

**ilk**

**INTERNATIONALE  
LÄNDERKOMMISSION  
KERntechnik**

Baden-Württemberg · Bayern · Hessen



# ILK-Stellungnahme

zum Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der  
Kerntechnik in Deutschland

*For the english version, please flip this booklet over!*

**März 2004**

**Nr.: ILK-17 D**

## Vorwort

Die Internationale Länderkommission Kerntechnik - ILK - der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Hessen wurde im Oktober 1999 gegründet und besteht derzeit aus 12 Wissenschaftlern und Experten aus Deutschland, Frankreich, Schweden, der Schweiz und den USA. Durch die unabhängige und objektive Beratung der drei Länder in Fragen der Sicherheit kerntechnischer Anlagen, der Entsorgung radioaktiver Abfälle sowie der Risikobewertung der Kernenergienutzung soll die ILK insbesondere einen wichtigen Beitrag liefern, den hohen international anerkannten Sicherheitsstandard der süddeutschen Kernkraftwerke zu erhalten und weiter zu entwickeln.

Die Frage des Kompetenzerhalts auf dem Gebiet der Kerntechnik hat sich in den letzten Jahren besonders in Deutschland, aber auch in anderen Ländern zu einem wichtigen Thema entwickelt. Die ILK hat sich mit dieser Problematik in jüngster Zeit bereits mehrfach beschäftigt. In der vorliegenden Stellungnahme, die auf der 28. ILK-Sitzung am 22.03.2004 in Augsburg verabschiedet wurde, empfiehlt die ILK aufbauend auf den einschlägigen internationalen und nationalen Entwicklungen verschiedene Maßnahmen, um die kerntechnische Kompetenz in Deutschland zu erhalten bzw. weiter zu entwickeln. Die Stellungnahme richtet sich sowohl an die Hochschulen/Fachhochschulen und die außeruniversitären Forschungseinrichtungen als auch an die Industrie sowie an Bund und Länder.

Der Vorsitzende



Dr. Serge Prêtre

Vorwort	2
1 Anlass der Stellungnahme	4
2 Die Situation in Deutschland	6
2.1 Die Lage an den Hochschulen	6
2.2 Der Nachwuchsbedarf in Deutschland	10
3 Bewertung und Empfehlungen	11
4 Literatur	14
Anhang	15
I Aktivitäten im Ausland	15
I.1 Frankreich	15
I.2 Großbritannien	15
I.3 Kanada	16
I.4 USA	16
II Internationale Aktivitäten	17
II.1 Kompetenzerhaltung in den Forschungsrahmenprogrammen der EU	17
II.2 World Nuclear University	18
II.3 Analyse der NEA	18
III Literatur	19
Mitglieder der ILK	20
ILK-Veröffentlichungen	22

### ILK - Geschäftsstelle beim Bayerischen Landesamt für Umweltschutz

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
 D-86179 Augsburg  
 Telefon: +49-173-65 707-11/-10  
 Telefax: +49-173-65 707-98/-96  
 E-Mail: [info@ilk-online.org](mailto:info@ilk-online.org)  
<http://www.ilk-online.org>

## 1 Anlass der Stellungnahme

In vielen Ländern, in denen die Kernenergie einen signifikanten Beitrag zur Stromerzeugung liefert, wurde das Kernenergieprogramm in einem relativ kurzen Zeitraum aufgebaut. In der Bundesrepublik Deutschland wurden die Kernkraftwerke, die heute mit 30% den größten Anteil aller Energieträger an der Stromerzeugung haben, im Wesentlichen in den 70er und 80er Jahren in Betrieb genommen. Dem schnellen Ausbau entsprach ein rascher Personalaufbau für Auslegung, Begutachtung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen, sowie bereits im Vorfeld für die Forschung. Diesem Bedarf angemessen haben viele deutsche Hochschulen Ausbildungsprogramme aufgebaut, die auf die Kernenergie-technik zugeschnitten waren.

Mit dem Ende der Ausbauphase gingen die Personalzahlen insbesondere in der Herstellerindustrie zurück. Der Rückgang überwog den Ersatzbedarf, so dass die Kernkraftwerksbranche insgesamt praktisch keinen Nachwuchsbedarf hatte. Es kam später hinzu, dass die Wiedervereinigung das Reservoir an gut ausgebildetem Nachwuchs schlagartig erweiterte. Davon haben alle Arbeitgeber in der Kerntechnik zumindest vorübergehend profitiert.

Der notwendige Aufbau personeller Kapazitäten für Forschung und Entwicklung zur nuklearen Entsorgung hat den rückläufigen Personalbedarf in der Kernenergieerzeugung nicht kompensiert.

Die deutschen Hochschulen haben sich dieser Entwicklung in den letzten 10 Jahren dadurch angepasst, dass viele von ihnen keine kerntechnische Ausbildung mehr anbieten oder sie stark einschränken.

Eine vergleichbare Entwicklung hat es auch in anderen großen Industriestaaten gegeben.

In Deutschland ist diese Entwicklung durch die auf den Ausstieg aus der Kernenergie orientierte Politik der Bundesregierung (Atomgesetznovelle vom April 2002) und durch den Konsens mit den Betreibern (Konsensvereinbarung vom 14.06.2000) erheblich beschleunigt und verstärkt worden. Man sollte aber nicht vergessen, dass insbesondere während der Restlaufzeiten sowie für den Rückbau und die Entsorgung umfassendes kerntechnisches Wissen erforderlich ist. Deshalb ist es bedenklich, feststellen zu müssen, dass die fehlende öffentliche Förderung der Forschung zu innovativen kerntechnischen und sicherheitstechnischen Konzepten die Heranbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs an den Hochschulen und an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen gefährdet. Auch das im Vergleich zu vielen anderen Ländern besonders negative Bild der Kernenergie in den öffentlichen Medien hat zu der bedenklichen Entwicklung beigetragen. Die jüngste Darstellung des Themas „Gezielter Flugzeugabsturz auf Kernkraftwerke“ hat diese negative Einstellung vieler Medienvertreter erneut gezeigt.

Die ILK befürchtet, dass bei fortschreitender Reduzierung der Ausbildungsangebote an deutschen Hochschulen und bei andauernd geringem Interesse gerade des qualifizierten Nachwuchses an einem Studium der Kerntechnik eine Situation eintreten könnte, in der die Erhaltung des kerntechnischen Wissens und eines kompetenten Personalstammes bei den Betreibern, der Hersteller- und Serviceindustrie, den Gutachtern und den Aufsichtsbehörden gefährdet ist. Die ILK befürchtet zudem, dass die nukleare Sicherheitsforschung in Deutschland auf Grund der fehlenden öffentlichen Förderung zu innovativen Sicherheits- und Reaktorkonzepten auf mittlere Sicht von der internationalen Entwicklung abgeschnitten wird. Dafür gibt es bereits jetzt deutliche Anzeichen.

Angesichts der geschilderten Fakten hat sich die ILK in jüngster Zeit bereits mehrfach des Themas „Erhaltung der umfassenden kerntechnischen Kompetenz in Deutschland“ angenommen. Aufsetzend auf den einschlägigen internationalen und nationalen Entwicklungen und Aktivitäten zum Kompetenzerhalt [1] bewertet die ILK die gegenwärtige Situation in Deutschland und gibt Empfehlungen für Maßnahmen und Initiativen zur Wahrung und Fortentwicklung der kerntechnischen Kompetenz im Lande. Dabei bezieht sich die ILK nicht nur auf die Kernenergie- und Reaktortechnik, sondern schließt ausdrücklich Aspekte der nuklearen Sicherheitsforschung, des Strahlenschutzes und der Entsorgung ein.

## 2 Die Situation in Deutschland

### 2.1 Die Lage an den Hochschulen

Viele deutsche Hochschulen haben auf den auch international erkennbaren Trend rückläufiger Studentenzahlen in der Kerntechnik und die verschärfenden nationalen Bedingungen folgerichtig mit der Umwidmung oder Abwertung von Lehrstühlen nach der Pensionierung der bisherigen Lehrstuhlinhaber reagiert. Dadurch sind die kerntechnischen Lehrangebote an deutschen Hochschulen erheblich geschrumpft. Nach Knebel [2] gab es 1995 immerhin 22 Hochschulen und 13 Fachhochschulen, die eine kerntechnische Ausbildung angeboten haben. Im Jahre 2002 sind davon lediglich 11 Hochschulen bzw. 6 Fachhochschulen übrig geblieben. Es muss hinzugefügt werden, dass eine wirklich umfassende kerntechnische Ausbildung lediglich an den Universitäten in Aachen, München, Stuttgart, Karlsruhe und Dresden sowie an der Fachhochschule in Zittau/Görlitz möglich ist. Selbst hier ist das Ausbildungsangebot über die nächsten Jahre nicht gewährleistet. Insbesondere in Aachen steht die Zukunft des Lehrstuhles für Kerntechnik in Frage.

Die Existenz der Lehrstühle ist nicht nur wegen der derzeit niedrigen Studentenzahlen, sondern auch durch die Weigerung des Bundes bedroht, Fördermittel für die Forschung zu innovativen Sicherheits- und Reaktorkonzepten zur Verfügung zu stellen. So ist eine Abwärtsspirale aus scheinbar schlechter beruflicher Perspektive für die Kerntechnikabsolventen und mangelndem Innovationspotenzial der Kerntechnik in Gang gesetzt worden.

Diese Entwicklung gefährdet die Fähigkeit, das erreichte hohe Sicherheitsniveau der im Lande betriebenen Kernkraftwerke während der vereinbarten Restlaufzeiten im Einklang mit dem international fortschreitenden Stand von Wissenschaft und Technik zu halten. Derzeit rekrutieren sowohl die Industrie, also Hersteller und Betreiber, als auch die Gutachter und Aufsichtsbehörden ihren Nachwuchs verstärkt aus dem Bestand der Wissenschaftler an den Universitäten und Forschungseinrichtungen. Ohne ausreichende Maßnahmen zur Heranbildung qualifizierten Nachwuchses, an denen sich auch die „Kunden“ von Hochschulen und Forschungseinrichtungen substanziell beteiligen, wird das Problem der Kompetenzerhaltung nicht gelöst werden können.

Angesichts des Ausstiegsbeschlusses und der rückläufigen Mittel hat sich das Bundeswirtschaftsministerium (jetzt BMWA<sup>1</sup>) bereits 1998/99 bemüht, die Vorsorgeforschung auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheits- und Entsorgungsforschung langfristig abzusichern. Das BMWA hat eine bundesweite Evaluierung der

<sup>1</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

nuklearen Sicherheits- und Entsorgungsforschung durch eine ausgewogen besetzte Kommission veranlasst, in der u.a. auch das Bundesumwelt- und das Bundesforschungsministerium vertreten waren. Im Ergebnis der Evaluierung wurde der **nationale Kompetenzverbund für Kerntechnik** im Jahre 2000 gegründet. Ihm gehören die Forschungszentren Karlsruhe, Jülich und Rossendorf an, sowie die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Die Hochschulen und Fachhochschulen im Umfeld der jeweiligen Forschungseinrichtungen sind dem Kompetenzverbund angegliedert. Die Industrie nimmt bislang lediglich den Status eines Beobachters im Kompetenzverbund ein.

Es ist die vorrangige Aufgabe dieses Kompetenzverbundes, die für die nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung zur Verfügung stehenden Mittel durch fachlich-inhaltliche Aufgabenabstimmung und Arbeitsteilung effizient zu nutzen. Obwohl der Kompetenzverbund nicht über ein eigenes Finanzbudget verfügt, trägt er im Rahmen seiner Möglichkeiten auch Sorge für den Kompetenzerhalt. So fördert das BMWA auf Anregung des Kompetenzverbundes junge Wissenschaftler an den Hochschulen im Rahmen der projektgebundenen Reaktorsicherheitsforschung.

Im Übrigen kann die Situation in Deutschland im Vergleich zu den Kompetenzerhaltungsinitiativen im Ausland, die im **Anhang** ausführlich dargestellt sind, folgendermaßen charakterisiert werden:

- *Aufbau von Kompetenzzentren*

In Deutschland gibt es unterschiedlich weit entwickelte Ansätze für lokal ausgerichtete Kompetenzzentren, die sich unter dem Dach des nationalen Kompetenzverbundes etablieren und in denen sich Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen zusammenfinden. Hierzu zählt die Gründung „virtueller Institute“, wie sie von der HGF<sup>1</sup> vor allem für den süd-west-deutschen Raum initiiert werden und das Kompetenzzentrum Ost für Kerntechnik, in dem die TU Dresden, die Fachhochschule Zittau/Görlitz und das Forschungszentrum Rossendorf intensiv zusammenarbeiten.

- *Bildung von Hochschulnetzwerken*

Zu einer umfassenden Kooperation in der Lehre, wie sie für die Bildung von Lehrverbänden typisch ist, ist es unter den deutschen Hochschulen bislang nicht gekommen. Ansätze dazu gibt es zwischen den Universitäten Stuttgart und Karlsruhe. Diskussionen zu weitergehenden Kooperationen der großen deutschen, noch in der Kerntechnik engagierten Hochschulen (Aachen, Stuttgart,

<sup>1</sup> Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutsche Forschungszentren

Karlsruhe, München, Dresden) untereinander und mit ausländischen Bildungseinrichtungen finden im Rahmen der beabsichtigten Beteiligung am European Nuclear Education Network (ENEN) statt, das im 5. EURATOM-Programm begründet worden ist. Von besonderer Bedeutung ist die Kooperation der TU München mit dem französischen Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN) für einen gemeinsamen Masterstudiengang Kerntechnik, der von den Studenten praktisch ohne zusätzliche Zeitbelastung absolviert werden kann.

- *Forschungsförderprogramme für Hochschulen*  
Abgesehen von den oben erwähnten Initiativen des BMWA zur Förderung junger Wissenschaftler gibt es in Deutschland keine staatlichen und auch keine privatwirtschaftlich finanzierten Forschungsprogramme, die sich speziell an die Hochschulen richten. Zwar können sich die Hochschulen um Mittel der projektgeförderten Reaktorsicherheitsforschung des BMWA bewerben; wegen des Rückganges des Budgets für diesen Förderbereich stehen die Hochschulen hier aber in einem sehr harten Wettbewerb mit anderen Forschungseinrichtungen.
- *Unterstützung der universitären Infrastrukturen*  
Die für die kerntechnische Hochschulausbildung benötigte Infrastruktur ist wegen der in Deutschland oft üblichen **gemeinsamen Berufung** von Lehrstuhlinhabern durch Hochschulen und Forschungseinrichtungen in erheblichem Umfang an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen angesiedelt. So gibt es nur noch sehr wenige Forschungsreaktoren an den Hochschulen, die vorwiegend für Ausbildungszwecke genutzt werden. Der neue Forschungsreaktor an der TU München wird nur sehr begrenzt unmittelbar für Ausbildungszwecke eingesetzt werden können; das gesamte Umfeld des Reaktors wird jedoch viele Möglichkeiten des „learning by doing“ bieten. Ein staatlich gefördertes Programm zur Erhaltung dieser Ausbildungsreaktoren und zur Stärkung sonstiger Infrastrukturen für die kerntechnische Ausbildung an den Universitäten gibt es in Deutschland im Unterschied zum Ausland nicht.
- *externe Finanzierung von Lehrstühlen*  
Im Vergleich zu Ländern wie Großbritannien, Schweden oder jetzt auch der Schweiz ist das privatwirtschaftliche Engagement zur mittel- bis langfristigen Finanzierung von Lehrstühlen mit kerntechnischer Orientierung als unzureichend einzuschätzen.

- *Förderung von Studenten, Doktoranden und Nachwuchswissenschaftlern*  
Bereits in der Vergangenheit sind staatlich und privatwirtschaftlich finanzierte Förderprogramme für Doktoranden und Nachwuchswissenschaftler aufgelegt worden, die allerdings nicht sehr erfolgreich waren. Die neueren Ansätze scheinen wegen der verbesserten Finanzierung der Nachwuchswissenschaftler und wegen des zunehmenden Bedarfs erfolgreicher zu sein. Außer den 10 vom BMWA getragenen Stellen für Nachwuchswissenschaftler an den Hochschulen finanzieren Framatome ANP und die deutschen EVU insgesamt 14 Doktoranden. Das externe Engagement für die Förderung von Doktoranden und Nachwuchswissenschaftlern in Deutschland ist auch im internationalen Vergleich als durchaus beachtlich einzuschätzen. Andere Fördermechanismen für Studenten in Diplom- und Masterstudiengängen sind dagegen kaum entwickelt.
- *thematische Diversifizierung der kerntechnischen Ausbildung*  
Eine Anreicherung kerntechnischer Ausbildungsinhalte beispielsweise um Themen aus dem Bereich Strahlenschutz/Strahlenbiologie und Systemanalyse wird im Ausland erfolgreich praktiziert, um die Attraktivität und Praxisrelevanz mit Blick auf neue Beschäftigungsgebiete zu erhöhen. Ähnliche Ansätze gibt es derzeit an der TU München im Zuge der Neustrukturierung der kerntechnischen Ausbildung und an der TU Dresden mit Ausrichtung auf die Strahlenonkologie. Auch andere Hochschulen haben dazu das Potenzial; allerdings sind dort noch keine konkreten Änderungen der bisherigen „klassischen“, auf die Stromerzeugung aus Kernenergie orientierten Konzepte eingeleitet worden.
- *Beteiligung von außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen an der Lehre*  
In Deutschland ist die Beteiligung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen an der Lehre zumeist durch die bereits erwähnten gemeinsamen Berufungen geregelt. Darüber hinaus gibt es nur sehr wenige Lehraufträge und Honorarprofessuren für Lehrende aus der Industrie und von außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Eine systematische Einbindung, wie sie aus Frankreich bekannt ist, gibt es in Deutschland nicht.

## 2.2 Der Nachwuchsbedarf in Deutschland

Die Bewertung der Gesamtsituation und die daraus abzuleitenden Empfehlungen hängen natürlich wesentlich vom Bedarf an kerntechnischem Nachwuchspersonal ab.

Der Kompetenzverbund Kerntechnik hat im Jahre 2000 eine erste Erhebung zum Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen mit kerntechnischer Ausbildung durchgeführt [3]. Ausgehend vom Ist-Stand bei Betreibern, Herstellern, Service-Industrie, Aufsichts- und Gutachtergremien sowie in der Forschung wurde der Bedarf an qualifiziertem Nachwuchs bis 2010 unter der Randbedingung ermittelt, dass 6-7 Kernkraftwerke bis 2010 stillgelegt werden.

Gemäß dieser Erhebung geht die Gesamtzahl der in der Kerntechnik Beschäftigten um ca. 10% zurück; am stärksten bei den Betreibern und Gutachtern mit ca. 20%. Dem stehen geringe Zuwächse in der Entsorgung gegenüber. Trotz des insgesamt rückläufigen Personalbestandes sind die altersbedingten Personalverluste zu kompensieren. Dafür werden laut der genannten Erhebung etwa 170 Absolventen pro Jahr mit Hochschul- bzw. Fachhochschulausbildung benötigt. Die Betreiber haben in der Umfrage eine Quote von 30% für den Anteil von Absolventen mit **vertieften** kerntechnischen Kenntnissen angegeben; in der Hersteller- und Serviceindustrie liegt diese Quote sogar bei 40%. Allerdings sind die Betreiber der Meinung, dass es in ihrem Bereich bis 2010 im Wesentlichen keine Neueinstellungen von Hoch- und Fachschulabsolventen geben wird, weil der im Ausstiegsszenarium verbleibende Personalbedarf durch Umschichtung zwischen den Anlagen abgedeckt werden könne.

Setzt man für die Forschung, die Gutachter und die Behörden ebenfalls eine Quote von 30% an, so folgt ein jährlicher Gesamtbedarf von ca. 60 Absolventen mit vertiefter kerntechnischer Ausbildung. Selbst bei einer pauschalen Quote von 25% für den gesamten kerntechnischen Bereich ergibt sich ein Bedarf von 40 Kerntechnikabsolventen pro Jahr.

Mit den genannten Zahlen von 40-60 Absolventen mit vertiefter kerntechnischer Ausbildung kommt man auf einen Schlüssel zwischen 1,9–2,8 Kerntechnikabsolventen pro Jahr und GWe. Dies ist im internationalen Vergleich eine mittlere Nachwuchsrate (Frankreich: 1,3; Schweden: 5,3).

Diese internationalen Zahlen berücksichtigend, wird man für Deutschland selbst unter Ausstiegsbedingungen von einem gesicherten Bedarf von mindestens 40-60 Absolventen pro Jahr mit vertiefter kerntechnischer Ausbildung ausgehen müssen.

## 3 Bewertung und Empfehlungen

Die kerntechnische Ausbildung ist in den deutschen Universitäten in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Entsprechend sind auch die Ausbildungsangebote geschrumpft. Die derzeit vorhandene Struktur wurde nicht gezielt zur Abdeckung heutiger Anforderungen aufgebaut. Vielmehr besteht sie aus den noch vorhandenen Elementen eines früher, für einen größeren Bedarf in der Kernenergiebranche aufgebauten Ausbildungssystems. Die ILK hält es für erforderlich, das System gezielt den derzeitigen Erfordernissen anzupassen. Dadurch sollen die Wirksamkeit der eingesetzten Mittel optimiert und die Finanzierung sichergestellt werden.

Nach Meinung der ILK zählt zu den heutigen Erfordernissen neben der vertieften kerntechnischen Ausbildung auch die Fähigkeit, kerntechnisches Elementarwissen im Rahmen des Grundstudiums oder des Studium Generale z.B. für Physiker, Maschinenbauer oder Elektrotechniker an möglichst vielen Hochschulen anbieten zu können. Dieser interdisziplinäre Ansatz ist ein entscheidender Beitrag zum besseren Verständnis der Kerntechnik und damit zu ihrer Akzeptanz sowie zur Verbesserung der Chancen für die Anwerbung qualifizierten Nachwuchspersonals aus fachverwandten Studienrichtungen.

Die ILK ist zudem entschieden der Meinung, dass sich die kerntechnische Ausbildung nicht auf die „klassische“ Kernreakorteknik und Reaktorphysik beschränken darf, sondern zunehmend Aspekte des Strahlenschutzes, der Strahlenbiologie, der Entsorgung, der Systemanalyse, des Risikomanagements und auch des Atomrechtes einschließen muss.

Im Einzelnen empfiehlt die ILK deshalb:

- *den Aufbau von Kompetenzzentren.*  
Die vorhandenen Ansätze zum Aufbau regionaler oder auch überregionaler Kompetenzzentren sollten unter dem Dach des nationalen Kompetenzverbundes ausgebaut werden. In diesen Kompetenzzentren sollten sich Hochschulen/Fachhochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und möglichst auch die Industrie sowie die Gutachtereinrichtungen zusammenfinden. Es sollte u.a. Anliegen dieser Kompetenzzentren sein, die Lehrangebote der beteiligten Hochschulen durch die verstärkte Ausrichtung der Lehrinhalte am praktischen Bedarf, die frühzeitige Einbindung von Studenten in die Forschung und die gemeinsame Betreuung von Diplomanden und Doktoranden attraktiver zu machen. Im Rahmen dieser Kompetenzzentren kann sich die kerntechnische Industrie zielgerichtet und kostenoptimiert an der Förderung der Ausbildung und Forschung beteiligen.

- *die Bildung von Hochschulnetzwerken.*  
Die Kooperation in der Lehre kann besonders für jene Hochschulen interessant sein, die allein nicht mehr in der Lage sind, das volle Spektrum der kerntechnischen Lehre anzubieten. Ein zwischen den Hochschulen abgestimmtes Ausbildungsprogramm kann auch die Attraktivität des Kerntechnikstudiums durchaus erhöhen, insbesondere, wenn dabei ausländische Hochschulen einbezogen werden, wofür das Engagement im European Nuclear Education Network (ENEN) gute Voraussetzungen bietet. Ein solches Netzwerk basiert sowohl auf der Mobilität von Studenten als auch von Lehrern.
- *Förderprogramme zur Forschung an den Hochschulen.*  
Abgesehen von den Programmen des BMWA und der Betreiber zur Förderung von Promotionsstipendien und Nachwuchswissenschaftlern, gibt es im Bereich der Kernenergie in Deutschland keine staatlichen oder privatwirtschaftlich finanzierten Forschungsprogramme, die sich speziell an die Hochschulen richten. Dies ist ein entscheidender Nachteil bei den Bemühungen um die Erhaltung kerntechnischer Lehrstühle. Die Rechtfertigung für den Erhalt von Lehrstühlen leitet sich neben den Studentenzahlen auch aus der Reputation in der internationalen Forschungslandschaft ab. Privatwirtschaftliche Initiativen sind in diesem Kontext insbesondere gefragt, um innovative und international aktuelle Themen zu finanzieren, die wegen des Ausstiegsbeschlusses nicht aus der öffentlichen Förderung unterstützt werden. Auch eine verstärkte Forschungsk Kooperation zwischen Universitäten und außeruniversitären Zentren kann zur Erhöhung der Attraktivität der Forschung an den Hochschulen beitragen.
- *die Förderung der universitären Infrastrukturen für die kerntechnische Ausbildung.*  
Ein vorwiegend öffentlich finanziertes Förderprogramm sollte sich wie in den USA auf die Erhaltung der noch verbliebenen Ausbildungs- und Forschungsreaktoren an den deutschen Hochschulen konzentrieren. Daneben sollten, dem kerntechnischen Ausbildungsschwerpunkt der jeweiligen Hochschule entsprechend, auch andere Forschungsgeräte wie beispielsweise Neutronenquellen oder radiochemische Labors in die Förderung einbezogen werden.
- *die externe Finanzierung von Lehrstühlen.*  
Ein langfristiges privatwirtschaftliches Engagement könnte es den Hochschulen erleichtern, ihr kerntechnisches Lehrangebot zu erhalten. Durch die Mitsprache bei der Widmung des Lehrstuhles kann der Stifter zugleich Einfluss auf die praxisrelevante Ausprägung des Lehr- und Forschungsprofils nehmen.

- *die Förderung von Studenten, Doktoranden und Nachwuchswissenschaftlern.*  
Während es bei der Förderung von Doktoranden und Nachwuchswissenschaftlern vornehmlich darum gehen muss, die jetzt begonnenen und privatwirtschaftlich und öffentlich geförderten Programme zu verstetigen, sollte die Förderung und Betreuung von Studenten in Diplom- und Masterstudiengängen durch Industrieunternehmen systematisch aufgebaut werden. Eine solche Förderung könnte sinnvoller Weise eine konditionierte Beschäftigungszusage durch das fördernde Unternehmen einschließen.
- *eine thematische Diversifizierung der kerntechnischen Ausbildung.*  
Zur Komplettierung und Aktualisierung der kerntechnischen Ausbildungsinhalte bedarf es nicht nur der Kooperation von Hochschulen untereinander, sondern auch der verbesserten Zusammenarbeit innerhalb der jeweiligen Hochschule. Auf diese Weise kann das klassische Kerntechnikstudium beispielsweise um Ausbildungsbausteine aus den Bereichen Strahlenschutz/Strahlenbiologie, Radioökologie, Entsorgung, Risikomanagement oder Atomrecht angereichert und so für Studenten attraktiver und dem tatsächlichen Bedarf gerechter gestaltet werden.
- *die Beteiligung von außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen an der Lehre.*  
Mit Ausnahme der so genannten gemeinsamen Berufungen hat die Beteiligung von außeruniversitären Forschungseinrichtungen und von Mitarbeitern aus der Industrie an der Lehre im Vergleich zum Ausland wenig Tradition. In der Zukunft sollten Industrie und Forschungseinrichtungen einerseits vermehrt Ausbildungsangebote (Praktika, Vorlesungen, Übungen) unterbreiten; die Hochschulen sollten diese Angebote andererseits auch abrufen.

**Die ILK stellt übergreifend fest, dass die einzelnen Empfehlungen nur dann wirksam werden können, wenn es gelingt, dem Nachwuchs die Überzeugung zu vermitteln, dass eine berufliche Laufbahn in der Kerntechnik eine zukunftsste und inhaltlich fesselnde Perspektive bietet. Dies wird nur möglich sein, wenn sich deutsche Universitäten und Forschungseinrichtungen wieder zunehmend mit privater und staatlicher Finanzierung an der internationalen Forschung zu innovativen kerntechnischen Systemen und Sicherheitskonzepten beteiligen können.**

## 4 Literatur

- [1] Institute for Safety and Reliability GmbH, Ausbildung und Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der Kerntechnik, Abschlussbericht zum Vorhaben, ISaR-A-0025, 11.09.2003
- [2] J. U. Knebel, Education and Maintenance of Knowledge in Nuclear Technology, Eurosafe-Forum 2003, Paris, 25./26.11.2003
- [3] P. Fritz, K.D. Closs, B. Kuczera, P. Erlenwein, G. Langetepe, F.P. Weiß, K. Wolfert, Vorseilender Ausstieg aus der Kernenergie an den deutschen Hochschulen und Forschungszentren? Arbeitsplätze und Studienangebote im kerntechnischen Bereich, ATW, Heft 2, Seite 88 - 94, Februar 2001

## Anhang

### I Aktivitäten im Ausland

Stellvertretend für die Aktivitäten im Ausland werden nachfolgend zunächst typische Maßnahmen für den Kompetenzerhalt in Frankreich, Großbritannien, Kanada und den USA kurz dargestellt.

#### I.1 Frankreich

Bereits seit den 50er Jahren ist das Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN) zentrales Element der kerntechnischen Hochschulausbildung in Frankreich. Bis heute hat es als einzige französische Hochschule die staatliche Genehmigung für die kerntechnische Lehre auf dem Niveau von Diplom-Studiengängen. Die Lehre am INSTN wird in erheblichem Umfang durch Lehrbeauftragte aus Unternehmen (insbesondere AREVA/FRAMATOME und der EdF) und aus Forschungseinrichtungen (IRSN und CEA) wahrgenommen. Das INSTN bietet kein Vollstudium an, sondern einen einjährigen kerntechnischen Kursus, der im 5. Jahr die Diplomstudiengänge komplettiert, die zuvor an verschiedenen Ingenieurschulen (Grandes Écoles) aber auch an Universitäten belegt wurden. Die Absolventen des INSTN schließen ihr Studium als Ingenieur für Kerntechnik (Génie Atomique) ab. In Zusammenarbeit mit Universitäten und dem CEA bietet das INSTN auch die Möglichkeit der Promotion an.

Die Absolventen des INSTN finden praktisch immer eine Anstellung in kleinen Kerntechnikfirmen. Die EdF deckt ihren Nachwuchsbedarf allerdings zumeist aus dem Pool der Abgänger nichtnuklearer Studiengänge, bzw. übernimmt Mitarbeiter aus diesen kleineren Firmen.

#### I.2 Großbritannien

Die staatlichen Ausgaben für die kerntechnische Forschung und Entwicklung in Großbritannien sind seit Mitte der 70er Jahre rückläufig. Dieser Rückgang wurde in den späten 80er und frühen 90er Jahren noch beschleunigt, aufgrund der Entscheidung der britischen Regierung, sich aus der Entwicklung schneller Reaktoren zurückzuziehen, und der Privatisierung der Stromwirtschaft. In den späten 90er Jahren hatten sich die staatlichen Ausgaben für die kerntechnische Forschung fast auf null reduziert. In Anbetracht dieser Situation verringerten die Universitäten ihre kerntechnischen Lehr- und Forschungsaktivitäten, so dass bis Ende der 90er Jahre alle Bachelor-Studiengänge in der Kerntechnik eingestellt waren. Als Reaktion auf diese Situation entwickelte BNFL (British Nuclear Fuels) einen neuen Ansatz um ihre traditionell guten Verbindungen zu den Universitäten zu verstärken. Im Verbund mit ausge-

wählten Universitäten hat BNFL derzeit 4 Bündnisse für universitäre Forschung (University Research Alliances) eingerichtet, wobei jedes Bündnis ein auf die derzeitigen und zukünftigen unternehmerischen Bedürfnisse von BNFL ausgerichtetes technisches Fachgebiet abdeckt. Die dadurch entstehenden 4 Kompetenzzentren (Centres of Excellence) haben bisher über 140 Forscher angezogen, die in einem weiten Themenspektrum, von der Grundlagenforschung bis zur anwendungsbezogenen Entwicklung, tätig sind. Jedes Bündnis erhält von BNFL eine Anschubfinanzierung von etwa 3 M für 5 Jahre. Es wird erwartet, dass diese Finanzierung die Bündnisse in die Lage versetzt, Unterstützung aus staatlichen Forschungsmitteln und von anderen Sponsoren in etwa der vierfachen Höhe dieses Betrags zu akquirieren.

### I.3 Kanada

Im Jahre 2002 wurde in Kanada das University Network of Excellence in Nuclear Engineering (UNENE) gegründet. Daran sind derzeit 8 Hochschulen beteiligt. Das Network befasst sich neben der Aus- und Weiterbildung auch mit der Forschung. Jede der beteiligten Hochschulen ist für einen bestimmten fachlichen Schwerpunkt verantwortlich.

Das UNENE wird vom Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) mit Unterstützung der Industrie einschließlich der Betreiber finanziert. Industrie und Betreiber haben Zuwendungen von insgesamt 5,4 M€ über 5 Jahre zugesagt. Mit dem Geld sollen auch Universitätslehrstühle finanziert werden.

Es ist ferner die Absicht der Zuwender, mit UNENE ein unabhängiges und öffentlich glaubwürdiges Expertengremium zu schaffen, das die Bevölkerung, die Aufsichtsbehörde CNSC, die Regierung, die Hersteller und Betreiber in nuklearen Fragen beraten kann.

### I.4 USA

Ähnlich wie in Deutschland hat in den Vereinigten Staaten seit den 90er Jahren die Zahl der Studenten in der Kerntechnik erheblich abgenommen (um 60% bei den Bachelors und um ca. 30% bei den Masters und PhD.s). Ende der 90er Jahre konnte die Studentenzahl auf niedrigem Niveau stabilisiert werden (ca. 350 in Master Courses eingeschriebene Studenten und ca. 180 Abschlüsse pro Jahr). Zudem ist bereits seit den 60er Jahren die Zahl der Universitäten, die eine kerntechnische Ausbildung anbieten, von ehemals 60 auf jetzt 25 zurückgegangen [A1]. Unter den verbliebenen sind so herausragende Einrichtungen wie das Massachusetts Institute of Technology und die University of California in Berkeley. Die Hochschulen haben die Attraktivität der Lehrangebote u.a. dadurch erhöht, dass Themen wie Radiologie und Strahlenschutz in die Curricula aufgenommen wurden.

Derartige universitätsinterne Aktivitäten werden durch mehrere Programme flankiert, die das Department of Energy (DoE) ins Leben gerufen hat. Zu nennen sind insbesondere F&E-Programme zu anspruchsvollen und zukunftsgerichteten Themen der Kerntechnik, die auch auf die Nachwuchs- und Hochschulförderung abzielen. Hierzu gehören beispielsweise die Nuclear Research Initiative zur Verbesserung der US Leichtwasserreaktor-Technologie und das Generation IV Programm zur Entwicklung neuer Reaktorkonzepte bzw. nuklearer Systeme. Die vom DoE geförderten Programme betreffen aber auch die Themenbereiche Strahlenphysik/Biomedizin, Risikoanalyse und Transmutation. Für diese F&E-Programme hat das DoE im Jahre 2002 ca. 126 M\$ aufgewandt.

Darüber hinaus unterstützt das DoE die Ausbildung an den Universitäten auch direkt über das so genannte University Reactor Fuel Assistance and Support Program. Mit diesem Programm wird die universitäre Infrastruktur und dabei insbesondere der Erhalt von Forschungs- und Unterrichtsreaktoren gefördert [A2]. Auch Stipendien für Studenten und Doktoranden können darüber finanziert werden. In 2002 sind dafür insgesamt 17,5 M\$ eingesetzt worden.

Ferner hat das DoE Programme zur Bildung und Unterstützung von Hochschulkooperationen und -netzwerken aufgelegt. Beispielsweise fördert das Innovations in Nuclear Infrastructure and Education Program die gemeinsame Nutzung von Forschungsreaktoren durch mehrere Hochschulen ebenso wie strategische Partnerschaften zwischen Universitäten, National Laboratories und der Industrie. In diesem Rahmen wurden 2002 vier Universitätskonsortien mit mehr als 5 M\$ unterstützt [A3]. Jedes der Konsortien hat sich auf bestimmte fachliche Schwerpunkte fokussiert. Die Konsortien werden jeweils von einer Leituniversität koordiniert.

## II Internationale Aktivitäten

Neben solchen nationalstaatlichen Initiativen, wie sie exemplarisch in den vorangegangenen Absätzen dargestellt worden sind, haben sich u.a. auch die EU-Kommission, die World Nuclear Association (WNA) und die NEA<sup>1</sup> des kerntechnischen Kompetenzerhaltes angenommen.

### II.1 Kompetenzerhaltung in den Forschungsrahmenprogrammen der EU

Die zentrale Initiative zur Kompetenzerhaltung im 5. Forschungsrahmenprogramm ist das so genannte ENEN-Projekt. ENEN ist die Kurzbezeichnung für das European Nuclear Education Network. Wesentliche Ziele von ENEN sind die Definition von Anforderungen an die kerntechnische Hochschulausbildung in Europa, die Vorbereitung eines europäisch koordinierten Vorgehens zur Stärkung der vernetzter

<sup>1</sup> Nuclear Energy Agency der OECD

Studienangebote. In ENEN sind 23 Hochschulen und drei Forschungszentren aus EU-Mitgliedsstaaten (darunter Deutschland), Beitrittsländern und der Schweiz eingebunden. Das EU-Projekt ENEN ist Ende 2003 ausgelaufen. Das wohl wichtigste Ergebnis ist die Gründung der ENEN-Association mit Sitz in Paris, die sich auf die Infrastruktur von INSTN abstützt. Zu den Aufgaben der Association gehören neben der logistischen Unterstützung des europaweit gemeinsam angebotenen Vertiefungsstudiums die Vergabe eines europäischen Masters in Nuclear Technology als Zusatzdiplom, die Entwicklung und Weiterentwicklung der Verbindungen zwischen den Universitäten einerseits und den Herstellern, Betreibern, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Behörden andererseits.

ENEN wird logisch im 6. EURATOM-Rahmenprogramm mit dem NEPTUNO-Projekt fortgeführt. Diese Nuclear European Platform of Training and University Organisations (NEPTUNO) zielt auf die Verbindung des ENEN-Hochschulnetzwerkes mit dem häufig privatwirtschaftlich organisierten Trainingssektor ab. Damit werden Betreiber und Trainingsorganisationen an ENEN herangeführt. NEPTUNO soll 2004 beginnen.

## II.2 World Nuclear University

Die World Nuclear Association (WNA), der in London ansässige internationale Verband der in der Kerntechnik tätigen Unternehmen, hat mit Unterstützung der WANO<sup>1</sup>, der IAEO und der NEA die World Nuclear University (WNU) gegründet. Bislang haben Universitäten und Forschungseinrichtungen aus 32 Ländern Interesse an der Mitarbeit in der WNU bekundet [A4]. Darunter sind viele Einrichtungen, die bereits in der ENEN-Association engagiert sind. Die Zielstellung der WNU gleicht sehr stark der des europäischen ENEN-Netzwerkes. Die WNA verfolgt darüber hinaus in Anlehnung an das kanadische Universitätsnetzwerk auch die Absicht, mit der WNU ein Expertengremium zu etablieren, das Politik und Öffentlichkeit glaubwürdig und fachkundig beraten kann.

Die WNU soll im Wesentlichen durch die an der WNA beteiligten Unternehmen finanziert werden.

## II.3 Analyse der NEA

Die Nuclear Energy Agency der OECD hat den internationalen Zustand der kerntechnischen Hochschulausbildung und des Trainings in den zurückliegenden Jahren im Detail analysiert und das Ergebnis im Bericht „Nuclear Education and Training: Cause for Concern?“ , [A5], niedergelegt. Dem Bericht liegt eine Befra-

<sup>1</sup> World Association of Nuclear Operators

gung von 200 Organisationen aus 16 OECD-Ländern zu Grunde. Im Sinne des verbesserten Kompetenzerhaltes empfiehlt die NEA in dem genannten Bericht u.a. folgendes:

- Regierungen und die Industrie einschließlich der Betreiber sollten sich gemeinsam und koordiniert für den kerntechnischen Kompetenzerhalt engagieren.
- Universitäten sollten das Themenspektrum der kerntechnischen Ausbildung erweitern, um mehr Studenten auch aus anderen Studienrichtungen für die Kerntechnik zu gewinnen; die Studenten sollten früher in die Forschung einbezogen werden.
- Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen sollten ihre Ausbildungsaktivitäten besser koordinieren und dabei auch international kooperieren.

## III Literatur

- [A1] Nuclear Engineering Enrollments und Degrees Brief, Oak Ridge Institute for Science and Education, Number 50, April 2002
- [A2] Office of Nuclear Energy, Science and Technology's Congressional Budget Request 2004, US Department of Energy, 2003  
URL: <http://www.nuclear.gov/admin/budgetpdfs/FY04nebudget.pdf>
- [A3] Minutes for the Nuclear Energy Research Advisory Committee Meeting, September 30 to October 1, 2002, Sheraton Crystal City Hotel, Arlington, Virginia  
URL: <http://www.ne.doe.gov/nerac/neracminutessept2002.pdf>
- [A4] WNU Prospectus, World Nuclear University  
URL: [http://www.world-nuclear-university.org/html/wnu\\_prospectus/](http://www.world-nuclear-university.org/html/wnu_prospectus/)
- [A5] Nuclear Education and Training: Cause for Concern? OECD-NEA, Paris, 2000, ISBN 92-64-18521-6

1. **Prof. Dr. George Apostolakis, USA**  
Professor für Kerntechnik und Techniksysteme am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, USA
2. **Prof. Dr. phil., Dr.-Ing. E.h. Adolf Birkhofer, Deutschland**  
Geschäftsführer der ISaR Institute for Safety and Reliability GmbH  
Inhaber des Lehrstuhls für Reaktordynamik und Reaktorsicherheit der Technischen Universität München
3. **Frau Annick Carnino, Frankreich**  
Ehemalige Direktorin des Bereichs Sicherheit Kerntechnischer Einrichtungen bei der IAEA
4. **Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. techn. h.c. Josef Eibl, Deutschland**  
Ehemaliger Leiter des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie der Universität Karlsruhe
5. **Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Dieter Fischer, Deutschland**  
Inhaber des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der Ruhr-Universität Bochum
6. **Ing. Bo Gustafsson, Schweden**  
Ehemaliger Geschäftsführer von SKB International Consultants AB, die 2001 als internationale Tochter von SKB gegründet wurde
7. **Prof. Dr. rer. nat. habil. Winfried Hacker, Deutschland**  
Ehemaliger Professor für Allgemeine Psychologie an der Technischen Universität Dresden
8. **Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kröger, Schweiz**  
Inhaber des Lehrstuhls für Sicherheitstechnik an der ETH Zürich
9. **Dr.-Ing. Erwin Lindauer, Deutschland** (stellvertretender Vorsitzender der ILK)  
Geschäftsführer der GfS Gesellschaft für Simulatorschulung mbH  
Geschäftsführer der KSG Kraftwerks-Simulator-Gesellschaft mbH
10. **Dr. Serge Prêtre, Schweiz** (Vorsitzender der ILK)  
Direktor (a.D.) der schweizerischen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde HSK (Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen)

11. **Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Roos, Deutschland**  
Inhaber des Lehrstuhls für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre der Universität Stuttgart  
Direktor der Staatlichen Materialprüfungsanstalt, Universität Stuttgart
12. **Prof. Dr. Frank-Peter Weiß, Deutschland**  
Professor für Anlagensicherheit an der TU Dresden  
Direktor des Instituts für Sicherheitsforschung im Forschungszentrum Rossendorf e.V., Dresden

(Liste in alphabetischer Reihenfolge)

### ILK-Veröffentlichungen:

- ILK-01** ILK-Stellungnahme zur Beförderung von abgebrannten Brennelementen und verglasten hochradioaktiven Abfällen (Juli 2000)
- ILK-02** ILK-Stellungnahme zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen (Juli 2000)
- ILK-03** ILK-Stellungnahme zur Sicherheit der Kernenergienutzung in Deutschland (Juli 2000)
- ILK-04** ILK-Empfehlungen zur Nutzung von Probabilistischen Sicherheitsanalysen im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren (Mai 2001)
- ILK-05** ILK-Empfehlung zur Förderung der internationalen technisch-wissenschaftlichen Kontakte der deutschen Länderbehörden für nukleare Sicherheit (Oktober 2001)
- ILK-06** ILK-Stellungnahme zum Entwurf vom 5. Juli 2001 der Atomgesetzänderung (Oktober 2001)
- ILK-07** ILK-Stellungnahme zur Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente (November 2001)
- ILK-08** ILK-Stellungnahme zur möglichen Eignung des Standortes Gorleben als geologisches Endlager für radioaktive Abfälle (Januar 2002)
- ILK-09** ILK-Stellungnahme zu übergeordneten Schlussfolgerungen aus den Ereignissen in KKP 2 in Zusammenhang mit der Revision 2001 (Mai 2002)

- ILK-10** ILK-Stellungnahme zum Umgang mit dem Fragenkatalog der GRS zur „Praxis des Sicherheitsmanagements in den Kernkraftwerken in Deutschland“ (Juli 2002)
- ILK-11** ILK-Empfehlung zur Durchführung von internationalen Überprüfungen im Bereich der nuklearen Sicherheit in Deutschland (September 2002)
- ILK-12** Interner ILK-Bericht zum gezielten Absturz von Passagierflugzeugen auf Kernkraftwerke (März 2003)
- ILK-13** ILK-Stellungnahme zu den EU-Richtlinienvorschlägen zur kerntechnischen Sicherheit und zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (Mai 2003)
- ILK-14** ILK-Stellungnahme zu den Empfehlungen des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) (September 2003)
- ILK-15** ILK-Empfehlung zur Vermeidung von gemeinsam verursachten Ausfällen bei digitalen Schutzsystemen (September 2003)
- ILK-16** ILK-Stellungnahme zur Bewertung der Nachhaltigkeit der Kernenergie und anderer Technologien zur Stromerzeugung (Januar 2004)
- ILK-17** ILK-Stellungnahme zum Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der Kerntechnik in Deutschland (März 2004)
  - CD mit Vorträgen des ILK-Symposiums „Chancen und Risiken der Kernenergie“ im April 2001
  - Tagungsband mit Vorträgen des 2. ILK-Symposiums „Harmonisierung von nuklearen Sicherheitsanforderungen – Eine Chance für mehr Transparenz und Effektivität“ im Oktober 2003