

# core

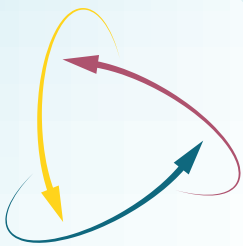
DAS MAGAZIN ZU BERUFEN IN DER KERNTÉCHNIK

Extra-  
Innenteil



mit Informationen zu  
Studium und Beruf

**Deutschland**  
hat die Energiewende beschlossen.  
**Fachkräfte** in der Kerntechnik  
werden trotzdem gebraucht. Für **Rückbau** und  
**Sicherheit**,  
aber auch für Materialentwicklung,  
Forschung, Medizin ...



46<sup>th</sup>

# Jahrestagung Kerntechnik Annual Meeting on Nuclear Technology

Outstanding  
Know-How  
& Sustainable  
Innovations

Enhanced  
Safety  
& Operation  
Excellence

Decommissioning  
Experience  
& Waste  
Management  
Solutions

## Time to connect Get one of 25 scholarships

### Your Benefits

- ▶ Free registration fee
- ▶ Access to all sessions and the exhibition
- ▶ Meet-and-greet with decision-makers
- ▶ Reimbursement of travel expenses up to 80.00 €

Apply for the DATF-scholarship to attend the **46<sup>th</sup> Annual Meeting on Nuclear Technology (AMNT)** which takes place at the Estrel Convention Center in Berlin **from 5 to 7 May 2015.**

# KERNENERGIE IN DEUTSCHLAND

## Fakt

Der Deutsche Bundestag entschied 2011, in Folge des Unfalls im japanischen Kernkraftwerk Fukushima: Spätestens am 31. Dezember 2022 werden in Deutschland die letzten Kernkraftwerke abgeschaltet. Anschließend folgten die Stilllegung und der Rückbau. Heute produzieren noch neun Kernkraftwerke zuverlässig und sauber Strom.

## Meinungen

„Wenn du die Absicht hast, dich zu erneuern, tue es jeden Tag! Das gilt auch für unsere Arbeit: das Bewegen von schweren Lasten.“

Helmut Alborn, Geschäftsführender Gesellschafter August Alborn GmbH & Co. KG

„Es werden weltweit über 70 Kernkraftwerke gebaut. Gleichzeitig müssen in Deutschland die stillgelegten Anlagen zurückgebaut werden, dafür braucht man Know-how.“

Marco K. Koch, Professor und Akademischer Direktor des Lehrstuhls Energiesysteme und Energiewirtschaft an der Ruhr-Universität Bochum

„Der Rückbau geht ja schon bis etwa 2038. Welcher Arbeitgeber garantiert einem so eine lange Arbeitszeit?“

Nadine Liehr, Ingenieurin E.ON AG

„Eine Hightech-Nation kann nicht ohne Kerntechnik auskommen. (...) Der Ausstieg aus der Kernenergie bedeutet nicht den Ausstieg aus der Kerntechnik.“

Prof. Dr. Winfried Petry, ein Direktor des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ)

„Die Leute, die jetzt anfangen, haben Chancen, denn: In der Kerntechnik übersteigen die Stellenangebote die Nachfrage.“

Wolfgang Steinwarz, Geschäftsführer Siempelkamp Nukleartechnik GmbH

„Die Kerntechnik öffnet einem Wege. Die Leute können zwischen verschiedenen Ingenieurbereichen wechseln.“

Melissa A. Denecke, Professorin für Chemie und stellvertretende Direktorin des Dalton Nuclear Institute an der University of Manchester



heavy transport -  
next level!

August Alborn GmbH & Co. KG

Planetenfeldstr. 102 | 44 379 Dortmund-Marten  
alborn@alborn.de | [www.alborn.de](http://www.alborn.de)

**IHR STARKER PARTNER FÜR  
SCHWER-TRANSPORTE**



# INHALT

---

<b>Fakt und Meinung</b>	3
<b>„Radioaktivität kann nicht austreten.“</b>	5
<b>„Wir designen vom Atom her.“</b>	6
<b>„Für die Zukunft wahnsinnig wichtig!“</b>	8
<b>Nuklide, die heilen</b>	11
<b>„Es gibt Chancen.“</b>	12
<b>„Das ist dann meine Philosophie.“</b>	14
<b>„Wie beim Arzt.“</b>	17
<b>Das Gehirn der Anlage</b>	19
<b>Auf den Punkt. Informationen zu Studium und Beruf</b>	21
<b>Von <math>^{238}\text{U}</math> zu <math>^{235}\text{U}</math></b>	28
<b>Großbaustelle in China</b>	30
<b>„Das öffnet einem Wege.“</b>	32
<b>International Thermonuclear Experimental Reactor</b>	34
<b>„... wie frisch gekochte Spaghetti.“</b>	37
<b>„Energienmix ist sinnvoll.“</b>	38

# „RADIOAKTIVITÄT KANN NICHT AUSTRETEN.“

Ein Interview mit Dr. Thomas Walter Tromm, Sicherheitsforscher für Kernreaktoren und Notfallschutzmaßnahmen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).



## Herr Dr. Tromm, wie sicher sind die deutschen Kernkraftwerke?

Alle Anlagen sind nach Fukushima einem Stresstest unterzogen worden, in dem sie sehr gut abgeschnitten haben. Sie besitzen auch international gesehen ein sehr hohes Sicherheitsniveau. Ein Beispiel: Bei einem „Station Black Out“, wenn eine Anlage also komplett vom Stromnetz getrennt wird, ist sie immer noch sicher. Es kann keine Radioaktivität austreten. Auch gegen starke Stürme sind sie geschützt, mehrfach, mit Kühlmittelpumpen, Notstromdiesel und, falls es Hochwasser gibt, noch einer weiteren Notstromversorgung. Auch die Erdbebensicherheit ist extrem hoch.

## Lernt man aus solchen Unglücksfällen?

Ja, zum Beispiel der Kernschmelzunfall 1979 im Kernkraftwerk „Three Mile Island“ in Harrisburg, USA, war für die Kerntechnik ganz entscheidend. Vorher dachte man, es passiert nichts, wenn ein Unfall eintritt, für den die Sicherheitssysteme ausgelegt sind. Danach wusste man, eine Anlage kann immer in einen kritischen Zustand kommen.

## Hat man auch etwas aus dem Unglück 1986 in Tschernobyl gelernt?

Tschernobyl war zum Beispiel entscheidend für das Auflegen eines Notfallschutzmaßnahmenprogramms in Europa. Auch in Deutschland wusste man damals zunächst nicht, wo die an verschiedenen Standorten gemessene Radioaktivität herkommt. Nach diesem Unfall wurden dann noch mal verstärkt Messstationen eingerichtet und Behörden wurden mit verbesserten Maßnahmenkatalogen für den Bevölkerungsschutz ausgestattet. Selbst bei einem so extrem unwahrscheinlichen Unfall können dann die erfassten meteorologische Daten noch helfen, durch gezielte Vorhersagen die Bevölkerung bestmöglich zu schützen, zum Beispiel durch Maßnahmen wie Evakuierungen.

## Wodurch entstehen denn die meisten Störfälle in einem Atomkraftwerk?

Meistens tritt bei Störfällen eine Kombination aus technischen Defekten und einem Versagen des Menschen ein. Ventile etwa können defekt sein, sind aber für die Aufrechterhaltung der Kühlung eines Reaktors notwendig, und die Betriebsmannschaft erkennt dieses Problem nicht. Oder aber der Betreiber kann im Vorfeld Fehler

gemacht haben, zum Beispiel zu niedrige Schutzwände in Fukushima. Aber Fehler gehören nun mal zum Menschen, deshalb muss die Technik fehlerverzeihend sein und die Anlagen müssen durch unabhängige Behörden regelmäßig kontrolliert werden.

## Die „fehlerverzeihende Technik“, können Sie die kurz erklären bitte?

Sie setzt auf Redundanz, also zum Beispiel auf mehrere Ventile, so dass nicht ein Versagen zum Ausfall der Funktion führen kann. Und sie setzt auf Diversität, also zum Beispiel verschiedene Ventilarten, das heißt eine Funktion muss durch unterschiedliche Steuerungen ausgeführt werden können, elektrisch und pneumatisch oder letztendlich auch manuell.

## Drei Experimente am Karlsruher Institut für Technologie. Erläutert von Dr. Thomas Walter Tromm.

**QUENCH:** In der QUENCH-Anlage wird das Versagen des Reaktorkerns untersucht. Wie verhalten sich die Brennelemente in dem Kern, wenn das Wasser aus dem Kern schon verdampft ist? Dabei kann gefährlicher Wasserstoff entstehen, der zum Beispiel in Fukushima zur Explosion geführt hat. Um das zu verhindern, versucht man auch in einer solchen Unfallsituation über Hilfsmaßnahmen noch die Brennelemente zu kühlen, im Fachjargon zu quench (engl.: abschrecken, kühlen).

**LIVE:** Bei LIVE untersuchen wir eine Kernschmelze im unteren Bereich innerhalb des Reaktordruckbehälters. Die Frage ist: Wie kann eine solche sehr heiße Schmelze noch von innen oder außen so gekühlt werden, dass der Reaktordruckbehälter nicht versagt und keine Radioaktivität nach außen dringt? Das ist eine wichtige zusätzliche Sicherheitsmaßnahme für existierende Reaktoren, vor allem in Osteuropa. Dafür arbeiten wir intensiv EU-weit zusammen.

**MOCKA:** In der MOCKA-Versuchsanlage testet man, wie sich eine Kernschmelze auf einem Betonfundament verhält, falls der Reaktordruckbehälter durch die Kernschmelze versagen würde und sich dann diese Schmelze auf das darunterliegende Betonfundament ergießt. Durch die Zerstörung des Betons bei über 1.000 Grad Celsius werden unter anderem Gase freigesetzt, die zu einem Druckaufbau des Sicherheitsbehälters führen. Da hierbei auch Wasserstoff freigesetzt wird und der Sicherheitsbehälter die letzte Barriere gegenüber der Umgebung ist, sind diese Untersuchungen von großer Bedeutung für die Sicherheit. Eine Frage ist, ob man den Unfall unter den Bedingungen noch auf die Anlage begrenzen kann, sodass keine oder nur wenig Radioaktivität in die Umgebung gelangt. Kernfängerkonstruktionen, die auf dem Betonfundament aufgebracht werden, können die Kernschmelze auffangen, erhöhen damit die Sicherheit eines Kernkraftwerkes deutlich. Diese Technik, die gerade in neue Reaktoren in Finnland und Frankreich eingebaut wird, haben wir in unserem Institut mitentwickelt.

# „Wir designen vom Atom her.“

Das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching bei München verfügt über eine Forschungs-Neutronenquelle (FRM II) zur Erzeugung eines Neutronenstrahls. Ein Besuch bei Professor Dr. Winfried Petry, einem der Direktoren des MLZ.

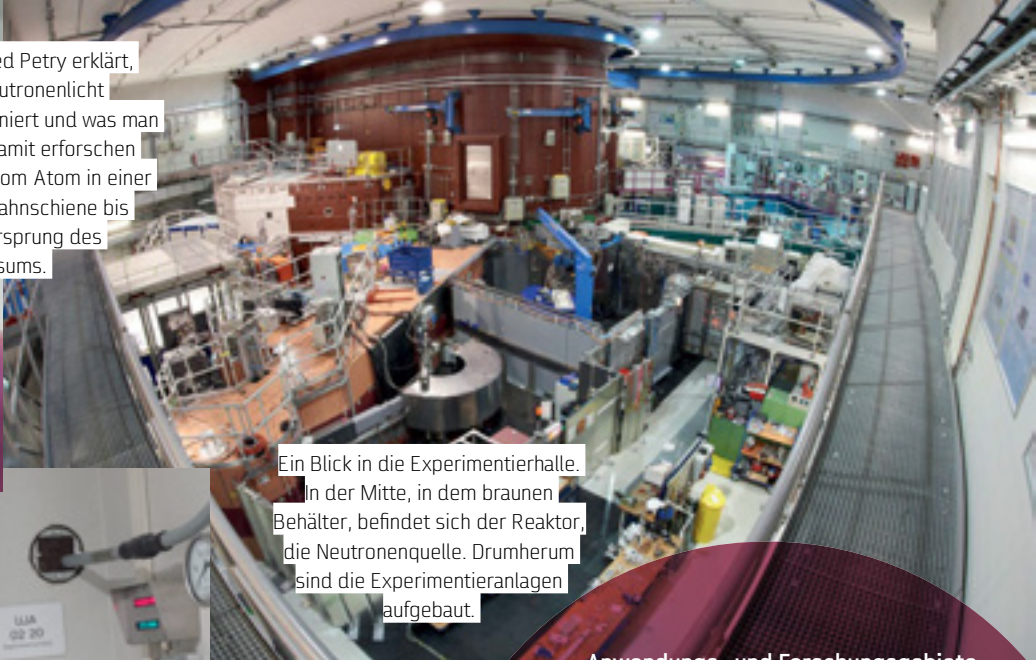
Man muss schnell sein. Wenn man mit Winfried Petry die Forschungsanlagen rings um die Neutronenquelle besichtigt. Der Professor flitzt. Nicht, weil er ein hastiger Typ ist. Nein. Weil er alles zeigen will und er wenig Zeit hat und es immer Zeit braucht, wenn jemand mit Begeisterung erzählt. Und der Neutronenforscher, der Kerntechniker, der Physiker Winfried Petry hat viel zu erzählen. Und viel zu zeigen. Es ist nicht nur das imposante Reaktorbecken. Es sind ebenso die vielen Experimentierplätze, die in einer fabrikgroßen Halle sternförmig um die Neutronenquelle angeordnet sind. Sie heißen Neutronendiffraktometer, ANTARES und STRESS-PEC, Neutronenflugzeitspektroskop oder einfach die stärkste Positronenquelle der Welt zur Erzeugung von Antimaterie. Jede dieser Messstationen ist mehrere Millionen Euro wert. „Immer an der Front der Technologie“, sagt Winfried Petry über diese riesige Wissenschaftler-Spielkiste berstend vor Hightech.

Winfried Petry weiß um die Bedeutung seiner 435-Millionen-Anlage innerhalb der deutschen Forschungslandschaft. Und um

Winfried Petry ist Direktor eines 435-Millionen-Reaktors. Hier werden mit Neutronenlicht Materialien untersucht, Werkstoffe tomografiert, hier wird an Batterien geforscht und Gestein analysiert.



Winfried Petry erklärt, wie Neutronenlicht funktioniert und was man alles damit erforschen kann: vom Atom in einer Eisenbahnschiene bis zum Ursprung des Universums.



Ein Blick in die Experimentierhalle. In der Mitte, in dem braunen Behälter, befindet sich der Reaktor, die Neutronenquelle. Drumherum sind die Experimentieranlagen aufgebaut.



Führt Winfried Petry durch die Anlage, gibt es nicht nur viel zu zeigen und viel zu erzählen: Auch Sicherheitstüren und Schleusen müssen passiert werden.

**Anwendungs- und Forschungsgebiete mit Neutronenstrahlung (Auswahl):**

Material- und Werkstoffoptimierung, Radiographie und Tomografie für Werkstücke und Bauteilgruppen, Proteinstrukturen, Batterieforschung, Metalllegierungen für extreme Temperaturen, widerstandsfreie Supraleitung, Energiespeicherung, Luftfahrt, chemische Untersuchungen, Tumorthherapie, Gesteinsanalysen, homogen dotiertes Silizium für Elektromobilität, Radioisotope für Nuklearmedizin, archäologische Untersuchungen, fundamentale Kräfte, Struktur und Ursprung des Universums.

die Bedeutung der Kerntechnik überhaupt. Die Klarheit seines Standpunkts birgt keinen Zweifel, wenn er einen anblickt, dabei die Hand führt wie ein Dirigent und sagt: „Eine Hightech-Nation kann nicht ohne Kerntechnik auskommen.“ Zählt der Physiker das riesige Einsatzspektrum des Neutronenlichts auf, ahnt man, warum er diesen Satz gesagt hat. Und warum ihm auch folgender wichtig ist: „Der Ausstieg aus der Kernenergie bedeutet nicht den Ausstieg aus der Kerntechnik.“ Am FRM II und MLZ arbeiten zur Zeit knapp 400 Mitarbeiter. Die Nachfrage nach dem Neutronenlicht ist groß, Wissenschaft, Medizin und Industrie haben weit mehr Interesse an den Neutronenstrahl-Messungen als Messzeiten zur Verfügung stehen. Etwa doppelt so viele Forschungsanfragen wie vorhandene Messzeit gebe es. Woran geforscht wird? Winfried Petry diese Frage zu stellen bedeutet mit ihm einzutauchen in eine Welt, in der entscheidend ist, ob der Abstand zwischen Atomen ein Zehnttausendstel größer oder kleiner ist. „Allein damit verändern sie die innere Span-

nung eines Werkstoffs“, erklärt Winfried Petry und fasst die Materialforschung mit Hilfe des Neutronenlichts so zusammen. „Wir designen vom Atom her“ – es gehe um die Optimierung von Materialeigenschaften durch Veränderungen auf atomarer und molekularer Ebene. Der Wissenschaftler erzählt von der Analyse einer Autokurbelwelle, die mehrere Hunderttausend Kilometer durchhalten muss. Und von einem Kompressorrad für Schiffsdiesel. Zu oft sei es unter Last kaputt gegangen. Innere Spannungen im Material wurden vermutet: „Wir halten das in den Neutronenstrahl“, erklärt Winfried Petry, „und der Beugungswinkel des Neutronenlichts erzählt uns alles!“ Mit den Ergebnissen optimieren Experten dann die Parameter eines Werkstoffs oder Werkstücks. Auch biologische Forschung sei möglich mit dem Neutronenstrahl, zum Beispiel an Proteinen. Oder mit Bakterien, deren Resistenz gegen Antibiotika herabgesetzt werden soll. Dann schreibt Winfried Petry Tc-99m auf ein Blatt Papier und beginnt von Technetium zu erzählen. Ein Radionuklid

vorwiegend zur Diagnose von Tumoren. „Für bessere Diagnose und Heilung mit weniger Strahlenbelastung“, bündelt er die Aufgabe an die Entwicklung von Radionukliden für die Nuklearmedizin und eröffnet eine Perspektive: „Neun Millionen jährliche Anwendungen für Technetium gibt es in Europa. Ab 2017 werden wir dafür einen wesentlichen Anteil hier produzieren.“ Dass mit Neutronenforschung noch ein ganz anderes Kapitel aufgeschlagen werden kann, auch davon weiß Winfried Petry zu berichten. Vom Zerfall von freien Neutronen nach exakt 882 Sekunden erzählt er dann und von  $E = mc^2$  und der Trennung von Materie und Antimaterie und der Entstehung des Universums ...



[www.frm2.tum.de](http://www.frm2.tum.de)

# „Für die Zukunft wahnsinnig wichtig!“

Ulrike Schatz ist bei der GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH für die Qualitätssicherung beim Bau der Castor-Behälter zuständig. Und für deren Dokumentationen. Von den Herausforderungen bei der Entsorgung von Atommüll berichtet sie im Gespräch.

## **Frau Schatz, Sie haben Maschinenbau studiert. Warum der Schritt in die Kerntechnik?**

Ich wollte mich noch mehr mit Qualitätssicherung auseinandersetzen – schon meine Diplomarbeit hatte ich darüber geschrieben. Was bietet sich da mehr an als ein kerntechnisches Unternehmen? Man hat Gestaltungsmöglichkeiten und es herrschen höchste Ansprüche an Qualität und Sicherheit.

## **Der Zusammenbau, die Montage der Castor-Behälter, das ist die Hauptaufgabe der GNS, oder?**

Nicht nur: Wir entwickeln und konstruieren die Behälter, kümmern uns um ihre Zulassung, geben die Einzelteile in Auftrag und bauen sie letztlich zusammen. Aber es gehört noch etwas Wichtiges dazu: Wir

Ulrike Schatz kennt sich aus mit den Castor-Behältern. Bis zu sechs Meter hoch sind die Behälter, wiegen bis zu 150 Tonnen und halten sogar Explosionen stand.



überwachen und prüfen. Sowohl den Zusammenbau bei uns als auch die Herstellung der Einzelteile bei unseren Lieferanten. Jeder Schritt muss detailliert dokumentiert werden. Unsere Castor-Behälter sind in Deutschland für 40 Jahre, im Ausland sogar für 60 Jahre zugelassen. Eines Tages müssen sie dann zu einem Endlager transportiert und ihr Inhalt für die Endlagerung verpackt werden. Solange werden auch unsere Behälter-Dokumentationen benötigt.

### **Und für diese Dokumentationen sind Sie zuständig?**

Ja, ich leite bei der GNS eine Gruppe der Abteilung für Qualitätssicherung. Wir beschäftigen uns mit den Behälter-Dokumentationen und den Bauteilprüfungen, für die wir die Vorschriften erstellen. Wir machen eigene Prüfungen bei unseren Lieferanten und wir werden wiederum von externen Gutachtern überwacht – Mitarbeiter von TÜV und BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Anmerk. Red.) sind praktisch ständig in unserer Betriebsstätte mit dabei.

### **Was sind die Aufgaben der GNS für die kommenden Jahre?**

Wir sind ja für die gesamte Entsorgung aller radioaktiven Abfälle aus den deutschen Kernkraftwerken zuständig. Wir liefern die Castor-Behälter und führen ihre Beladungen durch, bis das letzte Kraftwerksbecken leer ist. Und die große Menge schwach- und mittelradioaktiver Abfälle fällt sowieso erst beim Rückbau an. Es gibt also noch jede Menge zu tun. Darüber hinaus wollen wir uns verstärkt international aufstellen. Der gute Ruf von Kerntechnik „Made in Germany“ kommt uns dabei sicher zugute.

### **Das klingt nach Aufgaben auch nach und trotz des Ausstiegs Deutschlands aus der Kernenergie?**

Ja, vieles, was wir jetzt tun, muss noch lange getan werden. Und eines Tages müssen die Abfälle an ein Endlager abgegeben werden. In einigen Jahrzehnten vielleicht erst, aber dafür muss in Deutschland das Know-how erhalten bleiben. Zudem stehen Castor-Behälter im Zwischenlager nicht einfach nur rum: Zum Beispiel gibt es regelmäßig sogenannte Wiederkehrende Prüfungen.



[www.gns.de](http://www.gns.de)

### **Welche Fachrichtungen werden für die Arbeit bei der GNS gebraucht?**

*Bei uns werden viele Gewerke und Fachrichtungen zusammengeführt, Maschinenbauer, Mechaniker, Logistiker, Juristen. Wir machen manchmal gar nicht so besondere Dinge, aber mit einem sehr besonderen Stoff. Deshalb haben wir auch eine Menge Leute, die sich mit Strahlenschutz gut auskennen. Aber auch viele Mitarbeiter, die erstmal nichts mit Kerntechnik im engeren Sinne zu tun haben. Thermische Berechnungen zum Beispiel, die könnten auch in einem Kohlekraftwerk gebraucht werden.*

### **Das heißt, wer in der Kerntechnik arbeitet, hat überall Chancen?**

In unserer Branche müssen wir unglaublich exakt arbeiten, sorgfältig und zuverlässig. Unsere Produkte müssen für Jahrzehnte taugen und höchsten Ansprüchen genügen. Wir sind von Gutachtern durchleuchtet, stehen ständig in der Öffentlichkeit. Man braucht hier große Gründlichkeit, Sinn für Regelwerke und Behörden, für Abstimmung von Gewerken und Gutachtern: ein sehr hohes Qualitätsdenken. Und das kann man auch in anderen Industrien anwenden.

## **Was ist ein CASTOR?**

### **Was ist ein Castor-Behälter?**

Castor-Behälter sind Transport- und Zwischenlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle. Sie müssen die Strahlung abschirmen und den sicheren Einschluss der radioaktiven Stoffe selbst bei extremen Belastungen wie Transportunfällen, Bränden oder Explosionen gewährleisten. CASTOR® ist eine geschützte Marke der GNS. Sie hat schon mehr als 1.000 dieser Behälter gefertigt und ausgeliefert.

### **Was sind die technischen Details eines Castor-Behälters?**

Die Behälter sind bis zu sechs Meter hoch und wiegen bis zu 150 Tonnen. Sie bestehen aus über 1.000 Einzelteilen aus Gusseisen, Edelstahl, Aluminium, Kupfer und Kunststoffen und kosten je nach Typ zwischen anderthalb und zwei Millionen Euro. Bei der GNS werden alle Bauteile von Hand montiert. Das dauert zwei bis drei Monate, inklusive der Prüfungen. Die Jahreskapazität beträgt bis zu 80 Behälter.

### **Was kommt in die Behälter hinein?**

Abgebrannte Brennelemente aus Reaktoren oder hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen. Letztere wurden in flüssiges Glas eingerührt, das dann in Edelstahl-Kokillen abkühlt und aushärtet. So werden die hochradioaktiven Schwermetalle untrennbar mit dem Glas verbunden.



# Kompetenz für Nukleare Entsorgung

- Abfallmanagement
- Brennstoffentsorgung
- Nuklear-Behälter
- Anlagentechnik und Ingenieurleistungen
- Planungs- und Berechnungsleistungen

# Nuklide, die heilen

Jedes Krankenhaus verfügt über nuklearmedizinische Technik, viele haben extra eine nuklearmedizinische Klinik, ausgebildete Ärzte und Fachpersonal. Radiopharmaka spielen eine wichtige Rolle. Im Folgenden drei moderne radiologische Diagnoseverfahren mit Nukliden.

**Radiopharmaka** dienen zur Gewebeuntersuchung und zur Behandlung von Krankheiten. Sie sind entweder selbst radioaktive Stoffe oder Träger für radioaktive Substanzen. Bei der Therapie wird ein bestimmtes Nuklid in den Organismus eingebracht und gibt eine zeitlich kurze, aber intensive Strahlung ab. Diese lässt kranke Zellen sterben, zum Beispiel Tumore – bei weitgehender Schonung von gesundem Gewebe. In der Diagnostik konzentrieren sich die Nuklide eines Radiopharmakas in bestimmten Geweben im Körper. Die dann abgegebene Strahlung wird von einem Messgerät registriert und errechnet aus den Daten ein 2D- oder 3D-Bild.

## Diagnoseverfahren mit Radiopharmaka:

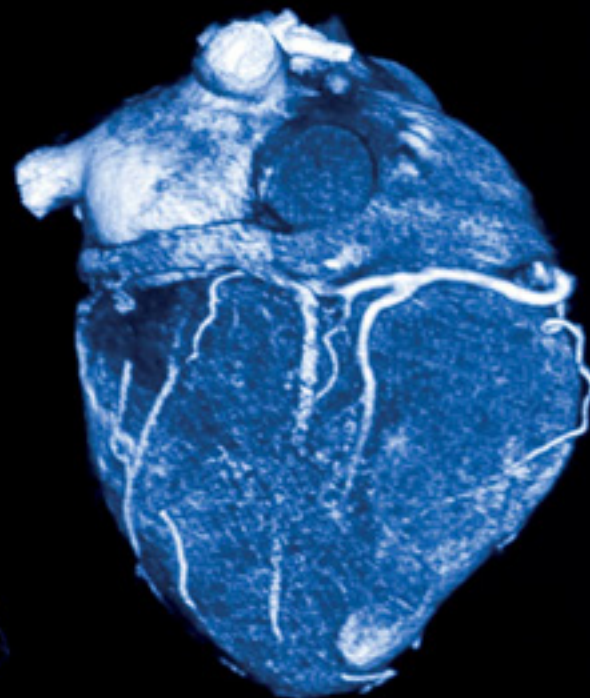
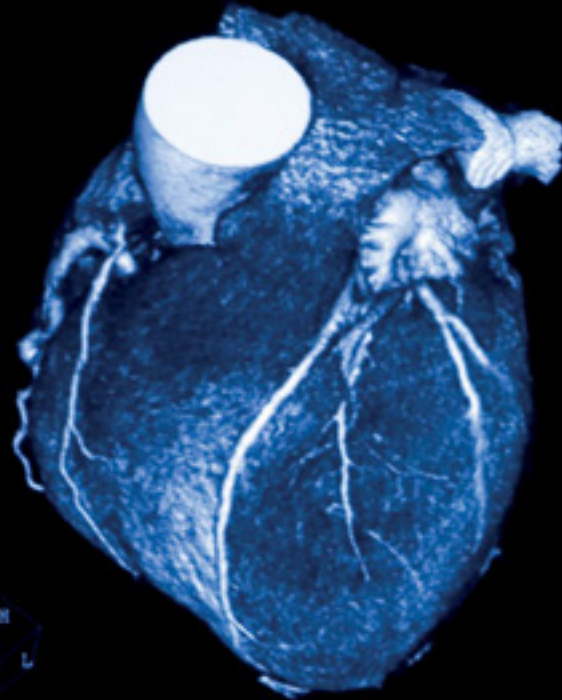
**Mit der Technetium-99m-Antigranulozytenszintigraphie** kann man Entzündungen im Körper nachweisen. Durch Aufnahmen, wie Anti-Granulozyten-Antikörper im Körper verteilt sind. Diese werden mit Technetium-99m markiert und die Strahlung mit einer Single-Photonen-Emissions-Computertomographie (SPECT) gemessen.

**Mit der Dopamin-Transporter-Szintigraphie mit 123I-FP-CIT (DaTSCAN™)** kann nachgewiesen werden, ob bestimmte Neuronen noch im Gehirn vorhanden sind. Dies spielt zur Diagnose von Parkinson-Erkrankungen eine große Rolle.

**Die Iod-131-Ganzkörper-Szintigraphie** wird eingesetzt, um Krebszellen der Schilddrüse nachzuweisen. Und zwar nach einer bereits vollständigen Entfernung der Schilddrüse. Damit sollen Restzellen und Metastasen nachgewiesen werden. Mögliche Tumorzellen absorbieren die Iod-Nuklide und diese Konzentration kann anschließend gemessen werden.



www.nuklearmedizin.de



Eine 3D-Darstellung des Herzens eines Patienten. Radionuklide setzen sich am Gewebe fest. Die abgegebene Strahlung wird außerhalb des Körpers von einem Messgerät registriert und die Daten von einem Computer zu einem solchen Bild übersetzt.

---

# „ES GIBT CHANCEN.“

---

Wolfgang Steinwarz ist Physiker, hat unter anderem als Ingenieur im Bereich Hochtemperaturreaktor gearbeitet und ist zurzeit Geschäftsführer Technik bei Siempelkamp Nukleartechnik GmbH in Krefeld. Er war außerdem im Auftrag der Internationalen Atomenergiebehörde IAEA und der EU-Kommission als Berater tätig. Ein Gespräch über die Perspektive der Kerntechnik als Beruf.



**Herr Dr. Steinwarz, alle reden vom Atomausstieg: Lohnt es sich heute überhaupt noch, im Bereich Kerntechnik einen Beruf zu suchen?**

Es ist immer gut, gegen den Strom zu schwimmen. Wenn für eine Branche wenig Gegenliebe zu spüren ist, dann heißt das auch: Perspektive. Und die Arbeitsfelder in der Kerntechnik sind vielfältig und auf höchstem technischen Niveau, so dass man bei einem eventuellen späteren Arbeitsplatzwechsel in anderen technischen Bereichen weiterkommen kann. Deshalb: Ja, es lohnt sich.

**Die „Perspektive“, können Sie die bitte noch präzisieren.**

Ich hatte letzte Woche junge Leute da und denen sage ich immer: Die Leute, die jetzt anfangen, haben Chancen, denn: In der Kerntechnik übersteigen die Stellenangebote die Nachfrage.

**Wo liegt in den kommenden Jahren der Arbeitsschwerpunkt im Bereich Kerntechnik?**

Man muss davon ausgehen, dass uns allein in Deutschland mindestens 70, wenn nicht 100 Jahre die Entsorgung von radioaktiven Abfällen intensiv beschäftigen wird. Hier gibt es und wird es viele interessante Aufgaben geben.

**Wie ist Siempelkamp mit dem deutschen Ausstieg aus der Kernenergie umgegangen?**

Wir haben gesagt: Wir verstärken das internationale Engagement unseres Unternehmens. Und dieses Internationalisierungskonzept hat gefruchtet. Wir haben uns in der Entsor-

gungs- und Sicherheitstechnik noch mehr platziert. Das läuft sehr gut. Das zeigt: Es gibt Chancen, mit der deutschen Reputation im Ausland voranzukommen.

**Haben Sie ein Beispiel für den Einsatz von Kerntechnikern aktuell und künftig?**

Aus der deutschen politischen Situation heraus (Ausstieg aus der Kernenergie) sind der Abbau von Kernkraftwerken und die Entsorgung Schwerpunktthemen für die Zukunft. Siempelkamp ist in diesem Feld wesentlich beteiligt. Wir liefern Zerlege-Einrichtungen und führen entsprechende Serviceleistungen aus. Auch in den USA ist unsere Expertise gefragt. Interesse wurde ebenso von anderen Ländern bekundet. Hier helfen uns die bisherigen Projekterfahrungen im Bereich Stilllegung und Abbau von Nuklearanlagen.

**Ist die Arbeit im Ausland für Deutsche eine Herausforderung?**

Die deutsche Kompetenz im Bereich Kerntechnik ist anerkannt. Aber wir müssen anpassungsfähiger werden für internationale Lösungen. Die Anforderungen auf dem internationalen Markt stellen manchmal andere Ansprüche, als wir es gewohnt sind. Wir müssen freier werden, Anderes zu akzeptieren, wie Denkweisen, Strukturen, Organisationen. Wenn zum Beispiel unsere DIN-Norm bestimmte Richtwerte festlegt oder bestimmte Anforderungen definiert, dann muss man reflektieren können, wie man in einem anderen Land eine Genehmigung bekommt, wenn dort andere Bedingungen vorgegeben sind.


**Siempelkamp**

Nukleartechnik

[www.siempelkamp.com](http://www.siempelkamp.com)


# Werde Siempelkämpfer!

## **Gibt es für angrenzende oder grundsätzlich andere Fachbereiche auch berufliche Einsatzmöglichkeiten in der Kerntechnik?**

Ja. Vor einigen Jahren gab es technologischen Bedarf im Bereich Schwingfestigkeit von Strukturelementen einer Windkraftanlage. Heute liefern wir Großkomponenten für Windkraftträder mit einem speziell entwickelten, ursprünglich aus der Kerntechnik stammenden Werkstoff.

## **Und wie flexibel bin ich als Kerntechniker in anderen Arbeitsbereichen, außerhalb der Kerntechnik?**

*Denken Sie an die Materialwirtschaft oder Werkstoffwissenschaft. Ein Beispiel ist der Korrosionsschutz. Es wird diskutiert, dass unsere Behälter für radioaktive Abfallprodukte mindestens 500 Jahre im Endlager ihre Integrität behalten müssen. Aber Korrosionsschutz ist natürlich überall ein Thema. Oder: Wir liefern Schiffsdieselgehäuse für riesige Containerschiffe. Die werden bei den betrieblichen Anforderungen sehr belastet. Auch hier stammt der Werkstoff ursprünglich aus der Nukleartechnik. Ein letztes Beispiel: Für den Bau von Pipelines braucht man Stahlplatten, die zu Rohren gebogen werden müssen. Siempelkamp hat hierfür die entsprechende Technologie zur Verfügung gestellt. Sie sehen, es gibt interessante Aufgaben auch für Quereinsteiger und Queraussteiger.*



---

# „Das ist dann meine Philosophie.“

---

Nadine Liehr hat Umwelttechnik studiert und ist im Strahlenschutz ausgebildet. Heute arbeitet sie als Ingenieurin bei E.ON, im Kernkraftwerk ISAR 1 und ISAR 2. Und hat dort Arbeit für die nächsten 25 Jahre: Rückbau der beiden KKW's. Ein Besuch bei Nadine Liehr.

Nadine Liehr treffen, konfrontiert. Zuerst mit Ingenieurs-Klischees, die Nadine Liehr mit schlichter Anwesenheit hinwegfegt: orangene Haare, Jeansrock, Pelzkragenjacke, tätowiert. So trifft man die 30-Jährige im Ausweisbüro der Kernkraftwerke ISAR 1 und ISAR 2 im niederbayrischen Essenbach.

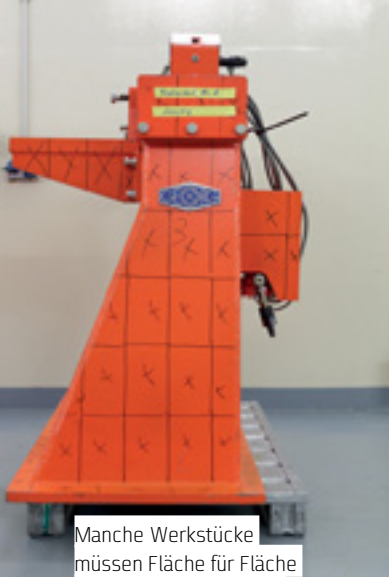
Drinne rascheln die Papiere. Sicherheitsbögen, Belehrungsformulare, Zugangsberechtigungen. Es gibt ein Dosimeter und mehrere Sicherheitskontrollen. Ein bisschen wie Flughafen. Draußen auf dem Weg in Nadine Liehrs Büro knistern über dem Gelände die Hochspannungsleitungen. 380.000 Volt fließen da und versorgen 3,5 Millionen Vier-Personen-Haushalte mit Strom. Allein Block II hat 2013 unter allen Kernkraftwerken weltweit den meisten Strom produziert: rund zwölf Milliarden Kilowattstunden.

Aus Block 1 kommt heute kein Strom mehr. ISAR 1 war eines der Kernkraftwerke, die 2011 abgeschaltet wurden. Sechs Tage nach dem Unfall im japanischen Fukushima. Nadine Liehr war damals gerade zu Hause, um für eine Umweltrecht-Prüfung zu lernen. „Als ich wieder im Büro war, war plötzlich alles anders“, erinnert sie sich. Vier Jahre zuvor sei sie noch im Zuge der Laufzeitverlängerung für Kernkraftwerke eingestellt worden.

Das ist Nadine Liehr, Ingenieurin im Kernkraftwerk ISAR 1 und 2. Sie ist mitverantwortlich dafür, wie die beiden Kernkraftanlagen zurückgebaut werden. Bis etwa 2038 dauert das, dann soll hier wieder grüne Wiese sein.



Nadine Liehr erklärt, dass vor dem Rückbau erst einmal die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung erteilt werden müsse. Für ISAR 1 rechnet man 2016 damit.



Manche Werkstücke müssen Fläche für Fläche auf Radioaktivität untersucht werden. Per Hand mit einem Messgerät. Die etwa A5-großen aufgezeichneten Rechtecke mit den Kreuzen markieren die bereits vermessenen Stellen.



Jedes Gramm der beiden Kernkraftwerke werden die Mitarbeiter in die Hand nehmen: auf Kontamination messen, über die Entsorgung entscheiden und entsorgen.

Dann im März 2011 die Abschaltung von ISAR 1. ISAR 2 bekam Laufzeit bis Ende 2022.

Rückbau-Planung heißt es deshalb für Nadine Liehr. Wie lange das dauern wird? Die Ingenieurin ist vorsichtig, weil sich diese Zahl oft ändere – auch durch die Politik. „Gerade gehen wir von 2038 aus.“ Das sind rund 25 Jahre. „Ja, das ist eine lange Zeit“, sagt Nadine Liehr. „Aber sehen Sie's mal so: Wir werden hier jeden Quadratzentimeter, jedes Gramm in die Hand nehmen, untersuchen und entscheiden, wie es entsorgt wird. Und dann entsorgen. Das dauert seine Zeit.“

Dabei wird zurzeit noch gar nicht rückgebaut. „Wir befinden uns noch im Nichtleistungsbetrieb“, sagt Nadine Liehr, „bis zur Stilllegungs-Abbau-Genehmigung“. 2016 solle die kommen, erst nach deren Erteilung könne der Rückbau von ISAR 1 beginnen. Doch schon seit 2012 bereitet die Ingenieurin den Rückbau vor. Entwirft Strategien, prognostiziert anfallende Aufgaben und plant deren Lösungen. Rückbau braucht eigene Technik, Logistik, Mitarbeiter, eine spezielle Infrastruktur. Eine extra Fabrik baut E.ON auf das Gelände.

Eigentlich hat Nadine Liehr auch vor der Abschaltung schon genau das gemacht: Reststoffe im KKW auf Kontamination

untersucht und entsorgen lassen. Denn Reststoffe fallen auch im Betriebszustand eines KKW an. Erfahrung hat sie also. Nur dass sie jetzt zwei komplette Kernkraftwerke entsorgen muss. Vom Stoffsack mit Handvermessung über handliche Bleche, die durch ein Kontrollgerät laufen, bis zum Reaktor Druckbehälter mit Unterwasser-Demontage durch Roboter.

Die Ausmaße eines Kernkraftwerk-Rückbaus zeigen sich, als Nadine Liehr mit Helm, Sicherheitsschuhen und in orangener Werksjacke über das Gelände führt, bis hinein in die Räume und Hallen mit Rohrsystemen, Containern, Turbinengehäusen, Kranen, Maschinen, Kabelkilometern und Kühlwassertanks. Hier wurde früher Strom aus Kernenergie erzeugt. Kontrollbereich heißt das. „Und für den“, sagt Nadine Liehr, „gilt beim Rückbau grundsätzlich: Alles muss auf Radioaktivität gemessen werden.“

„Ich bin eine von denen, die sich dafür, innerhalb der gesetzlichen Vorgaben, die Strategien ausdenkt. Das ist spannend, denn das ist dann meine Philosophie: Womit fangen wir an! Womit hören wir auf! Das erkläre ich dann meinen Jungs.“ Mit Jungs meint sie ihre Kollegen und spricht einen Mitarbeiter an, der gerade mit einem großen Stück dunkelbraunem Metall hantiert. „Dieses Teilstück

hat mein Kollege aus einem größeren Anlagenbauteil entnommen. Das wird jetzt vermessen und dann hochgerechnet, wie die gesamte Maschine später nach der Stilllegung demontiert, vermessen und entsorgt werden muss.“

*Ihre Arbeitsgruppe ist bunt gemischt, vom klassischen Ingenieur Elektrotechnik oder Maschinenbau bis zum früheren Kfz-Mechaniker, sogar ein ehemaliger Werkzeugmacher sei dabei. „Die meisten spezialisieren sich erst im Laufe ihres Lebens auf diese Arbeit hier“, sagt Nadine Liehr.*

Für den Rückbau werden künftig aus fünfzehn Ingenieuren werden und aus 25 Facharbeitern 35 bis 40. Sie selbst mache sich überhaupt keine Gedanken über ihre Berufszeit bis zur Rente. „Der Rückbau geht ja schon bis etwa 2038. Welcher Arbeitgeber garantiert einem so eine lange Arbeitszeit?“



[www.eon.com](http://www.eon.com)



## Wie wichtig ist Ihnen Ihre Umwelt?

Sicher genauso wichtig wie uns.

Der nachhaltige Schutz von Klima und Umwelt ist unser Anliegen.  
Wir investieren viel in moderne Technologien für die Energieerzeugung  
von morgen.



# „WIE BEIM ARZT.“

Ob in einem Raffinerieturm eine Schweißnaht ein millimetergroßes Loch hat, kriegt Michael Moock raus. Auch ist er zweimal im Jahr bei Prüfungen in Kernkraftwerken dabei. Im Gespräch mit dem Werkstoffprüfer von der Dekra.



## Herr Moock, was ist Ihr Beruf?

Angefangen habe ich mit Gas-Wasser-Instandhaltung. Danach durch Seminare Werkstoffprüfer gelernt, in dem Bereich bin ich Quereinsteiger.

## Was prüfen Sie?

Wir prüfen zum Beispiel bei Gasleitungen oder Behältern die Schweißnähte, ob sie dicht sind und bestimmten Normen entsprechen. Oder auch Rohre und Druckbehälter in Kernkraftwerken. Das machen wir mit Bestrahlung. Das ist vergleichbar mit einem Arztbesuch: Dort werden Sie geröntgt, um sehen zu können, ob der Arm gebrochen ist. Wir sehen durch die Strahlung, ob eine Schweißnaht dicht ist.

## Womit prüfen Sie?

Wir haben zwei Prüfmethode: Einmal ein mobiles Röntgengerät – das ist auf einer Art Sackkarre aufgebaut, womit Sie sonst Getränkekisten umherfahren. Es wiegt 150 bis 200 Kilogramm. Und dann ein Gerät für Gammastrahlung, das ist etwa so groß wie eine Handtasche. Es wiegt bis zu 17 Kilogramm. Daran ist eine zehn Meter lange Kurbel, damit ich einen Sicherheitsabstand einhalten kann.

## Denn das strahlt?

Ja, es strahlt immer, man kann es nicht ausschalten. Röntgenstrahlung ist ja künstlich und wird erzeugt durch Abbremsen von Elektronen. Deshalb kann man das Gerät an- und ausschalten.

## Worin unterscheiden sich die beiden Messmethoden noch?

Röntgenstrahlung ist genauer, aber eine „weiche“ Strahlung und hat deshalb nicht so eine hohe Durchdringungstiefe, nur etwa 40 bis 45 Millimeter. Und das Gerät ist schwer. Prüfen wir zum Beispiel Raffinerietürme, bräuchte man dafür einen Kran. Für das Gerät mit der Gamma-Strahlung nicht. Bei Prüfungen in Kernkraftwerken kommt zu 99 Prozent das Röntgengerät zum Einsatz – wegen der hohen Sicherheitsstufe. Jede Rohrleitung eines Kernkraftwerks muss in Zyklen geprüft werden. Die legt ein unabhängiger Sachverständiger fest. Wir messen auch neue Rohre nach dem Einbau.

## Wie werten Sie die Daten aus, die Ihnen die Geräte liefern? Oder ist das auch wie beim Arzt und Sie haben dann Schwarz-Weiß-Fotos?

Genau. Es ist ein Röntgenbild wie beim Arzt. Eine Schweißnaht zum Beispiel sehe ich als weißen Strich dargestellt. Gibt es eine undichte Stelle, eine Pore etwa, geht da mehr Strahlung durch und ich sehe es auf dem Bild als schwarzen Punkt.

## Warum können Sie nicht digital arbeiten?

Die Medizin ist in diesem Bereich immer der Vorreiter und es dauert etwas, bis das in unserem Bereich einsetzbar ist. Bei dem vielen Dreck und Sand... Im Labor kein Problem, aber draußen auf der Wiese ist diese digitale Technik noch sehr empfindlich.

## Sie arbeiten zwar MIT Kerntechnik, sind aber genaugenommen gar nicht nur IN der Kerntechnik unterwegs?

Ja, das stimmt, unsere Prüftechnik wird zwar auch in Kernkraftwerken angewendet, ist aber grundsätzlich das gleiche Verfahren wie in anderen Prüfbereichen. Es gibt ja auch noch andere Prüfverfahren, ohne radioaktive Strahlung. Ultraschallprüfung zum Beispiel oder Oberflächenrissprüfung – alles Verfahren, die man als Werkstoffprüfer lernt.

## Wenn man sich also für einen Arbeitsplatzwechsel entschließen sollte, könnte man auch woanders Arbeit finden?

Ja, überall, wo Prüftechniken durchgeführt werden, etwa im Flugzeugbau, beim Kühlanlagenbau, im Automobilbereich usw. Es gibt auch Hersteller, die haben ihre eigene Prüfabteilung im Werk.

## Weil Sie in vielen Bereichen prüfen, nicht nur in der Kerntechnik selbst, sind Sie auch nicht so betroffen vom Ausstieg Deutschlands aus der Nutzung der Kernenergie, oder?

Nein. Auch deshalb nicht, weil wir auch Teile prüfen, die ins Ausland gehen, zum Beispiel nach Finnland, wo gerade ein neues Kernkraftwerk gebaut wird. Auch nach 2022 werden wir weiterhin Komponenten von internationalen Kernkraftwerken prüfen.



[www.dekra.de](http://www.dekra.de)

# WIR FÜHREN KERNENERGIE IN DIE ZUKUNFT. MIT SICHERHEIT.

AREVA ist Weltmarktführer in der Kerntechnik und ein führendes Unternehmen bei den Erneuerbaren Energien. Wir bieten unseren Kunden innovative Lösungen, damit sie CO<sub>2</sub>-armen Strom erzeugen können.

Alle unsere Leistungen haben dabei eines gemeinsam: Sicherheit steht immer an erster Stelle.



[www.aveva.de](http://www.aveva.de)

  
**AREVA**  
forward-looking energy

# Das Gehirn der Anlage

Ein Gespräch mit Doreen Kessel. Sie ist Teilprojektleiterin und kennt sich aus mit der Steuerung eines Kraftwerks. Muss sie auch. Denn bei der AREVA GmbH arbeitet sie gerade mit an Angra 3, einem Kernkraftwerk in Brasilien.

**Frau Kessel, Sie arbeiten zur Zeit am Neubau eines Kernkraftwerks mit. Wo?**

Die Anlage heißt Angra 3 und entsteht in Brasilien, in der Nähe von Rio de Janeiro. Ich arbeite an der Lieferung der Leittechnik für die Steuerung des Kernkraftwerks mit. Das ist ein wesentlicher Teil des Auftragspakets, das AREVA hat, um den brasilianischen Bauherren bei der Fertigstellung zu unterstützen.

**Was genau ist im Bereich der Leittechnik Ihr Arbeitsfeld?**

Ich bin innerhalb des Teilprojektes „Betriebliche Leittechnik“ tätig. Die betriebliche Leittechnik steuert das Kernkraftwerk während des Betriebs und reguliert beispielsweise die Leistung des Reaktors je nach Bedarf. Unabhängig davon gibt es noch die Sicherheitsleittechnik, die das Kernkraftwerk bei einer Störung jederzeit sicher abschalten kann.

Etwa 180 Schaltschränke bilden das Gehirn des Kernkraftwerks Angra 3 in Brasilien. Doreen Kessel testet die Signalverarbeitung in den Schränken, durch Simulation von Betriebszuständen der künftigen Kernreaktoranlage.

**Können Sie die Betriebsleittechnik bitte noch etwas genauer beschreiben?**

Im Prinzip geht es um die Erfassung von Daten wie Temperatur, Druck oder auch die Füllstände von Wasser. Diese Daten gehen als Signale in die Leitwarte und informieren dort die verantwortlichen Techniker. Auf dieser Basis überwacht der Operator den Betrieb und greift bei Bedarf auch manuell ein. Die Leittechnik könnte man umgangssprachlich als das Gehirn und die Nervenbahnen der Anlage bezeichnen.

**Was sind die besonderen Herausforderungen bei der Anlage Angra 3?**

Das Design von Angra 3 orientiert sich an der Schwesteranlage Angra 2, die bereits seit dem Jahr 2000 Strom produziert. Jetzt liefern wir Leittechnik, die dem aktuellen technischen Stand entspricht. Der brasilianische Betreiber will jedoch erfahrene Kollegen von Angra 2 auch in dem neuen Kernkraftwerk einsetzen. Möglichst viele Funktionalitäten sollen daher vergleichbar sein. Wir übernehmen also viele Prinzipien aus Angra 2 und bilden sie mit der neuen Technologie ab.

**Wie werden diese riesigen Datenmengen in einem Kernkraftwerk verarbeitet?**

Es gibt rund 200 Leittechnikschränke, im Prinzip große Computer, die die einzelnen Komponenten steuern. Damit das später reibungslos klappt, führen wir in Testfeldern umfangreiche Tests durch.

**Wie und wo testen Sie?**

Wir haben hier bei AREVA in Erlangen mehrere Testfelder, wo wir Leittechniksysteme für Kernkraftwerke in aller Welt auf Herz und Nieren testen. Wir können – je nach Projektanforderung – verschiedene Systeme und Leitschranke komplett aufbauen und testen. Dabei simuliert eine Software das Kernkraftwerk und liefert sozusagen virtuelle Daten über alle möglichen Betriebszustände. So testen wir dann die entsprechenden Reaktionen

der Leittechnik, ob alles wie vorgesehen funktioniert. In den meisten Fällen sind unsere Kunden und sogar die Vertreter der Aufsichtsbehörden der jeweiligen Länder schon bei den Tests im Prüffeld dabei. Erst wenn diese Tests abgeschlossen sind, bringen wir die Schaltschränke in das Kraftwerk und bauen sie ein. Dann wird natürlich noch einmal alles intensiv getestet, bevor die Inbetriebnahme des Kernkraftwerks beginnt.

**Würden Sie gern – bei diesen Tests dann vor Ort – dabei sein?**

Darauf freue ich mich schon! Mit der Inbetriebnahme kommt die spannendste Phase. Erst dann schließen wir die Leittechnik und die Komponenten wie Ventile oder Pumpen zusammen und beginnen Schritt für Schritt mit dem Betrieb. Am Ende produziert das Kernkraftwerk dann für viele Jahrzehnte sauberen Strom.

**Hier geht es gerade um den Fertigbau eines Kernkraftwerks. Arbeiten bei Ihnen ausschließlich Kerntechniker?**

*Nein, ganz im Gegenteil, bei uns arbeiten Kolleginnen und Kollegen vieler Fachrichtungen: Ingenieure aus den Bereichen Elektrotechnik, Verfahrenstechnik, Maschinenbau, aber auch Naturwissenschaftler wie Physiker oder Chemiker. Gerade die Vielfalt der Aufgaben und Themenfelder macht ja die Kerntechnik so spannend. Betriebliche Leittechnik gibt es im Übrigen nicht nur in Kernkraftwerken, sondern in jeder Industrieanlage, sei es eine Autofabrik oder ein Chemiewerk.*



[www.aveva.de](http://www.aveva.de)

# AUF DEN PUNKT.



Auswahl von Lehrangeboten  
an deutschen Hochschulen

**Ich habe keine kerntechnische Ausbildung und auch nicht studiert: Könnte ich trotzdem in der Kerntechnik arbeiten?**

*„Sie können in der Kerntechnik arbeiten, ohne direkt Kerntechnik gelernt zu haben. Sie sollten einen technischen Beruf erlernt haben und Freude an Neuem haben. Wer dann bei uns in Kerntechnik ausgebildet wird, ist in der Wirtschaft grundsätzlich sehr gefragt.“*

Prof. Dr. Winfried Petry, ein Direktor des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ)

## INFO

Mit jeder technischen Ausbildung ist man geeignet, in der Kerntechnik zu arbeiten. Sogar ohne technische Ausbildung oder technisches Studium ist ein Quereinstieg möglich. Bei Interesse: Unternehmen im Bereich oder Randbereich Kerntechnik informieren gern über Voraussetzungen und Möglichkeiten für Bewerbungen.



### Die Vielfalt von Berufsbildern in der Kerntechnik (Auswahl):

Verfahrenstechniker

Bauingenieur    Mess- und Automatisierungstechniker

**Kerntechniker**

Radiochemiker    Betriebsleiter

Projektleiter    Schichtleiter    **Chemiker**

Informatiker    Bergtechniker    Maschinentechniker

Biologe    Mechatroniker    Qualitätsmanager

Mechaniker    **Mathematiker**    Reaktorfahrer

Dreher/Fräser    Produktionsleiter    Rückbaumanager

Jurist    Mineralogen    Umwelttechniker

**Physiker**    Maschinen- und Anlagenführer

Elektriker    Metallbauer    Strahlenphysiker

Industriemechaniker    Brennstoffingenieur

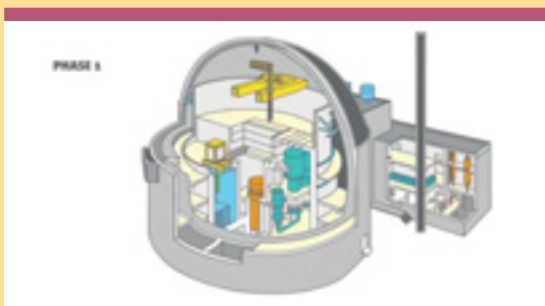
Geologe    **Maschinenbauingenieur**

Betriebswirt    Radioökologe    Industriekaufmann

**Strahlenschutz**    Radiologe

Sicherheitsingenieur

**Werkzeugmechaniker**



**Der Rückbau von Kernkraftwerken ist ein wichtiges Thema in Deutschland. Wo kann ich mich darüber informieren?**

*Zum Beispiel hier:*



[bit.ly/rueckbau](https://bit.ly/rueckbau)



## Kann ich mir ein Kernkraftwerk auch mal von innen ansehen?

### Besichtigung Kernkraftwerk

Als Bürger der Bundesrepublik Deutschland ist es möglich, sich über die Stromproduktion aus Kernenergie und die technischen Einzelheiten an Kernkraftwerkstandorten zu informieren. Dafür gibt es Infozentren für Kernkraftwerke.

Nach Terminabsprache sind an folgenden Kernkraftwerken Besichtigungen möglich:

<b>Emsland</b>	Telefon: 0800 8833830
<b>Biblis</b>	Telefon: 06245 214803
<b>Philippsburg</b>	Telefon: 07256 950, E-Mail: Poststelle-KKP@kk.enbw.com
<b>Neckarwestheim</b>	Telefon: 07133 130, E-Mail: Poststelle-GKN@kk.enbw.com
<b>Gundremmingen</b>	Telefon: 08224 782231, E-Mail: info@kkw-gundremmingen.de



## Wo kann ich mich über die Kernenergie weltweit informieren?

Eine **kostenlose App der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA)** für News aus dem Department of Nuclear Energy gibt es hier:

für iPad



für iPhone



für Android



## Welche nationalen und internationalen Organisationen im Bereich Kerntechnik gibt es? (Auswahl):

### DEUTSCHLAND

- **DAtF (Deutsches Atomforum e. V.)**
- **Kerntechnische Gesellschaft e. V. (KTG)**
- **Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK)**
- **Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V. (VKTA)**
- **VGB PowerTech e.V.**
- **Women in Nuclear (WiN) Deutschland e. V.**

### WELTWEIT

- **American Nuclear Society**
- **Belgian Nuclear Society (BNS)**
- **Brazilian Association for Nuclear Energy (ABEN)**
- **Canadian Nuclear Association (CNA)**
- **China Institute of Atomic Energy (CIAE)**
- **Czech Nuclear Forum**
- **European Nuclear Society (ENS), Sitz in Belgien**
- **Finnish Nuclear Society**
- **FORATOM - european atomic forum, Sitz in Belgien**
- **Forum Nucleaire (Belgien)**
- **Fundacja FORUM ATOMOWE (Polen)**
- **Group of European Municipalities with Nuclear Facilities (GMF), Sitz in Spanien**
- **Japan Atomic Industrial Forum, Inc. (JAIF)**
- **Netherlands Nuclear Society**
- **Nuclear Energy Institute (NEI), Sitz in USA**
- **Nuclear Institute, Sitz in Großbritannien**
- **Nuclear Industry Association (NIA), Sitz in Großbritannien**
- **Nuclear News Agency (NUCNET), Sitz in Belgien**
- **Nuclear.Ru (Russland)**
- **Nuklearforum Schweiz (Forum nucléaire suisse)**
- **Österreichische Kerntechnische Gesellschaft (ÖKTG)**
- **Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute**
- **Sociedad Nuclear Española (SNE)**
- **Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN)**
- **World Council of Nuclear Workers (WONUC), Sitz in Frankreich**
- **World Energy Council (WNC), Sitz in Großbritannien**
- **World Nuclear Association (WNA), Sitz in Großbritannien**
- **World Association of Nuclear Operators (WANO), Sitz in Großbritannien**



## Auf welchen Internetseiten kann ich mich über Kerntechnik informieren?

**[www.endlagerung.de](http://www.endlagerung.de)**

Seite zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland.



**[www.grs.de](http://www.grs.de)**

Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit.



**[www.kernenergie.de](http://www.kernenergie.de)**

Informationen und Nachrichten rund um Kernenergie und Kerntechnik.



**[www.kernfragen.de](http://www.kernfragen.de)**

Umfassendes Wissensportal zur Kernenergie.



**[www.nucleonica.net](http://www.nucleonica.net)**

Internationale Seite zur Wissenschaft und Technologie im Bereich Kerntechnik.



**<http://nucleus.iaea.org>**

Infos und Wissenschaft zur Kerntechnik.



## Beispiele für staatliche Institutionen, die mit Kerntechnik zu tun haben. (Auswahl):

- **Bundesamt für kerntechnische Entsorgung (BfE)**
- **Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)**
- **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)**
- **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)**
- **Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)**
- **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)**
- **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)**
- **Entsorgungskommission (ESK)**
- **Europäische Atomgemeinschaft (Euratom)**
- **International Atomic Energy Agency (IAEA)**
- **International Energy Agency (IEA)**
- **Nuclear Energy Agency (NEA)**
- **Reaktor-Sicherheitskommission (RSK)**
- **Strahlenschutzkommission (SSK)**

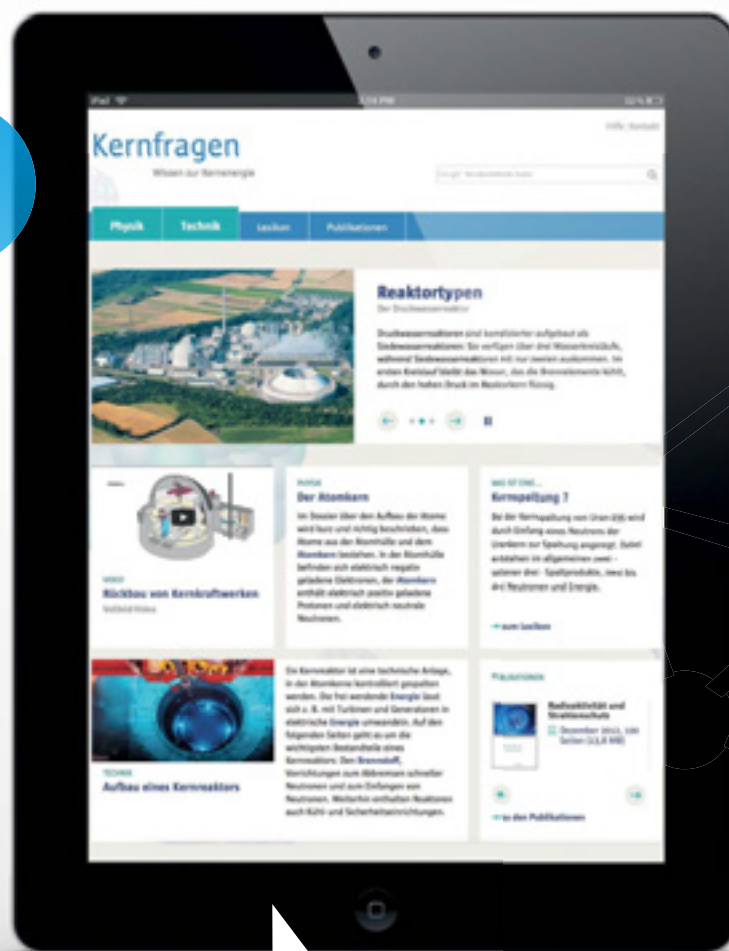


## Welche Forschungseinrichtungen und Sachverständigen-Organisationen im Bereich Kerntechnik gibt es? (Auswahl):

- Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)
- DEKRA e. V.
- European Physical Society (EPS)
- Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM-II)
- Forschungszentrum Jülich GmbH in der Helmholtz-Gemeinschaft
- Fraunhofer Gesellschaft
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
- Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht-Zentrum für Material- und Küstenforschung
- Helmholtz-Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt
- Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie
- Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren
- Joint Research Centre (JRC), Institute for Transuranium Elements (ITU)
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Max-Planck-Gesellschaft
- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
- TÜV NORD AG
- TÜV SÜD AG

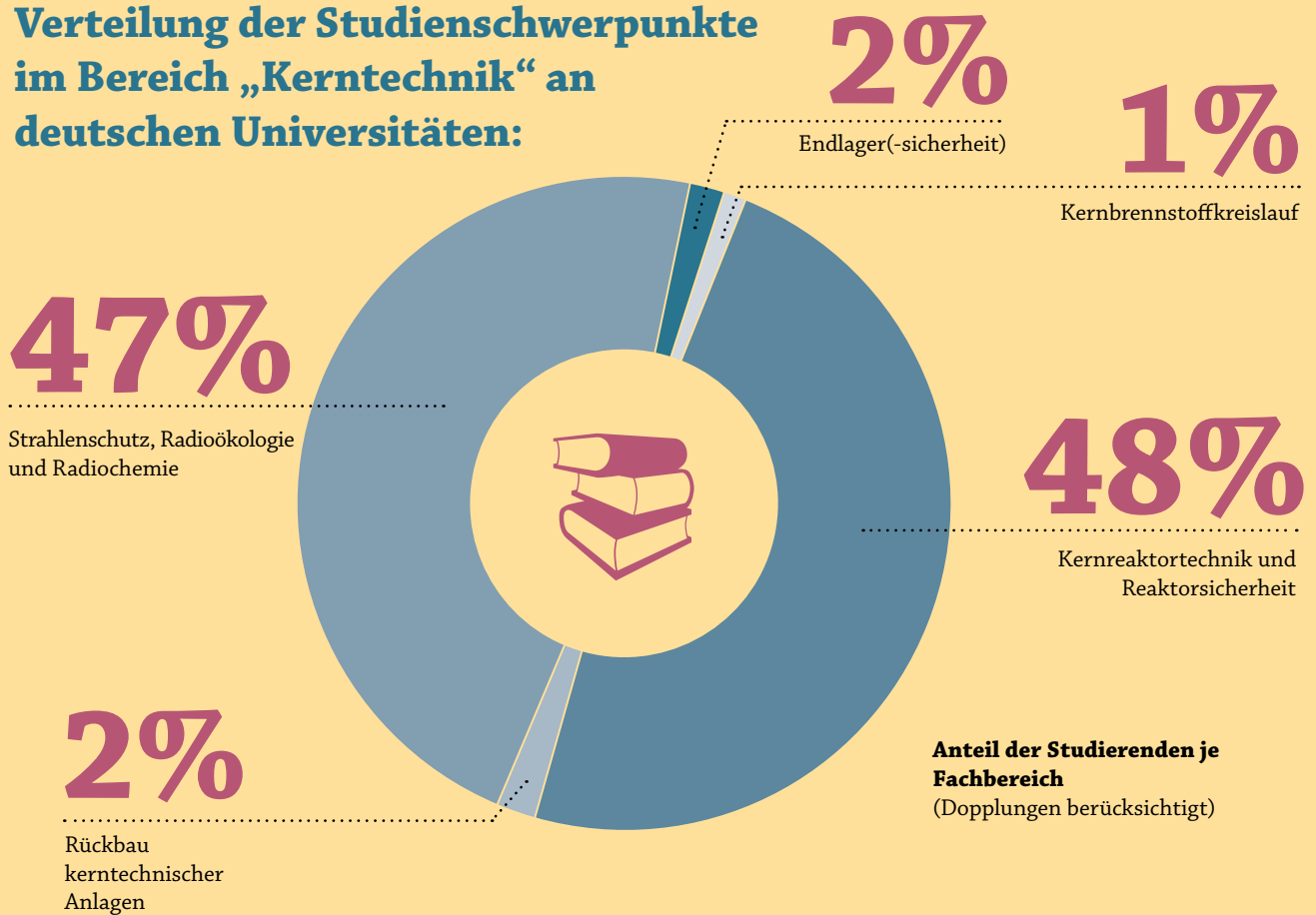


# Langzeitausbreitungsfaktor? Mutternuklid? Handschuhkasten?



Antworten auf  
[www.kernfragen.de](http://www.kernfragen.de)

## Verteilung der Studienschwerpunkte im Bereich „Kerntechnik“ an deutschen Universitäten:



### Diese für die Kerntechnik relevanten Studiengänge und Studienschwerpunkte gibt es (Auswahl):

- Automatisierungstechnik
- Anlagentechnik
- Allgemeiner Anlagenbau
- Allgemeine Elektrotechnik
- Allgemeiner Maschinenbau
- Computational Engineering Science
- Electrical Engineering
- Electrical Power Engineering
- Elektrotechnik
- Elektrische Energiesysteme
- Elektrische Energietechnik
- Energy Engineering
- Engineering Physics
- Energiesystemtechnik
- Energy Systems
- Energieanlagen und Energieprozesstechnik
- Energietechnik
- Energie- und Verfahrenstechnik
- Energieprozesstechnik
- Entsorgungswesen
- Environmental Physics
- European Engineering Programme
- Europäische Elektrotechnik
- Energiewirtschaft
- Energietechnik und Anlagenautomatisierung
- Energie- und Umweltschutztechnik
- Energieelektronik
- Energy Technology
- Energie, Elektronik, Umwelt
- General Engineering Science
- Informationstechnik
- Industrieelektronik und Energietechnik
- Kerntechnik
- Maschinenbau
- (Computational) Mechanical and Process Engineering
- Mechatronik
- Mechanical and Process Engineering
- Mechanical Engineering
- Mechatronic
- Nuclear Applications
- Nuclear Engineering
- Physik
- Physikalische Ingenieurwissenschaft
- Physikalische Technologien
- Physikalische Technik
- Process Engineering
- Sicherheitswesen
- Technische Informatik
- Technische Physik
- Technomathematik
- Umwelttechnik
- Verfahrenstechnik
- Werkstoffinformatik
- Wirtschaftsingenieurwesen



## Unternehmen im Bereich Kerntechnik (Auswahl):



AREVA GmbH



BGS Beta-Gamma-  
Service GmbH & Co. KG



Deutsche Gesellschaft  
zum Bau und Betrieb von  
Endlagern für Abfallstoffe  
mbH (DBE)



E.ON Kernkraft GmbH



Gesellschaft für  
Simulatorschulung mbH



RWE Power AG



URENCO  
Deutschland GmbH

August Alborn  
GmbH & Co. KG



EnBW Kernkraft GmbH



GNS Gesellschaft für  
Nuklear-Service mbH



NUKEM  
Technologies GmbH



Siempelkamp  
Nukleartechnik GmbH



STEAG GmbH



Westinghouse Electric  
Germany GmbH



Vattenfall Europe  
Nuclear Energy GmbH



## Welche Hochschulen mit Lehrstühlen und Lehrveranstaltungen im Bereich Kerntechnik und angrenzenden Fachgebieten gibt es? (Auswahl):

- FH Aachen
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Universität Augsburg
- Freie Universität Berlin
- Fachhochschule Bingen
- Ruhr-Universität Bochum
- Technische Universität Braunschweig
- Technische Universität Clausthal
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus
- Technische Universität Dresden
- Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
- Universität Duisburg-Essen
- Justus-Liebig-Universität Gießen
- Georg-August-Universität Göttingen
- Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
- Forschungszentrum Jülich
- Duale Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Universität zu Köln
- Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
- Universität Leipzig
- Fachhochschule Lübeck
- Hochschule Mannheim
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- Philipps-Universität Marburg
- Technische Hochschule Mittelhessen
- Technische Universität München
- Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- Universität Stuttgart
- Hochschule Ulm
- Hochschule Zittau/Görlitz

In mehrere Tausend Zentrifugen werden Uranmoleküle getrennt und daraus angereichertes Uran  $^{235}\text{U}$  hergestellt. Dieses Isotop wird in Kernreaktoren für die Kernspaltung benötigt.

# Von $^{238}\text{U}$ zu $^{235}\text{U}$

Im Gespräch mit dem Chemiker Clemens Hundebeck-Brinker. Er arbeitet beim Unternehmen URENCO und erklärt, warum es unbedingt  $^{235}\text{U}$  sein muss und warum auch nach 2022 noch angereichertes Uran gebraucht wird.



## **Herr Hundebeck-Brinker, wofür braucht man Uran?**

Uran braucht man in der Kernenergie. Urankerne werden gespalten, dabei entsteht Energie, aus der man Strom gewinnt, Elektrizität.

## **Jetzt arbeiten Sie daran, Uran für die Kerntechnik anzureichern. Warum nimmt man Uran nicht einfach so, wie man es abbaut?**

Natürliches Uran kommt überwiegend als Isotop  $^{238}\text{U}$  vor. Das aber funktioniert für die Kernspaltung in Kernkraftwerken nicht. Man braucht  $^{235}\text{U}$ , was aber nur zu 0,7 Prozent im natürlichen Uran vorkommt. Deshalb reichern wir  $^{235}\text{U}$  an.

## **Wie reichert man an?**

Für die Anreicherung von Uran gibt es verschiedene Technolo-

gien weltweit. Wir bei URENCO verwenden das Zentrifugen-Prinzip. Wir nutzen Zentrifugalkräfte, um die Uran-Isotope zu trennen und Uran anzureichern.

## **Anreicherung ist also ein „Trennungsprozess“?**

Ja, ein physikalischer Trennvorgang. Keine chemische Reaktion, ein rein physikalisches Verfahren. Für mich als Chemiker ist es vor und nach der Anreicherung immer der gleiche Stoff: Uranhexafluorid.

## **Bei diesem Trennvorgang, können Sie da noch ins Detail gehen bitte.**

Wir geben gasförmiges Uranhexafluorid in eine Zentrifuge: Darin sind viele  $^{238}\text{U}$ -Moleküle und wenige  $^{235}\text{U}$ -Moleküle. Letztere sind etwas leichter. Wenn das Isotopengemisch dann in der Zentri-



ge in eine Kreisbewegung gebracht wird, drückt es die schwereren  $^{238}\text{U}$ -Moleküle an die Rotorwand, die  $^{235}\text{U}$ -Moleküle sammeln sich mittig. So trennen sich  $^{238}\text{U}$  und  $^{235}\text{U}$ . Das angereicherte Uran hat dann einen Anteil von bis zu fünf Prozent  $^{235}\text{U}$ .

#### **Haben Sie mehrere solcher Zentrifugen bei Urenco?**

Man braucht mehrere Tausend. Wir haben etwa 4500 Tonnen Urantrennarbeit im Jahr.

#### **Was passiert mit dem abgereicherten Uran?**

Das bleibt bei uns als Reserve. Falls sich die Märkte entsprechend entwickeln, kann es Sinn machen, das Material noch mal in die Zentrifuge zu geben. Vereinzelt als Nischenprodukt wird abgereichertes Uran auch im Schiffbau oder Flugzeugbau verwendet.

#### **Sie selbst sind Chemiker. Was ist zum Beispiel Ihre Aufgabe als Chemiker bei den Prozessen, die Sie eben beschrieben haben?**

Zum Beispiel wenn es um die chemische Substanz Uranhexafluorid geht. Das ist der Stoff, mit dem angereichert wird. Das wird vorher aus Erzen gewonnen und in großtechnischen Anlagen weltweit aufbereitet. Wir als Chemiker kontrollieren jedes Material, das bei uns ankommt – ob es unseren Qualitätsanforderungen genügt. Zum Beispiel mit massenspektrometrischen Verfahren, um Verunreinigungen zu messen oder auch den Anreicherungsgrad der Uran-Isotope. Oder: Das Anreicherungsverfahren selbst erzeugt zwar keinen radioaktiven Abfall, aber Pumpen, Probenahme-Ampullen usw. müssen vor der Instandhaltung dekontaminiert werden. Dazu verwenden wir spezielle Chemikalien.

**Deutschland steigt spätestens 2022 komplett aus der Nutzung der Kernenergie aus. Es wird daher von deutschen Kernkraftwerken keinen Be-**

#### **darf mehr nach angereichertem Uran geben. Hat das Auswirkungen auf die kerntechnischen Berufe im Bereich Chemie? Was ist Ihre Prognose?**

Deutschland ist mit seinem Ausstiegsbeschluss einzigartig. Andere Nationen nutzen nach wie vor Kernenergie oder bauen diese aus: Es gibt deshalb einen internationalen Markt für angereichertes Uran, den URENCO beliefert. Und außerdem: Die deutschen Kernkraftwerke sind oder werden zwar abgeschaltet, aber: Man wird bestimmt 20 bis 30 Jahre am Rückbau arbeiten, wofür sicherlich auch Personal mit chemischem Know-how benötigt wird.

#### **Berufe, Fachbereiche, Aufgaben bei URENCO Deutschland GmbH (Auswahl)**

Kaufmännischen Berufe, Mechaniker, Mechatroniker, Elektriker, Chemikanten, Chemische Verfahrenstechnik, Verfahrenstechnik, Wirtschaftsingenieurwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik

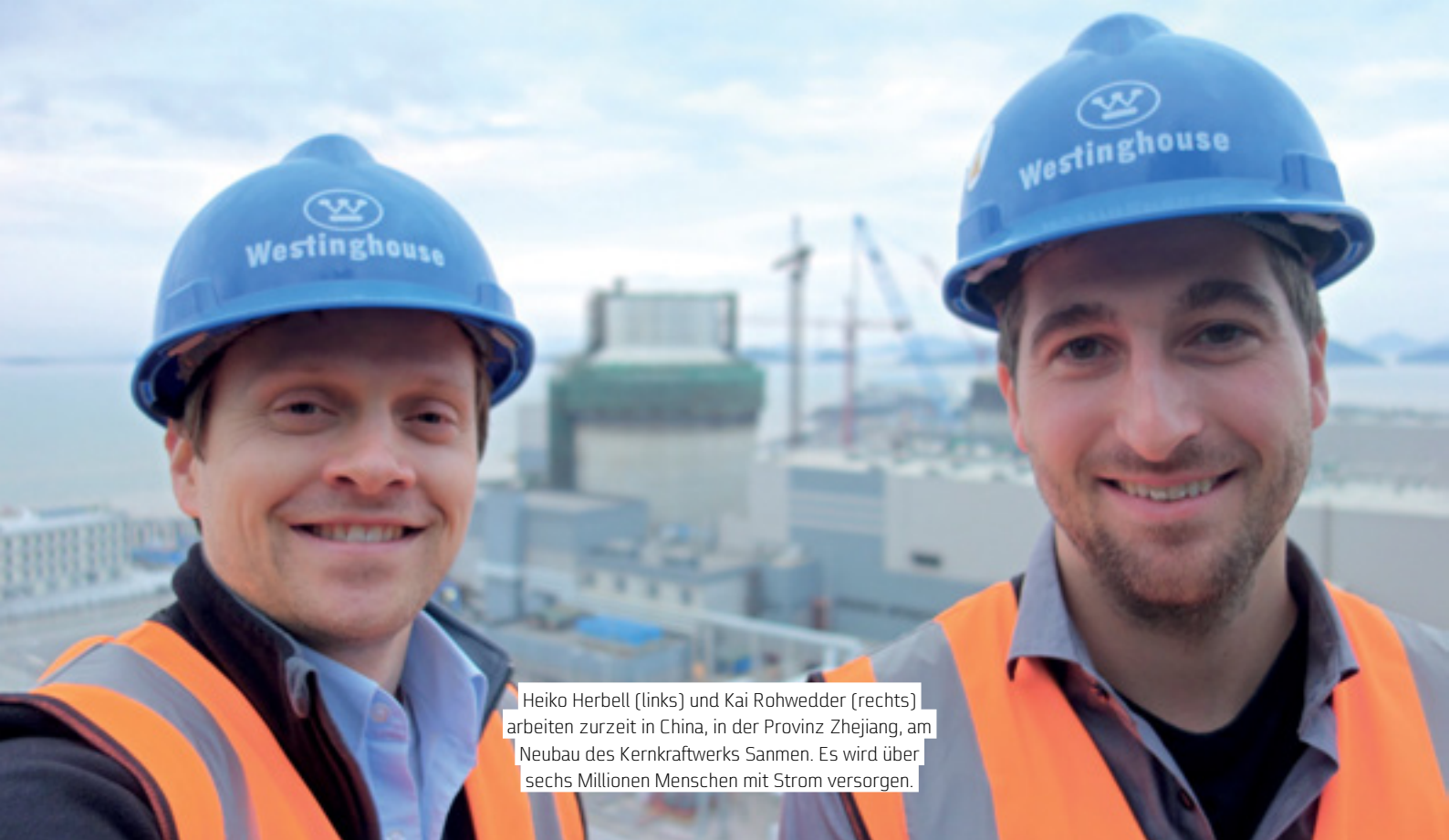
Anzeige

**Wissen schafft Sicherheit**

URENCO  
Deutschland  
Röntgenstraße 4  
48599 Gronau  
Tel.: 02562 / 711 - 149  
www.urencode

Sind Sie auf der Suche nach einem spannenden beruflichen Umfeld?  
Kontaktieren Sie uns und erkundigen Sie sich nach unseren Möglichkeiten!

Urenco



Heiko Herbell (links) und Kai Rohwedder (rechts) arbeiten zurzeit in China, in der Provinz Zhejiang, am Neubau des Kernkraftwerks Sanmen. Es wird über sechs Millionen Menschen mit Strom versorgen.

---

# Großbaustelle in China

---

Heiko Herbell (HH) und Kai Rohwedder (KR) arbeiten als Ingenieure am Neubau des Kernkraftwerks Sanmen Unit 1 & 2 in der Provinz Zhejiang in China. Die zwei Mitarbeiter von Westinghouse Electric Germany GmbH haben für core extra aus China einen Streckbrief geschickt und Fragen per Mail beantwortet.

## **Warum arbeiten Sie im Bereich Kerntechnik?**

**Beide:** Die Faszination an der Technik!

**KR:** Maschinenbau ist ein weit gefächertes Themengebiet und beinhaltet u.a. Thermodynamik, Strukturmechanik, Strömungslehre und Werkstoffkunde. In der Kerntechnik kann man all diese Fachdisziplinen anwenden. Hinzu kommen die Schnittstellen zu den anderen Ingenieursdisziplinen Elektrotechnik, Bautechnik, Projektmanagement. Dadurch ist die Arbeit

als Ingenieur in der Kerntechnik abwechslungsreich und herausfordernd.

**HH:** Kerntechnik polarisiert, daher finde ich es spannend, sich mit dieser Technologie auseinanderzusetzen.

## **Was fasziniert Sie an Sanmen Unit 1 & 2?**

**HH:** Die internationale Zusammenarbeit auf einer Großbaustelle in China. Viele verschiedene Fachfirmen aus unterschiedlichen Ländern müssen alle koordiniert

werden und effizient zusammenarbeiten.

**KR:** Der Design- und Abwicklungsprozess, die kulturellen Unterschiede innerhalb des Projektteams sowie das eigentliche Leben in China.

## **Welche Situation jetzt in China ist Ihnen als besondere Herausforderung in Erinnerung?**

**HH:** Das erste Mal auf der Baustelle, gemeinsam mit Baufirma und Kunde. Die Verständigung war nur mit einem

Übersetzer möglich. Lösung der Situation: Ruhe bewahren. Alle Beteiligten ziehen ja am gleichen Strang.

**KR:** Die größte Herausforderung ist wirklich die tägliche Arbeit an sich. Man muss täglich Probleme bearbeiten, die zeitkritisch sind und bei denen man unter anderem mit den Bedingungen vor Ort konfrontiert wird. Dann muss man als Ingenieur unter Beachtung aller Schnittstellen sowie der eigentlichen vor Ort-Situation weise Entscheidungen treffen, um die Sicherheit, die Qualität sowie den Terminplan nicht zu gefährden. Dies ist täglich herausfordernd, aber diese Aspekte machen die Arbeit auch sehr interessant und erlebnisreich.

#### **Ist die Arbeit nach Fertigstellung des Kernkraftwerks beendet?**

**KR:** Nach Fertigstellung inklusive der Inbetriebnahme und Aufnahme der kommerziellen Energieerzeugung steht der Betrieb im Vordergrund. Dann wird auf die erste Revision hingearbeitet, in der die Kernbeladung teilweise getauscht wird, sowie Instandsetzungsarbeiten und Prüfungen an Material und Komponenten durchgeführt werden. Diese Revisionen werden je nach Betriebszyklus nach 18 und 24 Monaten bei einem AP1000 durchgeführt.

#### **Werden Sie auch mal fragend angeschaut, wenn Sie erzählen, Sie bauen an einem neuen Kernkraftwerk?**

**KR:** Nicht wirklich. Jedoch sind Freunde und Bekannte überrascht, wenn ich ihnen erzähle, dass zurzeit unter anderem in den USA, Finnland sowie in China Kernkraftwerksneubauprojekte abgewickelt werden. Andere Länder wie England planen konkret Neubauprojekte. Dies zeigt, dass die Kernenergie weltweit weiterhin eine große Bedeutung innerhalb eines CO<sub>2</sub>-freien Energiemix innehat.

**HH:** In der Regel überwiegt die Neugier und Faszination. Freunde und Bekannte kommen mit Fragen auf mich zu. Man trifft schließlich nicht alle Tage auf jemanden, der unmittelbar an einem Kernkraftwerksneubau mitarbeitet.

#### **Welche Ausbildungen oder Studiengänge sind möglich oder nötig, um an einem Kraftwerksneubau mitzuarbeiten?**

**KR:** Jeglicher Ingenieursstudiengang, denn bei einem Kernkraftwerksneubau sind alle technischen Facetten wie Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik sowie Informatik vertreten.

**HH:** Aber es werden auch immer wieder Fachleute mit einem nicht-technischen Hintergrund gesucht, zum Beispiel für die Bereiche Personalwesen, Rechnungswesen und Controlling.

## **STECKBRIEF**

**Namen:** Dr. Heiko Herbell und Kai Rohwedder  
**Kraftwerktyp:** AP1000®

**Ausbildung:** HH: Studium Maschinenbau, anschließend Promotion im Bereich Kerntechnik  
**Land:** China, Zhejiang Provinz  
**Baubeginn:** 2009

**KR:** Ausbildung zum Industriemechaniker, internationales Maschinenbaustudium in Deutschland und den USA  
**Leistung:** 1154 MegaWatt electrical

**Aktuelles Projekt:** Kernkraftwerk Sanmen Unit 1 & 2  
**Versorgung:** für etwa 6.600.000 Menschen (China)

[www.westinghouse.com](http://www.westinghouse.com)



Anzeige

## Westinghouse Electric Germany GmbH



Westinghouse Electric Germany GmbH ist ein international erfolgreiches Unternehmen für Services und Produkte zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken. Zukunftsträchtige Ideen, innovative Technik und kompetente Mitarbeiter sind der Schlüssel unseres Erfolgs!



Am Firmensitz in Mannheim befinden sich alle zentralen Funktionen sowie die Produkte und Dienstleistungen Nuclear Services, Nuclear Automation und Field Services.

Im Service Center in Mannheim erfolgt die Entwicklung und Qualifizierung der Messtechnik für den Bereich Field Service.

#### KONTAKTINFORMATIONEN

Westinghouse Electric  
Germany GmbH  
Dudenstraße 6  
68167 Mannheim  
E-Mail: [Kontakt@westinghouse.com](mailto:Kontakt@westinghouse.com)  
Tel.: +49 (0) 621 388 0



# „DAS ÖFFNET EINEM WEGE.“



Melissa A. Denecke ist Professorin für Chemie und stellvertretende Direktorin des Dalton Nuclear Institute an der University of Manchester. Ein Gespräch über ihren Weg in die Kerntechnik, die Folgen des Kernenergie-Ausbaus in Großbritannien und über Bakterien, die sich von Radioaktivität ernähren.

## **Frau Professor Denecke, Sie arbeiten seit 25 Jahren in der Kerntechnik.**

### **Wo begann Ihr Weg?**

Ich habe in Deutschland meine Doktorarbeit in Festkörperchemie geschrieben. Danach habe ich über die Hinterlassenschaften des Uranbergbaus in Sachsen und Tschechien gearbeitet. Heute mache ich immer noch diese Art Forschung, per Definition „Umweltverhalten von Radionukliden“, was auch die Endlagerungsproblematik beinhaltet. Mehr Vielfalt kam über die Jahre hinzu, zum Beispiel die Trennchemie.

## **Sie arbeiten in Großbritannien. Seit wann? Und warum dieser Schritt?**

Ich habe 30 Jahre in Deutschland gelebt und gearbeitet. Seit 14 Monaten bin ich hier. Wenn es den deutschen Ausstiegsbeschluss nicht gäbe, wäre ich geblieben.

### **Jetzt sind Sie an einem Institut für Kerntechnik. Welche Fachbereiche haben Sie dort?**

*Unser Institut betreibt nukleare Forschung, die viele verschiedene Disziplinen überspannt, wie Materialwissenschaften, Radio- und Radiationchemie, Geowissenschaften, Geomikrobiologie und die Reaktortechnik. Auch Programme zur nuklearen Projektleitung sind bei uns angesiedelt. Wir bilden hier Quereinsteiger aus.*

## **Warum das?**

UK hat entschieden, den Kohlendioxid-ausstoß drastisch zu reduzieren. Die festgelegten Reduktionsziele hierzu sind nur erreichbar, wenn Kernkraft ausgebaut und neugebaut wird. Nach einer Schätzung werden dafür aber etwa 14.000 Leute gebraucht. Bis 2025 werden jedoch in der UK 50 Prozent der Leute, die heute in der Kerntechnik arbeiten, in den Ruhestand gehen. Wir haben deshalb die Großaufgabe, neue Arbeitskräfte auszubilden. Die University of Manchester hat vielfältige



Programme für diese Ausbildung in der Kerntechnik. Wir liefern die Expertise.

### **Und das funktioniert?**

Der Zulauf ist da. Es ist noch viel zu tun, aber ich merke: Ein positiver Geist ist vorhanden. Die Leute wollen einen interessanten und verantwortungsvollen Job nach dem Studium und sie haben erkannt, hier gibt es gute Chancen dafür.

### **Sie kümmern sich auch um die langfristige Kompetenzerhaltung in der Kerntechnik?**

Langfristig auf jeden Fall. Uran wird irgendwann knapp und die Zukunftsprognose ist, 2035 oder 2040 wird die Wiederaufbereitung von nuklearem Brennstoff in UK notwendig. UK ist ja eines der wenigen Länder, die Brennstoffmaterial wiederaufbereitet und die Kompetenz hierfür muss bis dahin erhalten bleiben! Auch neue Generationen von Kernkraftwerken sind denkbar, zum Beispiel welche, die mit höheren Temperaturen arbeiten und daher mit einer Wasserstoff-Verbrennung gekoppelt werden können. Hierfür werden andere Brennstäbe und moderne Werkstoffe gebraucht. Andere Brennstäbe bedeutet wiederum andere Konditionen für die Wiederaufbereitung. Das alles braucht nukleare Kompetenz.

Durch unsere Forschung und Bildung werden wir diese Kompetenzen langfristig erhalten und ausbauen.

### **An Ihrem Institut für Kerntechnik gibt es auch biologische Forschung, zum Beispiel Untersuchungen von Mikroben.**

Ja, da geht es um „Biotransformation von Radionukliden“. Das bedeutet: Bakterien sind imstande, Radionuklide in der Umwelt umzuwandeln. Dies spielt eine potentielle Rolle bei der Langzeit-Sicherheitsanalyse der Endlagerung von radioaktivem Abfall, kann aber auch zum Beispiel genutzt werden, um kontaminiertes Wasser oder Boden zu reinigen. Das A und O bei Radioaktivität ist ja: Sie soll dort bleiben, wo sie sicher aufbewahrt ist. Bei der Endlagerung ist Wasser der einzige Pfad, auf dem Radionuklide außerhalb des Lagers gelangen könnten. Welche Rolle diese Mikroben hierbei spielen, ist noch eine Forschungsaufgabe. Welche Mikroben überleben starke Strahlungsfelder, welche können die höheren Temperaturen überstehen, wenn der Abfall noch Wärme abgibt, und so weiter.

### **Würden Sie den Berufsweg in die Kerntechnik empfehlen?**

Auf jeden Fall! Die Kerntechnik ist sehr attraktiv, weil sie vielfältig und anspruchsvoll ist. Es geht beispielsweise um Materialien unter extremen Bedingungen, wie Temperaturen oder Druck, wie man es etwa für Leichtwasserdruckreaktoren braucht. Materialverhalten spielt unter solchen Bedingungen aber auch eine Rolle in vielen anderen Industriezweigen, zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt oder in der Erdölindustrie. Das öffnet einem Wege. Die Leute können zwischen verschiedenen Ingenieurssbereichen wechseln.



[www.dalton.manchester.ac.uk](http://www.dalton.manchester.ac.uk)



Melissa Denecke arbeitet hier am Dalton Nuclear Institute der University of Manchester. Unter anderem untersuchen Forscher Mikroben, die sich von Radioaktivität ernähren. Auch ein Großteil der Ausbildung von Quereinsteigern in die Kerntechnik wird hier umgesetzt.



# INTERNATIONAL THERMONUCLEAR EXPERIMENTAL REACTOR

Hier in der Experimentanlage TEXTOR des Forschungszentrums Jülich wurde Plasma auf 50 Millionen Grad aufgeheizt. Erforscht wurde die Wirkung der umgebenden Wände auf das Plasma und umgekehrt. TEXTOR diente zur Vorbereitung des neuen Fusionsreaktors ITER, in dem bis zu 100 Millionen Grad herrschen.



ITER ist ein Zukunftsprojekt. Professor Dr. Ulrich Samm ist daran beteiligt. Er ist einer der Direktoren des Instituts für Energie- und Klimaforschung – Plasmaphysik am Forschungszentrum Jülich und beschäftigt sich bei ITER mit den Wechselwirkungen von Plasma und Reaktorwand.

### **Herr Professor Samm, was ist ITER?**

ITER ist das Flaggschiff der Fusionsforschung. Ein Vorzeigeprojekt. Mit ITER zeigen wir der Welt zum ersten Mal, wie man im großen Stil durch Kernfusion Energie erzeugt. Aber ITER ist noch kein Kraftwerk, es ist Grundlagenforschung.

### **Was heißt „im großen Stil“?**

500 Megawatt. Aber 500 Megawatt, die rauskommen, obwohl nur 50 Megawatt reingesteckt werden. Das ist das Neue: die positive Energiebilanz. Das war das Ziel der Fusionsforschung über viele Jahre.

### **Wie funktioniert Kernfusion?**

Es ist der gleiche Prozess wie auf der Sonne. Wenn man leichte Atomkerne verbindet, wird Energie frei. Bindungsenergie. Man war am Anfang nicht sicher, ob das überhaupt geht: 100 Millionen Grad heißes Plasma zu erzeugen. Seit den 80er Jahren können wir das.

### **Und jetzt?**

Jetzt geht es um Folgendes: ITER funktioniert nach dem Prinzip des Tokamaks, also gepulst. Ungefähr sieben Minuten lang liefert der Fusionsreaktor Energie mit einer Leistung von 500 Megawatt, dann muss er wieder eine halbe Stunde aufladen. Bei ITER wird diese Energie als Wärme frei, es findet keine Umwandlung in elektrische Energie statt. Dies wäre zum Beispiel über Dampferzeugung wie in einem konventionellen Kraftwerk möglich. Das macht aber gepulst keinen Sinn. Daher stellt sich nun die Frage nach dem Dauerbetrieb.

### **Um welches Ziel zu erreichen?**

Um einmal ein Fusionskraftwerk zur Stromerzeugung zu bauen. Es geht um den effizienten Dauerbetrieb zur Stromerzeugung. Das soll das Nachfolgeprojekt von ITER werden unter dem Arbeitstitel DEMO (Demonstration Power Plant).

### **Wie ist Ihre Zeitprognose?**

ITER ist frühestens 2022 in Betrieb. DEMO könnte bis 2050 Strom erzeugen.

### **Und woran forschen Sie genau in Jülich?**

Es ist vor allem die Materialforschung. Das heiße Plasma belastet die Wände des Reaktors. Die Wände des Tokamaks müssen das aushalten. Und umgekehrt belasten die Wände das Plasma, durch Erosion von Wandmaterial. Bis jetzt laufen die Fusionsreaktoren ja nur ein paar Minuten. Für den Dauerbetrieb in einem Fusionskraftwerk ist die Materialforschung der Knackpunkt, das Schlüsselthema.

### **Gibt es in diesen Bereichen auch Arbeit für Kerntechniker?**

Ja, natürlich. Zum Beispiel weil die Fusion eine starke Neutronenstrahlung freisetzt. Das ist eine Strahlung, die Wandmaterialien schädigen kann. Alle Materialien im Inneren des Reaktors, die von Neutronen getroffen werden, müssen die Strahlung aushalten. Wir hier in Jülich testen solche Materialien unter Plasmabedingungen. Wir entwickeln auch neue Materialien, die besonders robust sind, und das ist auch ein Thema für Kerntechniker.

### **ITER beschäftigt auch noch andere Fachbereiche, oder?**

Das herausragende Merkmal der Fusionsforschung ist deren Technik und Vielfalt: Kerntechnik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Steuerung und Regelung, IT, Big Data, Physik, Chemie, Plasmaphysik, Vakuumtechnik, Supraleiter: In einem Fusionsreaktor ist fast alles drin, was Hightech ist. Und von allem auch bis ins Extreme. Das ist Faszination für jeden. Und überall Neuland.

### **Es geht bei ITER um Energiegewinnung. Wenn alles läuft, wie geplant, heißt es: Mit 250 Gramm Steinen und zwei Glas Wasser könnte man ein Jahr lang einen Familienhaushalt mit Energie versorgen. Ist das nur symbolisch?**

Nein. Die Kernfusion bei ITER wird perspektivisch mit Deuterium und Tritium umgesetzt. Deuterium findet sich in Wasser und Tritium wird aus Lithium gewonnen. Und Lithium kommt im Gestein überall in der Erdkruste vor.

### **Das klingt nach einer ressourcenschonenden Weise, Energie zu gewinnen?**

Ja, das ist unser Hauptargument. Auch der Zugang zu diesen Ressourcen, denn es würde keine „Ölstaaten“ mehr geben und keine Monopole, dafür mehr Gerechtigkeit. Außerdem ist Kernfusion sehr sicher. Wie eine Gasflamme: Geht was schief, erlischt sie einfach. Wir nennen das „inhärente Sicherheit“.

### **Wie sieht es mit Endprodukten aus und mit der Lagerung?**

Wir erzeugen Helium und Neutronen. Die durch die Neutronen bestrahlten Wände werden radioaktiv, da kann man nicht einfach reingehen. Wir forschen hier an Materialien, die nach der Stilllegung eines Fusionskraftwerks nicht mehr lange strahlen und dann wiederverwendet werden, wodurch Endlager überflüssig würden.



[www.fz-juelich.de](http://www.fz-juelich.de)



Durch Bestrahlung bei der BGS werden Keime abgetötet. Wie etwa bei den roten Farbpigmenten, die in Kosmetika verwendet werden. Die Pigmente sind biologischen Ursprungs und zum Teil stark mikrobiell belastet. Auch Gewürze und Tee werden teilweise so behandelt.

---

# ... WIE FRISCH GEKOCHTE SPAGHETTI.

---

Nach Bestrahlung können Kunststoffe Werkstücke aus Metall ersetzen. Denn mit energiereicher Strahlung lassen sich Kunststoffe optimieren. Und sterilisieren. Wie das geht, erklärt Andreas Ostrowicki, Geschäftsführer des Unternehmens Beta-Gamma-Service (BGS).



[www.bgs.eu](http://www.bgs.eu)

## **Herr Dr. Ostrowicki, warum bestrahlt man Kunststoffe?**

Einmal zur Sterilisation, wegen schädlicher Keime. Die lassen sich mit energiereicher Strahlung beseitigen beziehungsweise kontrollieren. Und dann in der Materialveredelung, also der Verbesserung von Eigenschaften von Polymeren und Elastomeren.

## **Fangen wir mit der Sterilisation an. Für welcherlei Produkte wählt man diese Form der Sterilisation?**

In der Medizin zum Beispiel müssen bestimmte Materialien unabdingbar steril sein. Etwa Prothesen, Katheter, Herzklappen. Dann in der Halbleiter-Technologie, für die Schutzkleidung. Oder in der Biotechnologie, der Pharmaindustrie, wo man Impfstoffe abfüllen muss. Überhaupt im Verpackungssektor, bis hin zu Joghurtbechern oder Flaschen. Einmal hatten wir über eine Million Knautschbälle, weil darauf nach einem Transport Fäkalkeime festgestellt wurden.

## **Welchen Vorteil hat die Bestrahlung? Neben den anderen Varianten der Sterilisation?**

Mit heißem Dampf zu sterilisieren, scheidet bei Kunststoffen oft aus wegen der Hitze. Dann gibt es chemische Verfahren mit Gas. Jedoch immer mit der Problematik von Rückständen am und im Material. Denn das Gas selbst ist giftig, explosiv und krebserregend.

## **Und deshalb Bestrahlung.**

Ja. Ein weiterer Vorteil ist: Wir können durch die Transportverpackung hindurch arbeiten, ohne an das Material, die Produkte ranzumüssen. Auf Paletten gepackt werden sie für ein paar Stunden in die Bestrahlungsanlage oder ein paar Sekunden in einen Elektronen-Beschleuniger geschoben. Klingt einfach, ist aber ein komplexes Verfahren.

## **Sie sprachen vorhin von Joghurtbechern und Knautschbällen. Im Kontext von Bestrahlung denkt man schnell an Radioaktivität.**

Die Strahlung ist eine Art hohe Energie, wie Sonnenlicht oder UV-Licht, nur auf einem anderen Energieniveau. Wir zerstören damit nur Molekülverbindungen. Es kann keine Radioaktivität entstehen, wir haben da eine technische Grenze.

## **Energie in ein Material leiten: So bestrahlen Sie auch Kunststoffe ...**

Ja, durch die energetische Strahlung lösen wir chemische Vorgänge aus, welche die Eigenschaften des Kunststoffes verbessern.

## **Können Sie das veranschaulichen?**

In einem Kunststoff haben sie Makromoleküle. Die sind wie frisch gekochte Spaghetti: liegen als flutschige Fäden vor. Setzt man die hohen Temperaturen aus, werden sie weich und schmelzen. Wie bei einem herkömmlichen Kunststoff. Durch die Bestrahlung jedoch verbinden

sich diese Fäden, also die Makromoleküle. Und die Spaghetti verkleben, bilden einen Klumpen. Bei Kunststoffen bedeutet das: neue Eigenschaften. Hitzebeständiger, mit verbesserten mechanischen Eigenschaften, rissfester, beständiger gegen Abrieb und chemische Substanzen.

## **Wo verwendet man solcherlei Kunststoffe?**

Überall, wo metallische Werkstoffe durch Kunststoffe ersetzt werden. Im Motorraum von Autos, in Bohrmaschinen, in Sicherungskästen, in der Kabelindustrie als Isolatoren, beim Tunnelbau, im Flugzeugbau, in Eisenbahnen, im Off-Shore-Bereich. In der Trinkwasserversorgung etwa haben die weißen PE-Xc-Rohre aus Kunststoff zu 50 Prozent die Kupferrohre verdrängt. Durch den Metallverzicht profitiert insgesamt die Ökobilanz. Außerdem sind Kunststoffe viel leichter als Metall.

## **Aus welchen Fachbereichen rekrutieren Sie Mitarbeiter für BGS?**

*Wir brauchen zum Beispiel Mitarbeiter, die die Bestrahlungsanlagen aufbauen und betreiben können oder den Neutronen-Beschleuniger, also Anlagentechniker. Auch aus den Ingenieursdisziplinen, mit nukleartechnischer Vorbildung, etwa Elektrotechniker oder Leute aus dem Bereich Angewandte Strahlenchemie. Im Ausbildungsbereich geht es vor allem um Mechaniker oder Mechatroniker. Zur Zeit wachsen wir stark und denken sogar darüber nach, selbst auszubilden.*

# „ENERGIEMIX IST SINNVOLL.“



Wie wird die Energielücke geschlossen, die der Ausstieg aus der Kernenergie entstehen lässt? Ein Interview mit Marco K. Koch, Außerplanmäßiger Professor und Akademischer Direktor des Lehrstuhls Energiesysteme und Energiewirtschaft an der Ruhr-Universität Bochum.



[www.lee.ruhr-uni-bochum.de](http://www.lee.ruhr-uni-bochum.de)

## **Herr Koch, wie verändert der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie die deutsche Energiewirtschaft?**

Das ist ein sehr vielschichtiges Thema. Der Anteil der einzelnen Energieträger an der Stromerzeugung hat sich seit 2011 deutlich geändert. Der Brutto-Stromanteil der Kernenergie ist von 22,5 Prozent im Jahr 2010 auf 15,4 Prozent im Jahr 2013 zurückgegangen, andere Energieträger ersetzen ihn. Natürlich sollen dies vor allem die erneuerbaren Energiequellen wie Biomasse, Wind und Sonne leisten. Und dies verändert auch die Strukturen der Energiewirtschaft – mit neuen Herausforderungen für Unternehmen und Technik.

## **Wird es denn genug vom „grünen“ Strom geben?**

Dies ist nicht nur eine Frage der „Menge“ an grünem Strom. Strom muss für eine sichere Versorgung jederzeit ausreichend zur Verfügung stehen. Die Basis dafür wurde bisher in Deutschland vor allem durch Braunkohle und Kernenergie bereitgestellt. Die Reduzierung des Kernenergieanteils wurde bislang durch mehr Braunkohle ausgeglichen, was die CO<sub>2</sub>-Emission ansteigen ließ. Gerade verschieben sich diese Anteile langsam in Richtung Biomasse, Windkraft und Photovoltaik. Wir sind also auf dem angestrebten Weg, sollten dabei aber Speicherfragen für eine sichere Versorgung im Auge behalten.

## **Was muss noch passieren, damit die erneuerbaren Energiequellen ab 2022 die Kernenergie kompensieren können?**

Wir sind dabei das „regenerative Energievolumen“ aufzustocken. Ich denke, der Zubau ist nicht das Problem. Der ist

machbar. Die Herausforderung ist die Volatilität der Energiebereitstellung, das heißt, nur wenn der Wind weht oder die Sonne scheint, „funktioniert die Energieversorgung“. Bis 2022 müssen diese Schwankungen abgefedert werden können, zum Beispiel durch Speichersysteme.

## **Was ist der größte Vorteil von regenerativer Energie?**

Sicherlich die Schonung von Energierohstoffen. Brennstoffe werden nicht benötigt und es stellt sich daher für solche auch keine Abfallfrage. Sinnvoll in einem Industrieland ist ein breiter Mix aus vielen verschiedenen Energieträgern, um unabhängig zu sein.

## **Bleibt in diesem Energiemix auch die Kohle erhalten?**

Jein. Wir steigen aus der eigenen Steinkohleförderung im Jahr 2018 aus. Braunkohle wird dagegen vermutlich noch für die nächsten Jahrzehnte weiter gefördert. Die Kohleverstromung ist stark daran gekoppelt, welche CO<sub>2</sub>-Ziele Deutschland verfolgt und ob Techniken zur weiteren Emissionsreduzierung angewendet werden können. Das kostet zunächst viel Geld, ähnlich wie der Einsatz regenerativer Energien.

## **Wie stellt sich die Kernenergiefrage in anderen europäischen Ländern?**

Die EU-Länder haben recht unterschiedlich auf Fukushima reagiert. Deutschland hat sofort acht Kernkraftwerksblöcke stillgelegt, wir steigen bis 2022 komplett aus. Frankreich hat einen Kernenergieanteil der Stromerzeugung von über 70 Prozent. Es wird diesen zwar reduzieren, aber auf ganz andere Art und Weise. In Ost- und

Südosteuropa hingegen wird die Kernenergie eher ausgebaut. Und Großbritannien plant neue Kernkraftwerke. Dort werden Kernenergie und Erneuerbare Energien als „grüne Energien“ angesehen.

## **Energiesparen wäre auch noch eine Möglichkeit. Ist die realistisch?**

Energieeffizienz ist ein wichtiges Thema, besonders auf kommunaler Ebene. Es gibt gute Ansätze zur Einsparung von Energie. Dennoch ist der Zuwachs an Sicherheit und Wohlstand oft mit steigendem Verbrauch der „Luxusenergie“ Elektrizität verknüpft. Diese Tendenz sehe ich bisher nicht gebrochen. Zudem hat ein Viertel der Weltbevölkerung heute noch überhaupt keinen Zugang zu Elektrizität.

## **Gibt es noch eine Energiequelle, die wir so nicht auf dem Schirm haben?**

In Europa wird an der Kernfusion gearbeitet. In Frankreich wird ja gerade ITER gebaut, der vielleicht einen weiteren Schritt zum Fusionskraftwerk darstellt.

## **Lohnt sich die Beschäftigung mit Kerntechnik im Studium noch?**

*Ja, denn wir bilden Ingenieure für ein breites Themenspektrum und den internationalen Markt aus. Es werden weltweit über 70 Kernkraftwerke gebaut. Gleichzeitig müssen in Deutschland die stillgelegten Anlagen zurückgebaut werden, dafür braucht man Know-how. Außerdem sollten Ingenieure nicht nur wissen, wie ein Windkraftkonverter oder eine Photovoltaik-Anlage, sondern auch wie ein Kernkraftwerk grundsätzlich funktioniert.*

## **Wie groß ist das Studieninteresse an Kerntechnik seit Fukushima?**

*Studierende hatten vorher schon ein erhebliches Interesse und nach 2011 ist es, zumindest an unserer Universität, noch einmal angestiegen.*

# Lies über **AtG, UVPG, IAEA, WAA, AVR, HTR, StandAG, ICRP, SAG, KKW**

in atw – International Journal for Nuclear Power



## THEMENAUSWAHL AUSGABE 1/2015

- Cyber Security für Kernkraftwerke im Fokus
- Paradigmenwechsel im nuklearen Beförderungsrecht
- EU 2030-Energieversorgungsziele: ohne Kernenergie nicht erreichbar
- EU-PHARE-Projekte in Rumänien
- Leckagetest für ein Containment unter extremen Bedingungen
- Sicherheitsanforderungen für Natriumgekühlte Reaktoren



nucmag.com



DAtF

inFORUM



[www.kernenergie.de](http://www.kernenergie.de)

## Impressum

core – Das Magazin zu Berufen in der Kerntechnik

### Herausgeber

INFORUM Verlags- und  
Verwaltungsgesellschaft mbH  
Robert-Koch-Platz 4  
10115 Berlin

[info@kernenergie.de](mailto:info@kernenergie.de)  
[www.kernenergie.de](http://www.kernenergie.de)

Dezember 2014  
Alle Rechte vorbehalten.

### Konzept/Redaktion/Grafik

jungvornweg – Verlag für Kinder- und  
Jugendkommunikation  
Loschwitzer Straße 13, 01309 Dresden  
Tel. 0351 65698400, [info@jungvornweg.de](mailto:info@jungvornweg.de)

### Bildnachweis

Titelbild EUROfusion, AREVA GmbH, BGS Beta-Gamma-  
Service GmbH & Co. KG, DEKRA e.V., Forschungszentrum  
Jülich, FRM II - Technische Universität München, Klaus  
Gigga, GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Karlsruhe  
Institut für Technologie (KIT), Ruhr-Universität Bochum,  
seraph / photocase.de, Siempelkamp Nukleartechnik GmbH,  
temet / istock.com, The University of Manchester, URENCO  
Deutschland GmbH, Westinghouse Electric Germany GmbH