

# Bulletin 4

Dezember 2015

## Wie aus nuklearem Abfall Strom erzeugt werden kann

Seite 8



Der Standpunkt unserer  
Energieministerin

Seite 3

VAE: Herausforderungen  
eines Einsteigers

Seite 4

Kostenoptimierung im  
Fokus des Vertiefungs-  
kurses 2015

Seite 33

<b>Editorial</b>	<b>3</b>	<b>Kolumne</b>	<b>29</b>
Keine Denk- und Technologieverbote	3	Die Wahlen 2015 – ein Zwischenbericht	29
<b>Forum</b>	<b>4</b>	<b>Hoppla!</b>	<b>31</b>
Vereinigte Arabische Emirate: Erfahrungen einer neuen Nuklearaufsichtsbehörde	4	Gut investiertes Geld?	31
<b>Hintergrundinformationen</b>	<b>8</b>	<b>In eigener Sache</b>	<b>32</b>
Der Atommüll fressende Kernreaktor	8	Glaubenskrieg um Leukämie: Korrelation versus Kausalität	32
«Die in Fukushima aufgetretenen Phänomene waren nicht neu»	12	Vertiefungskurs 2015: Kostenoptimierung im Rahmen einer guten Sicherheitskultur	33
Die Dosis macht das Gift – auch bei Strahlenbelastung	16	<b>Pinnwand</b>	<b>36</b>
<b>Medienschau</b>	<b>22</b>		
Kernenergie im Ständerat und im Wahlkampf	22		
<b>Fenster zum E-Bulletin</b>	<b>25</b>		
Schweiz	25		
International	25		

## 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  
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 4-mal jährlich.

Copyright 2015 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: Nuklearforum Schweiz

## Bundesrätin Doris Leuthard

Vorsteherin des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Uvek)



Foto: Marc Wettli

## Keine Denk- und Technologieverbote

Lange Jahre war die Kernenergie eine gute Lieferantin von Bandenergie: verlässlich, klimafreundlich, wirtschaftlich. Wer heute ein neues Kernkraftwerk bauen will, muss aber mit weit höheren Kosten rechnen. Davon zeugen die Milliardenabschreiber in Finnland oder das neuste Beispiel in Grossbritannien, wo nur mit weitreichend garantierten Abnahmepreisen und staatlichen Bürgschaften gebaut wird. Der Anteil der Kernenergie an der weltweiten Energieproduktion wird sich gemäss IEA-Schätzungen bis 2040 bei ca. 6% einpendeln. Der Anteil der Erneuerbaren könnte sich dagegen auf 19% erhöhen.

Bundesrat und Parlament haben entschieden, keine neuen Kernkraftwerke in der dicht besiedelten Schweiz zu bauen. Erstens wegen der Gestehungskosten, zweitens wegen des Restrisikos und drittens weil auch nach 40 Jahren das Abfallproblem ungelöst ist. Die Stilllegungs- und Entsorgungskosten, berechnet auf eine Lebensdauer von 50 Jahren, werden aber laufend an neue Schätzungen angepasst und sollten somit der-einst von den Betreibern gedeckt sein.

Das KKW Mühleberg wird denn auch aufgrund eines betriebswirtschaftlichen Entscheides des Verwaltungsrates der BKW AG 2019 vom Netz gehen. Beznau-1 kämpft derzeit mit Problemen und man wird sehen ob sich Nachrüstungen rechnen. Die Entwicklung zeigt, dass das preisliche Umfeld und somit die Rentabilität der Produktion auch die Kernkraft hart trifft. Keine einfache Situation für die Betreiber. Der Bundesrat will aber weiterhin von einer Befristung der Laufzeiten absehen. Er verlangt vielmehr, dass die stetige Sicherheit der Anlagen zu gewährleisten ist.

Entgegen immer wieder vorgebrachten Einwänden finden sich im neuen Gesetz aber weder Denk- noch Technologieverbote. Die Schweiz wird sich weiter national und international im Bereich der Kernforschung engagieren. Nukleartechnologie soll weiter unterstützt

werden. Denn wir benötigen auch ausgebildete Fachkräfte für den Betrieb, für den Rückbau sowie für Stilllegung und Entsorgung. Sollte die Forschung dereinst eine verbesserte Nukleartechnologie entwickeln, die zu konkurrenzfähigen Preisen Strom produziert, weniger Risiken beinhaltet und auch das Abfallproblem nicht vergrössert, wird man solche Neuerungen sicher wohlwollend prüfen. Denn letztlich geht es immer um die Versorgungssicherheit unseres Landes mit Strom.

Heute geht es aber um die nähere Zukunft. Wir sind verpflichtet den Schweizer Weg in eine sichere, wirtschaftliche und nachhaltige Energieversorgung aufzuzeigen. Das tun wir mit der Energiestrategie 2050. Weniger Energieverbrauch, weniger Importe und damit weniger Abhängigkeit vom Ausland, weniger fossile Energie dafür mehr Effizienz und mehr Erneuerbare. Angesichts der heute bestehenden Überkapazitäten im europäischen Strommarkt und der tiefen Strompreise sowie der derzeit tiefen Preise für Erdölprodukte und Kohle steht die Branche unter grossem Druck. Die Energiestrategie erweist sich erst recht als nötig und richtig. Das Szenario «weiter wie bisher» verschärft dagegen die Probleme. Hingegen sichern Reformen Investitionen in der Schweiz, stärken die Versorgungssicherheit und stützen den Umbau der Energieversorgung. Strittig ist die Förderung der Erneuerbaren. Heute sind im Gesetz dafür 1,5 Rp/kWh vorgesehen. Neu soll dies auf maximal 2,3 Rp/kWh angehoben werden, inklusive Stützung der bestehenden Wasserkraft. Die Förderung erfolgt befristet. Das ist richtig. Das sollte uns die einheimische Produktion wert sein.

Viele Gemeinden, Unternehmen, Bürgerinnen und Bürger sowie die Wissenschaft haben bereits gehandelt, lange bevor sich die Politik definitiv entschieden hat. Die Schweiz ist mit ihren Technologien, dem Potenzial an Wasserkraft und neuer erneuerbarer Energie gut positioniert und leistet mit dieser Politik einen wesentlichen Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels.

## Interview mit Christer Viktorsson

Generaldirektor der Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR)



### Vereinigte Arabische Emirate: Erfahrungen einer neuen Nuklearaufsichtsbehörde

Christer Viktorsson, Generaldirektor der Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR) der Vereinigten Arabischen Emirate (VAE), hat mit der internationalen Kernenergie-Nachrichtenagentur NucNet über die Herausforderungen bei der Gründung einer Nuklearaufsichtsbehörde – von Grund auf und in einem Land, wo noch nie Kernkraftwerke gebaut wurden – diskutiert.

#### Was waren die grössten Herausforderungen bei der Gründung und beim Betrieb der Aufsichtsbehörde angesichts des Umstandes, dass die VAE ein neues Kernenergieland sind, wo noch nie Reaktoren gebaut worden waren?

Es ist tatsächlich eine Herausforderung, eine Behörde in einem neuen Umfeld zu erschaffen. Die VAE hatten keinerlei Erfahrung mit der Kernenergie. Als ich 2008 zur FANR stiess hatte die Regierung die Reichweite des Unterfangens jedoch verstanden und sich bereits darauf vorbereitet. Ein Weissbuch zur Kernenergie war bereits bewilligt worden. Die dazugehörige Roadmap beschrieb im Detail die wichtigsten Wegmarken der Entwicklung eines Kernenergieprogrammes von Null auf. Die Regierung nutzte die Wegleitung der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) für Neueinsteiger. Schlussendlich entstand das Regelwerk als Resultat einer Vernehmlassung mit sowohl einheimischen als auch ausländischen Anspruchsgruppen. Die wichtigste Erkenntnis war, zumindest für mich, dass es unbedingt klare Richtlinien braucht, wenn ein Staat ein Kernenergieprogramm lanciert. Bei uns umfassen sie die zu befolgenden Grundprinzipien wie etwa die bei uns sehr wichtige Transparenz. Auch haben sich die VAE zu den höchsten Standards in den Bereichen Sicherheit, Sicherung und Safeguards beim Einrichten der benötigten Infrastruktur in Zusammenarbeit mit der IAEO verpflichtet. Die klaren Richtlinien waren dabei äusserst hilfreich, da wir immer darauf zurückgreifen konnten, wenn wir etwas klären mussten.

#### Es war sicher nötig, die Zahl der Fachkräfte schnell und effektiv zu erhöhen. Wie gingen Sie vor?

Das war eine der ersten Herausforderungen, aber wir hatten zum Glück Unterstützung internationaler Experten aus verschiedenen Ländern, die uns halfen, die FANR aufzubauen. Wir stellten zuerst Führungskräfte an und die haben dann nationale und internationale Experten rekrutiert. Wir mussten bereit sein, in einer eher kurzen Zeit die Bewilligung für ein Kernkraftwerk zu erteilen, und wir erkannten, dass wir das Programm nachhaltig gestalten mussten. Wir rekrutierten von Anfang an Leute aus den Emiraten. Doch da war viel Entwicklungsarbeit nötig. Es gab nur wenige Nuklearingenieure mit dem nötigen Wissen in den Emiraten. Also mussten wir sie ausbilden.

In diesem Zusammenhang trieben wir auch die Entwicklung von Bildungsmöglichkeiten im Nuklearbereich voran. Die Khalifa-Universität in Abu Dhabi führte kürzlich einen Lehrgang für Nuklearingenieure ein. Wir schickten auch junge Fachkräfte aus den Emiraten zur Ausbildung und Schulung ins Ausland. Unsere Bemühungen haben sich ausgezahlt: Rund 60% unserer Belegschaft kommen aus den Emiraten.

#### Mussten Sie auch aus begangenen Fehlern lernen?

Ich würde nicht sagen, dass wir «Fehler» im eigentlichen Sinn gemacht haben. Aber wir haben viel Lehren gezogen. Bald nach der Gründung der FANR mussten wir die ersten Regelwerke erlassen. Wir begannen mit den dringendsten wie zum Beispiel allen standort-



**Anlässlich des Besuchs von IAEA-Generaldirektor Yukiya Amano in den VAE erläutert Mohamed Al Hammadi (rechts), CEO der Emirates Nuclear Energy Corporation (Enec), die Fortschritte beim Bau von Barakah-1. Die IAEA unterstützt das Kernenergieprogramm des Landes seit seinem Beginn 2008.**

Foto: Enec

spezifischen Vorschriften, denn wir wussten, dass wir zuerst den Standort bewilligen mussten. Diese Dokumente auf Arabisch zu erstellen, stellte sich als Problem heraus, da die arabische Sprache die nukleare Terminologie gar noch nicht kannte. Das zeigte uns, dass wir einen intensiven Austausch mit der IAEA pflegen mussten, denn dort gibt es ein Glossar mit technischen Ausdrücken in verschiedenen Sprachen. Und wir brauchten ein fähiges Übersetzerteam im Hause. Diese Erfahrungen können sich für andere arabische Länder, die ein Kernenergieprogramm planen, als nützlich erweisen. Weiter mussten wir feststellen, dass es Zeit braucht, um eine Kernenergiebehörde von Grund auf aufzubauen. Da waren wir wohl zu Beginn etwas optimistisch. Doch da konzentrierten wir uns eben auf die ersten Vorschriften, die wir erlassen mussten, damit die Bewilligungen verliehen werden konnten. Wir hatten internationale Experten beigezogen, aber der «Emiratisierung» des ganzen Unterfangens zu wenig Beachtung geschenkt. Heute widmen wir der Ausbildung und Betreuung unserer Mitarbeiter aus den Emiraten mehr Ressourcen und ich bleibe optimistisch, dass wir das Fachwissen in den Emiraten schnell aufbauen können.

Auch die Wichtigkeit einer guten Gemeinschaftsarbeit mit anderen Entscheidungsträgern in den VAE hatten wir unterschätzt. Ich beziehe mich auf die Zollbehörden, Sicherheitskräfte und so weiter. Zum Beispiel war die Zusammenarbeit mit den Zollbehörden wichtig, wenn es um die Ein- oder Ausfuhr von Nukleargütern und -ausrüstung ging.

#### **Wie reagierten die Einwohner der VAE auf das Kernenergieprogramm? Gab es Vorbehalte bezüglich der Sicherheit, speziell nach dem Reaktorunfall von Fukushima-Daiichi?**

Die Bevölkerung steht grundsätzlich hinter dem Programm. Die Emirates Nuclear Energy Corporation (Enec) führt regelmässig Befragungen durch. Nach Fukushima brach die Unterstützung zwar etwas ein, sie nimmt aber mittlerweile wieder zu. Es gibt ein intensives Öffentlichkeitsprogramm, in das die FANR viel und die Enec sogar noch mehr investiert. Es zielt darauf ab, unsere Bemühungen beim sicheren Bau und Betrieb der Anlagen zu erklären. Die FANR führt öffentliche Seminare in allen sieben Emiraten durch. Die Fragen drehen sich um die Kernenergie im Allgemeinen, Siche-

rung und Sicherheit, die Rolle der IAEA, den Umgang mit Abfall oder die Notfallplanung. Die Atmosphäre ist gut. Wir werden auch gefragt, was wir als Konsequenz von Fukushima getan haben. Dann erklären wir, dass wir alle Stresstests nach europäischen Standards ausgeführt und der Enec einzelne Anpassungen der Auslegung aufgetragen haben.

**Im März 2015 erklärte die IAEA, die Zusammenlegung der Notfall-Einsatzzentralen für Onsite- und Offsite-Massnahmen sei eine einzigartige Eigenschaft des kerntechnischen Notfallschutzprogramms der VAE und solle der internationalen Gemeinschaft zugänglich gemacht werden. Können Sie uns dazu ein Update geben?**

Notfallschutz im Nuklearbereich ist für alle Länder eine Herausforderung, aber besonders wichtig für Neueinsteiger. Wir haben von Beginn weg auf existierende

Notfallstrukturen aufgebaut und die nuklearspezifischen Komponenten hinzugefügt. Eine davon war der Bau des Onsite- und Offsite-Notfallzentrums in Al Ruwais, 50 Kilometer östlich vom Standort Barakah. Es ist beinahe fertig und erstreckt sich über drei Stockwerke. Daneben steht ein hochentwickeltes Umweltlabor. Im Februar 2016 führen wir die erste nationale Notfallschutzübung durch und werden unsere Erfahrungen offenlegen. Wir haben schon unsere Erkenntnisse aus dem Emergency Preparedness Review (EPREV) Service und aus dem Bau der Anlage in Al Ruwais mit den IAEA-Mitgliedsstaaten geteilt.

**Sie haben kürzlich ein Abkommen mit der amerikanischen Nuclear Regulatory Commission (NRC) verlängert, bei dem es um die Zusammenarbeit bei der nuklearen Sicherheit geht. Können Sie uns Beispiele geben, was mit diesem Abkommen schon erreicht wurde und was in Zukunft noch geschehen soll?**

Eines der Prinzipien aus dem Weissbuch der Regierung ist die Zusammenarbeit mit anderen Ländern. Wir haben vor kurzem das Abkommen mit der NRC nach der ersten fünfjährigen Phase erneuert. In diesen fünf Jahren haben wir Informationen über den zu lizenzierenden Reaktortyp ausgetauscht. Der APR wurde ursprünglich in den USA entwickelt und erhielt von der NRC die erste Zertifizierung. Dann wurde er bekanntlich von Südkoreanern weiterentwickelt und wir haben ein ähnliches Abkommen mit ihnen getroffen. Dank des Abkommens mit der NRC können wir bei vielen ihrer Sitzungen und Konferenzen teilnehmen. Wir stellen mit ihnen zusammen Benchmarks für Kapazitätsaufbau und Wissensmanagement im Bereich der internationalen Kommunikation von Behördentätigkeiten auf. Wir verfügen über Fachkräfte, die vorübergehend bei der NRC gearbeitet haben, vor allem in den Bereichen nukleare Sicherheit und Strahlenschutz. Wir benutzen gewisse Computercodes der NRC für die Alarmierung bei schweren Unfällen und für die Unfallanalyse.

**Sie schlossen kürzlich auch mit dem Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) ein Abkommen, um die Zusammenarbeit im Bereich der nuklearen Sicherheit bei Leichtwasserreaktoren zu fördern. Können Sie ein paar praktische Schritte im Rahmen dieses Abkommens erläutern?**

Wir schlossen mit dem KAERI ein Abkommen, weil es ein spezifisches APR-1400-Forschungsprogramm führt, das viele wichtige Bereiche abdeckt: Thermohydraulik, Bewältigung schwerer Unfälle, Leittechnik und so weiter. Wir möchten von diesen Erfahrungen profitieren und hoffentlich bald mit Forschungsarbeiten in ihren Einrichtungen beginnen. Die Zusammen-

#### **Über Christer Viktorsson**

Christer Viktorsson wurde per 1. Juni 2015 zum Generaldirektor der Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR) der VAE ernannt. Viktorsson hat einen schwedischen und einen finnischen Pass und verfügt als Nuklearphysiker über mehr als 35 Jahre Erfahrung im Bereich der nuklearen Regelwerke und Sicherheit. Er führte zuvor von der Gründung der FANR 2008 bis 2013 als stellvertretender Generaldirektor das operative Geschäft.

Viktorsson studierte an der Åbo Akademi University in Finnland und arbeitete danach drei Jahre in der Kernenergieforschung und der Radioisotopenproduktion für die Medizin. Nach sechs Jahren bei der schwedischen Strahlenschutzbehörde wurde er 1995 zum stellvertretenden Generaldirektor der schwedischen Nuklearsicherheitsbehörde ernannt und steuerte während zehn Jahren die Aufsicht über die dortige Nuklearindustrie.

Seine internationale Karriere begann Viktorsson 1987, als er zur Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD in Paris berufen wurde und sich dort während sechs Jahren der Ausweitung der internationalen Zusammenarbeit im Bereich Strahlenschutz und Notfallschutz bei Nuklearunfällen widmete. Von 2005 bis Ende 2008 arbeitete Viktorsson bei der IAEA in Wien und war für politische Themen in der Abteilung Nukleare Sicherheit und Sicherung verantwortlich.





Ende Dezember 2009 unterzeichneten die Emirates Nuclear Energy Corporation (Enec) und die Korea Electric Power Corporation (Kepco) einen Vertrag über Planung, Lieferung und Bau von vier fortgeschrittenen Druckwasserreaktor-einheiten des südkoreanischen Typs APR-1400 am Standort Barakah. Mit dem Bau von Barakah wurde laut Kepco zum ersten Mal das APR-1400-Druckwassersystem exportiert. Seit September 2015 sind alle vier Einheiten in Bau.

Foto: Enec

arbeit steht noch am Anfang, wird aber wachsen. Es gab früher schon Gemeinschaftsarbeiten mit anderen südkoreanischen Institutionen wie dem Korea Institute of Nuclear Safety und dem Korea Advanced Institute of Science and Technology.

#### **Gibt es auch Abkommen mit EU-Ländern? Auf welchem Niveau steht die Zusammenarbeit mit Europa?**

Wir haben bereits mehrere Vereinbarungen in Europa unterzeichnet. So haben wir eine Absichtserklärung mit der französischen Autorité de sûreté nucléaire

(ASN) und ein Forschungsabkommen mit dem französischen Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Es gibt ein Zusammenarbeitsabkommen mit den britischen Behörden, ebenso mit den finnischen. Wir führen Gespräche mit der Europäischen Kommission, denn es interessiert uns, wie die EU-Länder beim Notfallschutz zusammenarbeiten. (M.Re. nach NucNet, Insider Nr. 19, 9. November 2015, und Utilities, Mitteilung, 2. Juni 2015)

## Hintergrundinformationen

### Der Atommüll fressende Kernreaktor

Küchenabfälle werden in Biogasanlagen verwertet. Kehrlicht wird verbrannt und die Abwärme zur Stromproduktion oder zur Speisung eines Fernwärmenetzes genutzt. Abfall ist nicht einfach Abfall. Gleiches gilt für «Atommüll». So hat der abgebrannte Brennstoff aus den Kernkraftwerken für Leslie Dewan, CEO der amerikanischen Transatomic Power Corporation (TAP), alles andere als ausgedient. Die junge Nuklearingenieurin entwickelt zusammen mit ihrem Team einen «Atommüll fressenden Kernreaktor». Sie hat ihr Konzept am 10. November 2015 im Restaurant Au Premier in Zürich einem interessierten Publikum vorgestellt, zu dem die Organisationen Energy for Humanity und energiesuisse eingeladen hatten.

Mit dem heutigen, aus dem Betrieb der Kernkraftwerke stammenden Brennstoffabfall könnte der weltweite Strombedarf über 70 Jahre lang gedeckt werden, beschreibt Dewan das Potenzial ihres Konzepts eines Flüssigsalzreaktors. Die Idee, Reaktoren mit Flüssigsalz zu betreiben, ist bekanntlich nicht neu. In

den USA wurden bereits Mitte des letzten Jahrhunderts erfolgreich Tests mit sogenannten MSR (Molten Salt Reactors) durchgeführt. Zu den Pionierprojekten gehört das Molten Salt Reactor Experiment (MSRE) des Oak Ridge National Laboratory (ORNL), zu dem ein Hintergrundbericht im Bulletin 6 von 2013 zu finden ist. MSR finden sich heute auf der Liste der Generation-IV-Reaktoren.



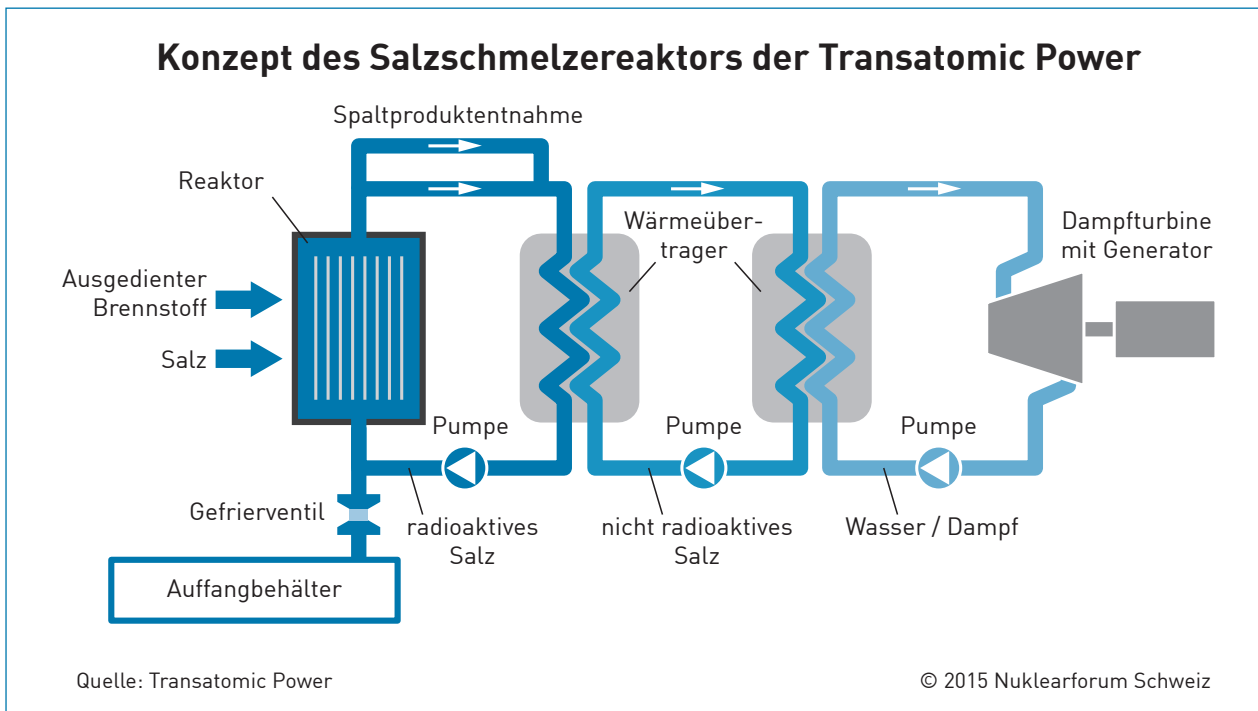
Leslie Dewan ist seit 2011 CEO der Transatomic Power Corporation (TAP) in Cambridge, Massachusetts. Sie promovierte 2013 am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Kerntechnik. Im Jahr 2012 wählte das Forbes-Magazin Dewan für das Ranking «30 Under 30» im Energiesektor aus. Im September 2013 erkor die «MIT Technology Review» Dewan zu einer der «35 Innovators Under 35». Im Dezember 2013 kam Dewan schliesslich im «Time Magazine» die Ehre zu, zu den «30 People Under 30 Changing the World» zu gehören.

Das Reaktorkonzept der in Boston, Massachusetts ansässigen TAP lehnt sich in vielerlei Hinsicht an diese frühen Experimente an, so Dewan. Das Konzept sieht ähnliche passiv wirkende Sicherheitsmechanismen (Gefrierventile), chemische Verfahrensprozesse (Helium-Durchperlung) und Werkstoffe (modifiziertes Hasteloy-N) vor. Ein erster entscheidender Unterschied zu älteren MSR-Konzepten ist, dass die TAP Zirkoniumhydrid statt Graphit als Moderator verwendet, erklärte Dewan. Mit diesem Material seien bei früheren Experimenten gute Erfahrungen gemacht worden. Es bremse Neutronen wirksamer ab und erlaube somit kompaktere Baugrössen. Als zweiten entscheidenden Unterschied setzt die TAP auf Lithiumfluorid als Basissalz, in dem Urantetrafluorid gelöst wird. Die grosse Mehrheit früherer MSR verwendete eine Lithium-Beryllium-Fluoridsalzmischung, die nur eine begrenzte Menge Uranfluorid lösen konnte.

#### Brennstoff effizient ausgenutzt

Das Zusammenspiel zwischen Moderator und Salztyp ermöglicht den Einsatz von Brennstoff mit einer Anreicherung von lediglich 1,8% U-235. Damit kann der TAP-Reaktor auch mit bereits in Leichtwasserreaktoren eingesetztem Brennstoff Strom erzeugen. Er arbeitet





hauptsächlich im thermischen Neutronenspektrum. Es liegt jedoch auch ein ausreichend hoher Anteil epithermischer und schneller Neutronen vor, um Actiniden spalten zu können. Die TAP-Ingenieure holen damit alles in allem rund 75 Mal mehr Energie aus dem Brennstoff als Leichtwasserreaktoren.

### Weniger Abfall

Ein Leichtwasserreaktor (LWR) mit 520 MW elektrischer Nettoleistung beinhaltet etwa 40 t Brennstoff und erzeugt jährlich rund 10 t ausgedienten Brennstoff. Dieser enthält radioaktive Isotope mit Halbwertszeiten von über 100'000 Jahren. Ein TAP-Reaktor würde mit 65 t im Salz gelösten Actiniden gestartet. Pro Jahr würde rund eine halbe Tonne Spaltprodukte aus dem Salz gefiltert und durch neuen Brennstoff ersetzt. Der neue Brennstoff kann, muss aber nicht kontinuierlich zugeführt werden. Eine zyklische Versorgung mit Brennstoff ist möglich. Statt 10 t würden jährlich noch 500 kg Abfall entstehen – also 95% weniger als in einem LWR. Der Grossteil der darin enthaltenen Isotope weist zudem eine vergleichsweise kurze Halbwertszeit von einigen Hundert Jahren oder weniger auf. Nur noch für einen kleinen Rest von etwa 20 kg im Jahr müsste eine Langzeitlösung gefunden werden.

### Aufbau eines TAP-Kernkraftwerks mit 520 MW

Die TAP führte zusammen mit einem erfahrenen Kerntechnikunternehmen eine Konzeptstudie durch, um die Auslegung einer Kernkraftwerkseinheit mit einer elektrischen Nettoleistung von 520 MW zu entwickeln, die mit drei Kühlkreisläufen ausgestattet ist. Im Primärkreislauf befinden sich der Reaktorbehälter und die Primärpumpen. Über einen Zwischenkreislauf, in dem nicht radioaktives Flüssigsalz zirkuliert, wird die im Reaktor erzeugte Wärme an einen konventionellen Wasser-Dampf-Kreislauf übertragen.

Die Reaktoraustrittstemperatur beträgt rund 650°C. Zum Vergleich: Bei PWR liegt dieser Wert bei rund 325°C. Ein mit einer konventionellen Dampfturbinengruppe ausgerüsteter Kernkraftwerksblock erreiche somit einen thermischen Wirkungsgrad von 44%, rechnet die TAP vor. Die im Vergleich zu den heutigen Kernkraftwerken höhere Effizienz führe zu direkten Kosteneinsparungen, weil kleinere Dampfturbinen eingesetzt werden können. Turbinen seien ein gewichtiger Kostenpunkt in einem Kernkraftwerk, so die TAP. →

### Flüssiger Brennstoff versus fester Brennstoff

Praktisch alle kommerziellen Kernkraftwerke nutzen heute in Hüllrohre eingefasste Uranoxid-Pellets als Brennstoff. Da Uranoxid ein schlechter Wärmeleiter ist, erreicht die Spitztemperatur im Innern der Pellets bei Normalbetrieb rund 2000°C. Reaktoren mit flüssigem Brennstoff weisen einerseits keine solch hohen Spitztemperaturen auf. Sie erlauben andererseits höhere Reaktorausstrittstemperaturen, da Brennstoff und Kühlmittel dasselbe Medium sind.

### Sicherheit

Einer der grossen Vorteile von flüssigem Brennstoff ist, dass die Nachzerfallswärme im Salz verteilt vorzufinden ist. Der flüssige Brennstoff steht nicht unter Überdruck und kann im Notfall über ein Sicherheitsventil in einen speziellen Auffangbehälter abgelassen werden. Beim MSRE testeten die Ingenieure wiederholt und erfolgreich passive Sperrventile (Gefrierventile), in denen Salz elektrisch gekühlt unter der Schmelztemperatur von etwa 500°C gehalten wird. Fällt die

Stromversorgung des Ventils aus, schmilzt der Salzpfeifen und das Salz fliesst in den unter dem Reaktorbehälter liegenden Auffangbehälter ab. Die Kettenreaktion kommt aufgrund der Geometrie und des Fehlens des Moderators im Behälter zum Erliegen. Gefrierventile bieten aber noch einen weiteren Vorteil. Erhitzt sich das Salz im Primärkreislauf über die maximale Betriebstemperatur von 700°C, beginnt das Salz im Ventil ebenfalls zu schmelzen.

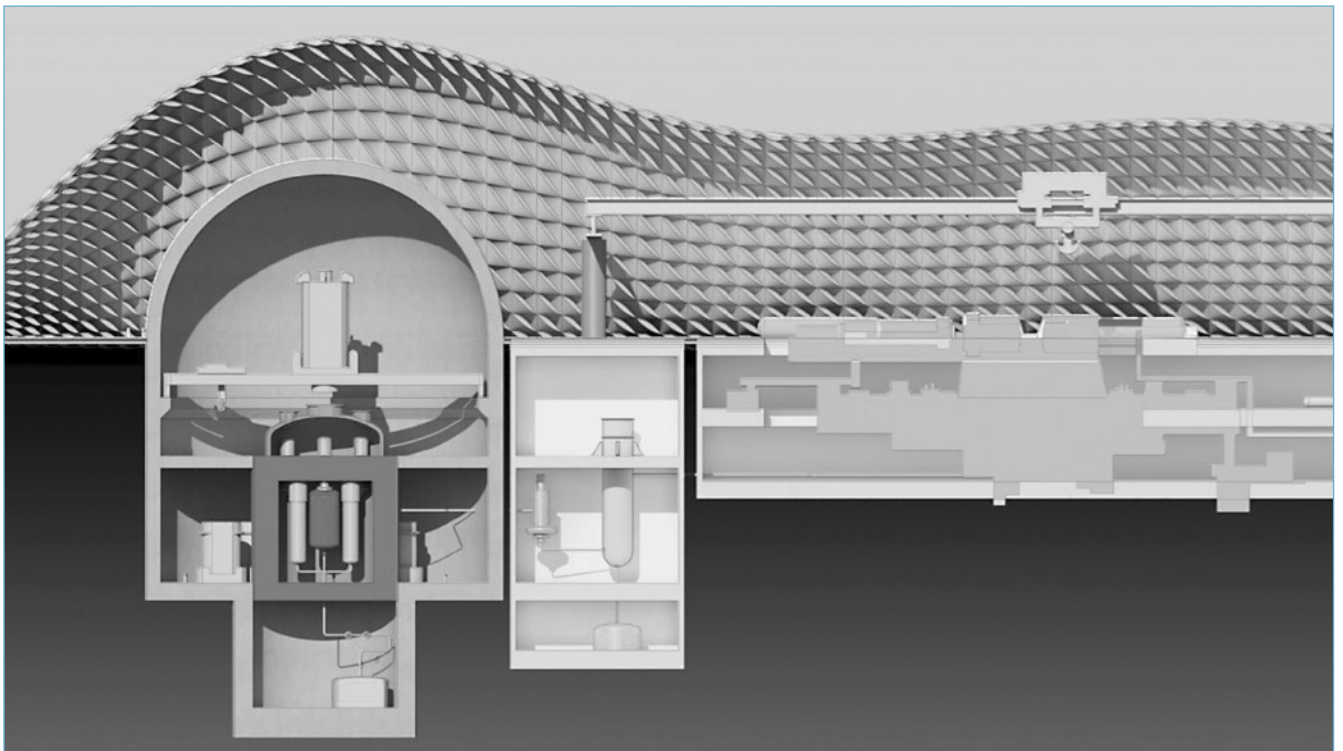
Berechnungen der TAP zeigen, dass die Nachzerfallswärme im Auffangbehälter tief genug wäre, um sie über natürliche Konvektion abführen zu können. Mit Hilfe eines passiven Kühlsystems könnte das Salz in anderthalb bis drei Stunden vollständig verfestigt werden.

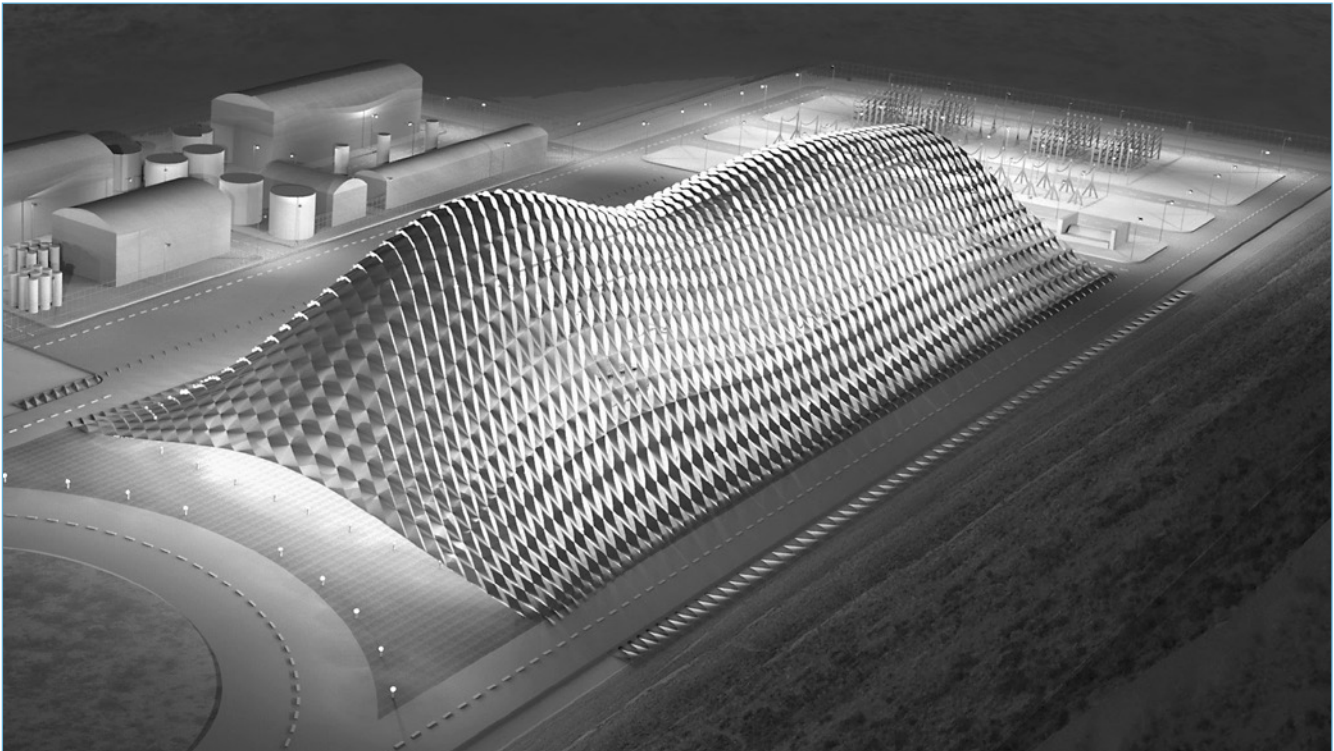
### Uran statt Thorium

Salzschmelze-Reaktoren sind vielseitig einsetzbar, was den Brennstoff betrifft. Obwohl Thorium im TAP-Reaktor eingesetzt werden könnte, haben sich die In-

**Computergeneriertes Schnittbild einer Kernkraftwerkseinheit der Transatomic Power. Die wellenförmige Hülle dient als Schutz vor äusseren Einwirkungen.**

Foto: TAP





**Eine Kernkraftwerkseinheit der Transatomic Power könnte neben einem bestehenden Kernkraftwerk gebaut werden.**

Foto: TAP

genieure für den Uranzyklus entschieden, weil hierzu bereits die entsprechenden Anlagen der Versorgungskette vorhanden sind.

#### **Entwicklungsstand**

Die TAP führe derzeit verschiedene Komponententests durch, so Dewan. Das Unternehmen plane, beim Idaho National Laboratory (INL) einen Prototyp mit 20 MW

thermischer Leistung zu bauen. Ziel sei es, eine Kernkraftwerkseinheit mit einer elektrischen Nettoleistung von 520 MW zu entwickeln, die Strom zu umgerechnet rund 3 Rappen / kWh produziert. Die Baukosten werden auf CHF 2 Mrd. und die Bauzeit auf drei Jahre geschätzt. (M.B. nach Transatomic, Technical White Paper, März 2014, sowie Präsentation am 10. November 2015)

## «Die in Fukushima aufgetretenen Phänomene waren nicht neu»

Der plötzliche Sinneswandel der politischen Schweiz nach dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi wirft die Frage nach den Auswirkungen dieser Spitzkehre auf die nukleare Lehre und Forschung. Horst-Michael Prasser, Professor für Kernenergiesysteme an der ETH Zürich, nimmt Stellung. Als einer der Leiter des Masterstudiengangs «Nuclear Engineering» und des Labors für Thermohydraulik am Paul Scherrer Institut (PSI) überblickt er an der Front die aktuellen Entwicklungen.

«Zunächst möchte ich festhalten: Nach Fukushima und den dadurch ausgelösten politischen Entwicklungen hat sich nichts grundlegend geändert», macht Prasser deutlich. In der Lehre gebe es einen Grundkanon aus Reaktorphysik, Kraftwerkstechnik/Sicherheit und nuklearer Materialkunde, der den Studierenden angeboten und vermittelt werden muss. Dennoch bleibt das Lehrangebot nicht stehen. So ist inzwischen auch ein Kurs zum Rückbau von Kernkraftwerken ins Masterprogramm aufgenommen worden – ein Ausbau, der auch ohne Fukushima gemacht worden wäre. «Auf der anderen Seite sind die Studierenden schon immer sehr an den Entwicklungen auf dem Gebiet der vierten Generation von Kernkraftwerken interessiert gewesen», hält Prasser fest. «Wir verstärken daher diesen Aspekt in der Lehre ein wenig, ohne jedoch den Schwerpunkt von den Leichtwasserreaktoren wegzunehmen.»

«In der Forschung ist und bleibt die Sicherheit der bestehenden Anlagen ein wichtiges Arbeitsgebiet», betont Prasser. Hauptplayer am PSI ist der Bereich «Nukleare Energie und Sicherheit» (NES). Die aktuellen Forschungsthemen betreffen Aspekte der Langzeitsicherheit – zum Beispiel die Alterung von Strukturmaterialien wie etwa die thermische Ermüdung, die schon zu Kühlmittellecks geführt hat, oder der Einfluss von Wasserstoff auf die Festigkeit der Brennstabhüllen. Sie umfassen aber auch vertiefte Analysen zu Störfallabläufen und -management zur Begrenzung der Auswirkungen potenzieller schwerer Störfälle. Dazu kommt, ausserhalb des Kraftwerkbetriebs, die Erforschung der Grundlagen von Barriersystemen in den Wirtsgesteinen für geologische Tiefenlager.

### Fukushima bestätigt Richtigkeit der Schweizer Vorsorge

Der Reaktorunfall in Fukushima habe zwar grosse Veränderungen in der derzeitigen Energiepolitik in der

Schweiz hervorgerufen, führe aber nur graduell zu neuen Tendenzen in der Forschung, hält Prasser fest. «Ich möchte an dieser Stelle klar festhalten: Die Forschung zu schweren Störfällen – wie auch der Stand der Nachrüstungen der Schweizer Kernkraftwerke – war auch vor der Katastrophe von Fukushima auf einem hohen Niveau. Die dort aufgetretenen Phänomene waren nicht neu. Sie können mit den heute verfügbaren Computermodellen gut vorhergesagt werden.»

Das zeigt sich beispielsweise bei der nachträglichen Analyse des Störfalls. Gegenwärtig ist das PSI im Rahmen des sogenannten Fukushima-Benchmark-Projekts mit einer Art forensischen Aufklärung des Störfallablaufs beschäftigt, wobei es im Rahmen der internationalen Arbeitsteilung für den dritten Block des Kernkraftwerks zuständig ist<sup>1</sup>. «Durch Variationsrechnungen können wir die wenigen Messwerte, die nach dem Stromausfall noch aufgezeichnet werden konnten, nachvollziehen und daraus Rückschlüsse über die einzelnen Ereignisse im Störfallgeschehen ableiten», erklärt Prasser. «Damit können wir nachweisen, dass die bisherige theoretische Basis für störfallbegrenzende Massnahmen schon lange vor Fukushima zutreffend war. Und das wiederum bedeutet, dass die in der Schweiz lange vor Fukushima sehr ernst genommenen Nachrüstmassnahmen ebenfalls Hand und Fuss haben, denn ihre Auslegung basiert ja auf solchen Computersimulationen.» Forschungsmässig habe Fukushima aber auch einige Fragen aufgeworfen, die einer Vertiefung bedürfen, wie zum Beispiel die Optimierung von Systemen zur gefilterten Druckentlastung des Containments bei schweren Störfällen oder die weitere Verbesserung des Schutzes vor Wasserstoffexplosionen. →

<sup>1</sup> Mehr dazu in den Medienmitteilungen des PSI: [www.psi.ch/media/rekonstruktion-des-nuklearunfalls-von-fukushima](http://www.psi.ch/media/rekonstruktion-des-nuklearunfalls-von-fukushima)





**Hochqualifizierter Nachwuchs aus der Schweiz für die Kernenergie-Branche: Studierende des Masterstudiengangs «Nuclear Engineering» mit Betreuern im Hotlabor des PSI.**

Foto: H.-M. Prasser

### Vom Hotlabor bis zu den Lebenszyklusanalysen

Als Grossanlage bleibt das Hotlabor des PSI ein wichtiges Instrument für die Untersuchung aktivierter Materialien bis hin zu bestrahltem Brennstoff. Es ist das einzige Labor in der Schweiz, das mit stark radioaktiven Proben bis hin zu ausgedienten Brennstäben arbeiten darf und mit sogenannten Heissen Zellen ausgerüstet ist. Darin werden die Proben hinter dicken Bleiglasscheiben von den Operateuren mit Manipulatoren gehandhabt. Weiter unterstützt das PSI auch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (Ensi) bei der Pflege von komplexen Computermodellen der Kernkraftwerke. Was hingegen heute gemäss Prasser am PSI eher in den Hintergrund tritt, sind die früher prominenten Beiträge zur Entwicklung passiver Sicherheitssysteme für die Generation III – also für jene Kernkraftwerke, die gegenwärtig rund um die Welt gebaut werden.

Prasser verweist jedoch ausdrücklich auf das Labor für Energiesystemanalyse des NES. «Seine Aktivitäten international finden grosse Beachtung», freut sich Prasser. Es sei führend bei der vergleichenden Bewertung von Energietechnologien mithilfe von Lebens-

zyklusanalysen und liefere unter anderem wichtige Beiträge zur Energiestrategie der Schweiz. «Die Ergebnisse dieses Labors verdienen eine viel stärkere Beachtung in der Öffentlichkeit und bei politischen Entscheidungsträgern», findet er, «denn diese Analysen zeigen auf einer nüchternen wissenschaftlichen Basis die jeweiligen Vor- und Nachteile der verschiedenen Energietechniken auf. Ich will hier nicht verschweigen, dass die Kernenergie, gemeinsam mit der Wasserkraft und der Windenergie, alle anderen Technologien deutlich hinter sich lässt.»

Die Arbeiten am PSI werden durch die Forschungsaktivitäten der beiden kerntechnisch ausgerichteten Professuren an der ETH Zürich und an der EPF Lausanne ergänzt. In Lausanne wird vorrangig auf dem Gebiet der Reaktor- und Neutronenphysik gearbeitet, wobei die experimentellen Möglichkeiten am Reaktor Crocus genutzt werden können. Dieser leichtwassermoderierte Schulungsreaktor ist 1983 in Betrieb gegangen und ist heute der einzige verbliebene Reaktor im Schweizer Wissenschaftssystem. An der ETH Zürich ihrerseits werden Beiträge zur Thermofluid-dynamik und zur hochauflösenden Strömungsmesstechnik geleistet. «Gerade Strömungsmesstechnik, die



nicht nur einzelne Messgrößen liefert, sondern räumliche Verteilungen dieser Größen, sind bei der Entwicklung moderner Computerprogramme sehr gefragt», erklärt Prasser.

### **Blick in die Zukunft: Kugelhaufen, Salzschnmelze, Thorium**

Noch etwas grundlegender und akademischer geht es im Bereich der Entwicklung neuer Reaktorkonzepte zu, jenseits der Druckwasser- und Siedewasserreaktoren. Auch hier gibt es langjährige, international beachtete Beiträge des PSI zu vermelden, die fortgesetzt werden und sogar eine gewisse Erweiterung und Neuorientierung erfahren. Grundlage bildet die kürzlich verlängerte Mitgliedschaft der Schweiz im Generation IV International Forum (GIF), das die Zusammenarbeit der beteiligten Institutionen in den Mitgliedsländern koordiniert.

Prasser blickt nach vorn: «Gut positionierte Forschungsarbeiten werden fortgesetzt – beispielsweise zu Hochtemperaturmaterialien und zum natriumgekühlten Reaktor mit schnellen Neutronen. Der gasgekühlte Schnelle Reaktor wird hingegen fallengelassen, doch gleichzeitig nehmen wir die Forschung zum

heliumgekühlten Kugelhaufenreaktor wieder auf. Zudem verstärken wir graduell die Arbeiten zu Salzschnmelze-Reaktoren, wobei wir Brennstoffkreisläufe mit Thorium in die Betrachtungen einbeziehen.»

Zu den drei Stichworten Kugelhaufen, Salzschnmelze und Thorium wurde kürzlich eine vom Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) und von swissnuclear finanziell unterstützte Studie angestossen. Sie hilft, jene Bereiche, in denen das PSI über besondere Erfahrungen verfügt, auszubauen und den weiteren Forschungsbedarf zu identifizieren. Für ihre erfolgreiche Durchführung seien alle wesentlichen internationalen Kontakte vorhanden, kann Prasser vermelden. So besteht zum Beispiel seit kurzem eine vertraglich geregelte Zusammenarbeit mit dem Institute of Nuclear and New Energy Technology an der Tsinghua Universität in Peking. Dieses Institut entwickelt den gegenwärtig in Shidao-Bay in China in Bau befindlichen Kugelhaufenreaktor.

### **Kompetenzerhalt trotz Auslandkonkurrenz**

Gefragt nach der Zukunft der Lehre nennt Prasser als Ziel den nuklearen Kompetenzerhalt. «Die Herausforderung besteht in der mittel- und langfristigen finan-

### **Instruktion der Studierenden im Kernkraftwerk Gösgen.**

Foto: H.-M. Prasser



ziellen Absicherung der Arbeiten», macht er deutlich, «wobei nicht nur das Masterprogramm der beiden ETH, sondern vorrangig auch der Erhalt der Kompetenz von erfahrenen Wissenschaftlern am PSI grosse Aufmerksamkeit verdient. Wir müssen am PSI alle Möglichkeiten nutzen, um für die Schweizer Industrie und die Genehmigungsbehörde auch wirtschaftlich at-

### **Der Studiengang «Master of Science in Nuclear Engineering»**

Die Institutionen des ETH-Bereichs sind die wichtigsten Träger der nuklearen Lehre und Forschung in der Schweiz. Mit der Einführung der zweistufigen Bachelor-/Master-Studiengänge im Rahmen der Bologna-Reform wurde an der ETH Zürich die nukleartechnische Ausbildung neu strukturiert. Die vormalige Professur für Kerntechnik wurde im Frühjahr 2006 von der Professur für Kernenergiesysteme abgelöst. Der Lehrstuhl erhält finanzielle Unterstützung von der ETH-Foundation, die ihrerseits Förderbeiträge von swissnuclear erhält. Der Lehrstuhl für Reaktorphysik und Systemverhalten an der ETH Lausanne wird gänzlich durch den Bund finanziert.

Seit dem Wintersemester 2008/2009 wird der Studiengang «Master of Science in Nuclear Engineering» angeboten. Als damaliges Novum für die Schweiz wird er im Verbund von ETH Zürich und EPF Lausanne und in Zusammenarbeit mit dem PSI durchgeführt. Der Master wird von den beiden Hochschulen gemeinsam vergeben. Im Herbst 2010 wurde der Studiengang von drei auf vier Semester erweitert, wodurch er kompatibel mit den Anforderungen ist, welche die European Nuclear Education Network Association (ENEN) an die Ausbildung von Nuklearingenieuren stellt. Wie alle Masterprogramme an den ETH wird auch der nukleare Studiengang auf Englisch durchgeführt. Die ausländischen Studierenden, und besonders natürlich die Doktoranden, werden ermuntert, Deutsch zu lernen und werden auch dabei unterstützt.

traktiv zu bleiben.» Nicht vergessen werden dürfe, dass die Forschung in der Schweiz mit Anbietern aus dem Ausland in Konkurrenz stehe. Auch das Masterprogramm «Nuclear Engineering» – das Kernelement der Ausbildung von Nachwuchs – sei auf Kontinuität angewiesen.

Seit der Einrichtung des Masterstudiengangs im Jahre 2008 ist laut Prasser die Zahl der Studierenden etwa konstant geblieben. Die Zahl der Einschreibungen schwankt zwischen 12 und 15 Personen pro Jahr, ohne dass Fukushima zu einem gravierenden Rückgang geführt hat. Die Studierenden stammen aus den unterschiedlichsten Ländern und die Zusammensetzung der Gruppe variiert von Jahr zu Jahr. Dabei stammen stets etwa zwei bis drei Studierende aus der Schweiz. Dazu kommen Studierende aus Deutschland, Italien, Frankreich, China und Südkorea, die in jedem Jahrgang vertreten sind. Gelegentlich stossen dazu Studierende aus weiteren Ländern wie Kanada, den USA, Spanien, Griechenland, Russland, Indien, Tschechien, Polen, Litauen oder dem Libanon – ein Hinweis darauf, dass der Masterstudiengang international einen guten Ruf hat.

Prasser zeigt sich denn auch mit dem Niveau der Studierenden sehr zufrieden. «Kerntechnik ist kein Gelegenheitsfach, dass man belegt, wenn man nicht genau weiss, was man will. Dementsprechend motiviert sind die Studierenden.» Nicht vergessen werden dürfe zudem, dass der Masterstudiengang weit über die Gruppe der Nuklearstudenten hinausstrahle. «Alle Fächer des Studiengangs werden auch für Studierende anderer Studiengänge wie Maschinenbau, Prozessingenieurwesen, Elektrotechnik, Umweltingenieurwesen und Physik angeboten und werden gern belegt. Meist sind in den entsprechenden Vorlesungen zwei bis dreimal mehr Studierende aus anderen Studienrichtungen eingeschrieben», freut sich Prasser. Und: Auch hier gibt es keinen Rückgang der Zahlen. «Das ist nach wie vor ein wichtiger Beitrag zur Schaffung von Human Capital für die Branche.» (M. S.)

*Dieser Text ist in ähnlicher Form auch im Mitarbeitermagazin «KKGespräch» Nr. 2/15 des Kernkraftwerks Gösgen erschienen.*

## Die Dosis macht das Gift – auch bei Strahlenbelastung

Für viele gesundheitsgefährdende Stoffe gelten Minimalwerte, unterhalb derer keine schädliche Wirkungen erwartet werden. Bei der ionisierenden Strahlung hingegen hat sich die Linear-No-Threshold-Hypothese durchgesetzt, die jeder noch so geringen Strahlendosis ein Gefahrenpotenzial zuschreibt. Diese Hypothese ist je länger je mehr umstritten und es gibt sogar Beispiele für eine heilende Wirkung kleiner Strahlendosen.

«Die Dosis\* macht das Gift», ein Ausspruch des vor einem halben Jahrtausend lebenden Arztes Paracelsus gilt auch heute noch. Diese allgemein anerkannte Tatsache wird jedoch in Bezug auf ionisierende Strahlung, fälschlicherweise radioaktive Strahlung genannt, ausgeschlossen. Hier gilt die von der ICRP, der internationalen Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection), beschlossene LNT-Hypothese (Linear No Threshold), eine Dosis-Wirkungs-Beziehung, die den EU-Richtlinien und der deutschen Strahlenschutzverordnung zugrunde liegt.

Die LNT-Hypothese bedeutet, dass jede noch so kleine Strahlendosis ein Gefahrenpotenzial darstellt. Sie wurde als Vorsichtsmassnahme eingeführt unter der Annahme, dass Selbstheilungsmechanismen auch durch schwache Strahlung geschädigter Zellen ausgeschlossen werden können und jede Strahlenschädigung unweigerlich zu Zellmutationen und damit Krebsentstehung führt. Ohne genaue Kenntnis davon zu haben, wurde angenommen, dass der gleiche Mechanismus der Krebsentstehung bei hohen und kleinen Dosen abläuft.

### LNT-Hypothese widerlegt?

Diese Annahme stellt sich zunehmend als falsch heraus. In gewichtigem Mass wird über Untersuchungsergebnisse berichtet, die zeigen, dass schwache Dosen

ionisierender Strahlung nicht nur keinen nachweislichen Schaden anrichten, sondern im Gegenteil sogar gesundheitsfördernd sein können. Die Basis der LNT-Hypothese wankt. Es stellt sich immer mehr heraus, dass die Existenz schwacher ionisierender Strahlung sogar essenziell für Leben und Gesundheit der Bevölkerung ist.

Natürlich hat intensive ionisierende Strahlung einen sehr schädigenden Effekt auf empfindliche Moleküle des Lebens, vor allem auf die Erbinformationen in der DNA. Da im Laufe der Erdgeschichte eine wesentlich höhere natürliche Strahlung vorherrschte, hat die Natur im Laufe der Entwicklung viele Reparatur- und Hilfsmechanismen hervorgebracht, die das Leben gegen solche Attacken schützen. Der Schutz durch die zellulären Reparaturmechanismen ist ausserordentlich wirksam, denn nicht einmal bei Nachkommen von Überlebenden des Atombombenabwurfs von Hiroshima wurden vermehrt Mutationen des Erbgutes festgestellt.

### Schutzmechanismen des menschlichen Körpers besser verstehen

Einige Schutzmechanismen sind inzwischen verstanden, bei anderen kommt die Forschung voran. Beispiele für natürliche Verteidigung gegen Schäden sind das Vorhandensein der Doppelstränge bei der DNA-Helix, die Existenz vieler unabhängiger Zellen mit eigenen DNA-Sätzen, der Zellzyklus und der regelmässige Austausch der Zellen.

Dabei hat jeder Rückmeldungs- oder Reparaturmechanismus eine gewisse Reaktionszeit. Deshalb ist die Zelle innerhalb dieser Zeitspanne durch weitere Angriffe verwundbar. Über längere Zeiträume sind die schädigenden Wirkungen jedoch nicht kumulativ. Diese biologischen Zusammenhänge waren kurz nach den Atombombenabwürfen von Hiroshima und Nagasaki nicht bekannt und liessen die Menschen vor der

\* Die Strahlenbelastung wird in Gray Gy (J/ kg) gemessen und gibt die Strahlungs-(Energie-) Dosis an, die von 1 kg des bestrahlten Materials absorbiert wird. Üblicherweise wird jedoch die biologische Wirksamkeit einer Strahlung mit der Äquivalentdosis bewertet. Diese ist das Produkt aus der Energiedosis und einem dimensionslosen Strahlungsgewichtungsfaktor q und wird in Sv (Sievert) gemessen. Da sich der Zahlenwert der Dosisgrösse durch den Strahlungsgewichtungsfaktor auch ändern kann, werden für Energiedosen Gray verwendet, für gewichtete Dosisgrössen Sievert. Der Strahlungsgewichtungsfaktor beträgt für Gamma-Strahlung 1, für Alpha-Strahlung 20. Die Dosisleistung, also die Strahlenbelastung pro Zeiteinheit wird dann durch Gray pro Jahr (Gy/a) oder Sievert pro Jahr (Sv/a) beschrieben. Da 1 Gy oder 1Sv eine sehr hohe Strahlenbelastung darstellt, werden diese Strahlenbelastungen in mGy oder mSv angegeben.

Nukleartechnologie zurückschrecken. Daneben war die Angst vor Atomstrahlen in der Zeit des Kalten Krieges ein wichtiges und wirksames Mittel der Weltpolitik. Der heutige Strahlenschutz ist noch eine Reaktion auf diesen politischen Druck. Das ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable, so wenig wie mit vertretbarem Aufwand möglich), ist die aus Angst geborene Grundlage der LNT-Hypothese.

Die auf der LNT-Hypothese beruhenden Strahlenschutz-Verordnungen sollten dringend überdacht werden, um unnötige Kosten und Verunsicherung der Bevölkerung zu vermeiden<sup>[1-3]</sup>. Immerhin wird in über 3000 Berichten über einen positiven Gesundheitseffekt kleiner Strahlungsdosen berichtet<sup>[4]</sup>.

### Übermässige Angst schadet

Die allgemein existente Angst der Bevölkerung vor jeder Art von Strahlung behindert den medizinischen, wissenschaftlichen und technischen Einsatz von Prozessen, bei denen ionisierende Strahlung entsteht, vernichtet Menschenleben und führt zur Vergeudung von Billionen Euro für Stilllegungen von Kernkraftwerken, Rückbau von Anlagen, Abfallmanagement von radioaktivem Material, Umstellung der Energieversorgung etc.

Ionisierende Strahlung erzeugt Radikale, das heisst kurzlebige Molekülbruchstücke, die Körperzellen und Erbgut beeinträchtigen können. Es gibt keinen Zweifel daran, dass hohe Dosen stark Gewebe schädigend sind. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass Strahlungsdosen unter einem Schwellenwert von 200 mSv nicht nur keine Gesundheitsschäden verursachen, sondern im Gegenteil gesundheitsfördernd sein können. Die Tatsache, dass die Menschheit seit dem Beginn ihrer Entstehung einer kontinuierlichen Bestrahlung mit ionisierenden Strahlen ausgesetzt ist, liess auch kaum ein anderes Ergebnis erwarten.

Molekularbiologen führen diesen Vorgang darauf zurück, dass geringfügige Strahlungseinflüsse einen Reparaturprozess am DNA-Molekül aktivieren, der auch vor zukünftigen Schäden schützt.

#### Zum Autor

Jürgen Langeheine ist promovierter Physiker und ehemaliges Vorstandsmitglied der Geschäftsleitung der BASF-Magnetics / EMTEC. 2012 erschien im AtheneMedia Verlag sein Buch «Energiepolitik in Deutschland, das Geschäft mit der Angst».

Als Risiko hat die ICRP die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Schäden nach einer Strahleneinwirkung bei der Einzelperson durch eine einfache Formel:

$$R = 0,05 / 1 \text{ Sv}$$

festgelegt. Sie gilt ohne Schwellenwert und ohne zeitliche Begrenzung.

Diese Formel sagt aus, dass bei einer Ganzkörperbestrahlung von 1 Mio. Menschen mit 4 mSv innerhalb der nächsten Jahrzehnte 200 Menschen (0,02%) zusätzlich an Leukämie oder Krebs erkranken werden. Zur richtigen Einordnung dieser auf den ersten Blick erschreckenden Zahl muss allerdings berücksichtigt werden, dass allein 2010 in Deutschland 220'000 Menschen an Krebs starben, bei einer Bevölkerung von 80 Mio. also 2,75%. Die Rechnung ergibt also eine Erhöhung von 2,75% auf 2,77%, wenn alle zusätzlichen Krebserkrankungen tödlich enden. Solche Unterschiede sind statistisch kaum zu ermitteln.

### Angstmache mit missbräuchlichen Interpretationen?

Die Formel regt jedoch auch zu missbräuchlichen Interpretationen an, da das relativ kleine Risiko, multipliziert mit einer grossen Bevölkerungszahl eine grosse Zahl von «Krebsopfern» ergibt, mit denen Horrorszenarien aufgebaut werden. Aus 1 Mio. Menschen, die nach einer Bestrahlung mit 1 Sv jeweils mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,05% betroffen sind, werden reale 500 Krebstote. Oder noch diffuser: Der radioaktive Niederschlag nach den Kernwaffentests hat angeblich zu einer Erhöhung der Hintergrundstrahlung auf der Erde um 1 mSv geführt, bei 7 Mrd. Menschen auf der Erde also zu 350'000 zusätzlichen Krebstoten.

Auf diese Weise wurden nach dem durch Unkenntnis und sträfliche Unachtsamkeit verursachten Unglück in Tschernobyl 54'000 zusätzliche Krebs-Todesfälle vorhergesagt, von denen nachvollziehbar 56 wirklich eingetreten sind. 47 durch zu hohe Strahlendosis beim Unfall direkt und 9 von 4000 Schilddrüsenerkrankungen, die nach dem Unfall festgestellt wurden.

Bei Risikoabschätzungen bei kleinen Strahlendosen kommt es mithilfe der LNT-Hypothese zu völlig falschen Ergebnissen, da der im menschlichen Organismus vorhandene Selbstheilungsmechanismus bei kleinen Strahlungsdosen in der LNT-Hypothese nicht berücksichtigt wird. →



### «Gute» freie Radikale

Hier liegen ähnliche Verhältnisse vor wie bei der Theorie der freien Radikale, die besagt, dass infolge des Stoffwechselprozesses aus molekularem Sauerstoff des Atmungsprozesses in den Zellen sog. freie Radikale (ROS) entstehen. Mit ihrer Freisetzung schädigen die freien Radikale für die Funktion der Zelle wichtige Moleküle, wie die DNA, die RNA und eine Vielzahl von Proteinen und Lipiden. Ein erhöhter Stoffwechsel führt damit zu einer verstärkten Radikalbildung und sollte damit negativ auf die Lebenserwartung wirken. Antioxidantien, die als Radikalfänger eingesetzt werden, müssten damit eine lebensverlängernde Wirkung haben. Doch konnte Ristow<sup>[5]</sup> zeigen, dass freie Radikale notwendig sind, um einen hormesischen Prozess in Gang zu setzen, wodurch die Zelle eine erhöhte Abwehrkapazität gegen freie Radikale erzielt. Eine zu grosse Menge Antioxidantien verhindert dagegen die Mitohormesis und führt sogar zu höheren Mortalitätsraten<sup>[6]</sup>.

Der ausgewachsene Mensch beherbergt ca.  $10^{14}$  Zellen, die ca.  $10^{11}$  Zellteilungen pro Tag erfahren. Damit entstehen ca.  $10^{16}$  neue Zellen während eines 70-jährigen Lebens. Die DNA jeder Zelle wird täglich durch reaktive Sauerstoffradikale (ROS) angegriffen und führt zu ca. 40 Strangbrüchen pro Jahr<sup>[7]</sup>, während die natürliche Hintergrundstrahlung von ca. 2 mSv etwa 0,1 Strangbrüche verursacht. Das Einatmen von Sauerstoff (ca. 500 g pro Tag für einen Menschen) stellt also ein Krebsrisiko dar, welches erst bei einer Strahlendosis erreicht wird, die die natürliche Strahlungsdosis um Grössenordnungen übersteigt.

Der Reparaturmechanismus der Zellen und die Zeitspanne für den Reparaturprozess werden bei der LNT-Hypothese vernachlässigt. Deshalb ist auch die Praxis der ICRP, einer über lange Zeit aufsummierten Dosis das gleiche Risiko zuzuordnen wie einer kurzzeitigen Belastung gleicher Stärke, falsch. Das Immunsystem eines lebenden Organismus kann einen Schaden umso besser abwehren, je länger der Zeitraum ist, über den die Dosis verteilt ist.

Diese Erfahrungen sind bei Beeinflussung durch Licht, Chemikalien, Bakterien und Viren bekannt. Nur bei der Strahlung wird dieser Effekt offiziell nicht zur Kenntnis genommen, obwohl der menschliche Organismus auf der Erde überall einer ionisierenden Bestrahlung ausgesetzt ist, die in Deutschland<sup>[8]</sup> für jeden Einwohner im Mittel ca. 4 mSv pro Jahr\* beträgt (0,47 mSv Bodenstrahlung, 0,35 mSv kosmische Strahlung, Atemluft (Radongehalt!) 1,3 mSv, Nahrungsmittel 0,3 mSv und 1,8 mSv aus medizinischen Untersuchungen).

### Widersprüche geben zu denken

Die in Deutschland lebenden 80 Mio. Menschen erhalten damit bis zu ihrem 80. Lebensjahr im Mittel (40 Jahre) eine Dosis von ca. 160 mSv. Nach der Formel des ICRP müssten in Deutschland durch ionisierende Strahlung jedes Jahr pro Mio. Einwohner 8000 Menschen jährlich von Leukämie oder Krebs neu befallen werden, also insgesamt 640'000 Menschen. Bei einer Heilungsrate von 50% würden 320'000 Todesfälle pro Jahr in Deutschland allein auf den Einfluss ionisierender Strahlung zurückzuführen sein. Laut deutscher Krebsstatistik und einer Harvard-Untersuchung<sup>[9]</sup> sind jedoch 1,5% der 2010 durch Krebs erfolgten 220'000 Todesfälle auf die Einwirkung ionisierender Strahlung zurückzuführen, also 3300 Todesfälle, 1% des Vorhersagewertes nach dem ICRP-Modell!

Dieser Widerspruch allein sollte zum Nachdenken darüber anregen, ob die LNT-Hypothese ohne Einschränkung überhaupt gilt.

Geringe Dosen schädlicher oder giftiger Substanzen können eine positive Wirkung auf den Organismus haben, ein Effekt, der in der Medizin unbestritten ist und zur Heilung eingesetzt wird. Die Giftwirkung setzt erst ein, wenn eine gewisse spontan eingenommene Dosis überschritten wird. Auch über einen Gewöhnungseffekt des menschlichen Organismus an geringe Dosen besteht kein Zweifel. Wenn das nicht so wäre, würde jedes Glas Wein ein Schritt in Richtung «Selbstmord» durch Alkohol sein, was ein übermässiger Alkoholgenuss ohne Zweifel sein kann.

### Vielfältige Beispiele aus der ganzen Welt

Dem Menschen wird jedoch dieser Schutzmechanismus bezüglich der ionisierenden Strahlung abgesprochen, obwohl er seit Beginn seiner Existenz auf der Erde einer anfänglich weitaus höheren Bestrahlung ausgesetzt war und immer noch ist. Kaum eingegangen in die Betrachtungen des ICRP ist die Tatsache, dass in einigen Gegenden der Welt seit Jahrhunderten die in Deutschland vorherrschende Bodenstrahlung deutlich überschritten wird und Werte von 10 mSv! pro Jahr erreicht (Monazit-Abbaugelände in Kerala, Indien), ohne feststellbar erhöhte Krebs-Leukämieraten oder Veränderungen des Erbgutes. →

\* Die Redaktion: Die mittlere jährliche Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung beträgt laut Bundesamt für Gesundheit (BAG) rund 5,5 mSv pro Person. Der im Vergleich zu Deutschland höhere Wert kommt zustande, weil die Radonbelastung gemäss Risikoeinschätzung der ICRP seit 2010 auf 3,2 mSv (früher 1,6 mSv) geschätzt wird.



Doch nicht nur in Indien findet man bewohnte Gebiete mit hoher natürlicher Strahlung. Yangjiang in China, Guarapari in Brasilien und Ramsar im Iran sind weitere bekannte Gebiete mit sehr hoher natürlicher Strahlung.

In Ramsar liegt die mittlere Strahlenbelastung ebenfalls bei 10 mSv pro Jahr, einige Gebiete der Stadt mit ca. 2000 Einwohnern weisen eine Strahlenbelastung bis zu 260 mSv pro Jahr aus. Auch in Deutschland ist der Wert der Bodenstrahlung von 0,47 mSv nicht konstant. Im Bayerischen Wald werden Werte von 1,5 mSv erreicht, ohne nachweisbare gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung.

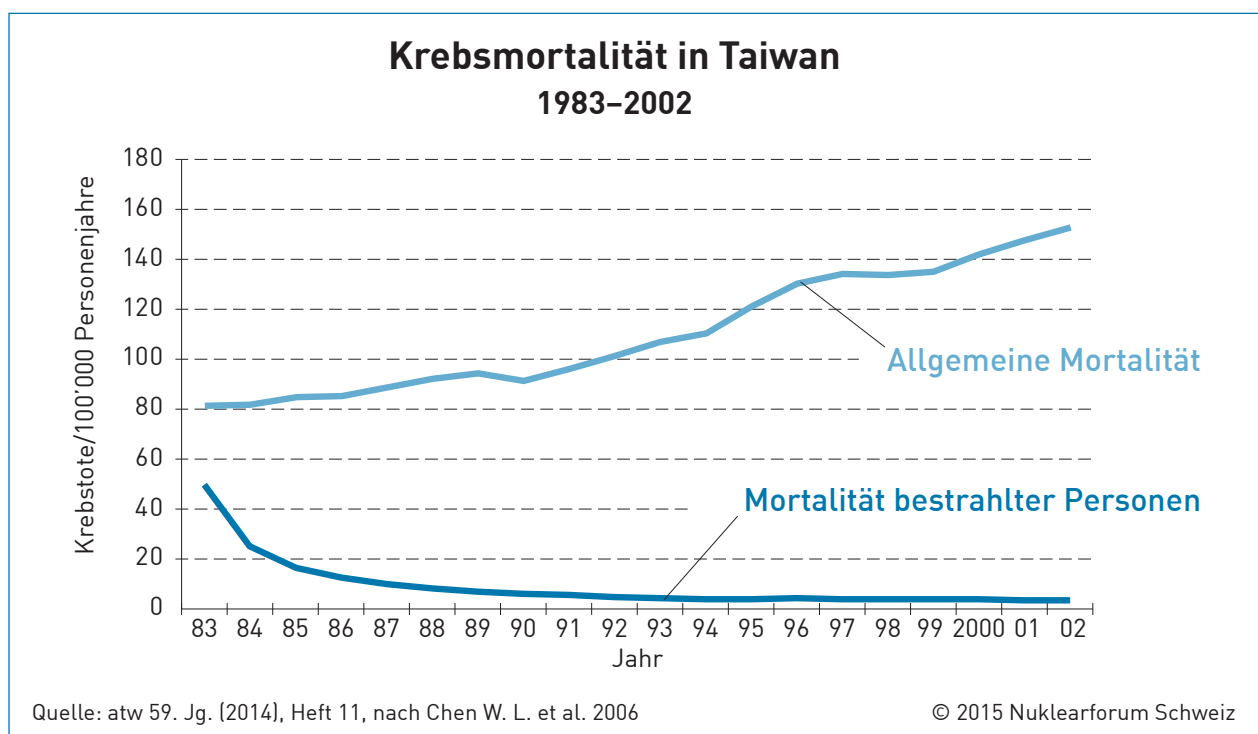
Eine Strahlendosis von 100 mSv pro Jahr stellt nach deutschen Richtlinien den Eingreifrichtwert für eine Umsiedlung der betroffenen Bevölkerung dar, da angeblich mit einer steigenden Krebsrate und Genschäden zu rechnen ist. Die Bewohner von Ramsar leben seit vielen Generationen mit dieser hohen Hintergrundstrahlung, die nach dem LNT-Modell genetische Abnormitäten und ein erhöhtes Krebsrisiko bedeuten. Da nach den Harvard-Untersuchungen<sup>[9]</sup> davon ausgegangen werden kann, dass ca. 1,5% aller Krebsarten von ionisierender Strahlung hervorgerufen werden, müss-

ten im Laufe der Zeit alle Einwohner Ramsars bereits an Krebs gestorben sein. Die Untersuchungen von Mortazavi et al.<sup>[10]</sup> zeigen jedoch bei zytologischen Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu Menschen, die unter normalen Umweltverhältnissen leben.

### Positive Effekte bei kleinen Strahlendosen

Im Gegensatz zur allgemeinen Ansicht zeigen viele Versuche mit geringen Strahlendosen einen positiven Effekt bezüglich Schutz vor, beziehungsweise Verlangsamung einer Krebsausbreitung bei Tierversuchen, wie in den Veröffentlichungen von Sanders<sup>[11]</sup>, Doss<sup>[12]</sup>, Jolly und Meyer<sup>[13]</sup> berichtet wird.

In seiner Arbeit «The health effect of low dose ionizing radiation» zeigt Luckey<sup>[14]</sup> dass ein optimaler Gesundheitszustand bei Säugetieren bei einer Strahlenbelastung von 60 mSv pro Jahr erreicht wird, dass das Lungenkrebsrisiko mit steigender Radonbelastung amerikanischer Häuser zurückgeht<sup>[15]</sup>, dass die Krebsmortalitätsrate mit steigender Dosis schwacher Strahlung sinkt und dass mit steigender natürlicher Strahlenbelastung mit rückläufigen Krebserkrankungen zu rechnen ist<sup>[16]</sup>. →



In die gleiche Richtung weisen die Ergebnisse einer Untersuchung in Taiwan <sup>[17]</sup>. Dort wurde 1980 in Taipeh mit Co-60 (Halbwertszeit 5,3 Jahre) kontaminierter Stahl in Wohngebäuden verbaut. Erst nach 20 Jahren wurde dieser Fehler festgestellt. Die anfängliche Bestrahlung erreichte bis zu 900 mSv!! pro Jahr und liess entsprechend der Halbwertszeit in den Jahren nach. Die mittlere Dosis für alle betroffenen Personen wird mit 400 mSv pro Jahr angegeben. Der Gesundheitszustand der Bewohner wurde nach Bekanntwerden des Baufehlers eingehend auf Krebs, Leukämie und Missbildungen untersucht. Die Abbildung <sup>[17]</sup> zeigt den Einfluss der Bestrahlung auf die Krebs-Sterberate im Vergleich zum allgemeinen Verlauf in Taiwan (siehe Seite 19).

### Unerwartet tiefe Krebsraten

Die mittlere Mortalitätsrate für Krebs lag in Taiwan in den Jahren zwischen 1983 und 2002 bei 116 Toten auf 100'000 Personen-Jahren. Das bedeutet beispielsweise für 10'000 Personen in einem Zeitraum von 20 Jahren ( $10'000 \cdot 20 \cdot 116 / 100'000$ ) erwartete 232 Tote. An Krebs starben von den Bewohnern jedoch nur 3% dieser erwarteten Zahl. Völliger Schutz gegen Krebsbefall konnte aufgrund der vielfältigen Entstehungsursachen jedoch nicht festgestellt werden, wie spätere Untersuchungen von Hwang et al. <sup>[18]</sup> zeigten. Von 7271 Menschen mit 101'560 Personen-Jahren und einer mittleren Strahlenbelastung von 47,8 mSv pro Jahr (Bandbreite 1 bis 2363 mSv pro Jahr) wurden 141 Krebsfälle diagnostiziert. Die Mortalitätswerte änderten sich jedoch nicht.

Obwohl viele der Bewohner über lange Zeit eine sehr hohe Strahlendosis erhalten hatten, wurden keine nachteiligen Krankheitssymptome, wie Strahlenkrankheit, deutlich steigende Krebsrate oder Missbildungen beobachtet. Auch Chromosomenveränderungen konnten ausgeschlossen werden.

Diese Ergebnisse sind ein Beispiel dafür, dass lebende Organismen in der Lage sind, Schäden durch ionisierende Strahlung zu reparieren und Schutzmechanismen auch gegen Zellschädigungen durch andere Ursachen aufzubauen und ein zufällig entstandenes positives Experiment an Menschen.

Im Gegensatz zum Anstieg der Krebsrate bei kurzzeitig sehr hohen Dosen (>2 Sv), der bei Personen beobachtet wurde, die durch Atombomben geschädigt waren, wurde in Taiwan ein positiver Effekt bezüglich der Gesundheit bei geringeren Dosen schon kurze Zeit nach der Bestrahlung beobachtet, wie die Abbildung zeigt.

### Relativiertes Risiko

Diese Ergebnisse widerlegen die allgemein verbreitete und politisch verankerte Annahme, dass jede auch noch so kleine Dosis potenziell schädlich ist. Die Konsequenzen für alle Risikoanalysen in Bezug auf ionisierende Strahlung bei der Anwendung der Kerntechnologie in Medizin und Technik liegen auf der Hand und relativieren die in Deutschland allgemein verbreitete Ansicht, Strahlung sei grundsätzlich gesundheits-schädlich.

Das Gegenteil scheint Realität zu sein, geringe Strahlungsdosen scheinen eine aussichtsreiche Waffe gegen Krebs zu sein und könnten für eine deutliche Reduktion der Sterblichkeitsrate sorgen.

Diese Erkenntnisse sollten ernsthaft überprüft werden und die Strahlenschutzverordnungen gilt es entsprechend zu überarbeiten. Die Einführung eines Schwellenwertes, bis zu dem keine Strahlenschäden, sondern im Gegenteil positive gesundheitliche Auswirkungen zu erwarten sind, würde die Strahlenschutzmassnahmen drastisch vereinfachen und Billionen Euro einsparen, Mittel, die erheblich sinnvoller zur Lösung sozial- und wirtschaftspolitischer Probleme eingesetzt werden könnten.

In diesem Zusammenhang und mit dieser Erkenntnis ist auch Kernenergiepolitik zu beurteilen und auf der Grundlage von hohen Technologiestandards in eine zukunftsorientierte Energieversorgung einzubinden. (Jürgen Langeheine)

*Nachdruck aus atw 59 (2014), Heft 11, November. Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Inforum Verlags. Die Zwischentitel wurden von der Redaktion gesetzt.*

## Literatur

- [1] Becker K. und Roth E., «Zur Wirkung kleiner Strahlungsdosen», in: atw 10, 1998, pp. 616–620
- [2] Becker K., «LNT or not LNT that is the question», in: Strahlenschutzpraxis 2, 2006, pp. 44–48
- [3] Weber K. H., «Kritik an der linearen Extrapolations-Hypothese biologischer Strahlenwirkungen», [http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2000/07/03\\_weber\\_kh.pdf](http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2000/07/03_weber_kh.pdf)
- [4] Luckey T. D., «Abundant health from radioactive waste», in: Int J Low Radiation 5, 2008, pp. 71–82
- [5] Ristow, M., «Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans», in: Proc Nat Acad Sci 106, 2009, pp. 8865–8870
- [6] Bjelakovic G. et al., «Mortality in Randomized Trials of Antioxidant Supplements of Primary and Secondary», in: Prevention JAMA 297, 2007, pp. 842–857
- [7] Steward, R. D., «On the complexity of DNA damages created by endogenous processes», in: Radiat. Res. 152, 1999, pp. 101–105
- [8] Langeheine J., Energiepolitik in Deutschland – das Geschäft mit der Angst, AtheneMedia Verlag, ISBN 978-3-86992-054-2
- [9] Harvard Reports on Cancer Prevention, 1996
- [10] Mortazavi S. M. J. et al., «Cancer incidence in areas with elevated levels of natural radiation», in: Int. J. of Low Radiation 2(1/2), 2006, pp. 20–27
- [11] Sanders C. L., Radiation Hormesis and the Linear No Threshold Assumption, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2010, ISBN 978-3-642-03719-1
- [12] Doss M. «Evidence Supporting Radiation Hormesis in Atomic Bomb Survivor Cancer Mortality Data», in: Dose Respose 10(4), 2012, pp. 584–592
- [13] Jolly D. and Meyer J., «A brief review of radiation hormesis», in: Austral. Phys Eng Sci Med 32(4), 2009, pp. 180–7
- [14] Luckey T. D., «The health effect of low dose ionization radiation», in: J. of American Physicians and Surgeons Vol. 13(2), 2008, pp. 39–42
- [15] Cohen B. L., «The test of the linear no threshold theory of radiation carcinogenesis for inhaled radon decay products», in: Health Phys 68, 1995, pp. 157–174
- [16] Nambi K. S. V. and Soman S. D., «Environmental radiation and cancer deaths in India», in: Health Phys 52, 1987, pp. 653–666
- [17] Chen W. L. et al. «Effect of cobalt-60 exposure on health of Taiwan residents suggest new approach needed in radiation protection», in: Dose Response Aug 25, 5(1), 2006, pp. 63–75
- [18] Hwang S. L. et al., «Cancer risks in a population with prolonged low dose-rate  $\gamma$ -radiation exposure in radiocontaminated buildings, 1983–2002», in: J. rad. Biol. 82(12), 2006, pp. 849–858

## Kernenergie im Ständerat und im Wahlkampf

In der Herbstsession 2015 hat der Ständerat erstmals über die Energiestrategie 2050 debattiert. Darüber hinaus erhielt die Kernenergie auch im Zusammenhang mit den Parlamentswahlen beträchtliche Aufmerksamkeit von den Schweizer Zeitungen. Im Fokus standen einmal mehr die Laufzeiten der Schweizer Kernkraftwerke im Allgemeinen und die von Beznau im Speziellen.

Im Rahmen der parlamentarischen Beratung der Energiestrategie 2050 kippte der Ständerat das vom Nationalrat eingeführte Langzeitbetriebskonzept und die damit einhergehende Beschränkung der Laufzeit des Kernkraftwerks Beznau auf maximal 60 Jahre. Die Reaktionen darauf in den Schweizer Printmedien fielen unterschiedlich aus. Der Kommentator von «Blick am Abend» zum Beispiel bescheinigte darauf den Kernkraftwerken «ewiges Leben». Die Energiewende sei keine Wende und der Atomausstieg kein Ausstieg, so seine Erkenntnis. Dabei hat in seinen Augen Deutschland die Machbarkeit der Energiewende bereits bewiesen. Das Verbot neuer Kernkraftwerke sei zudem gerade kein Anreiz, «alte Kernkraftwerke freiwillig rechtzeitig abzuschalten».

Gewohnt differenzierter, aber auch nicht unbedingt optimistisch fiel die Analyse von Hanspeter Guggenbühl aus. In der nach eigenen Angaben «linken» Zeitung «P.S.» schrieb er: «Keine Energiespar-Verpflichtung für Stromverkäufer. Keine Laufzeitbegrenzung für alte AKW. Keine Abgabe auf importiertem Kohlestrom: Mit diesen Beschlüssen bremst der Ständerat die Schweizer Energiewende.» Allerdings, so Guggenbühl, seien diese Beschlüsse des Ständerates nicht definitiv und die Energiestrategie würde «das Parlament nach den Wahlen weiter beschäftigen». «Der Bund» erkor die Diskussion über das Abschaltdatum der beiden Beznau-Reaktoren zur «Kernfrage der Energiestrategie 2050». «Falls es bei den ständerätlichen AKW-Beschlüssen bleibt», so «Der Bund» weiter, «wollen die Grünen ihre Ausstiegsinitiative für eine Abschaltung der AKW nach 45 Jahren vors Volk bringen.»

### Ständeratskandidaten und der Atomausstieg

Bald nach der Herbstsession ging das mediale Interesse von den amtierenden zu den kandidierenden Ständeräten über. Die «Thurgauer Zeitung» berichtete Ende September von einem Schlagabtausch zwischen den

bisherigen Brigitte Häberli (CVP) und Roland Eberle (SVP) und dem «Herausforderer» Klemenz Somm von den Grünliberalen. Letzterer warf den beiden anderen vor, die Energiewende nur halbherzig zu unterstützen: «Ich bin für den Atomausstieg bis 2029. Eberle will aussteigen, wenn es kein Uran mehr gibt. Häberli will aussteigen, wenn es die Mehrheit will.» Die derart Angegriffenen widersprachen vehement. «Diese Aussage ist absoluter Schwachsinn», liess sich Axpo-Verwaltungsrat Eberle zitieren. Er stehe hinter dem schrittweisen Atomausstieg, wie ihn das Parlament 2011 beschlossen habe. Dass es keine Laufzeitbeschränkung brauche und die aktuelle Regelung genüge, «zeigt laut Eberle der Fall des AKW Beznau-1. Es werde jetzt nach der Revision vorerst nicht wieder hochgefahren, da im Stahlmantel Einschlüsse entdeckt worden sind.» Auch Häberli wies den Vorwurf von sich. Sie bedaure «den Negativwahlkampf von Herrn Somm, der sich so zu profilieren versucht». Schliesslich habe sie als eine der ersten die Motion unterschrieben, welche die Energiewende eingeleitet habe. Die beiden Bisherigen wurden übrigens wiedergewählt.

Die «Basellandschaftliche Zeitung» fragte die Stadt-Baslerin Anita Fetz von der SP, die für eine vierte Amtszeit im Ständerat kandidierte, nach ihrer Haltung zur Kernenergie: «Zusammen mit den Anti-AKW-Organisationen konnten wir aufdecken, dass die AKWs den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds miserabel füllen. In diesem Fonds fehlen Milliarden. Der Bund musste deshalb die Verordnung ändern», gab sie zur Antwort. Und weiter: «Bei der Energiewende ist es nicht gelungen, einen Ausstiegstermin zu fixieren. Das hat mich sehr geärgert.» Auch Fetz wurde im Amt bestätigt.

### «Energiepolitische Richtungswahlen»?

So titelte die «Aargauer Zeitung» (AZ) rund zwei Wochen vor den Wahlen. Diese seien «Richtungswahlen für verschiedene Dossiers, in Bezug auf die bundesrät-

liche Energiestrategie 2050 gilt dies jedoch in ganz besonderem Ausmass». Insbesondere das Langzeitbetriebskonzept sei aufgrund der sich abzeichnenden Sitzgewinne der bürgerlichen Parteien «absturzgefährdet». Somit könne das Volk «am 18. Oktober den Befristungskurs mitbeeinflussen. Entscheiden die Volksvertreter in dieser Frage nicht wie von den Bürgern gewünscht, gibt es dann bald die Möglichkeit zur direkten «Korrektur» – mittels grüner Atom-Ausstiegsinitiative, welche die Abschaltung aller AKWs nach 45 Jahren fordert».

In der Solothurner Ausgabe der AZ lasen wir rund eine Woche später einen Kommentar, der die Wahlversprechen gewisser Politiker mit dem Kernkraftwerk Beznau, oder genauer dessen Reaktordruckbehälter, verglich: «Die Wände von Beznau-1 sind ja – zumindest bis heute – dicht geblieben. Dichter jedenfalls, als so manches Wahlversprechen eidgenössischer Politiker.»

### Der Redaktor weiss wie's geht

In der «Sonntagszeitung» vom 11. Oktober erfuhren wir von einer Studie, gemäss der «nur Kraftwerke in Armenien und Taiwan «verletzlicher» als Beznau» sind. Eigentlich hätte man ja nach der fünften Zeile weiterblättern können, denn «den Auftrag zur Analyse dazu gab der welsche Verein Sortir du Nucléaire». Wir haben dennoch weitergelesen und erfahren, dass nicht «die Wahrscheinlichkeit eines GAUs» sondern lediglich dessen mögliche Folgen Thema der Studie waren. Im Weiteren kam heraus, dass die angeblich hohe «Verletzlichkeit» der Schweizer KKW insbesondere auf ihre geografische Lage, respektive ihre Nähe zu dicht besiedelten Gebieten zurückzuführen ist. Die Studie kam gemäss «Sonntagszeitung» zum Schluss, «dass sich im Unfall-Ernstfall «die Frage nach dem Verschwinden von mehreren Kantonen stellen» würde. Das Land könnte, so die Studie, durch einen Unfall sogar «physisch in zwei Teile zerschnitten werden».

In der gleichen Ausgabe gab es zudem Anweisungen des Bundeshausredaktors an den designierten Verwaltungsratspräsidenten der Axpo, der im März 2016 seine Stelle antreten wird: «Keine weiteren Millionen für das Monster» namens Beznau. «Die Axpo hat offenbar für sich beschlossen, mit ihrer 700-Millionen-Fehlinvestition den «Point of no Return» überschritten zu haben», so der Artikel. «Jetzt finanziert man den immer kostspieligeren Weiterbetrieb auf Zusehen hin. Der Ausstieg kostet Milliarden, ihn hinauszuschieben und mit immer höheren Millionensummen abzuwenden, ist keine erfolversprechende Geschäftsstrategie.»

### Unterschiedliche Einschätzungen der Wahlen

In der Woche nach den Parlamentswahlen gab es verschiedenlich Analysen, die Bezug auf den Atomausstieg und dessen Stellung im neuen Parlament nahmen. Gewohnt flapsig kam die Kolumne von Andi Stutz im «Blick am Abend» daher: «Die Groupies der Kernkraft haben die Wahlen gewonnen. Es werden trotzdem keine neuen Atommeiler in den Himmel schiessen. In der letzten Legislatur wurde die Abschaltung alter AKW und damit der langfristige Ausstieg beschlossen. «Langfristig» kann interpretiert und gedehnt werden. Gute Zeiten für die Freunde der heissen Brüter. Gewinne statt Gemeinwohl?» Als Kontrapunkt sei auch an dieser Stelle auf die Einschätzung von Hanspeter Guggenbühl verwiesen, erschienen wiederum bei «P.S.» und zusätzlich in der «Tageswoche». Guggenbühl hielt fest, dass trotz der knappen Mehrheit der Kernenergie freundlichen SVP und FDP die Energiestrategie kaum weiter geschwächt werden dürfte, als dies der Ständerat in seinen Augen eh schon getan hat. Er ortet nämlich «Lücken bei rechten Gegnern» der Energiestrategie, namentlich «die Berner FDP-Frau Christa Markwalder und der Thurgauer SVP-Vertreter Markus Hausammann (TG)», die für die Energiestrategie gestimmt hatten, und Erich von Siebenthal von der Berner SVP, der sich enthalten hatte. Guggenbühl rechnet damit, «dass der nach rechts gerückte Nationalrat auf die Fassung des Ständerats einschwenken wird. Dabei handelt es sich weitgehend um die ursprüngliche Energiestrategie, die der Bundesrat nach der Atomkatastrophe von Fukushima in seiner bisherigen Zusammensetzung beschlossen hat.» Überhaupt habe die Wende schon begonnen, «denn die Alterung sorgt dafür, dass die Produktion von Atomstrom in der Schweiz auch ohne politische Schranken mittelfristig ausläuft».

### Lokalpolitik und Aussensicht

Neben der nationalen setzte sich auch die lokale Politik mit dem Kernkraftwerk Beznau auseinander, wie das «Badener Tagblatt» vom 31. Oktober zeigte. Auf ein Postulat des ehemaligen Greenpeace-Kampagnenleiters Leo Scherer hin müssen seine Kollegen im Wettinger Einwohnerrat der Frage «Was passiert den Wettingerinnen und Wettingern, wenn im Atomkraftwerk Beznau-1 eine radioaktive Wolke austritt?» nachgehen. Konkret wolle Scherer «im Interesse der Bevölkerung wissen, welche Strahlenbelastung im 1. Jahr und welche in den 50 Folgejahren nach einem Unfall zu erwarten sind». Das Postulat wurde bis Redaktionsschluss noch nicht behandelt. →



Wir beenden diese nicht abschliessende Medienbetrachtung mit einer erfrischenden Aussensicht. Mitte November weilte die Nuklearingenieurin Leslie Dewan in Zürich. Mit ihrem Startup-Unternehmen Transatomic Power Corporation (TAP) entwickelt sie einen Flüssigsalzreaktor (siehe Seite 8). Im Interview mit der «Schweiz am Sonntag» wurde sie gleich zu Beginn gefragt, ob sie sich in der Nähe des ältesten laufenden Kernkraftwerks der Welt sicher fühle. «Aber natürlich», antwortete sie, «ich finde das cool.» In der Nähe ihres Wohnorts befände sich übrigens einer der ältesten Forschungsreaktoren der Welt. «Der stammt sogar aus den 50ern.» Das Kernkraftwerk Beznau sei 16 Jahre älter als sie, bohrte der Journalist weiter und wollte von Dewan wissen, ob man so alte Werke nicht

besser ausser Betrieb nehmen würde. Ihre Antwort: «Ich bin sehr dafür, sie laufen zu lassen. In den USA gab es mehrere Abschaltungen, und das ist eine Schande. Denn die Kernkraftwerke wurden vor allem durch Strom aus Kohle und Gas ersetzt.» Auf die Frage nach ihren Gedanken bei dem Unfall in Fukushima-Daiichi gab sie zu bedenken: «Das war schockierend. Schrecklich. Das war aber auch ein Weckruf für die Industrie. Und für mich war es eine Motivation, Reaktortypen zu erforschen, die sicherer sind.» Der Fairness halber sei an dieser Stelle noch gesagt, dass sich die meisten der übrigen 17 Fragen dann tatsächlich um die Entwicklung des Flüssigsalzreaktors drehten. (M. Re. nach verschiedenen Medienberichten)

## Schweiz

Bei den Beratungen zur **Energiestrategie 2050** sprach sich der Ständerat gegen ein Langzeitbetriebskonzept und gegen eine Befristung der Betriebsdauer der schweizerischen Kernkraftwerke aus. Neue Kernkraftwerke sollen aber nicht gebaut werden dürfen. Das Geschäft geht zurück an den Nationalrat, der in neuer Zusammensetzung zum zweiten Mal darüber beraten wird.

Ein **Endlager** für radioaktive Abfälle soll auch gegen den Willen des betroffenen Kantons gebaut werden dürfen. Nach dem Ständerat lehnte es auch der Nationalrat ab, ein Vetorecht einzuführen. Das Kantonsbegehren «Standesinitiative Schaffhausen. Mitbestimmungsrechte der Bevölkerung beim Bau eines Endlagers für radioaktive Abfälle» ist somit erledigt.

Abgeltungen und Kompensationsmassnahmen sind im «Sachplan geologische Tiefenlager» ausreichend geregelt. Weitere gesetzliche Regelungen darüber hinaus sind nicht notwendig. Zu diesem Schluss kam der **Bundesrat** nach Prüfung des Berichts zum Postulat «Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers».

Seit Anfang 2015 prüft das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (Ensi) die technischen Berichte und Analysen, mit denen die **Nagra** ihren Vorschlag, Zürich Nordost und Jura Ost als potenzielle Standortgebiete für geologische Tiefenlager in der Etappe 3 der Standortsuche weiterzuverfolgen, begründet hatte. Das Ensi verlangte nun von der Nagra **zusätzliche Unterlagen**, wodurch es im Zeitplan zu einer Verzögerung um sechs bis zwölf Monate kommt.

Drei Behälter mit verglasten hochaktiven Abfällen aus der **Wiederaufarbeitung** erreichten im September 2015 das zentrale Zwischenlager der Zwilag. Zum ersten Mal wurden solche Abfälle aus Sellafield, Grossbritannien, zurückgeführt.

Die **Schweiz** und die Nuclear Energy Agency (**NEA**) der OECD verlängerten ihre Zusammenarbeit zur Forschung und Entwicklung von **Kernkraftwerken der IV. Generation**.

Die Schweiz liess rund 2,2 kg hoch angereichertes Uran (HEU) aus dem stillgelegten Forschungsreaktor der Universität Basel ins Ursprungsland USA zurücktransportieren. Die **Schweiz** ist somit **HEU-frei**.

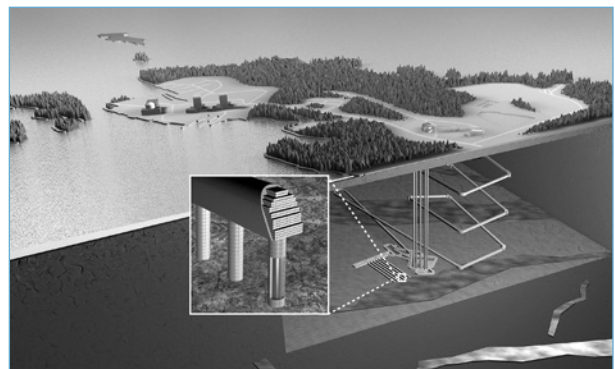


Die Rückführung des HEU aus dem Basler Forschungsreaktor erfolgte im Rahmen der Global Threat Reduction Initiative (GTRI).

Foto: NNSA

## International

Die **finnische Regierung** genehmigte am 12. November 2015 den Bau des weltweit ersten **Tiefenlagers** für hochaktive Abfälle. Es soll den ausgedienten Kernbrennstoff der Kernkraftwerkseinheiten Olkiluoto-1 und -2, Olkiluoto-3 (in Bau) und Olkiluoto-4 (in Planung) der Teollisuuden Voima Oyi (TVO) sowie Loviisa-1 und -2 der Fortum Power and Heat Oy aufnehmen. →



Modellbild des geologischen Tiefenlagers für hochaktive Abfälle auf der Halbinsel Olkiluoto. Hier wird das weltweit erste solche Lager gebaut.

Foto: Posiva

Die schwedische Entsorgungsgesellschaft Svensk Kärnbränslehantering AB (**SKB**) rechnet damit, ab 2019 mit dem Bau des nationalen **Tiefenlagers** für ausgediente Brennelemente zu beginnen. Ab 2030 soll es seinen regulären Betrieb aufnehmen. Die SKB wählte ein Gebiet im Südosten des Kernkraftwerks Forsmark als Standort aus, weil das Gestein trocken ist und nur wenige Bruchzonen aufweist.

Die **australische Regierung** nahm sechs Standorte in die engere Auswahl, die freiwillig zum Bau eines nationalen **Endlagers** für schwach- und mittelaktive Abfälle nominiert waren. Eine öffentliche Vernehmlassung endet am 11. März 2016. Danach sollen in einer nächsten Phase zwei bis drei dieser Standorte vertieft untersucht werden.

Ein neuer «Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear» (**Gain**) soll die **Nuklearindustrie** in den **USA** besser vernetzen. Die amerikanische Regierung setzt sowohl auf zukünftige Reaktorkonzepte als auch auf den Weiterbetrieb des heutigen Kernkraftwerksparks.

Die amerikanische National Nuclear Security Administration (NNSA) des Department of Energy (DOE) entfernte rund 1 kg hoch angereichertes Uran (HEU) amerikanischen Ursprungs aus dem jamaikanischen Forschungsreaktor UWI CNS Safe Low-Power Critical Experiment (Slowpoke). Somit ist die **Karibik HEU-frei**.

Seit dem Entfernen des bestrahlten Flüssigbrennstoffs aus dem Forschungsreaktor IIN-3M Foton des Radiation and Technological Complex in Taschkent ist **Usbekistan frei von** hoch angereichertem Uran (**HEU**). Das HEU wurde ins Ursprungsland Russland zurückgeführt.



Der Lastwagen, auf dem sich der Behälter mit dem bestrahlten flüssigen HEU-Brennstoff Usbekistans befindet, fährt in den Laderaum eines AN-124-Frachtflugzeuges hinein.

Foto: Sandor Tozser/IAEO

Die **Produktionskosten** von Strom mit Kernenergie haben in den letzten Jahren **kaum zugenommen** und ihre Kosten sind mit denen anderer Grundlastkraftwerke vergleichbar. Dies zeigt die neueste Ausgabe der Studie «Projected Costs of Generating Electricity», welche die Internationale Energie-Agentur (IEA) und die Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD gemeinsam erarbeiteten.

Schatzkanzler George Osborne bestätigte anlässlich einer Chinareise, die britische Regierung habe der **Anstoss-Kreditgarantie** in der Höhe von rund GBP 2 Mrd. für das geplante Kernkraftwerk **Hinkley Point C** gebilligt.



Eine Kreditgarantie der britischen Regierung ebnet den Weg für die chinesischen Investitionen in das EPR-Neubau-projekt Hinkley Point C in Somerset (Computer generierte Darstellung).

Foto: EDF Energy

Die staatliche rumänische Societatea Națională Nuclearelectrică SA (**SNN**) und die China General Nuclear Power Corporation (**CGN**) unterzeichneten eine Absichtserklärung über Entwicklung, Fertigbau, Betrieb und Stilllegung der Kernkraftwerkseinheiten Cernavodă-3 und -4.

Die französische Electricité de France SA (**EDF**) und die chinesische China General Nuclear Power Corporation (**CGN**) unterzeichneten am 21. Oktober 2015 ein strategisches Investitionsabkommen zum Bau neuer Kernkraftwerkseinheiten in Grossbritannien. Die beiden Unternehmensgruppen wollen gemeinsam je zwei EPR an den Standorten Hinkley Point und Sizewell sowie zwei chinesische Hualong-One-Blöcke am Standort Bradwell bauen.

Am Rande des G20-Treffens in der Türkei unterzeichneten **Argentinien** und **China** das Handelsabkommen für die vierte Kernkraftwerkseinheit sowie das Rahmenabkommen für die fünfte Einheit Argentinien. Die Gesamtinvestitionen betragen umgerechnet CHF 15 Mrd. →

Die amerikanische Nuclear Regulatory Commission (NRC) erteilte im Herbst 2015 dem Kernkraftwerk **Sequoyah** im Bundesstaat Tennessee und dem Kernkraftwerk **Bryon** in Illinois die Betriebsbewilligung für 20 zusätzliche Betriebsjahre.



Das Kernkraftwerk Sequoyah im Bundesstaat Tennessee darf 60 Jahre in Betrieb bleiben.

Foto: TVA

Die Dominion Virginia Power kündigte als erste Stromversorgerin der USA an, eine zweite Betriebsverlängerung über 20 Jahre für ihr Kernkraftwerk **Surry** beantragen zu wollen. Sollte das Unternehmen das zweite Gesuch einreichen und die Nuclear Regulatory Commission (NRC) dieses bewilligen, so wäre Surry das erste Kernkraftwerk der USA, das **80 Jahre** in Betrieb bleiben darf.

Die Kernkraftwerkseinheiten **Sendai-1 und -2** nahmen im September und November 2015 den kommerziellen Betrieb wieder auf. Sie sind die zwei ersten Einheiten Japans, die nach dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi unter dem verschärften Sicherheitsregime erneut Strom produzieren.

Am 11. September 2015 wurde der erste Beton für den Schnellen Hochfluss-Mehrzweck-Forschungsreaktor **MBIR** am Standort Dimitrowgrad in Russland gegossen.

Die Kernkraftwerkseinheit **Yangjiang-3** in der Provinz Guangdong im Süden Chinas gab laut der China General Nuclear Power Corporation (CGN) am 18. Oktober 2015 erstmals Strom ans nationale Netz ab. Insgesamt sechs Einheiten sind an diesem Standort vorgesehen.

Nach einer Bauzeit von gut fünf Jahren gab **Fangchenggang-1** am 25. Oktober 2015 in China erstmals Strom ans Netz ab. Der Standort befindet sich in der autonomen Provinz Guangxi in der Nähe der vietnamesischen Grenze. Dort sind insgesamt sechs Einheiten geplant.

Die Kernkraftwerkseinheit **Changjiang-1** auf der Insel Hainan im Südchinesischen Meer gab Anfang November 2015 erstmals Strom ans nationale Netz ab.



Die chinesische Kernkraftwerkseinheit Changjiang-1 vom Typ CNP-600 ist am Netz. In China stehen damit 30 Einheiten in Betrieb.

Foto: CNNC

Aus sicherheitstechnischer Sicht dürfen die geplanten Kernkraftwerkseinheiten **South-Texas-Project-3 und -4** gebaut und betrieben werden. Diesen Schluss zogen die Mitarbeiter der amerikanischen Nuclear Regulatory Commission (NRC) nach der Analyse des Sicherheitsberichts. Laut NRC folgt voraussichtlich Ende 2015 die vorgeschriebene öffentliche Anhörung. Danach wird die NRC entscheiden, ob die Combined Construction and Operating License (COL) ausgestellt wird.

Aus sicherheitstechnischer Sicht spricht laut der amerikanischen Nuclear Regulatory Commission (NRC) nichts gegen die Erteilung einer frühzeitigen Standortbewilligung für ein geplantes Kernkraftwerk im Bundesstaat **New Jersey**. Der nächste Schritt ist die Überprüfung des Umweltverträglichkeitsberichts.

Das dritte Kernkraftwerk der Türkei soll bei **İğneada** nahe der Grenze zu Bulgarien in der Provinz Kırklareli gebaut werden. Die Türkei will in die Nutzung der Kernenergie einsteigen und treibt neben İğneada die Kernkraftwerksprojekte Akkuyu und Sinop mit je vier Einheiten voran. →



Nach eingehenden wissenschaftlichen Prüfungen kam die belgische nukleare Aufsichtsbehörde Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) zum Schluss, dass die im Sommer 2012 entdeckten Anomalien im Material der Druckbehälterwand von **Doel-3 und Tihange-2** keinen negativen Einfluss auf den sicheren Betrieb der Druckwasserreaktoreinheiten haben. Sie dürfen demnach wieder ans Netz.

Das amerikanische Department of Energy (DOE) erteilte der Kernkraftwerkseinheit **Watts-Bar-2** eine Betriebsbewilligung über 40 Jahre. Der Block dürfte Anfang 2016 in Betrieb gehen. Die Tennessee Valley Authority (TVA) wird voraussichtlich nach rund 20 Jahren das erste Unternehmen sein, das in den USA eine neue Kernkraftwerkseinheit ans Netz bringt. Zuletzt wurde im Februar 1996 Watts-Bar-1 in Betrieb genommen.



Mit der Inbetriebnahme von **Watts-Bar-2** Anfang 2016 werden in den USA 100 Kernkraftwerkseinheiten Strom erzeugen.

Foto: TVA

Der schwedische Staatskonzern Vattenfall AB, Hauptaktionär der Ringhals AB, nimmt **Ringhals-2** 2019 endgültig vom Netz und **Ringhals-1** ein Jahr darauf. Zuvor hatte die Betreiberin des Kernkraftwerks **Oskarshamn** – die OKG AB – bekannt gegeben, Block 1 zwischen 2017 und 2019 und Block 2 bis 2020 endgültig abzuschalten.

Die Entergy Corporation teilte am 13. Oktober 2015 mit, sie werde ihr Kernkraftwerk **Pilgrim-1** im amerikanischen Bundesstaat Massachusetts spätestens am 1. Juni 2019 endgültig vom Netz nehmen. Tiefe Energiepreise, fehlende Zuversicht auf Verbesserungen im Strommarkt sowie steigende Betriebskosten seien die Gründe für diesen Entscheid.

Die Entergy Corporation nimmt ihr Kernkraftwerk **Fitzpatrick** im amerikanischen Bundesstaat New York Ende 2016 oder Anfang 2017 endgültig vom Netz. Das Unternehmen begründet diesen Schritt mit der sich weiter verschlechternden Wirtschaftlichkeit des Werks.

Trotz der angekündigten Abschaltung von rund 2000 MW Kernkraftwerkskapazität bis 2019 dürfte der geplante **Zubau** von mehr als 5000 MW zwischen 2016 und 2020 zu einem Nettoanstieg der gesamten Kernkraftwerkskapazität in den **USA** führen. Zu diesem Schluss kam die amerikanische Energy Information Administration (EIA).

Der **Physik-Nobelpreis** 2015 ging an den Japaner Takaaki Kajita und den Kanadier Arthur B. McDonald. Sie wurden für ihre Entdeckung ausgezeichnet, dass Neutrinos ihre Identität wechseln können und somit eine Masse besitzen. (M. A.)



Der Japaner Takaaki Kajita und der Kanadier Arthur B. McDonald teilen sich den diesjährigen Nobelpreis für Physik.

Foto: Fredrik Sandberg

► 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).



Prof. Iwan Rickenbacher



## Die Wahlen 2015 – ein Zwischenbericht

Mehr als ein Monat nach den Eidgenössischen Wahlen, ein Zwischenbericht? Ja, denn die Wahlen auf Bundesebene sind letztlich erst mit der neuen Zusammensetzung der ständigen Kommissionen des National- und Ständerates, beziehungsweise nach der Wahl des Bundesrates am 9. Dezember durch die Vereinigte Bundesversammlung und nach der Verteilung der Departemente Stunden danach im Bundesrat selbst abgeschlossen.

Am 18. Oktober sind 246 Parlamentarierinnen und Parlamentarier bestätigt oder neu gewählt sowie 27 Mitglieder des Nationalrates nicht wiedergewählt worden. Mit zurückgetretenen und abgewählten Ratsmitgliedern verlieren auch ihre «Gäste», oft Lobbyisten, den Zutritt in die Wandelhallen. So etwa Amnesty International oder die parlamentarische Gruppe Weinbau, die wie die parlamentarische Gruppe Friedensförderung

### Zum Autor

Iwan Rickenbacher erwarb das Lehrendiplom und absolvierte danach das Studium der Erziehungswissenschaften an der Universität Freiburg, das er mit dem Doktorat abschloss. Seine berufliche Laufbahn begann Rickenbacher 1975 als Direktor des Lehrerseminars des Kantons Schwyz. Von 1988 bis 1992 war er Generalsekretär der Christlichdemokratischen Volkspartei der Schweiz (CVP). Seit 1992 arbeitet er als selbständiger Kommunikationsberater. Im Jahr 2000 wurde er zum Honorarprofessor an der Universität Bern ernannt. Rickenbacher ist Mitglied des Verwaltungsrats der Tamedia AG und Präsident des Stiftungsrats der Schweizer Journalistenschule (MAZ).

bluten musste. Mit dem schlechten Abschneiden der Grünen und der Grünliberalen ist auch die Umweltlobby stark gefordert.

Nun, die Wahlen vom 18. Oktober und die Nachwahlen für etliche Ständeratssitze danach setzten durchaus Zeichen. Von «Rechtsrutsch in der Volksvertretung» war in der Nachanalyse der gfs.bern-Teams die Rede. Die SVP ist, ausser in den höheren Bildungsschichten und in den Kernstädten die führende Partei geworden, bei Katholiken wie bei Protestanten, in den Agglomerationen wie auf dem Land, bei jüngeren wie bei älteren Wählenden, auch bei Frauen. Sie erreicht in den Nationalratswahlen einen Wähleranteil von 29,4%. Findige Rechner stellten fest, dass rechts von der Mitte eine neue Mehrheit im Nationalrat entstanden sei. Bedeutet dies auch die Ausrichtung auf eine neue Politik?

So einfach ist es mit dem Mehrheitsverhältnis im Eidgenössischen Parlament nicht. Schon die Tatsache, dass in der Zweiten Kammer, im Ständerat, andere Kräfteverhältnisse zählen – dort verfügen CVP und FDP über eine Mehrheit –, zeigt auf, dass die Ausrichtung der Politik ab Dezember 2015 nicht generell voraussehbar ist.

Eine Analyse der Parlamentswirkung 2011–2015 (gfs.bern: «Das neue Selbstbewusstsein der alten Mitte») zeigt auf, dass grosse Fraktionen der Bundesversammlung, die SVP und die SP, weniger Wirkung erzielten, als die Sitzzahl vermuten liesse, dies weil sich je nach Sachgebiet unterschiedliche parlamentarische Koalitionen ergeben. In der Sicherheitspolitik zeigen sich traditionsgemäss bürgerliche Mehrheiten. Eine «Mitte-Rechts-Allianz» verhalf finanz- und steuerpolitischen Vorhaben zum meist bürgerlich geprägten Durchbruch. Eher «sozialliberal» war die Europapolitik geprägt. Und in der Umwelt- und Energiepolitik, die an dieser Stelle besonders interessieren dürfte, war eine neue Koalition unter Führung der CVP ersichtlich. →

In der Energie- und Umweltpolitik unterstützte die CVP mehrheitlich die Vorlagen ihrer Bundesrätin Doris Leuthard. Mit der CVP stimmten in diesen Dossiers die Sozialdemokraten, die Grüne Partei, die GLP und BDP, aber auch Teile der FDP und im Ständerat Teile der SVP.

Mit den Wahlverlusten der Grünen Partei, der GLP und BDP werden Bestrebungen für einen radikaleren Umbau der Energiepolitik im Parlament nicht verstärkt. Fast ebenso wichtig aber wird die Bestimmung der neun ständigen Legislativkommissionen und der zwei Aufsichtskommissionen am 10. Dezember sein. Die Anträge der Kommissionen haben nicht selten eine vorentscheidende Wirkung. Statt bisher sieben, wird die SVP künftig acht oder neun Sitze in den 25-köpfigen nationalrätlichen Kommissionen besetzen. FDP und SVP zusammen werden in verschiedenen Kommissionen die absolute Mehrheit erringen. Die Auseinandersetzung um die Sitzverteilung wird für die Kommission für Wirtschaft und Abgaben (WAK), aber auch für die Kommission für Soziale Sicherheit und Gesundheit (SGK) hart sein, stehen doch mit der Unternehmenssteuerreform und der Rentenreform äusserst wichtige Geschäfte an.

Die Umweltkommission (Urek) wird sich mit der Umsetzung der Energiestrategie und dem Atomausstieg befassen. Es braucht keine prophetischen Gaben, um vorauszusehen, dass zum Beispiel die Finanzierung der Einspeisevergütung oder Investitionsbeiträge für Fotovoltaikanlagen zu reden geben werden. Und dann steht noch die Diskussion um die ökologische Steuerreform an, die aber primär in der WAK debattiert werden wird. Die Themenkoalition Energie- und Umweltfragen ist instabiler geworden.

Diese Überlegungen weisen darauf hin, dass mit dem Begriff «Rechtsrutsch» die Auswirkungen der Wahl auf die Politik der kommenden Jahre nur sehr allgemein angedeutet werden. Im Nationalrat werden sich weiterhin wechselnde Koalitionen ergeben und im Ständerat bleiben die bisherigen Kräfteverhältnisse mehr oder weniger bestehen, was die Bedeutung der zweiten Kammer in der Entscheidungsfindung nochmals verstärkt. Kommt dazu, dass wichtige Vorlagen an der Urne entschieden werden. Und da ist nicht voraussehbar, wer mit welchen Argumenten im Entscheidungszeitpunkt mobilisieren und überzeugen wird, gehören doch die Antworten der Parteien und ihrer Vertreter auf die aktuell bewegenden Fragen zu den drei wichtigsten Gründen, eine Partei zu wählen und ihre Position zu teilen.

## Gut investiertes Geld?

Die Basler Ausgabe der Gratiszeitung «20 Minuten» enthielt am 26. November 2015 die rechts abgebildete Kurzmeldung. Im Kanton Baselland seien im Rahmen eines Energiepaketes seit 2010 CHF 61 Mio. an Förderbeiträgen ausgegeben worden. Dank dieser Summe habe man in vier Jahren 169 GWh Energie einsparen können. Jede eingesparte Kilowattstunde hat demnach rund 36 Rappen gekostet.

Derartige Frohlockungen veranlassen uns zu Rechen-  
spielen. Mit der Summe von 61 Millionen hätten Privatkunden beim durchschnittlichen Strompreis für 2016 von 20,6 Rappen pro Kilowattstunde ungefähr 296 GWh elektrische Energie kaufen können. Umgekehrt würden 169 GWh Strom bei diesem Preis für Privatkunden rund CHF 35 Mio. kosten.

Bei angenommenen Gestehungskosten von 5 Rappen pro kWh hätte man mit den Förderbeiträgen 1220 GWh Strom produzieren können – zum Beispiel in einem Schweizer Kernkraftwerk. Vorausgesetzt, der ganze

Kanton würde ausschliesslich Elektroheizungen und -boiler benutzen, hätte man damit gemäss den Zahlen in der Meldung knapp einen Drittel des jährlichen Raumwärme- und Warmwasserbedarfs der Baselländerinnen und Baselländer decken können. Jedoch hätte man ihnen die Herkunft des Stroms wohl oder übel verschweigen müssen. (M.Re.)

### Förderbeiträge von 61 Millionen

**LIESTAL.** Die Baselbieter Regierung zieht eine positive Halbjahresbilanz ihres 2010 gestarteten Energiepakets. Bisher seien 61 Mio. Fr. an Förderbeiträgen ausbezahlt worden, davon 41 Mio. vom Bund und 20 Mio. vom Kanton. Der Landrat hatte 50 Mio. bereitgestellt. Von 2010 bis 2014 sind laut Mitteilung dank des Energiepakets fast 169 Gigawattstunden Energie eingespart worden. Das entspricht rund 4,6 Prozent des jährlichen Raumwärme- und Warmwasserbedarfs im Kanton. Mit den Beiträgen aus dem Energiepaket wurden bisher gegen 400 Millionen Franken Investitionen ausgelöst. SDA

Foto: 20 Minuten

## Vorankündigung: Erster Forums-Treff 2016 zum Wendelstein-Projekt

Der erste Forums-Treffs des Jahres ist traditionellerweise einem Forschungsthema gewidmet. Auch 2016 setzen wir die Vortragsreihe rund um die Kernfusion fort. Unser Referent Prof. Thomas Klinger ist Wissenschaftlicher Leiter der Unternehmung «Wendelstein 7-X» des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald. Er wird uns in seinem Referat «Der lange Weg zu stabilen Fusionsplasmen – der supraleitende Stellarator Wendelstein 7-X» einen Überblick über die Prinzipien der Kernfusion vermitteln und uns die zentralen physikalischen Gegebenheiten von optimierten Stellaratoren in Erinnerung rufen. In seinem Vortrag vermittelt uns Klinger einen Eindruck vom abenteuerlichen Vorhaben, ein erstes Gerät seiner Art zu entwickeln und zu bauen. Klinger schliesst seine Ausführungen mit einem Ausblick auf die Entwicklung von Fusionskraftwerken und erläutert uns die wichtigsten offenen Fragen, die im Rahmen der weltweiten Fusionsforschung noch auf eine Antwort warten.

Der Vortrag mit anschliessendem Apéro findet am **18. Februar 2016** an der EPF Lausanne statt. Das Referat wird in Englisch gehalten. (S.Ry.)

## Glaubenskrieg um Leukämie: Korrelation versus Kausalität

Die Diskussion, ob ein Zusammenhang zwischen Kinderleukämie und Kernkraftwerken besteht, beschäftigt die Wissenschaft wie auch die Gesellschaft schon lange. Am 4. Forumstreff des Nuklearforums Schweiz am 8. Oktober 2015 in Zürich erörterten Prof. Felix Niggli, Leiter der Kinderonkologie am Kinderspital Zürich, und Dr. Jürg Schädelin, ehemaliger medizinischer Leiter der Abteilung Epidemiologie und Medikamentensicherheit bei Novartis, die Frage aus Sicht der Medizin.

Vor über 70 Zuhörern eröffnete Felix Niggli den Abend mit einigen Grundlagen über Krebs bei Kindern im Allgemeinen und Kinderleukämie im Besonderen. Letztere ist mit rund 70 Fällen pro Jahr in der Schweiz die häufigste Krebskrankheit bei Kindern, wobei die Akute Lymphatische Leukämie (ALL) gegenüber anderen Leukämien deutlich überwiegt. Dank enormen Fortschritten bei der Behandlung mit Medikamenten seit den 1950er-Jahren liegt heute die Überlebensrate bei ALL über 80%. Als Ursachen für Leukämie gab Niggli verschiedene mögliche Faktoren an, über deren Gewichtung die Wissenschaft noch nicht genau Bescheid wisse. Dazu zählte er angeborene Genmutationen, Abwehrschwächen sowie Viren aber auch ionisierende und andere Strahlen.

1983 trat in Grossbritannien ein Ereignis ein, das Niggli als «Strahlen-Hype» bezeichnete. Ein Bericht über vermehrte Leukämien bei Kindern von Bewohnern bei

Seascale, nahe der Wiederaufbereitungsanlage Sellafield, gab als Ursache genetische Schäden an den Spermien von Anlagearbeitern an. 1994 wurde diese Hypothese in der Fachliteratur widerlegt und 1998 stellte Prof. Leo Kinlen seine Hypothese auf, wonach die Ursache für die Leukämie-Häufung ein Virus war, das mit den Arbeitern in die Region gekommen war. Das Zwei-Stufen-Modell als mögliche Erklärung für Kinderleukämie, das Niggli zum Schluss vorstellte, geht von der Kombination einer pränatalen Genveränderung und einer späteren Infektion als auslösendes Ereignis aus.

### «Population Mixing» als mögliche Ursache

Jürg Schädelin ging anschliessend auf verschiedene Studien zu vermuteten und nachgewiesenen Leukämie-Clustern wie jenem in Seascale ein. Seine Ausführungen zeigten, dass die Studien untereinander nur sehr schwer zu vergleichen sind, da sie jeweils andere Faktoren untersucht haben und sich in der Datenqualität stark unterscheiden. Die verschiedenen Untersuchungen hätten dennoch gezeigt, dass die Leukämie-Häufungen zwar ein reales Phänomen aber nicht strahlungsbedingt sind. In der Gesellschaft habe sich trotzdem ein Glaubenskrieg um die Frage «Korrelation oder Kausalität» entwickelt. Um diese abschliessend zu beantworten brauche es weitere Untersuchungen und ein umfangreiches Monitoring. Bereits vorhandene Daten würden gemäss Schädelin die These des Migrationsaspekts, respektive des «Population Mixing», als Ursache für die Leukämie-Häufungen stützen. Neben institutionalisierter und kontinuierlicher Überwachung brauche es in dieser «emotional uphill battle» auch eine konsistente Kommunikation des Risikos. Beschönigen oder Totschweigen sei ebenso kontraproduktiv wie das Auswalzen von Spekulationen in der Öffentlichkeit. (M. Re.)



Emotionales Thema am 4. Forumstreff 2015

Foto: Nuklearforum Schweiz

## Vertiefungskurs 2015: Kostenoptimierung im Rahmen einer guten Sicherheitskultur

Der Vertiefungskurs 2015 des Nuklearforums Schweiz hat die Möglichkeiten von Kernkraftwerken bei der Kostenoptimierung unter der Prämisse der in der Schweiz gelebten Sicherheitskultur beleuchtet. In vier Blöcken wurden politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, betriebswirtschaftliche und technische Optimierungsmöglichkeiten, die Rolle des Personals sowie organisationale Voraussetzungen erörtert.

Die fünfzigste Ausgabe des Vertiefungskurses seit der Gründung der damaligen Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie (SVA) fand am 17. und 18. November 2015 in Olten statt. Die Jubiläumsausgabe war gleichzeitig die letzte unter der Leitung von Urs Weidmann, Präsident der Kommission für Ausbildungsfragen und Leiter des Kernkraftwerks Beznau, der 2016 in Pension geht.

### «Ds Fuffi u ds Weggli gits nid!»

Nationalrat Christian Wasserfallen prangerte zu Beginn der Veranstaltung die verfälschten Grössenordnungen in der «politischen Hochglanzdiskussion» an. Der Staat soll Rahmenbedingungen und Spielregeln schaffen und nicht Investor, Subventionierer und Verhinderer sein, so seine Kritik an der Energiestrategie 2050. «Die Physik spricht eine andere Sprache als die Politik» und Subventionen in alle Richtungen können kein Rezept für langfristige Energiepolitik sein.

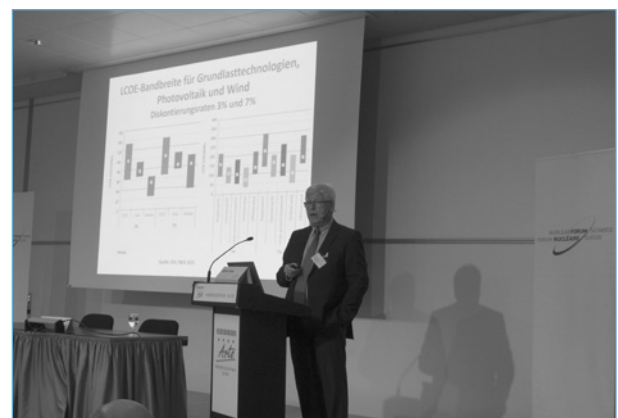
Im zweiten Referat wurde einmal mehr klar, dass die wirtschaftliche Situation der Schweizer Stromversorger stark von europäischen Entwicklungen beeinflusst ist. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, braucht ein zukünftiges Versorgungssystem gemäss Matthias Gysler, Leiter Marktregulierung beim Bundesamt für Energie, marktorientierte Förderung, Speichertechnologien, Flexibilität, einen effizienten Netzbetrieb und -Ausbau, Smart Grids und internationale Marktintegration. Eine grosse Hürde in dieser Hinsicht sei das Stromabkommen mit der EU. Aber auch ohne ein solches Abkommen findet laut Gysler umfassende Zusammenarbeit mit europäischen Gremien statt.

Warum es sich bei der aktuellen Lage lohnt in Deutschland oder Frankreich Strom einzukaufen und in der Schweiz zu verkaufen, erfuhr das Publikum im dritten Vortrag vom Leiter der EPEX SPOT Schweiz AG Davide Orifici. Dass die Schweiz bisher von der europäischen

Marktkopplung ausgeschlossen bleibe, sei ein Nachteil unter anderem für die Versorgungssicherheit oder beim Preis. Obwohl die technischen Voraussetzungen für den Anschluss der Schweiz gegeben seien, müssten verschiedene weitere Bedingungen noch erfüllt werden, unter anderem das besagte Stromabkommen mit der EU.

### Laufzeitverlängerung beste Option

«Es herrscht kein wirklicher Wettbewerb in der Stromversorgung», erklärte Alfred Voss vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart. Seiner Meinung nach werden die erneuerbaren Energien gegenüber fossilen und Kernenergie noch lange nicht wettbewerbsfähig sein. Der Vergleich unter Berücksichtigung der Erzeugungs-, System- und externen Kosten habe gezeigt, dass eine Laufzeitverlängerung für Kernkraftwerke finanziell am



**Prof. Alfred Voss: «Ein Vergleich der Vollkosten (Summe von Erzeugungs-, System- und externen Kosten) für repräsentative Stromerzeugungsanlagen zeigt, dass die Vollkosten von Wind und Fotovoltaik um einen Faktor 2 bis 4 höher sind als die von neuen Kernkraftwerken.»**

Foto: Nuklearforum Schweiz



besten dastehe. Da die Integrationskosten bei den Erneuerbaren mit zunehmendem Anteil immer höher werden, seien diese ohne Unterstützung auch in Zukunft kaum wettbewerbsfähig.

«Trotz des schwierigen Umfelds gibt es auch in der Schweiz noch rentable Kraftwerke!», konnte Michaël Plaschy, Geschäftsleiter Nukleare Produktion der Alpiq, die Zuhörerschaft beruhigen. Er legte dar, dass ausser Mühleberg alle Schweizer Werke ihre Investitionsstrategie auf den Langzeitbetrieb ausgerichtet haben. Der Grossteil aller Investitionen sei bei Hälfte der Betriebszeit bereits getätigt, die Kurve flache gegen Betriebsende wieder ab. Auch mit tiefen Marktpreisen sei der Langzeitbetrieb die beste Option. Spielraum bestehe bei den Betriebskosten wie zum Beispiel Material- und Fremdkosten und im Bereich der Brennstoffe.

### **Kostenoptimierung heisst nicht zwingend Senkung der Ausgaben**

In einem Kernkraftwerk sei die Verfügbarkeit der Schlüssel für optimierte Kosten, wie Andreas Pfeiffer, Leiter des Kernkraftwerks Leibstadt, am Nachmittag erklärte. Der Handlungsspielraum auf Kostenseite sei begrenzt und äussere Einflüsse wie behördliche und politische Anforderungen oder Preissteigerungen bei Lieferanten könnten Einsparungen relativieren oder aufheben. Bei einem laufenden Kernkraftwerk könne man auch nach 30 Jahren noch die Leistung respektive den Wirkungsgrad steigern und damit die Kosten optimieren. Die Modernisierung der Schweizer Kernkraftwerke leiste einen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit der Schweizer Stromversorgung!

Patrick Schmid vom Kernkraftwerk Beznau referierte anschliessend zum Thema «Optimierung der Beschaffungskosten durch organisationsübergreifende Zusammenarbeit». Man müsse früher und mehr miteinander reden um beim Beschaffungswesen Kosten optimieren zu können, so sein Appell. Als Praxisbeispiele nannte Schmid unter anderem das elektronische Beschaffungswesen, Normstrategien auf Stufe Abteilung, Prozessoptimierung durch Datenfunk und «Cross Functional Teams» auf Stufe Werk. Auch die Kernkraftwerke untereinander tauschen sich aus bezüglich Koordination und Standardisierung.

Welche Erfahrungen hat die ABB auf dem Weg zum Lean Management gemacht? Darüber berichtete Andreas Koch zum Ende des ersten Kurstages. Im Fall der ABB-Generatorschalterfabrik begann der Umwandlungsprozess zur «Lean Enterprise» 2006 mit einem enorm hohen Ziel: der Reduktion der Durchlaufzeit von sechs Monaten auf viereinhalb Wochen. Eine



**Martin Zimmermann vom PSI betonte die Wichtigkeit der internationalen Zusammenarbeit.**

Foto: Nuklearforum Schweiz

solche Fabrik sei stark abhängig von der Funktionsfähigkeit einzelner Teilprozesse. Dafür seien die Durchlaufzeiten extrem kurz. Zusammenfassend erklärte Koch: «Wir können nicht stillstehen und müssen uns neu erfinden, aber das ist nicht Zauberei sondern harte Arbeit!»

### **Personal und Wissen spielen entscheidende Rollen**

Simon Maurer von Skyguide erläuterte zu Beginn des zweiten Tages, wie in der Aviatik unter Kostendruck mit den Herausforderungen der Sicherheit umgegangen werde. Fliegen sei heute statistisch die sicherste Transportmethode. Das Rezept von Skyguide laute: Sicherheit muss in Strukturen und Prozessen sichtbar sein, Organisationskultur muss auf Sicherheit und Kosten ausgelegt sein, Komplexität wird gezielt angegangen und Standardisierungen werden vorangetrieben.

Das Thema «Sicherheitsorientiertes Führen unter ökonomischem Druck» ist in der Psychologie sehr schwierig zu erforschen. Nichtsdestotrotz erläuterte Toni Wäfler von der Hochschule für Angewandte Psychologie der FHNW die Zusammenhänge zwischen den Schlagworten ökonomischer Druck, Sicherheit und Führung. Die Psychologie kenne neben dem schriftlichen noch den sogenannten psychologischen Arbeitsvertrag. Grössere Veränderungen erlebe man als Bruch dieses Vertrages und fühle sich selbst nicht mehr verpflichtet. Brüche des psychologischen Ver-

trags könnten aufgrund ökonomischen Drucks vorkommen, was sich wiederum auf das Arbeitshandeln und damit die Sicherheit auswirke.

Auch der Know-how-Erhalt und Wissenstransfer würden unter Kostendruck nicht einfacher, wie Kai Fischer vom Kernkraftwerk Leibstadt ausführte. Beim Kernkraftwerk mit hoher Komplexität und zeitlichen Abhängigkeiten sei das Wissen über die Anlage die wichtigste Ressource für den sicheren und zuverlässigen Betrieb, wie Fischer anhand von konkreten Beispielen aus Leibstadt darlegte. Ein effizientes Wissensmanagement, so sein Fazit, erhöhe die Verfügbarkeit und biete eine gute und flexible Steuerungsmöglichkeit zur Optimierung der Kosten und zur sicheren Planung für die Zukunft.

In der Forschung gebe es weniger Kostenoptimierungen wie sie von anderen Referenten beschrieben wurden. «Forscher optimieren ihre Vorgänge ohne Kostendruck, weil sie <etwas faul> sind und möglichst bald etwas Neues erforschen wollen.» In diesem Sinn beschrieb Martin Zimmermann die Tätigkeiten am Paul Scherrer Institut (PSI) im Bereich der Kernenergie und Nukleartechnologie und die Einflüsse knapper Finanzen auf die Forschung. In diesem Zusammenhang gelte es unter anderem, Zusammenarbeiten optimal auszubauen und neue zu etablieren, wobei Interessenskonflikte auftreten könnten und die Unabhängigkeit bewahrt werden müsse.

### Der Einfluss von Organisation und Prozessen

Kommunikation sei extrem wichtig in Organisationen und Missverständnisse dürften nicht normal sein, betonte Elvira Porrini, Inhaberin und Geschäftsführerin



**Wie können Zielkonflikte gut entschieden und nicht gewollte Veränderungen für die Sicherheitskultur, das Sicherheitsklima rechtzeitig erkannt werden? Zu dieser Fragestellung äusserte sich Elvira Porrini von der Beratungsfirma X-Challenge Consulting.**

Foto: Nuklearforum Schweiz

der Beratungsfirma X-Challenge Consulting. Zu einer guten Sicherheitskultur gehörten auch Konflikte und Kontroversen – man müsse anderer Meinung sein können und trotzdem zusammen kommunizieren. Letztendlich seien alle Spannungsfelder einer Organisation sozial eingebettet und müssten strukturiert bearbeitet und diskutiert werden.

Auch von Christian Lichka, Management Consultant und Geschäftsführer der BOC Schweiz AG, gab es Ratschläge für die Praxis. Die Herausforderungen im Bereich des Prozessmanagements seien vielfältig. Einzelne Projekt-Silos seien eine Gefahr für integrierte Managementsysteme, in welchem einzelne Prozesse und Projekte ineinander greifen und aufeinander aufbauen. Voraussetzungen für kostenorientierte Prozesse seien eine Prozessarchitektur, gelebte Prozessverantwortung, Prozessziele und ein prozessorientiertes Managementsystem sowie Controlling. Standards erleichterten die Vergleichbarkeit.

Anne Eckhardt referierte anschliessend aus der «radikal anderen Sichtweise» der Aufsichtsbehörde. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (Ensi) müsse finanziell unabhängig sein, was über Gebühren gewährleistet sei. Sicherheit sei höchstens am Anfang verhandelbar, wenn die Politik die Anforderungen definiere. Danach gebe es keine Diskussionen mehr, so Eckhardt. Das werde in der Schweiz auch gelebt, denn oft setzten unsere Kernkraftwerke den internationalen Standard der Nachrüstungen. Sicherheit werde von Menschen getragen, weshalb der Kompetenzerhalt weder in den Werken noch bei den Behörden vernachlässigt werden dürfe.

Das Beispiel der E.On im letzten Referat von Gerhard Herz von der E.On Technologies GmbH zeigte eine radikale Reaktion auf widrige Umstände: die Aufspaltung eines Grosskonzerns. Der Blick in die letzten zehn Jahre der Konzerngeschichte habe zahlreiche einschneidende äussere Einwirkungen und interne Entscheidungen offenbart. Die E.On habe in dieser Zeit den Betrieb ihrer Kernkraftwerke dennoch zuverlässig ohne grössere Vorkommnisse gewährleistet. Die Veränderungen hätten jedoch bei den Mitarbeitenden Ängste ausgelöst und zu Fluktuationen in bisher ungeahntem Ausmass geführt. Trotz allem seien auch in diesem Bereich noch Optimierungsvorgänge im Gange. Mit dem Anbieten des Rückbau-Know-hows mache die E.On zudem aus der Not eine Tugend. (M.Re.)

## SGK-Apéro

Am 19. Januar 2016 findet im Besucherzentrum des Kernkraftwerks Gösgen der nächste SGK-*Apéro* der «Wissen»-schaf(f)t! statt.

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

## 1. Forums-Treff 2016

Der erste Forums-Treff des Nuklearforums Schweiz im Jahr 2016 findet am 18. Februar an der EPF Lausanne statt. Prof. Thomas Klinger vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik referiert zum Thema «Der lange Weg zu stabilen Fusionsplasmen – der supraleitende Stellarator Wendelstein 7-X».

[www.nuklearforum.ch/1-forums-treff](http://www.nuklearforum.ch/1-forums-treff)

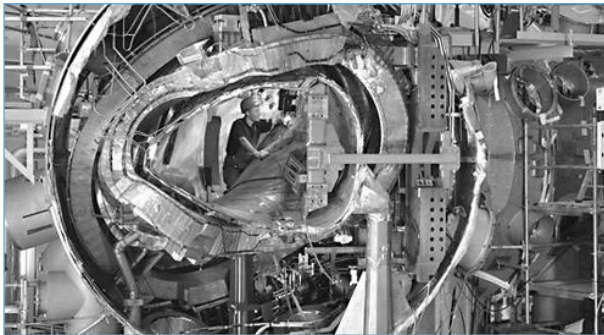


Foto: IPP, Wolfgang Filser

## Aktualisierte Faktenblätter

Das Nuklearforum Schweiz hat die Faktenblätter «Ökobilanz der Kernenergie: umweltschonend und effizient», «Bewährter Strommix aus Kern- und Wasserkraft», «Kernkraftwerke der dritten Generation», «Reaktorsysteme der Zukunft» und «Thorium als Kernbrennstoff – Potenzial für die Zukunft» auf den neusten Stand gebracht. Sie sind online verfügbar.

[www.nuklearforum.ch/faktenblaetter](http://www.nuklearforum.ch/faktenblaetter)



Foto: Gunnar Pippel

## Fortbildungskurse «Modelling and Computation of Multiphase Flows»

Vom 15. bis 18. Februar 2016 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](http://www.lke.mavt.ethz.ch/shortcourse)

## 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: Shutterstock

## 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)