

**Ausschuss für Wissenschaft  
des Vorstands**

**NUKLEARFORUM SCHWEIZ  
FORUM NUCLÉAIRE SUISSE**



# **Angebot und Bedarf in der nuklearen Lehre und Forschung in der Schweiz**

---

**Ausgabe 2007**

Nuklearforum Schweiz  
Geschäftsstelle  
Konsumstrasse 20  
3000 Bern 14

Tel. +41 (0)31 560 36 50  
info@nuklearforum.ch  
www.nuklearforum.ch

## Executive Summary

*Eine der wichtigsten Voraussetzungen für den ungestörten Weiterbetrieb der bestehenden Kernkraftwerke wie auch für das Offenhalten der Option Kernenergie ist die Sicherung gut ausgebildeten Nachwuchses in der Schweiz. Qualifizierte Fachkräfte werden auch bei der Stilllegung der bestehenden Kernkraftwerke ab dem Jahr 2020, beim allfälligen Bau von Ersatzanlagen und bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle benötigt. Vor diesem Hintergrund hat der Ausschuss für Wissenschaft des Vorstands des Nuklearforums Schweiz eine Bestandesaufnahme durchgeführt. Der hier vorliegende Arbeitsbericht (Stand Mitte März 2007) gibt im ersten Teil ein Bild des aktuellen Angebots in Lehre und Forschung im Bereich der nuklearen Wissenschaft und Technik in der Schweiz. Der zweite Teil enthält eine Übersicht über den Bedarf an Fachkräften im kerntechnischen Bereich auf verschiedenen Stufen.*

### Das Angebot im Überblick

#### ETH-Bereich

Nach der Stagnation der vergangenen Jahre eröffnet die aktuelle personelle und politische Situation im ETH-Bereich sowie die Bologna-Reform die Chance, die kernphysikalische und kerntechnische Lehre und Forschung wieder stärker zu verankern. In der Roadmap «Energieforschung im ETH-Bereich» vom Mai 2005 wird der Kernenergie (Fission und Fusion) eine wesentliche Rolle für eine nachhaltige Energieentwicklung zugewiesen. Herausgeber der Roadmap sind das Paul Scherrer Institut (PSI), die ETH Zürich, die EPF Lausanne und die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA).

**Lehre:** Im Zusammenhang mit der Neustrukturierung der Studiengänge nach dem Bologna-System und der Neubesetzung der Lehrstühle an der ETHZ wird gegenwärtig das Ziel verfolgt, einen europäisch anerkannten gesamtschweizerischen Studiengang zum «Master in Nuclear Science and Technology» (NE Master) zu schaffen, angeboten im Verbund von ETHZ, EPFL und PSI. Bei der Studienwahl sind die Berufsaussichten heute noch wichtiger als früher. Bedauert wird an den ETH, dass die Stromwirtschaft an den einschlägigen Jobbörsen bisher nicht präsent war, denn die Kernenergie steht heute im scharfen Wettbewerb mit anderen Energiesystemen, die bei jungen Ingenieuren sehr beliebt sind.

**Fortbildung:** Vor dem Hintergrund des wiedererwachten Bewusstseins für die Möglichkeiten der Kerntechnik und der erfreulichen Aussicht, dass die heutigen Kernkraftwerke noch lange in Betrieb bleiben werden, ist die Neuauflage von Fortbildungskursen für die nächste Generation von Kaderleuten zu prüfen. Dem allgemeinen Trend folgend sind die Kernfachleute zunehmend spezialisiert. Umgekehrt nimmt die Zahl der Fachleute, die über den gesamten nuklearen Zyklus Bescheid wissen, mit der Zeit ab. Der Kreis der Fortzubildenden umfasst beispielsweise Mitarbeitende von Kernkraftwerken oder Elektrizitätsgesellschaften, Forschende am PSI, Ingenieure in Privatfirmen, Fachleute der HSK und weitere Personen, die sich beim Bund mit Kerntechnik befassen (Bundesamt für Energie, Bundesamt für Gesundheit, Nationale Alarmzentrale usw.).

**Forschung:** Der weitaus grösste Teil der nuklearspezifischen Forschung findet in der Schweiz im ETH-Bereich statt und wird im Bereich der Kernspaltung hauptsächlich am PSI durchgeführt. Der Forschungsbereich «Nukleare Energie und Sicherheit» (NES) des PSI umfasst rund 180 Personen, wovon 70 vom Bund finanziert werden. Die übrigen werden über Drittmittel finanziert, die zum grössten Teil aus der Nuklearindustrie stammen. Der heutige 50%-50%-Verteilschlüssel zwischen Öffentlicher Hand und Industrie bei der Finanzierung der Fissionsforschung erscheint vernünftig und sollte beibehalten werden. Im Bereich der Kernfusion befindet sich an der EPFL das Forschungszentrum

für Plasmaphysik (Centre de Recherches en Physique des Plasmas, CRPP). Am CRPP arbeiten rund 160 Personen, wovon rund 30 ihren Arbeitsplatz am PSI haben.

**Übergeordnete Aktivitäten:** Anfangs 2006 hat der ETH-Rat unter Federführung des PSI mit dem Aufbau des «Competence Center for Energy and Mobility» begonnen, das auch die Kernenergie einschliesst. Gleichzeitig bündeln ETHZ und EPFL ihre Aktivitäten in der Energieforschung über das Energy Science Center..

### Kantonale Universitäten

**Basel:** Die im öffentlichen Interesse liegende Weiterbildung und Dienstleistung am seit 1959 vorhandenen kleinen Versuchsreaktor im Institut für Physik soll in ein möglichst selbsttragendes Profit-Center eingebettet werden. Der hohe Neutronenfluss des Basler Reaktors ermöglicht zudem bestimmte Experimente, die in den Reaktoren von PSI und EPFL nicht möglich sind. So könnte der Basler Reaktor auch für Praktika im Rahmen des geplanten gesamtschweizerischen «Masters in Nuclear Science and Technology» bzw. des Moduls Kerntechnik an der Hochschule für Technik der Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch eingesetzt werden. Basel verfügt auch über die Infrastruktur, um ein Angebot in anwendungsorientierter praktischer Kernphysik aufzubauen.

**Bern:** An der Universität befindet sich das gesamtschweizerische Lehrangebot in Radiochemie. Die Doktorandenausbildung findet zu zwei Dritteln am PSI statt. Das Gebiet ist bei jungen Menschen eindeutig weniger ideologisch belastet als noch vor 15 Jahren. Wichtig ist, dass die Radiochemie auch künftig in der Schweiz weiterbetrieben wird, in Bern oder anderswo. Im Wintersemester 2006/07 wurde erstmals ein Masterlehrgang mit Spezialisierung in Radiochemie angeboten.

**Freiburg, Genf, Lausanne, Neuenburg:** An der Universität Genf bleiben die Tätigkeiten des Département de Physique Nucléaire et Corpusculaire im theoretischen Bereich. An der Universität Lausanne arbeiten etwa 40 Personen im Institut universitaire de radiophysique appliquée (IRA). Das IRA ist auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und der Nuklearmedizin (radiophysique médicale) aktiv und stark in der Strahlenüberwachung der Schweiz engagiert. In Neuenburg und Freiburg befassen sich die dortigen Institute für Physik kaum mit nuklearen Themen.

**Zürich:** An der Universität Zürich wurde vor zwei Jahren die Professur für Strahlenbiologie gestrichen. Daher gibt es in Zürich nur noch die Professur für Technetium- und Rheniumchemie.

### Fachhochschulen

Das einzige spezifische Fachhochschulangebot in der Schweiz im Bereich der Kerntechnik findet sich gegenwärtig an der Hochschule für Technik in Brugg-Windisch. Dort wird im Rahmen des Bachelor-Studiengangs Maschinenbau u.a. die Vertiefungsrichtung Energietechnik angeboten, die unter anderem die Ausbildungsmodulare Fluidmechanik, Thermodynamik, Turbomaschinen, Verbrennungsmotoren und Kerntechnik umfasst. Weiter befassen sich traditionell mehrere Ingenieurschulen mit Themen, die für den Schweizer Kernenergiesektor von Bedeutung sind, auch wenn sie nicht ausdrücklich nuklear ausgerichtet sind. Dies gilt für die Ingenieurschulen in Burgdorf und Biel (Berner Fachhochschule), Muttenz (FH Nordwestschweiz) und Winterthur (Zürcher Fachhochschule). Eine spezielle Rolle spielt die Hochschule für Technik in Rapperswil (FH Ostschweiz) in der Starkstromtechnik. Starke Akzente in den Bereichen Leittechnik und Informationstechnologien setzen zudem die Ingenieurschulen der HES-SO in Freiburg (Telekommunikation, Leittechnik) und der FH Ostschweiz in Buchs (Mikrosystemtechnik) sowie – über die Energie- und Gebäudetechnik – die Ingenieurschulen in Horw (FH Zentralschweiz) und Yverdon (HES-SO).

## Europäische Union /

Die EU führt breit angelegte Forschungsrahmenprogramme (FP) durch, an der die Schweiz beteiligt ist. Im Rahmen des sechsten und siebten FP unterstützt die EU auch Projekte im Bereich der kerntechnischen Forschung und Ausbildung. Unter den geförderten Projekten im Bereich der Fissionsforschung befinden sich neben Aktivitäten in den Bereichen Entsorgung, Strahlenschutz, Infrastruktur und nukleare Sicherheit auch eine Reihe von Initiativen im Bereich von Lehre und Ausbildung zur Sicherung des Nachwuchses. Die Fusionsforschung wird in der EU über ein koordiniertes Programm durchgeführt, an dem die meisten Mitgliedsländer und über Euratom auch die Schweiz beteiligt sind. Der bisher grösste Erfolg ist die Fusionsanlage JET (Joint European Torus) in Grossbritannien. Der sich kurz vor dem Bau befindliche internationale experimentelle Fusionsreaktor ITER in Südfrankreich ist deutlich grösser.

## Gesamtbewertung des Angebots

**ETH-Bereich:** In den vergangenen Jahren ist im ETH-Bereich viel für die Neustrukturierung der Energieforschung unter Einbezug der Kernenergie getan worden. Mit der Schaffung der neuen Professur an der ETHZ und der engen Kooperation von ETHZ, EPFL und PSI ist eine zukunftsfähige Grundlage geschaffen worden, auf der sich der künftige Bedarf der Schweiz an Kernfachleuten auf akademischer Ebene grundsätzlich decken lässt. Die kommenden Jahre werden zeigen, ob das gegenwärtig im Aufbau befindliche Angebot auf eine entsprechende Nachfrage seitens der Studierenden aus dem In- und Ausland stossen wird.

Eine Lücke besteht gegenwärtig bei der Fortbildung. Vorschläge für die Wiederaufnahme von Übersichtskursen für Praktiker sind vorhanden, aber noch nicht konkret an die Hand genommen worden.

Im Hinblick auf den anstehenden Bau und Betrieb von ITER zeigt sich, dass in Europa die Zahl der Fusionspezialisten im Abnehmen begriffen ist. Eine ad-hoc-Gruppe des beratenden Komitees für die Fusionsforschung und -lehre von Euratom rechnet für den Bau von ITER mit einem unmittelbaren Bedarf von über 400 Physikern und Ingenieuren.

**Kantonale Universitäten:** Die beiden bedeutendsten Lücken im schweizerischen Lehrangebot im Nuklearbereich finden sich in der Strahlenbiologie (Auswirkungen der ionisierenden Strahlung auf den Menschen) und in der Kernphysik. Beide Fächer werden nirgends mehr systematisch angeboten. Dringend wünschbar ist, wieder ein konsistentes Angebot in Kernphysik aufzubauen, umso mehr, als andere Länder (Deutschland, Japan) enorm in dieses Gebiet investieren. Ebenso wichtig ist ein Lehrangebot in Strahlenbiologie als Bindeglied zur Medizin. Die Ausbildungssituation in der Nuklearmedizin ist unübersichtlich und scheint im Umbruch zu sein.

**Fachhochschulen:** Aus dem neuen Leistungsauftrag der Fachhochschulen und seiner aktuellen Umsetzung lassen sich die folgenden Handlungsoptionen ableiten: Die Kernenergiebranche muss selbst aktiv werden, wenn sie ihre Interessen in die Fachhochschulen einbringen will. Denkbar wäre, dass die Kernenergiebranche im Top-down-Ansatz ein oder zwei ausgewählten regionalen Fachhochschulen einen Katalog von 10 bis 15 aktuellen Forschungsfragen aus der Praxis unterbreitet. Wünschbar wäre, die Anzahl der Lektionen in Kerntechnik an der Hochschule für Technik in Brugg-Windisch auszubauen.

**Technikerschulen:** Das Angebot an der Reaktorschule des PSI ist flexibel und richtet sich nach der Nachfrage. Es besteht zurzeit kein Handlungsbedarf.

## Der Bedarf im Überblick

Die Kernkraftwerke, die ZWILAG, die Nagra wie auch die öffentliche F&E am PSI sowie die Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (HSK) und die Beratungsgremien des Bundes (Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen KSA, Kommission Nukleare Entsorgung KNE, Energieforschungskommission CORE) müssen auf ein aus-

reichend grosses nationales Reservoir von Personen mit den erforderlichen Spezialkenntnissen auf neuestem Wissensstand zurückgreifen können. Dabei ist der Bedarf an akademischen Hochschulabsolventen unterschiedlich: Während in den Kernkraftwerken die Akademiker gegenüber den Fachhochschulabsolventen und den Technikern in der Minderzahl sind, sind sie beim PSI und bei der HSK die Regel.

**Kernkraftwerke, ZWILAG und Nagra:** Insgesamt kommt eine Umfrage von Swissnuclear zum Schluss, dass mit dem neuen Lehrstuhl an der ETHZ grundsätzlich die erforderlichen Lehrangebote auf Hochschulniveau vorhanden sind. Industrie, PSI und Behörden streben im Mittel 5 bis 10 ETH-Absolventen in Nukleartechnik pro Jahr an. Wichtig ist vor allem bei Kadern eine gute Allgemeinbildung im Ingenieurwesen; wird diese mit einem Abschluss in Nukleartechnik verbunden, ist dies natürlich ein Vorteil. Chemiker benötigen in der Regel bei der Anstellung in einem Kernkraftwerk keine besondere nukleare Vorbildung, sondern werden innerhalb des ersten Arbeitsjahres von den Kernkraftwerken für ihre spezifischen Aufgaben geschult.

**Paul Scherrer Institut:** Der Belegschaft des Forschungsbereichs «Nukleare Energie und Sicherheit» (NES) setzt sich zu rund zwei Dritteln aus Wissenschaftlern und Ingenieuren, und zu einem Drittel aus technischem und Laborpersonal zusammen. Die Fluktuation an wissenschaftlichem Personal (Doktoranden, Post-docs usw.) beläuft sich auf 10–15 Personen pro Jahr. Die geforderten Qualifikationsprofile hängen von den jeweiligen Bedürfnissen ab und schwanken stark. Benötigt werden auch Fachhochschulabsolventen, vor allem Elektronikingenieure und Elektroniker. Aus Sicht des NES bieten im Fachhochschulbereich vor allem die Ingenieurschulen in Brugg-Windisch, Rapperswil, Winterthur und Yverdon interessante Aus- bzw. Weiterbildungen an.

**Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (HSK):** Gegenwärtig beschäftigt die HSK knapp 100 Mitarbeitende. Davon sind rund 70 fachtechnische Mitarbeitende, die über einschlägige Berufserfahrung verfügen. Bei der HSK arbeiten viele promovierte Wissenschaftler, von denen manche zuvor in der Industrie gearbeitet haben. Stellenwechsel sind im Vergleich zur Industrie eher selten. Im Mittel benötigt die HSK 3 bis 5 neue Fachleute pro Jahr. In den kommenden Jahren steht die HSK jedoch vor der besonderen Herausforderung, wahrscheinlich bis zu 40% des Kaderns und 20% des Personals ersetzen zu müssen.

**Fachkräfte aus dem Ausland:** Grundsätzlich besteht immer die Möglichkeit, akademische Nuklearspezialisten im europäischen Ausland zu rekrutieren. Solche Fachleute sind vorhanden (insbesondere in Deutschland sowie in Mittel- und Osteuropa), und die Schweizer Arbeitsbedingungen sind für Ausländer in der Regel sehr attraktiv. Die Vorstellung, dass die Schweiz im Kernenergiesektor nötigenfalls ihren Personalbedarf vollumfänglich im Ausland decken könnte, ist jedoch unzutreffend. Die praktischen Erfahrungen in der Industrie wie insbesondere auch bei den Aufsichtsbehörden haben gezeigt, dass die komplexen Aufgaben auf dem Gebiet der Kernenergie nur dann störungsfrei und effizient erledigt werden können, wenn – neben Fachkompetenz und Sprachkenntnissen – auch Arbeitskultur und Denkweise einigermaßen übereinstimmen. Dies gilt vor allem für die Kernkraftwerke und für die HSK. Letztere benötigt zudem Mitarbeitende, die ihre Berichte auf Deutsch verfassen können. Keine solchen Probleme gibt es beim PSI, da wissenschaftliche Forschung per se international ausgerichtet ist und ausländische Erfahrung (fachlich und kulturell) für eine Forscherkarriere ohnehin ein Muss ist. Daraus ergibt sich die Konsequenz, dass auch in Zukunft eine Mindestzahl von Nuklearspezialisten in der Schweiz ausgebildet werden muss. Die Nationalität dieser Hochschulabsolventen spielt dabei keine Rolle; entscheidend ist, dass sie in der Schweiz studiert und gearbeitet haben.

## Die wichtigsten Folgerungen

Aus der Gegenüberstellung von Angebot und Bedarf zieht der Ausschuss für Wissenschaft des Vorstands des Nuklearforums Schweiz die folgenden, wichtigsten Schlüsse:

- Es gibt einen moderaten Bedarf an Nachwuchs (Betrieb der bestehenden KKW, Alterstruktur des Personals). Auch mit der Vollintegration der Schweiz in der EU in den Bereichen Bildung und Forschung muss die Schweiz auf nationaler Ebene ihre Kompetenz im Nuklearbereich aufrechterhalten, um als vollwertiger Partner in der internationalen F&E mitwirken zu können. Zwar ist die Zuwanderung von hochqualifizierten Nuklearfachleuten aus

dem Ausland erwünscht, doch ist es von Vorteil, auch Nachwuchskräfte heranzubilden, die mit den spezifischen schweizerischen Arbeitsweisen vertraut sind.

- Eine hochstehende Lehre ist nur im Verbund mit Forschung möglich. Es ist daher wichtig, dass die Kernenergie besser in die allgemeine Energieforschung eingebunden wird. Mit der Schaffung des gesamtschweizerischen Masterstudiengangs in Nuclear Science and Technology und der generellen Aufwertung der Energieforschung im ETH-Bereich (Competence Center for Energy and Mobility, interdisziplinäre Energieforschungszentren an der ETHZ und der EPFL) ist die Neustrukturierung eingeleitet. Im Bereich der Kerntechnik sind auf Seiten der universitären Hochschulen die Weichen zukunftsgerichtet gestellt worden. Der enge Verbund des kerntechnischen Forschungszentrums am PSI mit den Hochschulen bietet einen international einmaligen Vorteil.
- Erfreulicherweise lassen sich immer mehr Studierende für nukleare Themen gewinnen. Trotzdem ist die Kernenergie weiter zu entideologisieren und im Lehrbetrieb der ETH als «normale» Technik auf möglichst breiter Front an die Studierenden heranzutragen. Die Berufsaussichten müssen überzeugend ausgewiesen werden.
- Eine Technologie kann nur überleben, wenn sie sich auf die Grundlagenfächer abstützen kann. Die wichtigsten diesbezüglichen Lücken im Lehrangebot finden sich in der Kernphysik und in der Strahlenbiologie. Es ist nötig, dass diese Fächer künftig in der Schweiz mit mindestens je einer Professur vertreten sind und das PSI die zugehörigen Infrastrukturen heute und in Zukunft bereithält.
- Der Bedarf an Weiterbildungsangeboten ist offenkundig. Nötig ist, dass die Arbeitgeber in der Industrie ihre Mitarbeiter grosszügiger als heute für Vorlesungs- oder Kursbesuche freistellen.
- Finanzierung: Der heutige Schlüssel bei der Fission (rund 50% Bund, 50% Drittmittel) ist vernünftig und sollte fortgeführt werden.
- Im Bereich der Fachhochschulen muss die Industrie rasch ihre Bedürfnisse anmelden und sich in gemeinsamen Projekten engagieren. Die Fachhochschulen werden nicht von sich aus nukleare Themen aufgreifen.

### **Leitlinien für allfällige Massnahmen**

1. Die Schweiz muss im Bereich der nuklearen Lehre und Forschung eine minimale Eigenleistung erbringen, wenn sie als Hochschulplatz attraktiv bleiben und verhindern will, dass Industrie und Behörden ihren ausgewiesenen Nachwuchsbedarf nur noch im Ausland decken können.
2. Daraus ergibt sich die Verantwortung des Bundes, den heutigen Finanzierungsschlüssel mindestens aufrechtzuerhalten (auch bei der Fusion), dies auch im Hinblick auf das Zukunftspotenzial der Kernenergie und generell des Nuklearbereichs. Andernfalls wird die Schweiz von den entsprechenden internationalen Initiativen abgeschnitten. Einmal verlorenes Wissen lässt sich nicht bei Bedarf über Nacht erwerben; Kompetenzaufbau benötigt viel Zeit.
3. Die Industrie ist aufgefordert, das bestehende Angebot in Lehre und Forschung an den universitären Hochschulen und an den Fachhochschulen bestmöglichst zu nutzen und sich ihrerseits proaktiv zu engagieren. Die Kernenergiebranche insgesamt ist aufgerufen, bei der Jugend mit dem Hinweis auf das Zukunftspotenzial das Interesse für nukleare Themen zu wecken.