique des Plasmas (CRPP) der EPF Lausanne, wie die Physik die Grösse eines Fusionskraftwerks bestimmt.

**Im südfranzösischen Cadarache wird der Internationale Thermonukleare Experimentalreaktor (Iter) gebaut. Das torusförmige Plasmagefäss der Tokamak-Anlage ist rund 11 m hoch und hat einen äusseren Durchmesser von 16 m. Wieso ist diese Anlage so gross?**

### Prof. Minh Quang Tran

Prof. Minh Quang Tran ist ordentlicher Professor für Plasmaphysik an der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Seine Forschungstätigkeit liegt in der Plasmaphysik und der Heiztechnik. Von 1999 bis 2014 war er Generaldirektor des Centre de recherches en physique des plasmas (CRPP) und von 2003 bis 2004 europäischer Beauftragter des European Fusion Development Agreement (EFDA). Als Mitglied der Schweizer Vertretung in der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) leitete und begleitete er verschiedene Projektgruppen, die den Iter und das Iter-Nachfolgeprojekt Demo vorantreiben. Im Juli 2014 wurde er zum Präsidenten der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft (SPG) gewählt.

Um mit Iter die angestrebte thermische Fusionsleistung von 500 MW zu erreichen, wird ein Plasmavolumen von etwas mehr als  $800 \text{ m}^3$  benötigt. In diesem Volumen beträgt die Dichte rund  $10^{20}$  Teilchen pro  $\text{m}^3$ . Wollte man ein leistungsstärkeres Fusionskraftwerk bauen, so müsste notgedrungen auch das Plasmavolumen vergrössert werden. Es sei denn, die Teilchendichte liesse sich durch neue Erkenntnisse in der Physik erhöhen, wobei nicht mit einer Zunahme von einer Grössenordnung zu rechnen ist.

### Wo sehen Sie Limiten beim Bau eines kompakten Fusionsreaktors?

Beim Fusionsprozess entstehen Neutronen mit einer Energie von 14,1 MeV. Um die Struktur des Plasmagefässes und die umliegenden Komponenten vor diesen Neutronen zu schützen, ist eine rund ein Meter dicke Abschirmung nötig.

### Was würde ohne diese Abschirmung passieren?

Durch die Neutronenstrahlung würden die Werkstoffe – wie die Supraleiter – unnötig beansprucht. Zum anderen können die Neutronen Wärmeenergie (nuclear heating) in den supraleitenden Magnetspulen abgeben, die mit flüssigem Helium ständig auf rund 4 K heruntergekühlt werden müssen. Beim Iter rechnen wir, dass



**Blick ins Innere des CFR: Die magnetischen Spulen in der Plasmakammer des kompakten Fusionsexperiments von Lockheed Martin.**

Foto: Lockheed Martin

die Neutronen trotz Abschirmung rund 16 kW Wärmeenergie an die Magnetspulen abgeben werden, was tolerierbar ist.

**Gibt es neben der Abschirmungsdicke noch weitere Rahmenbedingungen, die beim Bau eines Fusionsreaktors berücksichtigt werden müssen?**

Das Blanket – wie die Abschirmung auch genannt wird – ist starken Wärmebelastungen ausgesetzt, die es zu berücksichtigen gilt. Das Blanket, wie auch der Divertor, sind denn auch die am meisten beanspruchten Komponenten eines Fusionsreaktors. Will man nun ein Fusionskraftwerk mit einer höheren Leistung als Iter, aber mit deutlich geringerem Volumen bauen, so stellt dies die Ingenieure vor sehr grosse Herausforderungen.

Im Blanket ist noch ein weiterer Aspekt zu berücksichtigen: Da das beim Fusionsprozess beteiligte Tritium

nicht natürlich vorkommt, muss es erbrütet werden. Dieser Brutprozess findet ebenfalls im Blanket statt, was weiteren Platz benötigt. Zudem müssen die Heiz- und Stromerzeugungssysteme sowie die Wärmetauscher im Plasmagefäss untergebracht werden. Dies beeinflusst das Bauvolumen zusätzlich.

**Lockheed Martin betont, mit ihrem CFR einen hohen Beta-Wert erreichen zu können. Was ist damit gemeint?**

Vor der Beantwortung dieser Frage möchte ich festhalten, dass keine wissenschaftliche Veröffentlichung in Peer-Review-Zeitschriften erschienen ist, die diese Aussage untermauert. Der Beta-Wert beschreibt das Verhältnis zwischen dem thermischen Druck des Plasmas und dem magnetischen Druck, der es einschliesst. Er erlaubt es, die Leistungsfähigkeit verschiedener Anlagen mit einer bestimmten magne-

tischen Anordnung – beispielsweise von Tokamaks – zu beurteilen. Die Qualität einer Anordnung darf indes nicht auf den Beta-Wert reduziert werden. Zu berücksichtigen sind ebenfalls die Qualität des thermischen Einschlusses und des Teilcheneinschlusses sowie das Zusammenspiel der verschiedenen Anlagenkomponenten, das Engineering.

Man hat früher schon Versuche mit Magnetanordnungen gemacht – sogenannten Magnetic Mirrors – und dabei Beta-Werte zwischen 0,6 und 0,7 erreicht. Die Experimente wurden jedoch in den 1980er-Jahren trotz der hohen Beta-Werte eingestellt, da ein hoher Beta-Wert – wie schon erwähnt – nicht ausreicht.

#### **Das IPP zum Reaktorkonzept der Lockheed Martin**

Das deutsche Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) veröffentlichte am 23. Oktober 2014 eine Stellungnahme zum Reaktorkonzept der Lockheed Martin Corporation. Die wissenschaftliche Direktorin des IPP, Prof. Sibylle Günter, und der Leiter des IPP-Bereichs Tokamaktheorie, Prof. Karl Lackner, stellten fest, dass der Bau eines kleinen, transportablen Fusionskraftwerks seit langem ein Traum der Fusionsforscher sei. Im Laufe der Forschung sei jedoch klar geworden, dass ein funktionierendes Kraftwerk eine gewisse Mindestgrösse haben müsse. Die Wissenschaftler sind der Meinung, dass die von der Lockheed Martin angestrebte Kraftwerksgrösse nicht mit der Abschirmproblematik in Einklang gebracht werden kann. Zudem sei mit dem Compact Fusion Reactor (CFR) kein wirklich neues Konzept entwickelt, sondern die zwei bekannten Konzepte eines «magnetic cusp» und eines magnetischen Spiegels seien kombiniert worden, die zu nicht tolerierbarem Energieverlust führten. Günter und Lackner stellten weiter fest, dass im Patentvorschlag der Lockheed Martin nicht einmal ansatzweise erwähnt wird, wie man mit der propagierten Kompaktversion eine positive Energiebilanz erreichen will.

# Hintergrundinformationen

## KKG: Besucherzentrum neu ausgerüstet

Die zuverlässige Stromversorgung ist in der Schweiz selbstverständlich. Wie dieses komplexe System aufgebaut ist und welchen Einfluss verschiedene Stromproduktionsmethoden auf ein Stromnetz haben, können Besucher seit Anfang November 2014 im modernisierten Besucherzentrum des Kernkraftwerks Gösgen (KKG) spielerisch erfahren.

Die Schweiz verbrauchte 2013 rund 250 TWh Energie, knapp ein Viertel davon (rund 60 TWh) in Form von Elektrizität. Da es heute neben Pumpspeicherwerken keine Methoden gibt, mit denen grosse Strommengen wirtschaftlich gespeichert werden können, muss immer gerade so viel Strom ins Netz gespeist werden, wie nachgefragt wird. Wie dieser Balanceakt mit dem heutigen Kraftwerkspark in der Schweiz gemeistert wird, zeigt ein neuer Simulationstisch im Besucherzentrum des KKG. Der mit einem flächendeckenden Touchscreen ausgerüstete Tisch erlaubt Besuchern zudem, in die Rolle eines Stromversorgers zu schlüpfen und

einen eigenen Kraftwerkspark aufzubauen. Aber Achtung: Nicht jeder Kraftwerkstyp liefert rund um die Uhr Strom, nicht jedes Kraftwerk kann einfach ans bestehende Übertragungsnetz angeschlossen werden und die Kosten spielen auch eine wichtige Rolle.

### Aktion gleich Reaktion

Wer am bestehenden Stromversorgungssystem eine Änderung vornimmt, erhält unmittelbar eine Rückmeldung, beispielsweise ob Verbraucher Einschränkungen hinnehmen müssen, wie sich die Stromkosten verhalten und wie die CO<sub>2</sub>-Bilanz ausfällt. Ist der eigene

**Die Stromversorgung muss sowohl an einem Sommertag wie auch in einer Winternacht sichergestellt sein. Das Bild zeigt zwei entsprechende Ausschnitte des neuen Simulationstisches im Besucherzentrum des KKG.**

Foto: KKG





**Über Touchscreens können Besucher einfach und schnell zu den verschiedenen Themen in der Ausstellung Informationen abrufen und Filme abspielen.**

Foto: KKG

Kraftwerkspark aufgestellt, muss man sich die Frage stellen, ob dieser über alle Jahreszeiten hinweg zuverlässig funktioniert. Mutige können noch testen, ob ihr Stromversorgungssystem sogar einer Hitzewelle oder einem Kälteeinbruch standhält. Wem der Aufbau eines funktionierenden Versorgungssystems bis dahin nicht gelungen ist, kann noch die Verbraucher in die Pflicht nehmen und Stromsparmassnahmen auferlegen. Auch kann der Ausbau des Stromnetzes sowie der Aufbau eines sogenannten Smart Grids unterschiedlich stark gefördert werden. Laufend aktualisierte Anzeigefelder geben dabei Auskunft, ob die Leistungsbilanz im System ausgeglichen ist, das Speichervermögen ausreicht, die Netze nicht überlastet werden und prinzipiell ausreichend Energie vorhanden ist.

### **Alles rund um Stromproduktion**

Dass man ein bestehendes Stromversorgungssystem nicht ohne Weiteres umbauen kann, ist nur einer der Aspekte, die im Besucherzentrum anschaulich gemacht werden. Eine Multimediashow ruft ins Bewusstsein, dass wir rund um die Uhr Strom benötigen. Auf die Frage, wie dieser Strombedarf gedeckt werden kann, gibt es verschiedene Antworten. So werden dem interessierten Besucher neben der Kernenergie auch die Primärenergieträger Kohle, Gas, Öl, Wasserkraft, Wind, Sonne

und Biomasse näher gebracht. Informationen zu jedem Energieträger können ebenfalls über moderne, berührungsempfindliche Bildschirme dank intuitiver Menüführung einfach abgerufen werden. Bei jedem Rohstoff wird auf die Fragen eingegangen: Welche Bedeutung hat der Rohstoff weltweit, welche für die Schweiz? Wie funktioniert ein Kraftwerk? Wie viel Rohstoff ist vorhanden? Welche Auswirkungen hat die jeweilige Technologie auf die Umwelt? Liefert sie Bandenergie oder deckt sie Spitzenlast? Wie hoch sind die Produktionskosten? Wie sieht das Ausbaupotenzial der Technologie aus?

Im Besucherzentrum wird weiterhin anhand einiger Beispiele in Erinnerung gerufen, dass wir Tag und Nacht Strahlung ausgesetzt sind. Interessierte können sich von Besucherführern zudem die verschiedenen Sicherheitseinrichtungen des Kernkraftwerks erklären lassen. Auch was mit den ausgedienten Brennelementen geschehen soll, wird vorgestellt. Wer sich zudem für einen geführten Rundgang durch das Kraftwerk angemeldet hat, kann sich mit Hilfe eines KKG-Anlagenmodells eine Übersicht über das Kernkraftwerk verschaffen. (M.B.)

*Weitere Informationen zu Werksbesuchen im KKG finden Sie unter [www.kkg.ch](http://www.kkg.ch).*



## Innovation bei Kernreaktoren: Kugelhaufen, Salzschnmelze, Thorium

### Erhöhung der Sicherheit und der Nachhaltigkeit als Ziel

In der öffentlichen Wahrnehmung ist die Kernenergie eine Hochrisikotechnologie. Die Freisetzung des radioaktiven Materials kann das Umland unbewohnbar machen. Barrieren, wie die Brennstabhülle oder das Containment eines Kernkraftwerks, können – wie uns Fukushima gezeigt hat – versagen. Zudem wird die Nachhaltigkeit hinterfragt. Gibt es überhaupt genug Kernbrennstoff für eine Zukunft über die Lebensdauer heutiger Kernkraftwerke hinaus? Und wie kann der ausgediente Kernbrennstoff sicher entsorgt werden? Prof. Horst-Michael Prasser wirft einen Blick auf Technologien, die diese Situation entschärfen könnten.

Heutige Kernreaktoren gewinnen die Energie hauptsächlich durch Spaltung des natürlich vorkommenden Uranisotops 235. Dabei wird Wasser bei hohem Druck verdampft und mittels einer Turbine ein Generator zur Stromerzeugung betrieben. In den Brennstäben sammeln sich hochaktive Spaltprodukte an, zusammen mit Plutonium und anderen Transuranen wie Americium und Curium, die durch Einfang von Neutronen im nicht spaltbaren Isotop Uran 238 entstehen. Hüllrohre aus Zirkonium verhindern, dass diese Bestandteile austreten können. Brennstäbe müssen jedoch ständig gekühlt werden, sonst heizen sie sich durch die Nachzerfallswärme auf, wodurch die Spaltprodukte freigesetzt werden können, auch wenn die Kettenreaktion bereits unterbrochen wurde.

Die Weiterentwicklung dieser sogenannten Leichtwasserreaktoren war vorwiegend darauf gerichtet, die Kühlung bei Störfällen zuverlässiger zu machen. Eine Schwachstelle ist die Stromversorgung für Notkühlsysteme. Die höchste Zuverlässigkeit versprechen heute sogenannte passive Sicherheitssysteme, die ohne eine externe Energieversorgung auskommen. Für die Notkühlung erforderliche Kühlmittelströmungen werden beispielsweise allein durch die Wirkung der Schwerkraft in Gang gehalten.

Es werden zurzeit aber nicht nur Leichtwasserreaktoren weiterentwickelt, sondern man forscht auch an neuen Ansätzen, um die Kernkraft sicherer und nachhaltiger zu machen. Drei Begriffe tauchen in diesem Zusammenhang besonders häufig auf: Kugelhaufen, Salzschnmelze und Thorium. Möglicherweise werden diese Technologien einst die heute weit verbreiteten Druck- und Siedewasserreaktoren ablösen.

#### Kugelhaufenreaktoren

Beim heliumgekühlten Kugelhaufenreaktor kann ganz auf ein Kühlsystem zur Ableitung der Nachzerfallswärme verzichtet werden. Der Brennstoff befindet sich in kleinen, etwa 0,5 mm grossen Kügelchen, die von einer beständigen und hermetischen Schicht aus Siliziumkarbid umgeben sind. Mehrere Tausend dieser sogenannten Coated Particles werden in etwa 60 mm grosse Graphitkugeln eingesintert. Die Siliziumkarbid-schicht ersetzt das Brennstabhüllrohr im Leichtwasserreaktor. Sie hält aber weit höhere Temperaturen aus als Zirkonium, aus dem die Hüllrohre bestehen. Die radioaktiven Bestandteile des Brennstoffs, insbesondere die flüchtigen Radioisotope der Edelgase Krypton und Xenon sowie radioaktives Jod 131 und die besonders problematischen Cäsium-Isotope 137 und 134, die im Fall von Fukushima weite Landstriche kontaminiert haben, werden durch die Siliziumkarbidschicht zuverlässig eingeschlossen.

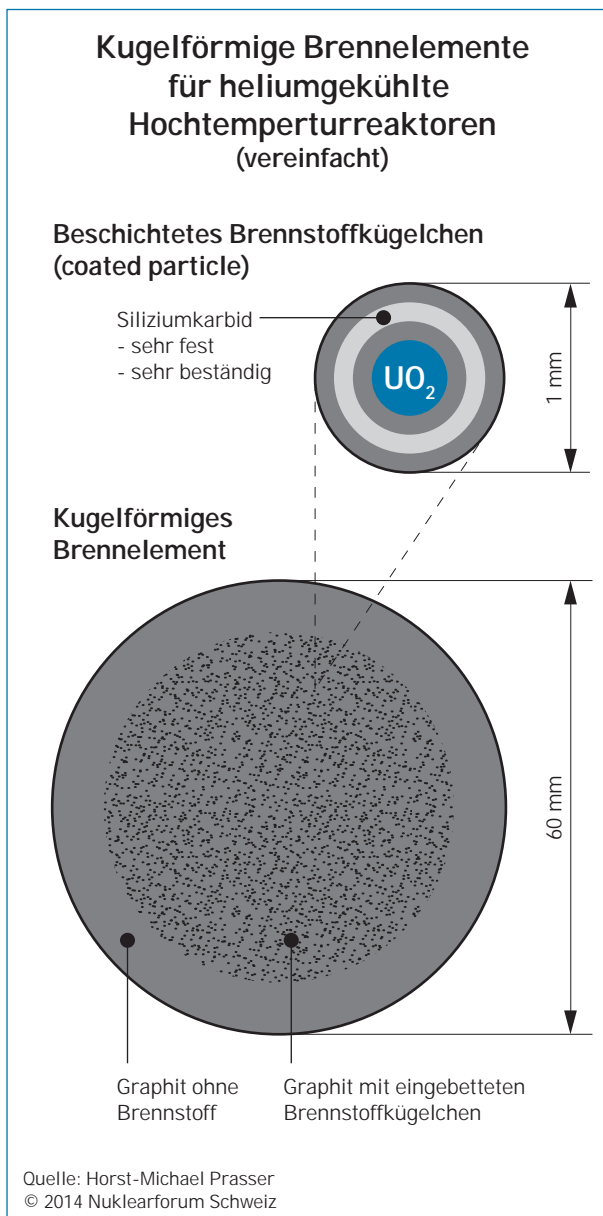
Die kugelförmigen Brennelemente werden in den Reaktorbehälter eingefüllt, bis die kritische Masse bei der gewünschten Betriebstemperatur erreicht wird. Der Abbrand wird nicht wie beim Leichtwasserreaktor durch die kontinuierliche Entnahme von Neutronenabsorbieren kompensiert, sondern durch eine ständige Zufuhr von frischen Kugeln. Es ist immer genau so viel Spaltstoff im Reaktor, wie es für eine selbsterhaltende Kettenreaktion braucht, nicht mehr. Zusammen mit starken negativen Rückkopplungen, die die Kettenreaktion dämpfen, wenn sich die Temperatur erhöht, führt dies zu einer wichtigen neuen Sicherheitseigenschaft: Selbst bei einem Totalausfall der Heliumkühlung kommt es nicht zu einer unzulässigen Überhitzung

des Brennstoffs, da die Reaktorleistung selbsttätig auf ein Niveau abfällt, bei dem die noch freiwerdende Wärme über die Reaktorwand abgeführt werden kann. Der Reaktor ist inhärent sicher in Bezug auf den Ausfall der Kühlung.

Allerdings muss die thermische Leistung eines Reaktors auf grössenordnungsmässig 200 bis 300 MW begrenzt werden, sonst kann die Maximaltemperatur im Reaktor nicht unter 1600 °C gehalten werden. Bei höheren Temperaturen beginnen Jod und Cäsium durch die Siliziumkarbidschicht hindurch zu diffundieren und gelangen in den Heliumkreislauf und von dort

unter ungünstigen Umständen in die Umgebung. Deshalb sind Kernkraftwerke mit Kugelhaufenreaktoren modular aufgebaut: Mehrere Reaktoren erzeugen Wärme für eine gemeinsame Turbine.

Prototypen von Kugelhaufenreaktoren wurden zuerst in Deutschland gebaut<sup>1</sup>. Unreife technologische Lösungen und abnehmende öffentliche Akzeptanz haben zum Abbruch der Projekte im Forschungszentrum Jülich und in Hamm-Uentrop geführt. Das Konzept wurde von China aufgegriffen und weiterentwickelt. Nach erfolgreichen Versuchen am Testreaktor HTR10 an der Tsinghua-Universität in Beijing hat China mit dem Bau des HTR-PM mit zwei Reaktoren von je 250 MW thermischer und insgesamt 200 MW elektrischer Leistung in Weihai in der Provinz Shangdong begonnen<sup>2</sup>.



### Salzschmelzereaktoren

Während der Kugelhaufenreaktor auf das neuartige Barrierenkonzept der «Coated Particles» setzt, versucht man beim Salzschmelzereaktor<sup>3,4</sup>, das radioaktive Inventar im Reaktorkern niedrig zu halten. Bei einem Störfall können dann keine grösseren Mengen mehr frei werden. Im Reaktor befindet sich eine Salzschmelze mit einer Temperatur zwischen 500 und 700 °C oder sogar darüber. Der eigentliche Spaltstoff wird in einem geschmolzenen Gemisch aus verschiedenen Salzen, wie Lithiumfluorid, Berylliumfluorid oder Zirkoniumfluorid, aufgelöst. Dabei kann es sich um unterschiedliche spaltbare Nuklide, wie Uran 235, Plutonium 239 oder auch Uran 233, das aus Thorium gewonnen wird, handeln. Werden der Salzschmelze die entsprechenden Ausgangsnuklide Uran 238 oder Thorium 232 zugegeben, dann kann der Reaktor als Brüter für Plutonium 239 oder Uran 233 dienen. Ebenso können Transurane wie Americium und Curium aus dem Abfall anderer Reaktorlinien gespalten und damit beseitigt werden, wenn man sie hinzufügt.

Salzschmelzereaktoren sind hinsichtlich der Brennstoffzusammensetzung sehr flexibel. Letztlich wird stets so viel Spaltstoff dosiert, dass die Kettenreaktion unterhalten werden kann. Deshalb haben auch Salzschmelzereaktoren keine Überschussreaktivität, was

<sup>1</sup> Schulten R., «Pebble bed HTRs», Annals of Nuclear Energy, Vol. 5 (1978), pp. 357–374

<sup>2</sup> Zhang Z. et al., «Current status and technical description of Chinese 2x250 MWth HTR-PM demonstration plant», Nuclear Engineering and Design 239 (2009), pp. 1212–1219

<sup>3</sup> MacPherson H. G., «The Molten Salt Reactor Adventure», Nuclear Science and Engineering 90 (1985), pp. 374–380

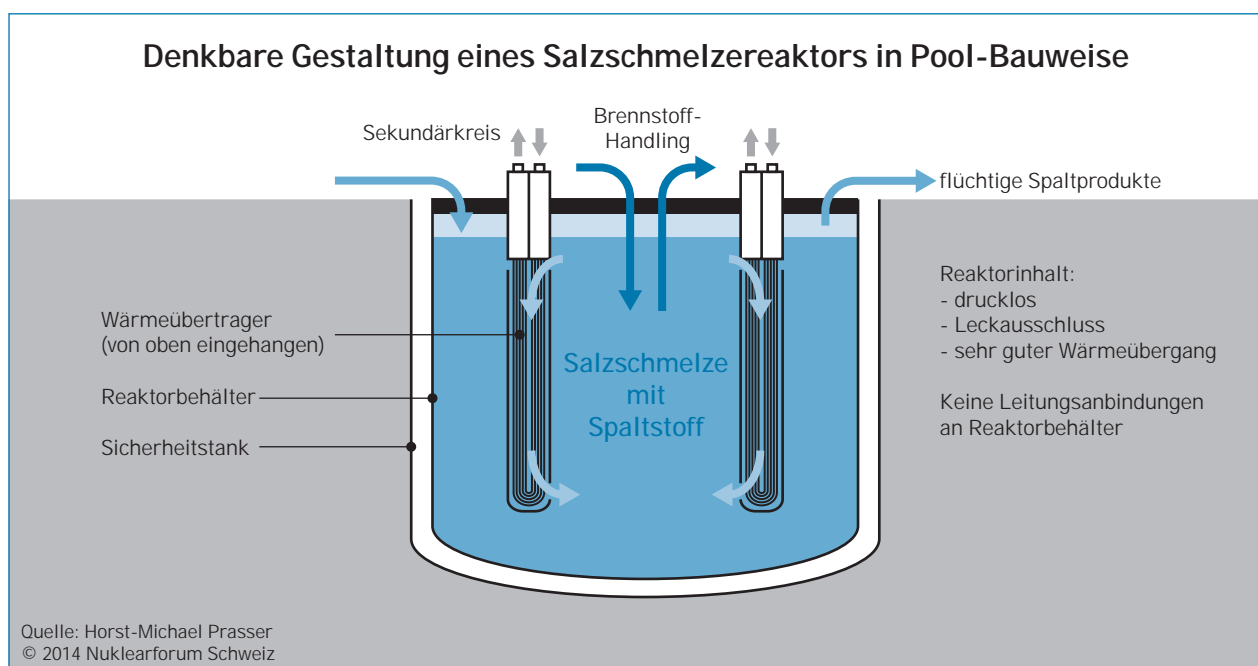
<sup>4</sup> LeBlanc D., «Molten salt reactors: A new beginning for an old idea», Nuclear Engineering and Design 240 (2010), pp. 1644–1656

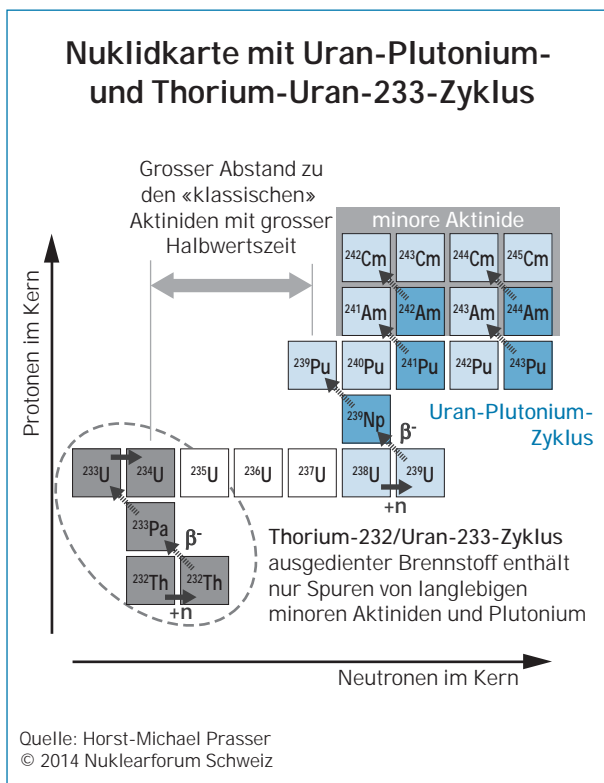
ein sicherheitstechnischer Vorteil ist, ebenso wie der drucklose Reaktorbehälter. Je nachdem, ob Graphit als Moderator eingesetzt wird, kann man den Reaktor mit thermischen oder mit schnellen Neutronen betreiben. Die Entscheidung wird davon abhängen, welchen Brut- oder Transmutationsprozess man realisieren will. Jedenfalls weisen Salzschnmelzereaktoren eine sehr gute Neutronenbilanz auf. Da konstruktionsbedingte Reaktoreinbauten fehlen, gibt es keine Neutronenverluste durch Absorption in Konstruktionsmaterialien. Der vergleichsweise grosse Neutronenüberschuss gestattet sehr effizientes Brüten und Transmutieren.

Wie beim heliumgekühlten Kugelhaufenreaktor erlaubt die hohe Betriebstemperatur Kraftwerksprozesse mit hohem thermischem Wirkungsgrad oder die Bereitstellung von Prozesswärme. Flüchtige Spaltprodukte werden bei diesen Temperaturen bereits von selbst aus der Salzschnmelze austreten. Diesen Prozess kann man intensivieren, indem ein Inertgas durch die Schmelze gepert wird. Gasförmige und leicht flüchtige Spaltprodukte können so kontinuierlich abgetrennt, separat konditioniert und gelagert werden. Dadurch wird die Freisetzung von radioaktivem Material bei einem eventuellen Störfall um Größenordnungen niedriger gehalten als beim Versagen der Barrieren in einem Reaktor, in dem sich die Spaltprodukte über den Betriebszyklus ansammeln.

Diese Eigenschaft ist die wichtigste sicherheitsrelevante Innovation, die die Entwicklung von Salzschnmelzereaktoren zu bieten hat. Die weit verbreitete Risikoaversion, die einer grossen Schadenshöhe ein stärkeres Gewicht gibt als einer kleinen Eintrittswahrscheinlichkeit, wird vorrangig von den grossen radioaktiven Inventaren, die in der Anlage vorhanden sind, gespeist. Barrieren gegen die Freisetzung des Inventars senken aber nur die Eintrittswahrscheinlichkeit, denn Szenarien, die zu ihrer Zerstörung führen, können immer postuliert und weiter verschärft werden. Der Ansatz der räumlichen Trennung von Reaktor und den gefährlichen flüchtigen Spaltprodukten sowie deren sicheren Konditionierung könnte somit dazu beitragen, die Akzeptanz der Kerntechnik zu verbessern.

Ein weiterer Punkt ist die Nachhaltigkeit in Bezug auf die Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Hier könnte der Salzschnmelzereaktor die Rolle eines Transmutationssystems übernehmen. Der Grundgedanke besteht in der Umwandlung von langlebigen und stark radio-toxischen Transuranen in Spaltprodukte, die innert einiger 100 Jahre weitgehend zerfallen. Dadurch kann die notwendige Einschlusszeit im Tiefenlager auf unter 1000 Jahre reduziert werden. →





### Thorium als Brutstoff

An dieser Stelle kommt Thorium ins Spiel. Die grosse Differenz zwischen den Massenzahlen von Thorium 232 beziehungsweise Uran 233 und der wichtigsten Plutonium-, Americium- und Curiumisotope führt dazu, dass nur geringste Mengen dieser langlebigen und hochradiotoxischen Bestandteile gebildet werden. Deshalb reduzieren sich die erforderlichen Einschlusszeiten für hochaktiven Abfall aus einem reinen Thorium-Uran-233-Brennstoffzyklus bereits ohne Transmutation und Wiederaufarbeitung auf unter 1000 Jahre. Ein weiteres Nachhaltigkeitsargument ist die grosse potenzielle Reichweite von Thoriumvorkommen, die die Brennstoffversorgung noch weitaus länger sicherstellen können als die Nutzung von Natururan in Brutreaktoren. Allerdings muss eine lange Übergangsphase bewältigt werden, denn es ist derzeit nur wenig Uran 233 vorhanden. Man kann also nicht von heute auf morgen eine grössere Anzahl von Reaktoren allein mit Thorium und Uran 233 in Betrieb nehmen, sondern müsste anderen Spaltstoff, zum Beispiel Plutonium, zufüttern, wodurch die Vorteile beim Abfall zunächst nicht in Erscheinung treten würden.

### Fazit

Kugelhaufenreaktoren könnten in nicht allzu ferner Zukunft zur technischen Reife gelangen. Sie verfügen über ein stark verbessertes Barrierenkonzept und können möglicherweise die ständig steigenden Anforderungen an die nukleare Sicherheit besser und kostengünstiger erfüllen als Leichtwasserreaktoren. Ihre inhärenten Sicherheitseigenschaften können sie aber nur entwickeln, wenn ihre Leistung auf das Niveau von kleinen modularen Reaktoren begrenzt wird. In diesem Bereich haben sie jedoch wegen ihrer Einfachheit gute Chancen, wirtschaftliche Konkurrenzvorteile zu entwickeln, führen doch die inhärenten Sicherheitseigenschaften dazu, dass komplizierte und teure Sicherheitssysteme eingespart werden können.

Weitere Vorteile liegen in der Möglichkeit, höhere Temperaturniveaus zu erschliessen. Das kann für die Erhöhung des Kraftwerkswirkungsgrads, aber auch für die Versorgung mit Prozesswärme genutzt werden. Eine Herausforderung besteht in den grossen Volumen des hochaktiven Abfalls, der sehr viel Graphit enthält. Ein erster Schritt wäre eine Wiederverwendung des Graphits, aber auch dann bleibt der Kugelhaufenreaktor noch immer nur etwa auf dem Nachhaltigkeitsniveau heutiger Leichtwasserreaktoren. Eine neue Qualität wird erst erreicht, wenn es gelingt, den Brennstoffkreislauf zu schliessen, das heisst alles Uran und alle Transurane zu rezyklieren. Das bleibt den Reaktoren mit schnellen Neutronen und dem Salzschnmelzereaktor vorbehalten.

Salzschnmelzereaktoren bieten einen gänzlich neuen Ansatz zur Erhöhung der Sicherheit durch die Reduzierung des radioaktiven Inventars im Reaktor, indem volatile Spaltprodukte kontinuierlich aus der Schmelze entfernt und entsorgungsgerecht konditioniert werden. Die gute Neutronenbilanz und die hohe Flexibilität hinsichtlich der Zusammensetzung des Brennstoffs

### Zum Autor

Prof. Horst-Michael Prasser ist seit 2006 Professor für Kernenergiesysteme am Department für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (MAVT) der ETH Zürich und Leiter des Labors für Thermohydraulik am Paul Scherrer Institut (PSI). Er befasst sich mit Thermofluidodynamik und der Sicherheit von Kernkraftwerken.

erlauben wahlweise die Nutzung als Brüter oder Transmuter. Auch hier wird Wärmeenergie auf hohem Temperaturniveau bereitgestellt.

Thorium ist ein interessanter Brutstoff für die Zukunft. Nach Umwandlung in Uran 233 können unterschiedliche Reaktorsysteme damit betrieben werden. Kugelhaufenreaktoren, und insbesondere Salzschnmelzreaktoren, sind für die Nutzung von Thorium besonders geeignet. Der Hauptvorteil besteht in einer drastischen Verringerung der Produktion von minoren Aktiniden, die lange Halbwertzeiten und eine hohe Radiotoxizität aufweisen. Einschlusszeiten im Tiefenlager könnten auf unter 1000 Jahre reduziert werden.

Beides, Salzschnmelzreaktoren und Thorium, sind längerfristige Zukunftsoptionen, die noch viel Forschung, Entwicklung und, wie oben dargestellt, eine längere,

technologisch bedingte Übergangsphase erfordern. Erste Schritte zum industriellen Einsatz von Thorium in schwerwassermoderierten Reaktoren werden in Indien unternommen. Die Möglichkeit, Gadolinium durch Thorium als abbrennbaren Absorber zur besseren Steuerung von Leichtwasserreaktoren zu ersetzen, wird in Norwegen untersucht. Hier deutet sich ein Einstieg in eine Thorium-Wirtschaft an, die Potenziale einer Ausweitung in sich trägt. Beides zeigt, dass es durchaus Sinn macht, solche Langzeitoptionen kontinuierlich zu verfolgen. (Horst-Michael Prasser, Bulletin SEV/VSE 11/2014, S. 28–31)

*Nachdruck mit freundlicher Genehmigung der Electrosuisse und des Verbands Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)*

## China entwickelt die Nukleartechnologien von morgen

Ist von Neubauprojekten in der Nuklearindustrie die Rede, stammen die Meldungen häufig aus China. Nukleare Technologien gelten dort als «Clean Tech» und werden entsprechend priorisiert. Chinas Staatsprogramm zur friedlichen Nutzung der Kernenergie verhilft dem Land zu einer Spitzenposition in Forschung, Auslegung und Konstruktion. Der weltweit erste kommerziell nutzbare Hochtemperatur-Kugelhaufenreaktor soll im dritten Quartal 2017 ans Netz gehen.

Während in der Schweiz in diesen Wochen der Nationalrat die Modalitäten des Atomausstiegs einschliesslich eines rückwärtsgewandten faktischen Technologieverbots diskutiert, wird in China an der Zukunft der Stromversorgung gebaut – mit Reaktortechnologien, die bisher Gewohntes bei Sicherheit und Wirkungsgrad im positiven Sinne aushebeln. Dass China mit dem Hochtemperatur-Kugelhaufenreaktor vom Typ HTR-PM eine technologische Führungsrolle übernimmt, erstaunt eigentlich nicht. Es ist auch ein Schritt, mit dem dieses Land die ihr zustehende Rolle im Verband der Nationen wieder einnehmen kann und wird.

In den rund 25 Jahren, in denen ich mich intensiv mit der Entwicklung Chinas im Allgemeinen und seiner Industrie und Energiewirtschaft im Besonderen auseinandergesetzt habe, bekam ich immer wieder dieselben Vorurteile zu hören, wie: rückständig, Entwicklungs-

land, die können nur kopieren und dergleichen mehr. Die enormen wirtschaftlichen, technischen sowie auch gesellschaftlichen Entwicklungen der letzten Jahre werden gerne übersehen.

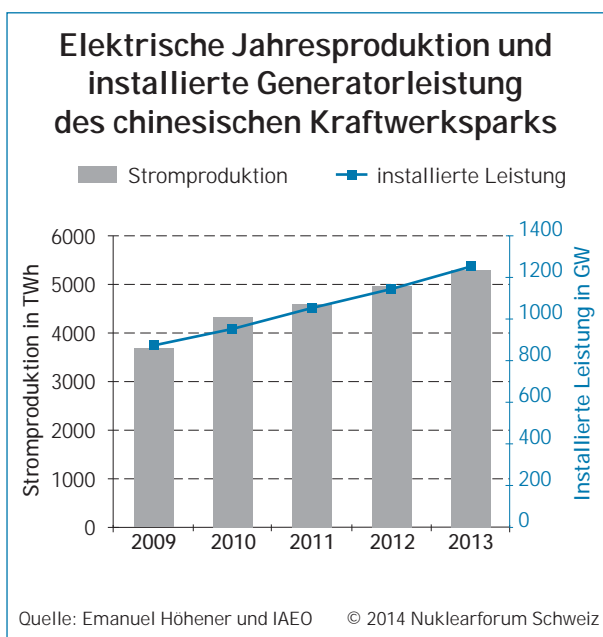
### Ziel: die 6000-Watt-Gesellschaft

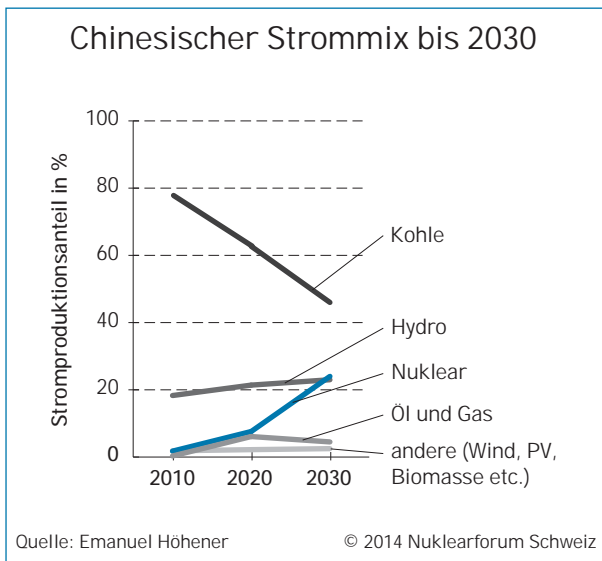
Wirtschaftswachstum ist der Garant, um die Hungersnöte hinter sich zu lassen und soziale Sicherheit zu gewährleisten. Diese Entwicklung kann jedoch nur funktionieren, wenn eine verlässliche Energieversorgung, insbesondere mit Strom, aufgebaut wird. Daher ist es das erklärte Ziel der chinesischen Energiepolitik, von einer Gesellschaft, die kurz nach Ende der Kulturrevolution Mitte der 1980er-Jahre weniger als 1600 Watt pro Kopf zur Verfügung hatte und unter Hungersnöten litt, zu einer 6000-Watt-Gesellschaft zu gelangen. In China hört man immer wieder die tief sitzende Überzeugung: Wir wollen nicht dahin zurück, woher wir kommen!

Das Wirtschaftswachstum der vergangenen Jahre hat den Stromverbrauch jährlich um die 10% anwachsen lassen. Bisher dominieren in China zwei Stromquellen: Kohlekraftwerke (mit zurzeit rund 75% Anteil an der Gesamtproduktion), und Wasserkraftwerke (22%). Jährlich werden rund 110'000 MW an neuer Kapazität dazu gebaut, wovon rund 20'000 MW alte Kapazitäten ersetzen – zur Hauptsache alte Kohlekraftwerke, die stillgelegt werden.

### Kernenergie als «Clean Energy»

Die heute in China gebauten Kohlekraftwerke entsprechen mehrheitlich einem 800-MW-Standard-Design modernster Auslegung (Effizienz). Überlagerte Zielsetzung ist jedoch, in Zukunft den Ausbau und die Anwendung von «Clean Technologies» besonders zu fördern. Das ist nach chinesischem Verständnis Wasserkraft, Windenergie, Photovoltaik (PV), Abfallverbrennung und Biomasse, aber insbesondere auch die Kernenergie. Der geneigte Leser versteht richtig: Die Kernenergie





wird in China – wie in den USA oder in Grossbritannien – ohne Wenn und Aber der Kategorie «Clean Tech» zugerechnet.

Die Regierung hat der zeitweise grossen Feinstaubbelastung in den Mega-Städten den Kampf angesagt und daher soll gemäss State Energy Administration (SEA) – das chinesische Bundesamt für Energie – im Jahre 2030 die Hälfte der Stromproduktion durch «Clean Technologies» erzeugt werden – ein überaus ambitioniertes Programm.

#### Ernüchterung beim Wind ...

Die Erfahrungen mit Windkraft und PV sind nach Auskunft chinesischer Quellen ernüchternd. Der chinesische Windpark von nominell 110'000 MW (Stand Frühjahr 2013) produziert im Jahresmittel dieselbe Strommenge wie Kohlekraftwerke mit einer Leistung von 7500 bis 8000 MW, das heisst, der Lastfaktor für den weltgrössten Windpark liegt unter 10%! Wie oben stehende Grafik zeigt, wird der prognostizierte Anteil der Windkraft auch in Zukunft gering bleiben. Die Technik hat den Ruf, sehr unzuverlässig im Betrieb zu sein. Es wäre falsch anzunehmen, es handle sich dabei um «billige» chinesische Anlagen – es sind mehrheitlich dieselben modernen Auslegungen der bekannten grossen Hersteller, wie sie auch im Westen Anwendung finden.

#### ... Ausbau der Wasserkraft

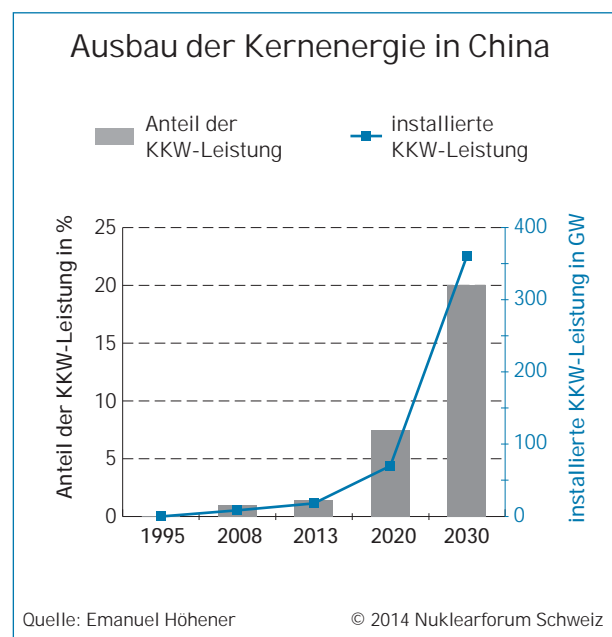
Eine wichtige Rolle wird nach wie vor der weitere Ausbau für die Nutzung der Wasserkraft einnehmen. Es gibt bereits heute Regionen in China, beispielsweise die autonome Region Guangxi mit rund 49 Mio. Einwohnern, deren Stromproduktion zu rund 90% aus Wasserkraft stammt. Und die mit 22'500 MW installier-

ter Leistung grösste einzelne Kraftwerksanlage der Welt liegt in China – das Drei-Schluchten-Werk am Chang-Jiang-Fluss (Yangtse) bei der Stadt Yichang in der Provinz Hubei. Ein grosser Ausbau von Wasserkraftanlagen findet zurzeit im Tarim-Becken in der autonomen Region Xinjiang Uygur im Nordwesten Chinas statt. In mehreren Katarakten werden die Flussläufe, die ins abflusslose Tarim-Becken führen, zur Nutzung ausgebaut. Zudem baut gegenwärtig die nationale Netzgesellschaft China Grid das 1100-kV-Übertragungsnetz aus, zum Abtransport der Energie aus den entfernten Gebieten in die Siedlungszentren.

#### Massiver Ausbau der Kernenergie

Vor diesem Hintergrund setzt China beim Ausbau der Clean-Tech-Kapazitäten neben der Erweiterung der Wasserkraft vor allem auf die massive Aufstockung der Kernenergie, was aus den Grafiken (links und unten) deutlich hervorgeht. Obwohl bereits 1950 an der Tsinghua-Universität in Beijing die erste chinesische nukleare Forschungs- und Ausbildungsstätte eingerichtet worden war, hat China erst 1993/94 mit der Anlage Daya Bay östlich von Hongkong relativ spät in grossem Stil die Stromproduktion mit Kernkraftwerken aufgenommen. Daya Bay ist durch die damalige französische Framatome gebaut worden, besteht aus zwei Blöcken zu je 980 MW Leistung und dient hauptsächlich der Versorgung von Hongkong.

Die Betriebsaufnahme der ersten Einheit nach chinesischer Auslegung war kurz zuvor mit Qinshan-1 (südwestlich von Shanghai an der Wangpang Bay in der



Provinz Zhejiang, nahe deren Hauptstadt Hangzhou) erfolgt. Heute sind am Standort Qinshan insgesamt sieben Kraftwerksblöcke in Betrieb, darunter fünf chinesische Druckwasserreaktoreinheiten und zwei kanadische Candu-Schwerwasserreaktoreinheiten. Erwähnenswert ist auch, dass China auf die Wiederaufarbeitung des Kernbrennstoffs setzt.

Noch im Jahr 2010 standen nur 13 Kernkraftwerkseinheiten an vier Standorten entlang der Küste in Betrieb. Die aktuelle Energiepolitik hat zum Ziel, dass bis 2025 in jeder chinesischen Provinz und autonomen Region mindestens eine Anlage den Betrieb aufgenommen haben soll. Anmerkung: China zählt 27 Provinzen und vier autonome Regionen.

### Überprüfungen nach Fukushima

Auch in China hatte der Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi Auswirkungen. Es wurde ein vorläufiger Stopp für das laufende Ausbauprogramm verfügt und folgende Untersuchungen eingeleitet:

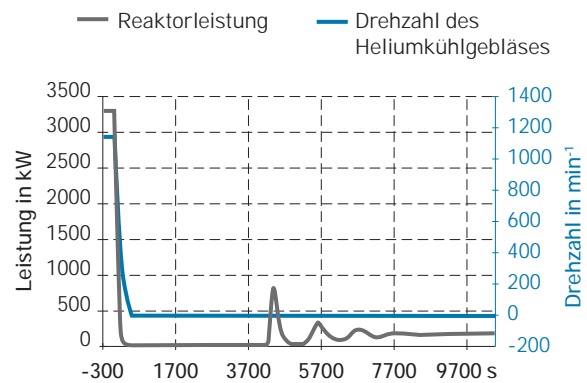
1. Überprüfung der Sicherheitsstandards aller in Betrieb stehenden Kernkraftwerke
2. Überprüfung der Projektspezifikationen einschliesslich Sicherheitsstandards aller Kernkraftwerke in Bau
3. Überprüfung der Auslegungen, der Projektspezifikationen einschliesslich aller Sicherheitsstandards aller Kernkraftwerke im Planungsstadium

Der letzte Punkt konnte im November 2012 befriedigend abgeschlossen werden, womit die Arbeit an allen Projekten mit rund 1½ Jahren Verzögerung weitergeführt werden konnte.

Seit Anfang November 2014 sind 22 Kernkraftwerksblöcke mit knapp 19'000 MW am Netz. Gleichzeitig standen 28 Einheiten mit einer Gesamtleistung von 25'000 MW in Bau. Für die ersten vier AP1000, amerikanische Anlagen modernster Bauart, und für zwei Anlagen der vergrösserten chinesischen Variante dieses passiven Reaktorsystems, des CAP1400, wird für die nächsten Wochen am Standort Shidao Wan mit der Baubewilligung gerechnet<sup>1</sup>.

Vor der Einleitung des laufenden Ausbauprogramms hat die oberste chinesische Nuklearbehörde alle weltweit verfügbaren Reaktorsysteme der Generation III überprüft und entschieden, dass der AP1000 bzw. der CAP1400 zum neuen Standard werden soll. Dennoch werden auch der chinesisch-französische CPR1000-

### HTR10 im Test: Reaktorverhalten bei Kühlunterbruch



Quelle: INET

© 2014 Nuklearforum Schweiz

Druckwasserreaktor weitergebaut, und auch vier EPR stehen gegenwärtig in Bau<sup>2</sup>. Wahrscheinlich werden dies die ersten EPR weltweit sein, die in Betrieb gehen.

### Kugelhaufenreaktor: sehr sicher bei hohem Wirkungsgrad

Gegenwärtig ist auch die erste Anlage mit der HTR-PM-Technologie in Shidao Wan an der Ostspitze der Halbinsel Shandong südöstlich von Beijing in Bau. HTR-PM steht für «High Temperature Reactor – Pebble Bed Modular Design», eine Entwicklung des Institute for Nuclear and New Energy Technology (INET), einer Division der Tsinghua-Universität in Beijing. Seit 2002 ist im INET-Campus Changping nordwestlich von Beijing der Forschungs- und Testreaktor HTR10 in Betrieb. Die Erfahrungen mit diesem Reaktor sind in den HTR-PM eingeflossen. Die Forschung und Entwicklung für diesen neuen Reaktortyp fokussierte auf folgende Schwerpunktthemen: →

<sup>1</sup> Die beiden AP1000-Bauprojekte in Sanmen und Haiyang verzögern sich der wegen Problemen mit der Speisepumpe.

<sup>2</sup> Anmerkung der Redaktion: Laut der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) sind zwei davon am Standort Taishan westlich von Hongkong offiziell in Bau.



- Entwicklung eines heliumgekühlten Hochtemperatur-Reaktors
- Brennstoff-Materialtechnologie, insbesondere die Herstellung der mit Siliziumkarbid beschichteten Brennstoffkügelchen innerhalb der tennisballgrossen kugelförmigen Brennelemente aus Graphit
- Materialtechnologie für Reaktor und Dampferzeuger, geeignet für den Betrieb mit Helium hoher Temperatur (750°C) und hohem Druck (70 bar)
- Herstellbarkeit der Schlüsselkomponenten mit Rücksicht auf Bearbeitung und Transportfähigkeit (modulares Design: mehrere Reaktoren erzeugen über einen gemeinsamen Dampferzeuger Dampf für eine Turbine)

#### Zum Autor

Der 69-jährige dipl. Ing. Emanuel Höhener verfügt über lange Erfahrung in der Schweizer Energiebranche. Von 2000–2007 war er CEO der EGL AG. Er hatte verschiedene Verwaltungsratsmandate inne, unter anderem bei der CKW AG, der NOK AG oder der swissgrid AG. Zudem war er Vorstandsmitglied verschiedener Verbände, unter anderem beim VSE und bei swisselectric. 2008 gründete er seine eigene Beratungsfirma. Höhener befasst sich seit über zwei Jahrzehnten mit der Entwicklung Chinas im Allgemeinen und der Industrie und Energiewirtschaft im Besonderen.

Teil der HTR-PM-Technologie ist auch ein Prozess mit überhitztem Dampf. In Zukunft dürfte auch ein superkritischer Dampfprozess möglich sein. Somit liegt der elektrische Wirkungsgrad einer HTR-PM-Anlage im Bereich von 50%. Die herausragende Eigenschaft der HTR-PM-Technologie liegt jedoch im Bereich der nuklearen Sicherheit: Eine Kernschmelze ist nicht möglich. Daher bezeichnet das INET diese Technologie auch als inhärent sicher.

Diese neue Technologie möchte China nicht nur in der Stromerzeugung anwenden, sondern auch für chemische Synthesen wie beispielsweise der Wasserstoffgas-(H<sub>2</sub>)-Herstellung oder in Meerwasser-Entsalzungsanlagen. Die Prototypanlage mit zwei Reaktoren mit insgesamt 200 MW elektrischer Leistung ist in Bau und die erste Einheit soll im dritten Quartal 2017 den Betrieb aufnehmen. Bei Bewährung soll diese Technologie zum Standard für das kommende Jahrzehnt werden, für zwei weitere Anlagen mit je 600 MW wurden bereits die Bauanträge eingereicht.

Parallel dazu forscht das Shanghai Institute of Applied Physics (SINAP) an der Salzschnmelzreaktor-Technologie. Bis 2025 soll ein Versuchsreaktor in Betrieb genommen werden. «Heute baut niemand mehr Nuklearanlagen» ist ein Slogan, der im deutschsprachigen Raum oft zu hören ist. Die Realität ist anders und es stellt sich die Frage, ob sich ein Land wie die Schweiz ein Abseitsstehen bei der Entwicklung zukunftsweisender Reaktortechnologien leisten kann. (Emanuel Höhener)

## Vertiefungskurs 2014 zum Thema «Sicherheitsmargen in Kernkraftwerken: identifizieren, quantifizieren, erweitern»

Am diesjährigen Vertiefungskurs vom 4. und 5. November 2014 in Olten beleuchteten 15 Referenten und eine Referentin das Thema Sicherheitsmargen aus verschiedenen Blickwinkeln.

Im Rahmen des Vertiefungskurses 2014 wurden die Sicherheitsmargen in Kernkraftwerken betrachtet und quantifiziert und es wurden mögliche Erweiterungen diskutiert. Nach einer vertieften Einführung in die Auslegungsgrundlagen der bestehenden Kernkraftwerke stellten die Referenten die Schwerpunkte Notfallvorsorge, Wissensmanagement sowie sicherheitstechnische Nachrüstung bestehender Anlagen dar.

### Grundlagen, Praxis und Behördensicht

Prof. Horst-Michael Prasser legte mit einer Maxime der Nuklearsicherheit den Grundstein für die weiteren Beiträge: «Wir müssen konservative Modelle und Rahmenbedingungen – immer den ungünstigsten Fall – annehmen». Kernkraftwerke setzen auf gestaffelte Sicherheitskonzepte, die «Defence-in-Depth». Anhand von Beispielen wie Brennelement-Hüllrohren oder Reaktorkühlung erläuterte er die Auslegungsgrundlagen und sicherheitstechnischen Auslegungsprinzipien.

Sicherheitszuschläge seien in der Technik seit jeher üblich. Wie Victor Teschendorff darlegte, ist die Kerntechnik jedoch besonders stark reglementiert. Teschendorff erläuterte den «Safety Margins Action Plan» der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD, an



Thema des diesjährigen Vertiefungskurses: «Sicherheitsmargen in Kernkraftwerken: identifizieren, quantifizieren, erweitern».

Foto: Nuklearforum Schweiz

dem er mitgearbeitet hatte. Dieser Aktionsplan liefere ein methodisches Konzept zur integralen Bewertung mehrerer gleichzeitiger Anlagenänderungen und Betriebsweisen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Gesamtsicherheit.

Danach erfuhren die Teilnehmenden von Johannes Nöggerath, Kernkraftwerk Leibstadt (KKL), welche Rolle die alltägliche Arbeit mit Sicherheitsmargen und -reserven für jede Ebene spielt, wie das KKL die Erdbebenauslegung intensiv überprüfte und wie letztendlich die Sicherheitsmargen quantifiziert wurden. Die Spezialisten des KKL führten am Schluss elf verschiedene Methoden zum Erreichen der kalten Abschaltung auf – sechs davon alleine innerhalb der Auslegung. «Wie viel zu viel ist genug?», fragte Nöggerath abschliessend.

Konservativität ist auch bei der Behörde ein Leitmotiv, wie Georg Schwarz vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (Ensi) aufzeigte. Er erklärte, wie man durch Quantifizierung von Sicherheitsmargen einen Störfall einer Kategorie zuweisen kann, was ein «Cliff-edge-Effect» ist und welche Rolle dieser bei der deterministischen Erdbebenanalyse spielt. Schwarz erläuterte zudem das Projekt ERSIM, ein Follow-up zum EU-Stresstest, bei dem die bestehenden Sicherheitsmargen für auslegungsüberschreitende Störfälle quantifiziert und daraus Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden. Das Fazit: Aus Behördensicht verfügen alle Schweizer Werke über hohe Margen.

Ernst Zirngast von der SwissRe lud zu einem Ausflug in die Erdöl-Industrie ein. Wie in der Nuklearindustrie seien dort die Auslegungen sehr gut, aber auch der Mensch spiele eine wichtige Rolle. Ein besonderes Augenmerk bei den Audits der Rückversicherer gelte der Umsetzung von Sicherheitsempfehlungen sowie der Beinahe-Unfall-Berichterstattung. Eine weitere Parallele zur Nuklearindustrie sei das Prinzip des «Weakest Link», des schwächsten Glieds in der Kette. Es komme auch bei der Abwägung zwischen «Sicherheit durch menschliches Handeln» und «Sicherheit trotz menschlicher Fehler» zur Anwendung. →

### Beitrag der Notfallvorsorge

Im Kernkraftwerk Beznau (KKB) waren verschiedene wesentliche Systeme, die in Fukushima-Daiichi gefehlt hatten, schon vor 2011 vorhanden, legte Martin Richner vom KKB dar. Mit den Massnahmen, die danach zusätzlich getroffen wurden, dürfe Beznau heute als ein am umfassendst nachgerüstetes Kernkraftwerk der Welt gelten. Richners Schwerpunkt lag auf der Sicherheitsebene 4, dem Unfallmanagement. Zu diesem gehörten lindernde Massnahmen zur Minimierung der Freisetzung radioaktiver Stoffe an die Umgebung und vorbeugende, die eine Freisetzung verhindern sollten. Die vereinfachte Philosophie «Druck runter, Wasser rein!» gelte in beiden Bereichen.

Es folgte ein Exkurs in die Psychologie – zur menschlichen Seite der betrieblichen Sicherheit. Im Vortrag von Prof. Toni Wäfler, Fachhochschule Nordwestschweiz, lag der Schwerpunkt auf der Resilienz, also die Fähigkeit eines Systems, zu lernen und seine Funktion neuen Anforderungen anzupassen. Man unterscheide zwischen «Safety 1» und «Safety 2». Bei Safety 1 sei der Mensch ein Risikofaktor und der Handlungsspielraum eingeschränkt. Bei Safety 2 sei der Mensch ein Sicherheitsfaktor und eine Ressource der Resilienz. Es stelle sich stets die Frage, wie die Balance zwischen den beiden Konzepten zu finden sei.

Man dürfe sich nie zu sicher fühlen – in der Flugindustrie ebenso wenig wie bei der Kernenergie, denn «wenn es schief läuft, wird es sehr schnell schwierig und schlagzeilenträchtig». Laut Martin Knuchel von der Fluggesellschaft Swiss werden Notfallkonzepte ständig gepflegt, geübt und weiterentwickelt, obwohl die Fluglinie seit 14 Jahren unfallfrei sei. Das Swiss Care-Team, eine Freiwilligenorganisation, werde auch von der Zürcher Polizei und anderen Organisationen beigezogen.

### Auch Wissen schafft Margen

Thomas Loosen und Dominique Kuster berichteten als erste Referenten des zweiten Tages von der Erfahrungserfassung in der Abteilung Betrieb des Kernkraftwerks Gösgen. «Eigentlich wird eine Erfahrung erst dann wichtig, wenn wir sie wirklich brauchen», fassten sie zusammen. Einer der zentralen Faktoren beim Wissensmanagement sei die Unternehmenskultur, also eine gesunde Fehlerkultur mit Förderung der Eigenverantwortung und Wertschätzung. Wichtig bei der Einführung von Erfahrungserfassungs-Tools seien auch die Kommunikation – Informieren und Zuhören – sowie die Ausbildung.



**Diskussionsrunde mit den Referenten des ersten Tages.**

Foto: Nuklearforum Schweiz

Laut Felix Sassen, Westinghouse Electric Germany GmbH, stellte der Kernenergieausstieg auch punkto Wissensmanagement eine besondere Herausforderung. Ein Unternehmen wie die Westinghouse könne den Erfahrungsaustausch zwischen einzelnen Betreibern und Ländern fördern. Besonders hervorzuheben sei die Notwendigkeit des «Know-why»-Erhalts, der eine erfolgreiche Weiterentwicklung von Dienstleistungen und Produkten gewährleiste. Wissensmanagement unterstehe immer dem Ziel des langfristigen wirtschaftlichen Weiterbestehens. Deshalb müsse abgeklärt werden, in welches Wissen zu investieren sei.

Für Ensi-Direktor Hans Wanner haben die Antreiber des Kernenergieausstiegs nicht, wie sie glaubten, ein Problem gelöst, sondern Probleme geschaffen, zumindest im Bereich des Personal- und Wissensmanagements für Kernkraftwerke. Im vom Ensi geforderten Langzeitbetriebskonzept solle diesem Bereich Rechnung getragen werden. Sowohl die Branche wie auch das Ensi müssten die Weichen heute stellen, um angesichts von möglichen weiteren 30 Jahren Kernkraftwerksbetrieb noch sicherlich einen und allenfalls einen zweiten Generationenwechsel vollziehen zu können.

Anschliessend zeigte Nina Gross von den Hüttenwerken Krupp Mannesmann in ihrem Vortrag zum Wissensmanagement Parallelen zwischen der Nuklear- und der Stahlindustrie auf. Dazu zählten das komplexe technische Umfeld und der Mensch als gleichzeitig schwächstes Glied in der Kette und wichtigster



## Tiefenlager-Studien im Fokus und in der Kritik

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat Mitte November 2014 sogenannte sozio-ökonomisch-ökologische Wirkungsstudien (SÖW) für die sechs in Frage kommenden Standorte von Tiefenlagern für radioaktive Abfälle veröffentlicht. Die Studien wurden vielerorts kritisiert, was die Medien wiederum unterschiedlich aufnahmen.

Die Veröffentlichung des ersten Teils der SÖW für den Standortvergleich in Etappe 2 des Sachplanverfahrens durch das BFE am 18. November 2014 sorgte für grosses Echo in den möglichen Standortregionen von Tiefenlagern und darüber hinaus. Unsere Medienschau bringt regionale Unterschiede in der Berichterstattung zutage.

### Kritik an fehlenden Image-Faktoren

Eine überregionale Sichtweise lieferte die «Neue Zürcher Zeitung» (NZZ), die der Studie eine «bescheidene Aussagekraft» bescheinigte. Gewisse «Kernfragen» wie beispielsweise die Auswirkungen eines Tiefenlagers auf das Image der Standortregion wurden laut der NZZ nicht berücksichtigt. «Dabei basiert die grosse Opposition gegen den Bau solcher Anlagen seit Jahrzehnten nicht auf messbaren ökologischen Nachteilen und unmittelbaren wirtschaftlichen Auswirkungen, sondern just auf diffusen Ängsten, die unter dem Strich dem Image und damit der Attraktivität einer Region abträglich sein können», so die Zeitung. Im Weiteren griff sie die vielerorts geäusserte Kritik an der Studie auf, namentlich die der Regionalkonferenz Zürich Nordost. Deren Vertreter gab zu Protokoll, «dass die Studien wenig kohärent seien, wenn einerseits Image-Faktoren ausgeklammert würden, andererseits für die Auswirkungen auf die Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte trotzdem Werte eingesetzt seien». Abschliessend verwies die NZZ auf eine geplante Studie der Kantone, die «zu den Image-Faktoren Informationen liefern könnte», und auf einen Synthesebericht, in dem der Bund Ergebnisse verschiedener Studien vorstellen will.

### Artikel widerspiegeln regionale Befindlichkeiten

Die regional unterschiedlichen Sichtweisen kommen beim Vergleich regionaler Zeitungen zutage. Die «Neue Luzerner Zeitung» etwa betitelte ihren Bericht zur Studie mit «Bedrohung für den Tourismus» und schrieb darunter: «Der Kanton Nidwalden sieht sich in seiner Ansicht bestätigt, dass Wellenberg kein geeigneter

Standort ist». Dagegen konnte man in den «Schaffhauser Nachrichten» die Überschrift «Studie: Kaum Folgen für den Rheinfalltourismus» lesen. Ein Tiefenlager würde demzufolge nur wenige Touristen verscheuchen und sei sogar selbst eine Attraktion. Diesen Umstand nahm auch das «St. Galler Tagblatt» auf, ebenso wie ein Kurzinterview mit einer Vertreterin des BFE. Dieses machte ersichtlich, dass die Studie «frühzeitig auf Konflikte und Chancen aufmerksam machen» soll, dass sie «ganz klar ein Expertenbericht mit dem Ziel, die Standorte mit gleichen Ellen messen zu können» sei und dass die Sicht der einzelnen Regionen «explizit nicht darin integriert werden» sollte. Letzteres darf wohl als Replik auf die Vorwürfe ebendieser Regionen gewertet werden.

### Eigene Studien

Auch «Der Landbote» ist eine regionale Publikation, deren Einzugsgebiet gleich zwei mögliche Standortregionen anschneidet. Entsprechend viel Raum erhielt das Thema in der Ausgabe des 19. Novembers. Wurden dabei auf der ersten Seite noch ausschliesslich negative Reaktionen wiedergegeben, so folgten weiter hinten ausgewogene und differenziertere Statements. «Mangelhaft», «unvollständig» oder «falsch bewertet» waren Schlagworte auf der Titelseite. Sie stammten von der Regionalkonferenz Zürich Nordost, welche die Studie grundsätzlich zurückweist. «Wertlos, kontraproduktiv» lautete das Urteil der Schweizerischen Energiestiftung (SES). Dass eine Fachgruppe der Regionalkonferenz Zürich Nordost eine eigene Studie erarbeitet hat, erfuhr man weiter hinten im «Landboten». Und weiter: «Man solle in Bern bitte zur Kenntnis nehmen, dass wir dies systematisch und nicht locker vom Hocker getan haben» sagte Harold Jenny, Mitglied der SÖW-Fachgruppe». Im gleichen Artikel konnte ein BFE-Vertreter Stellung nehmen zu den Vorwürfen: «Er zollte der Fachgruppe zwar Respekt dafür, dass sie ihre eigene SÖW-Studie erstellt hat», aber «betonte gleichzeitig, dass es eine einheitliche Methode brauche, damit wir Birne mit Birne vergleichen».



### 20'000 Besucher pro Jahr als Chance

Es folgte ein ausführliches Interview mit einem Mitglied der Regionalkonferenz. Ihm zufolge ist der Imageschaden schon angerichtet, weil die Gegner «seit Beginn der Bohrungen in Leserbriefen, Verlautbarungen und an Veranstaltungen Horrorszenarien erfunden und verbreitet» hätten. Er hält ein Tiefenlager für eine Chance, die Region bei Touristen bekannt zu machen, und nennt als Vergleich die Neat-Baustelle in Sedrun, die jährlich rund 20'000 Interessierte besuchten. Die nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) rechnet gemäss «Landbote» mit gleich vielen Besuchern beim Bau eines Tiefenlagers.

### Unterschiedliche Sichtweisen der Regionen

Auch der «Zürcher Unterländer» griff die harsche Kritik aus der Region Zürich Nordost auf und sprach den Präsidenten der Regionalkonferenz Nördlich Lägern darauf an: «Es war von Anfang an klar, dass der Bund die Studie verfasst, ich sehe keinen Anlass zu dieser Kritik.» Einen Einfluss auf die SÖW hätten die Regionen aber insofern nehmen können, als dass sie Zusatzfragen stellen durften. Von dieser Möglichkeit habe «Nördlich Lägern» Gebrauch gemacht.» Im Weiteren geht der «Zürcher Unterländer» auf demografische und wirtschaftliche Besonderheiten der Region Nördlich Lägern ein. So sei zum Beispiel die Bevölkerung der Region seit 1990 überdurchschnittlich stark ge-

wachsen. Auch aus einer nicht betroffenen Region erreichte uns eine Kurzmeldung zu der Studie. «Le Journal du Jura» vermerkte das Erscheinen und wies darauf hin, dass die Nagra anfangs 2015 eine Einengung der Standortregionen vornehmen werde.

### Auch SP nicht zufrieden

Am zweiten Tag nach Erscheinen der Studie berichteten verschiedene Zeitungen über ein Communiqué der Sozialdemokratischen Partei (SP) des Kantons Zürich, in dem auch die Partei ihre Kritik kundtat. Der «Tagesanzeiger» und «Der Landbote» beschränkten sich auf Kurzmeldungen. Die «Neue Zürcher Zeitung» widmete dem Anliegen etwas mehr Platz: «Die Studien brächten trotz wissenschaftlichem Gewand nur Banales. Die wirklich bedeutsamen Fragen würden bewusst ausgeklammert, namentlich die Auswirkungen auf das Image einer Region, auf die Ängste der Menschen, die demografische Entwicklung, die ausbleibenden Investitionen und die Immobilien- und Bodenpreise. Die Untersuchung verharmlose die negativen Folgen eines Tiefenlagers und übertreibe die behaupteten positiven Effekte. Das entscheidende Kriterium für die Standortwahl bleibe die Sicherheit». Die «Schaffhauser Nachrichten» druckten in der Rubrik «Aus den Parteien» die Meldung fast im Wortlaut ab. Gegenvorschläge seitens der SP enthielt der Text keine. (M.Re. nach verschiedenen Zeitungsberichten)

## Schweiz

Die Schweizer Kernkraftwerke sind **ausreichend gegen Hochwasser geschützt**, das durch Schwebstoffe und Geschiebe Wehre und Brücken verstopfen könnte. Dies zeigen aktualisierte Sicherheitsanalysen zur Hochwassergefährdung, wie das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (Ensi) am 3. November 2014 bestätigt hat.

Aus heutiger Sicht spricht «rein technisch» nichts dagegen, dass die Schweizer Kernkraftwerke **60 Jahre in Betrieb** bleiben. Dies hielt das Ensi ebenfalls fest.

Die Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrates (Urek-N) hat die Vorlage zum **ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie** gebilligt. Sie ist somit bereit für die Behandlung im Nationalrat. Die Kommission empfiehlt, die Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie» abzulehnen. Sie hat zudem die Verknüpfung der Initiative mit dem Entwurf zum ersten Massnahmenpaket gelöst.

Der Cern-Rat wählte am 4. November 2014 die italienische Physikerin **Fabiola Gianotti** zur neuen Generaldirektorin des Europäischen Kernforschungszentrums **Cern** in Genf, die erste Frau in dieser Position.



**Eine Frau an der Spitze: Fabiola Gianotti tritt die Nachfolge von Rolf-Dieter Heuer an und übernimmt ab 1. Januar 2015 die Leitung des Cern.**

Foto: Claudia Marcelloni/Cern

Das Bundesamt für Energie (**BFE**) veröffentlichte den Schlussbericht zur kantonsübergreifenden sozio-ökonomisch-ökologischen Wirkungsstudie (**SÖW**) in der Etappe 2 des Sachplanverfahrens. Er stellt die Auswirkungen eines Tiefenlagers auf die sechs potenziellen Standortregionen dar.

Im Felslabor **Mont Terri** beim jurassischen Dorf St-Ursanne begann die Nagra mit einem **Experiment**, bei dem Lagerbehälter für hochaktive Abfälle unter Bedingungen eingelagert werden, die einem zukünftigen Tiefenlager entsprechen.

## International

**Russland und Iran** erweitern ihre nukleare Zusammenarbeit. Sie haben ein Abkommen zum Bau von **acht weiteren Kernkraftwerkseinheiten** des russischen Typs WWER in Iran abgeschlossen. Vier davon soll Russland schlüsselfertig am bestehenden Standort Bushehr errichten. Für vier weitere Einheiten ist der Standort noch zu bestimmen.

Das bilaterale Abkommen zur **Zusammenarbeit** im Bereich der friedlichen Nutzung der Kernenergie zwischen den **USA und Vietnam** trat am 3. Oktober 2014 in Kraft. Es regelt den kommerziellen Handel von Nukleargütern, die gemeinsame Kernenergieforschung und den Technologieaustausch zwischen den beiden Ländern.

**Belgiens** neue Mitte-Rechts-Regierung unter dem liberalen Premierminister Charles Michel verabschiedete ihr Regierungsprogramm. Darin ist unter anderem festgehalten, mögliche **Laufzeitverlängerungen** für Kernkraftwerke dürften nicht **über 2025** hinausgehen.



**Die neue Regierung Belgiens hält am bereits früher beschlossenen Kernenergieausstieg bis 2025 fest.**

Foto: Belgische Regierung

**Südafrika und China** haben ein Regierungsabkommen zur **nuklearen Kooperation** unterzeichnet. Das Abkommen ermöglicht die zukünftige Verwendung chinesischer Nukleartechnologie in Südafrika.

Die beiden zur Stellungnahme berechtigten lokalen Behörden – die Stadt Satsumasendai und die Präfektur Kagoshima – sprachen sich **für die Wiederinbetriebnahme** der Kernkraftwerkseinheiten **Sendai-1 und -2** aus. Die Betriebsaufnahme wird frühestens Anfang 2015 erwartet.

Bei einer im Oktober 2014 durchgeführten Umfrage sprachen sich 66% der befragten Einwohner von Pyhäjoki in Finnland **zugunsten des Baus** der Kernkraftwerkseinheit **Hanhikivi-1** aus. Nimmt man die Antworten der befragten Einwohner der umliegenden Gemeinden hinzu, so sind insgesamt 61% dafür.

Die Kernkraftwerkseinheit **Fuqing-1** an der Küste der chinesischen Provinz Fujian nahm am 19. November 2014 den **kommerziellen Betrieb** auf.

Nach einer Bauzeit von knapp sechs Jahren gab die Kernkraftwerkseinheit **Fangjiashan-1** in der chinesischen Provinz Zhejiang am 4. November 2014 **erstmalig Strom** ans Netz ab.



Fachleute der China National Nuclear Corporation (CNNC) verfolgen die erste Stromabgabe der Kernkraftwerkseinheit Fangjiashan-1 ans Netz.

Foto: CNNC

Die **erste Brennstoffbeladung** der russischen Kernkraftwerkseinheit **Rostow-3** wurde am 19. November 2014 erfolgreich abgeschlossen. Auch **Shin-Wolsong-2** in Südkorea wurde Mitte November 2014 **erstmalig mit Brennstoff beladen**.

Laut Atomenergoprojekt JSC (AEP) wurde am 14. November 2014 die **Kuppel** auf das Reaktorgebäude der russischen Kernkraftwerkseinheit **Nowoworonesch-II-2** gesetzt.



Die Kuppel des Reaktorgebäudes von Nowoworonesch-II-2 wird millimetergenau positioniert.

Foto: AEP

Der **Reaktordruckbehälter** der EPR-Einheit **Taishan-2** in der chinesischen Provinz Guangdong wurde erfolgreich in das Reaktorgebäude gesetzt.

Die Electricité de France (EDF) hat die vorgesehene **Inbetriebnahme** von **Flamanville-3** – der ersten EPR-Einheit Frankreichs – um ein Jahr auf **2017** verschoben.

Laut Scana Corporation – der Muttergesellschaft der South Carolina Electric & Gas Company (SCE&G) – kam es beim Bau der zwei AP1000-Einheiten **Virgil C. Summer-2 und -3** im amerikanischen Bundesstaat South Carolina zu **Verzögerungen**, die zusätzliche Kosten nach sich ziehen können.

Sämtliche 1331 **ausgedienten Brennelemente** aus dem Lagerbecken **von Block 4 des Kernkraftwerks Fukushima-Daiichi** wurden in das zentrale Nasslager am Standort **transportiert**. Bis Ende 2014 sollen auch die 180 verbleibenden, noch ungebrauchten Elemente geborgen sein.

Die Uranmühle **McClellan Lake** hat **erstmalig Urkonzentrat** aus Erz produziert, das aus der rund 70 km entfernten Cigar-Lake-Mine stammt. Im Norden der kanadischen Provinz Saskatchewan entsteht so das zweitgrößte Uran-Produktionszentrum weltweit.



Der Iter-Rat ernannte den Franzosen **Bernard Bigot** zum nächsten **Iter-Generaldirektor**. Er tritt 2015 die Nachfolge von Osamu Motojima an.



Der Franzose **Bernard Bigot** soll den **Posten des Iter-Generaldirektors** für eine **Amtsauer von fünf Jahren übernehmen**.

Foto: L. Godart/CEA

Mit gesamthaft **GBP 13 Mio.** (CHF 20 Mio.) werden Unternehmen und Konsortien in **Grossbritannien** unterstützt, die neue Technologien für Kernkraftwerke der heutigen und nächsten Generation entwickeln, um die Innovation im britischen Kernenergiesektor anzukurbeln.

Das amerikanische Department of Energy (**DOE**) spricht **zusätzliche Gelder**, um der einheimischen **Erzeugung medizinischer Isotopen** ohne Verwendung hoch angereicherter Urans (HEU) Schub zu verleihen.

Das **österreichische Bundeskanzleramt** beschloss, den Entscheid der Europäischen Kommission zu den Fördermassnahmen der britischen Regierung für das geplante Kernkraftwerk **Hinkley Point C** nicht zu akzeptieren und eine **Klage** beim Europäischen Gerichtshof einzubringen.

Eine Studie im Auftrag der Europäischen Kommission erfasst erstmals systematisch **Kosten und Subventionen für unterschiedliche Stromerzeugungstechniken** in allen 28 EU-Mitgliedstaaten. Das Foratom – die Dachorganisation der europäischen Atomforen – begrüsst die Initiative, verwies jedoch auf **methodische Fehler** im kürzlich erschienenen Zwischenbericht.

Im diesjährigen **World Energy Outlook** der Internationalen Energie-Agentur (IEA) liegt der Schwerpunkt auf der **Kernenergie**. Die IEA erwartet eine Zunahme der Anzahl

der Länder, die Kernkraftwerke betreiben von 31 auf 36, da es mehr Einsteiger gebe als Länder, die aus der Kernenergie aussteigen. In einem ihrer Szenarien geht die IEA davon aus, dass die Kernkraftwerkskapazität weltweit bis 2040 um fast 60% zunimmt. Als Herausforderungen bezeichnet die IEA die Stilllegung von Kernkraftwerken und die Bedenken der Öffentlichkeit.

Die Swedish Radiation Safety Authority (**SSM**) schlug der Regierung vor, den von den Kernkraftwerksbetreibern jährlich in den **Entsorgungsfonds** einzuzahlenden Beitrag von durchschnittlich 2,2 Öre (rund 0,28 Rappen) je kWh auf 4,0 Öre (0,52 Rappen) je kWh zu **erhöhen**.

Das japanische Oberhaus hat den **Beitritt Japans** zum Übereinkommen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) für die Bereitstellung zusätzlicher Entschädigungsmittel bei nuklearen Schäden (Convention on Supplementary Compensation, **CSC**) genehmigt.

Das **finnische Parlament** genehmigte am 5. Dezember 2014 das Gesuch der Kernkraftwerksbetreiberin Fennovoima Oy um eine **Neubeurteilung** des Neuprojekts **Hanhikivi-1**. Zuvor hatte sich bereits die Regierung dafür ausgesprochen. (M. A.)



Das **finnische Parlament** sagt **Ja** zum Neubauprojekt **Hanhikivi-1**, eine **1200-MW-Druckwasserreaktoreinheit** des fortgeschrittenen russischen Typs **AES-2006**.

Foto: Yle

► *Ausführliche Berichterstattung zu den hier aufgeführten Nachrichten sowie weitere Meldungen zu aktuellen Themen der nationalen und internationalen Kernenergiebranche und -politik finden Sie unter [www.ebulletin.ch](http://www.ebulletin.ch).*

Hans Peter Arnold



Lesen Sie den ausführlichen Bericht mit weiterführenden Links auf [www.ebulletin.ch](http://www.ebulletin.ch).

## USA: Ob Demokraten oder Republikaner – Kernenergie nimmt kaum Schaden

Bei den Zwischenwahlen in den USA haben die Republikaner einen grossen Sieg errungen. Bemerkenswert: Keines der beiden Lager hat versucht, mit Kernenergiepolitik Wählerstimmen zu fangen. Pragmatismus herrschte vor.

In den Zwischenwahlen Anfang November 2014 haben die Republikaner die Mehrheit im Senat erobert – das Repräsentantenhaus war bereits vor den Wahlen in der Hand der Republikaner. Was heisst dies für die Energiepolitik und die Gangart in der Kernenergie im Speziellen? Da sowohl der demokratische Präsident Barack Obama wie auch die Republikaner bestehende wie neue Kernkraftwerke im Grundsatz befürworten, ist für die Zukunft für Stabilität gesorgt. Dies dürfte auch mit Blick auf die Präsidentschaftswahlen 2016 gelten.

### Die Ausrichtung der Demokraten

Sehen wir uns die Ausrichtung der Energiepolitik der beiden dominierenden Parteien genauer an. Der Fokus der Demokraten gilt den erneuerbaren Energien. Die Ambitionen sind sehr hoch: Bis 2035 sollen die Erneuerbaren 80% des Stromverbrauchs decken. Ausserdem sind die Energieeffizienz in Gebäuden und in der Industrie gemäss Parteiprogramm zu erhöhen. Auch die Förderung von fossilen Brennstoffen, insbesondere Schiefergas, soll vorangetrieben werden. Gleichzeitig weisen die Demokraten auf die erheblichen Gefahren des Klimawandels hin: International wollen sie sich deshalb für eine Einigung bei den Emissionsgrenzwerten einsetzen.

### Die Ausrichtung der Republikaner

Für die Republikaner ist die Unabhängigkeit der USA von Energieimporten ein zentrales Anliegen. Der Energiemarkt soll sich ferner frei entfalten können, ohne

dass die Regierung bestimmte Branchen, wie die erneuerbare Energie, favorisiert und anderen, wie Öl und Kohle, Hindernisse in den Weg legt. Vor den Zwischenwahlen wurde denn auch Obamas langjährige Verhinderungspolitik bezüglich der Keystone-Erdöl-Pipeline scharf kritisiert. Zwar hat eben der Senat in der alten Zusammensetzung das Projekt ebenfalls zurückgestellt. Im Januar wird jedoch im Repräsentantenhaus ein klares Ja zur Keystone-Pipeline erwartet. Erneuerbare Energien sind gemäss den Republikanern teuer und würden Arbeitsplätze verdrängen, während Gas, Kohle und Kernenergie ein viel grösseres Potenzial hätten. Deshalb soll die Förderung von Öl und Erdgas vorangetrieben werden. Ausserdem sprechen sich die Republikaner gegen jeglichen Emissionshandel mit festen Obergrenzen aus.

### Kontinuität erwartet

Zu Beginn seiner Amtszeit hat Obama mit Verweis auf die ökologischen Herausforderungen explizit den Ausbau der Kernenergie oder zumindest den Ersatz der bestehenden Kapazitäten gefordert. In der Zwischenzeit ist dieses Bekenntnis leiser geworden. Die Bauprojekte schreiten allerdings voran, wenn auch nur langsam.

Vieles spricht dafür, dass künftig kernenergiepolitisch Kontinuität angesagt ist. Die Republikaner setzen auf mehr Markt, wovon sich die Kernenergie nicht zu scheuen braucht. Die Zurückbindung der hohen Subventionen für erneuerbare Energien wäre eben-

## Ein Schuss, der nach hinten losgehen darf

Was haben wir uns Mitte November 2014 wieder über die Methoden der Greenpeace aufgeregt! Die Geschichte ist schnell erzählt: Bekanntlich wurde der Radius für die vorsorgliche Verteilung von Kaliumiodidtabletten um die Schweizer Kernkraftwerke von 20 auf 50 Kilometer erweitert. Während die zuständigen Bundesstellen die Tabletten selbst sowie verschiedene Informationen verschickten, versendete die Greenpeace Schweiz ihrerseits «Wichtige ergänzende Informationen zur Jodtabletten-Verteilung» auf einem gefalteten A3-Blatt. Dabei bedienten sie sich nicht nur der grafischen Elemente der öffentlichen Informationskampagne, sie besaßen sogar die Dreistigkeit, das Pamphlet mit «Ihre Geschäftsstelle Kaliumiodid-Versorgung, zuständig für die Jodtabletten-Verteilung» zu unterzeichnen.

Bei der Lektüre des Textes wird bald klar, dass er nicht von offizieller Seite stammen kann. Seine Wirkung hat er leider dennoch nicht verfehlt, wie das Medienecho zeigte. Aber obwohl dort ein Vertreter der Umweltakti-

visten den Vorwurf der Angstmache und des Etikettenschwindels von sich weisen durfte, ist die ganze Aktion schnell als genau das entlarvt: Wie ernst kann es Greenpeace mit dem Schutz der Bevölkerung sein, wenn fast die Hälfte der Betroffenen ihr Schreiben nicht erhalten? Ihren eigenen Angaben zufolge wurde der Brief nämlich an rund eine Million Haushalte verteilt. Die Jodtabletten erhalten jedoch laut swissnuclear neu rund 4,3 Millionen Personen. Bei einem Durchschnittshaushalt von 2,24 Personen (2012 gemäss Bundesamt für Statistik) blieben die ach so wichtigen «ergänzenden Informationen» gut zwei Millionen innerhalb des 50-Kilometer-Radius wohnhaften Personen vorenthalten.

Und es soll niemand behaupten, Greenpeace hätte nicht die Mittel für eine doppelte Auflage des Flyers gehabt. Diese Entschuldigung gilt vielleicht in Zukunft, wenn ihnen wegen solcher Aktionen die Spender davonlaufen. In diesem Sinn war unsere Aufregung vielleicht gar nicht nötig. (M.Re.)

### Fortsetzung von Seite 26

falls kein Nachteil für die Kernenergiebranche. Die defensive Haltung in der Klimapolitik senkt jedoch etwas den Druck, die Kernenergie stärker voranzutreiben.

Die Nuklearindustrie kann also in den nächsten zwei Jahren, aber auch nach den Präsidentschaftswahlen – ungeachtet des Ausgangs – in den USA gedeihen, wobei die etwas berechenbarere Politik der Republikaner der Branche eher zum Vorteil gereichen sollte.

### Politik des Konsenses

Dass die Politik des Konsenses national wie international gefragt ist, hat kürzlich das Spitzentreffen zwischen Obama und Chinas Staats- und Parteichef Xi Jinping gezeigt. Sie einigen sich auf gemeinsame Klimaziele. Obama versprach, dass die USA bis zum Jahr 2025 den Ausstoss von Treibhausgasen um 26–28% reduzieren werden (Basis 2005). Xi kündigte seinerseits für China an, bis zum Jahr 2030 den Anteil erneuerbarer Energien auf etwa 20% zu steigern.

## SGK-Apéro

Am 20. Januar 2015 findet im Grand Casino Baden der nächste SGK-Apéro der «Wissen»-schaf(f)t! statt.

[www.kernfachleute.ch](http://www.kernfachleute.ch)

## 1. Forums-Treff 2015

Der erste Forums-Treff des Nuklearforums Schweiz im Jahr 2015 findet am 9. Februar an der EPF Lausanne statt. Als Referenten konnten wir Juan Knaster, Projektleiter der International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF) in Rokkasho, Japan gewinnen.



Foto: EPFL

## Monatsberichte

Die Monatsberichte über den Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke werden ab Januar 2015 nicht mehr dem Bulletin beigelegt. Sie finden sie auf der Website von swissnuclear.

[www.swissnuclear.ch](http://www.swissnuclear.ch)

## Aktualisiert: Foliensammlung «Materialien zur Ausstiegsgespräch»

Die aktualisierte Foliensammlung «Kernenergie in der Schweiz – Materialien zur Ausstiegsgespräch» zeigt anhand von Daten und Fakten auf, was es bedeuten würde, im Rahmen der sogenannten «Energiewende» auf die Kernenergie zu verzichten, die heute bekanntlich einen wesentlichen Beitrag zu unserer Stromversorgung leistet. Die Publikation ist modular aufgebaut und eignet sich zum Nachschlagen wie auch als Basis für Präsentationen vor einem interessierten Publikum.

## Fortbildungskurse «Modelling and Computation of Multiphase Flows»

Vom 9. bis 13. Februar 2015 finden an der ETH Zürich wiederum Kurse zum Thema «Modelling and Computation of Multiphase Flows» statt. Die Kurse bieten umfassende, aufeinander abgestimmte Vorlesungen. Sie richten sich an praktizierende Ingenieure, wie auch an Wissenschaftler, die einen konzentrierten und kritischen Einblick in das aktuelle Grundlagenwissen der Mehrphasenströmung, der Modellbildung und der angewandten numerischen Techniken erhalten möchten.

[www.lke.mavt.ethz.ch/shortcourse/index](http://www.lke.mavt.ethz.ch/shortcourse/index)

## E-Bulletin-Newsletter

Woche für Woche umfassend informiert sein: Abonnieren Sie unseren E-Bulletin-Newsletter, den Sie nach Ihren Bedürfnissen zusammenstellen können. Der Newsletter wird jeweils am Mittwoch direkt Ihrer Mailbox zugestellt.

[www.nuklearforum.ch/de/newsletter](http://www.nuklearforum.ch/de/newsletter)



Foto: Michele Perbellini

## Nuklearforum auf Twitter

Das Nuklearforum betreibt einen eigenen Kanal auf Twitter. Hier sind die aktuellsten Nachrichten des E-Bulletins und die neusten Tweets zugänglich. Mit Hilfe der Twitterlisten steht ein direkter Zugang zur weltweit twitternden Nuklearbranche offen. In der Liste «Nuclear News» beispielsweise erscheinen alle Tweets der relevanten englischsprachigen Nachrichtenportale der nuklearen Branche. Besitzer eines eigenen Twitter-Accounts können diese mit einem Klick direkt abonnieren.

[www.twitter.com/kernenergienews](http://www.twitter.com/kernenergienews)