
FRM II

Die außenpolitische Bedeutung des neuen Forschungsreaktors

Herausgegeben vom

UMWELTINSTITUT MÜNCHEN

Verein zur Erforschung und Verminderung der Umweltbelastung e.V.

1. Auflage: Mai 1999:
Nachdruck: Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck (auch auszugsweise) nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.
Verantwortlich: Christina Hacker. Für namentlich gekennzeichnete Beiträge sind die AutorInnen verantwortlich.
Titelfoto: Christina Hacker
Titelgestaltung: Holger Melzer
Redaktion: Karin Wurzbacher, Christina Hacker, Holger Melzer
Layout: Holger Melzer
Druck: Ulenspiegel, Andechs
Bestelladresse: Umweltinstitut München e.V.
Schwere-Reiter-Str. 35/1b, 80797 München
Tel. (089) 30 77 49-0, Fax 30 77 49-20
www.m.shuttle.de/umweltinstitut
e-mail uim@umweltinstitut.m.shuttle.de
-

Wir bedanken uns herzlich bei den Autoren Alan J. Kuperman und Wolfgang Liebert, die uns freundlicherweise ihre Beiträge zum Symposium „The Scope of a Fissile Material Convention“, das im August 1996 in Genf stattgefunden hat, zur Verfügung gestellt haben.

Unser Dank gilt auch dem Ökofonds Bayern von Bündnis90 / Die Grünen, der durch finanzielle Unterstützung die Veröffentlichung dieser Broschüre ermöglicht hat.



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
FRM II - Die Auslegung mit HEU weckt Besorgnisse	5
<i>Wolfgang Liebert</i>	
Ziviles HEU und die Spaltstoff-Konvention	15
<i>Alan J. Kuperman</i>	
Zivil-militärische Verflechtung der Atomtechnologie	30
<i>Christina Hacker & Karin Wurzbacher</i>	

HEU – die außenpolitische Bedeutung

Der Einsatz von waffenfähigem, hochangereichertem Uran (HEU) im Garchingener Forschungsreaktor FRM-II heizt das Proliferationsrisiko weltweit wieder an.

Die Garchingener Projektleitung des FRM-II hält trotz internationaler Bedenken hartnäckig am Einsatz von HEU (**H**ighly **E**nriched **U**ranium) als Brennstoff fest. Dieses Festhalten weckt zunehmend Besorgnisse, weil damit die bereits erzielten Erfolge im Bemühen, den Handel und die Verbreitung von atomwaffenfähigem Material (Proliferation) weltweit zu unterbinden, untergraben würden. Die Hartnäckigkeit ist unverständlich, da qualifizierte Ersatzbrennstoffe zur Verfügung stehen und deshalb ein Verzicht auf HEU zu keinen nennenswerten qualitativen Einbußen der vorgesehenen Experimente führen würde.

Die Garchingener Projektleitung gründet ihren Anspruch auf HEU auf ihr „gesetzlich verankertes, unveräußerliches Recht“, das in Art. 4 Abs. 1 des Nichtverbreitungsvertrages NVV festgehalten ist: das Recht, Atomenergie für friedliche Zwecke zu erforschen, zu erzeugen und zu verwenden. Eine Weigerung der Atomwaffenstaaten, HEU für friedliche Kernforschung zur Verfügung zu stellen, verstieße ihrer Meinung nach nicht nur gegen den Geist, sondern auch gegen den Wortlaut des NVV ¹.

In den vergangenen Jahren hat sich gezeigt, daß eine rein „friedliche Nutzung“ der Atomtechnologie auch innerhalb der NVV-Vertragsstaaten nicht gewährleistet ist. Als 1991 ein heimliches Atomwaffenprogramm im Irak aufgedeckt und schließlich 1995 auch zugegeben wurde, war die Weltöffentlichkeit geschockt. An allen Kontrollen und Sicherheitsmaßnahmen der Internationalen Atomenergie Organisation IAEO vorbei ist es dem Irak, einem Mitgliedsstaat des NVV, gelungen, ein sog. Crashprogramm aufzubauen. Der NVV ist offensichtlich kein Garant dafür, Atomwaffenprogramme zu verhindern.

Ein sehr viel zuverlässigeres Instrument, diese Gefahren zu unterbinden, ist das seit 1978 aufgelegte Programm RERTR (**R**educed **E**nrichment for **R**esearch and **T**est **R**eactors), ein Programm mit dem Ziel, nur noch niedrig angereichertes, nicht waffentaugliches Material (LEU; **L**owly **E**nriched **U**ranium) als Brennstoff in Forschungsreaktoren einzusetzen. Nachdem das Programm ab Ende der 80er Jahre bis Mitte der 90er Jahre eher auf Sparflamme lief, wurde es 1996 wiederbelebt, indem die Weiterentwicklung alternativer Brennstoffe wieder aufgenommen wurde. Die Umrüstung von HEU-Reaktoren auf den Betrieb mit LEU läuft seitdem auf Hochtouren, auch innerhalb der USA.

Das RERTR-Programm, das durch das Schumer Amendment ² seine Durchsetzungskraft stärken konnte, ist das einzig verlässliche Programm zur Verhinderung von Proliferation. Alan Kuperman nennt es treffend „one of the unsung heroes“, einen ungekürten Star innerhalb der Bemühungen der Nicht-Weiterverbreitung von atomwaffenfähigem Material. Kritiker dieses Programms, allen voran die Garching FRM-II Projektleitung, wehren sich dagegen mit der Begründung, daß damit die Austrocknung eines ganzen Forschungsbereiches der sog. friedlichen Nutzung der Atomenergie erfolge¹.

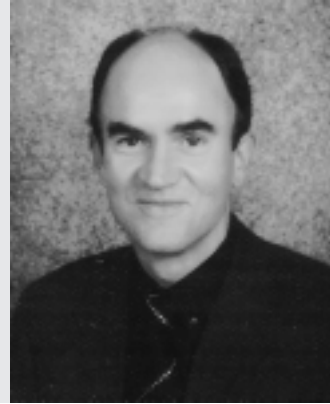
Um es deutlich zu machen: Es geht nicht darum, den Garching FRM-II-Verantwortlichen den Griff nach der deutschen Bombe zu unterstellen. Es geht vielmehr um den Nachahmeffekt durch andere, politisch weniger stabile Staaten. Vor dem Hintergrund, daß es für NVV-Mitgliedsstaaten möglich ist, Atomwaffenprogramme an sämtlichen Safeguards vorbei unbemerkt einzurichten, sollte Deutschland alles dafür tun, die Möglichkeit der Atomwaffenbeschaffung zu unterbinden. Es würde den Garchingern sehr viel besser anstehen, wenn sie aus Verantwortungsbewußtsein heraus für die internationale Sicherheit von ihrem Vorhaben FRM-II abließen und nicht durch das Schaffen eines „schädlichen Präzedenzfalls“ – wie Wolfgang Liebert es ausdrückt – der Proliferation wieder Tür und Tor öffnen.

Die deutsche Bundesregierung läßt derzeit überprüfen, ob eine Umrüstung von HEU auf LEU für den FRM-II möglich ist. Dafür hat sie Anfang des Jahres eine Kommission eingesetzt, die dazu bis zum Sommer dieses Jahres eine Empfehlung abgeben soll. Das Umweltinstitut München e.V. erwartet von der Bundesregierung, daß nicht nur die technische Machbarkeit einer Umrüstung von hoch auf niedrig angereichertes Uran in die Entscheidung über den Weiterbau des FRM-II einfließt. Vielmehr sollten auch die hier genannten und in den folgenden Artikeln ausgeführten Argumente abgewogen und in die Entscheidung mit einbezogen werden.

Christina Hacker

-
- ¹ Dieter Blumenwitz: *FRM-II und das Völkerrecht der Non-Proliferation*. In: Technische Universität München, „Neue Forschungs-Neutronenquelle Garching“ (Hrsg): *FRM-II mit Völkerrecht im Einklang*.
- ² Das Schumer Amendment zur Energy Policy Act von 1992 verfügt, daß die USA hoch angereichertes Uran nur noch an Reaktorbetreiber liefern dürfen, die einer Umrüstung auf niedrig angereichertes Uran zugestimmt haben oder wenn eine Umrüstung derzeit nicht möglich ist. Mit dem Schumer Amendment, das vor allem aufgrund des aufgedeckten Atomwaffenprogramms im Irak erlassen wurde, haben die USA den HEU-Export formell gänzlich eingestellt. Dadurch hat sich der HEU-Export der USA heute auf nahezu Null verringert.

Wolfgang Liebert ist promovierter Physiker und arbeitet bei der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit (IANUS) der Technischen Universität Darmstadt. Mitglied des Vorstandes der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW) und des Beirats der Naturwissenschaftler-Initiative „Verantwortung für Friedens- und Zukunftsfähigkeit“. Mitbegründer des International Network of Engineers and Scientists Against Proliferation (INESAP).



Die Auslegung des neuen deutschen Forschungsreaktors mit hochangereichertem Uran weckt Besorgnisse

1. HEU: Sein militärischer Gebrauch und die Bedeutung der Proliferation

Enorme Mengen von waffengrädigem, hochangereichertem Uran (HEU) wurden bis heute angehäuft. Fast 2000 Tonnen HEU wurden für militärische Zwecke produziert. In der Vergangenheit wurden riesige Mengen davon in das nukleare Waffenarsenal der fünf anerkannten Kernwaffen-Staaten eingebracht.

Das wesentliche Hindernis für Staaten oder substaatliche Gruppen, die am Erwerb von Atomwaffen interessiert sind, ist der fehlende Zugang zu Bombenstoff. Die geeignetsten Waffenmaterialien sind hochangereichertes Uran (HEU) und Plutonium. HEU für militärische Zwecke ist normalerweise zu 90% oder mehr angereichert, d.h. der Anteil des spaltbaren Uranisotops Uran-235 wird mithilfe von sensiblen Anreicherungstechnologien bis zu diesem Wert erhöht.

Atomwaffen mit HEU zu bauen ist einfacher als mit Plutonium, weil die technisch weniger komplizierte „Kanonenrohr-Methode“ anstatt des Implosions-Konzeptes angewandt werden kann und weil das Material weniger radiologisch bedenklich ist, d.h., es kann einfacher verarbeitet werden. Für einen atomaren Sprengkörper, der auf der „Kanonenrohr-Methode“ basiert, reichen 20 bis 25 kg HEU, das zu 90% angereichert wurde. Wenn das tech-

nisch anspruchsvollere Implosions-Konzept angewendet werden kann, könnte ein erster Atomsprengkörper mit nur 10 kg HEU oder sogar weniger konstruiert werden.

Die erste Atomwaffe, die auf Hiroshima abgeworfen wurde, hatte ein HEU-Design, das zuvor nicht einem vollständigen Test unterzogen wurde. Alle anerkannten Atomwaffenstaaten haben sog. HEU-Designs in ihrem Arsenal. In den 70er Jahren wurden in Südafrika Atomwaffen konstruiert, die mit HEU ausgelegt waren. Pakistans Atomwaffenfähigkeit ist gestützt auf bereits produziertes HEU. Das irakische Waffenprogramm zielte auf die Produktion ausreichender Mengen von HEU, um Bomben zu bauen. Das macht die mit HEU verbundenen Proliferationsgefahren (Gefahr der Weiterverbreitung von Kernwaffen) deutlich. Daher ist es so wesentlich, sich mit der weltweiten Verbreitung von HEU und von Anreicherungstechnologien auseinanderzusetzen. Die Atomwaffenmächte haben zum Teil die Produktion von HEU für Waffenzwecke bereits gestoppt, seitdem eine Überversorgung von spaltbarem Waffenmaterial vorhanden ist. Ein russisch-amerikanisches Übereinkommen sieht vor, daß 500 Tonnen militärisches HEU in russischem Besitz zu niedrig angereichertem Uran (LEU) verdünnt wird. Nach geeigneter Bearbeitung kann es als Brennstoff für Leistungsreaktoren genutzt werden und an die USA verkauft werden. Nur die Wiederanreicherung dieses abgereicherten Materials würde eine neue Proliferationsgefahr bedeuten.

2. Die zivile Nutzung von HEU: Herausforderung durch Proliferationsgefahren und die Umstellung von HEU-Reaktoren

Die HEU-Mengen für den zivilen Gebrauch sind viel kleiner als für den militärischen Gebrauch. Etwa 80 Tonnen HEU wurden für die Verwendung in zivilen Reaktoren produziert. Der größte Teil davon wurde von Atomwaffenstaaten geliefert. Ca. 20 Tonnen sind noch in Brennelementen eingeschlossen (zum Teil abgebrannt), die in Reaktoren außerhalb der Versorgerstaaten verwendet werden oder wurden.

Die einzige zivile HEU-Nachfrage ist heute diejenige für Forschungsreaktoren. Die typische Anreicherung liegt auch hier bei 90% oder darüber. Nach Abbrand enthalten die Brennelemente noch immer 70-75% spaltbares Uran-235. Diese Tatsache verdeutlicht die Proliferationsgefahren, die sich auch noch bei der Entsorgung der HEU-Brennstoffe ergeben, insbesondere dann, wenn eine Wiederaufarbeitung beabsichtigt ist, um spaltbares Uran-235 zurückzugewinnen.

Die Waffenfähigkeit von HEU, das in Forschungsreaktoren eingesetzt wird, hat bereits vor einigen Jahrzehnten weltweite Diskussionen ausgelöst. Be-

sonders ausführlich wurde dieses Thema auf einer wichtigen internationalen Konferenz (International Fuel Cycle Evaluation, INFCE 1977-1980) analysiert. Die Empfehlung der Konferenz war, den Gebrauch von HEU zu vermeiden und bestehende, laufende Forschungsreaktoren, die auf HEU-Basis betrieben wurden, auf den Gebrauch von niedrig angereichertem Uran umzurüsten (Anreicherungsgrad bis maximal 20%). Niedrig angereichertes Uran (lowly enriched uranium, LEU), das zu 20% angereichert ist, ist praktisch nicht waffenfähig.

Deswegen läuft, initiiert von den USA, seit 1978 ein internationales Umstellungsprogramm (Reduced Enrichment for Research and Test Reactors, RERTR). Mittlerweile wurden auch mit anderen nationalen und kommerziellen Institutionen Kooperationen eingegangen, z.B. mit Frankreich, Deutschland, Japan, Schweiz, Türkei, Südafrika und Indonesien. Zunächst war das RERTR-Programm konzentriert auf die westliche Welt und Reaktoren, die mit Brennstoff westlichen Ursprungs beliefert wurden. Aber ein kürzlich aufgelegtes russisches RERTR-Programm und ähnliche Absichten Chinas eröffnen die Chance, das RERTR-Programm zu einem weltweiten Programm auszuweiten.

Eine gute Neutronenquelle zeichnet sich wesentlich durch ihren hohen Neutronenfluß aus. Je mehr spaltbares Uran pro Volumeneinheit des Brennelementes enthalten ist, um so mehr Neutronen können produziert werden. Daher gibt es zwei Möglichkeiten, um eine hohe Leistungsfähigkeit einer Neutronenquelle unter Nutzung von Reaktortechnologie zu erreichen: Einsatz von hochdichtem oder hochangereichertem Brennstoff. Ein wichtiges Ziel verschiedener Forschungsprogramme war, einen neuen Brennstoff mit höherer Urandichte zu entwickeln, um auch mit nur schwach angereichertem Uran hohe Konzentrationen von Uran-235 im Brennstoff zu erhalten.

Zwischen 1979 und 1989 wurde ein ähnliches Forschungsprogramm von der deutschen Regierung mit mehr als 40 Millionen Mark unterstützt. 1996 wurde das US-amerikanische RERTR-Programm wieder belebt, nachdem es seit Ende der achtziger Jahre auf Sparflamme lief. Bereits 1987 wurden neuartige hochdichte Brennstoffe (insbesondere Uran-Silizide) verfügbar, so daß eine deutliche Reduzierung des Anreicherungsgrades machbar wurde mit nur geringfügigen Verlusten in der Leistungsfähigkeit der Neutronenquellen. Mit Uransiliziden wurde eine Erhöhung der Urandichte von 1 gU/cm^3 zu mehr als 3 gU/cm^3 erreicht. Heute liegt die verfügbare Urandichte bereits bei $4,8 \text{ gU/cm}^3$; atomrechtliche Genehmigungen liegen vor und der Brennstoff wird bereits in vielen Forschungsreaktoren eingesetzt. In der Zukunft wird die Dichte vermutlich auf etwa 6 gU/cm^3 oder noch weiter erhöht werden können. Das Europäische Institut für Transurane in Karlsruhe machte zusammen mit der französischen Gesellschaft CERCA bereits Fortschritte

in der Entwicklung von Uran-Nitrit-Brennstoffen, wobei eine Urandichte von 7 gU/cm^3 anvisiert ist. Das US-amerikanische RERTR-Programm hat ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt aufgelegt, mit dem auf der Basis von Uran-Molybdän-Brennstoffen eine Urandichte von 9 gU/cm^3 möglich gemacht werden soll.

Als Ergebnis dieser Forschungsprogramme können zunehmend hohe Neutronenflüsse für Forschungszwecke zuverlässig erreicht werden und zwar in Reaktoren, die kein hoch angereichertes Uran als Brennstoff mehr benötigen. In der Konsequenz hat sich der zivile HEU-Bestand in den letzten 10 Jahren verringert und es wird erwartet, daß er sich aufgrund der gemeinschaftlichen internationalen Bestrebungen, die laufenden HEU-Reaktoren auf LEU-Brennstoff umzurüsten, weiter verringern wird. 1993 liefen noch 138 von 301 weltweit betriebenen Forschungsreaktoren mit HEU und hatten einen HEU-Bedarf von etwa einer Tonne pro Jahr (wobei allerdings einige der Reaktoren einen lebenslangen Kern haben!). 74 dieser Reaktoren hatten eine thermische Leistung von mehr als 1 MW. Bei 30 Reaktoren betrug das Gewicht einer vollen Kernladung mehr als 5 kg.

Die Kriterien für das RERTR-Programm waren: Reaktor-Leistung größer 1 MW und Brennstoff westlichen Ursprungs. Von 42 Reaktoren der westlichen Welt außerhalb der USA, die für das RERTR-Programm in Frage kommen, haben 20 Reaktoren bereits umgestellt (entweder bereits voll umgerüstet oder LEU-Brennstoff bestellt). Zehn Reaktoren haben mittlerweile den Betrieb eingestellt oder werden dies in naher Zukunft tun. Zwei Reaktoren haben eine lebenslange Kernladung. Für fast alle anderen Reaktoren ist die Umrüstung in verschiedenen Planungsstadien mit Ausnahme von vier Hochfluß-Reaktoren in der EU. In diesen Fällen scheint eine Umstellung unter Nutzung des derzeit besterhältlichen hochdichten LEU-Brennstoffes noch nicht möglich zu sein. Kürzlich kündigte aber die Leitung des weltweit leistungsfähigsten, multinational betriebenen Forschungsreaktors am Institut Laue-Langevin (ILL) in Grenoble an, daß Überlegungen für eine Umstellung auf LEU-Brennstoff vorgenommen werden.

In den USA hat sich in den letzten Jahren die Zahl der von der US Nuclear Regulatory Commission betriebenen HEU-Forschungsreaktoren auf 15 reduziert. Bei acht von ihnen ist der Umstellungsprozeß auf den Weg gebracht. Betrachtet man alle US-amerikanischen Forschungsreaktoren, kann eine Umstellung für sechs Reaktoren gemäß den derzeitigen Plänen nicht erwartet werden.

Kein einziger neuer HEU-Reaktor wurde in der westlichen Welt seit 1980 mehr gebaut. Trotz der internationalen Bestrebungen, HEU für zivile Zwecke auslaufen zu lassen, wurden seit 1980 zehn kleinere HEU-Forschungsreaktoren in China, Rußland, Jamaica, Libyen, Malaysia und Pakistan fertiggestellt.

Ausgelöst durch die alles in allem vielversprechenden Entwicklungen ist der weltweite HEU-Markt nahezu am Ende. Früher waren die USA der Hauptexporteur von HEU. Während in den 70er Jahren der jährliche Export etwa bei einer Tonne oder mehr lag, hat sich die Menge innerhalb der letzten zehn Jahre dramatisch verringert auf weniger als 100 kg. Seit dem Schumer Amendment zum US-amerikanischen Energiegesetz vom Oktober 1992 wurde kein HEU-Export für Forschungsreaktoren in den USA mehr registriert.

Daß in zivilen nuklearen Forschungsprogrammen noch immer HEU verwendet wird, ist eine große Herausforderung für die Non-Proliferationsbemühungen. Waffengrädiges HEU, das offen in zivile Nuklear-Programme eingeführt ist, könnte für verdeckte militärische Programme abgezweigt werden (Gefahr der horizontalen Proliferation). Produktion, Bevorratung, Handel, Verarbeitung und Nutzung von waffengrädigem Material wie HEU fördern die geographische Verbreitung, vergrößern die Gruppe von Personen mit entsprechendem technischem Know-How und erzeugen die Gefahr der Abzweigung des Materials und die Weiterverbreitung von Wissen, das für den Zweck der Waffenherstellung genutzt werden kann.

Selbst unter Anerkennung des Überwachungssystems der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) könnte sich ein Unterzeichnerstaat des nuklearen Nichtverbreitungsvertrages (NVV, „Atomwaffensperrvertrag“), der Nuklearwaffen herstellen möchte, einen Vorrat an Plutonium oder hoch angereichertem Uran für angeblich friedliche Zwecke anlegen, könnte gleichzeitig die Waffenherstellung erforschen und würde sich dann mit einer Kündigungsfrist von drei Monaten aus dem NVV-Vertrag zurückziehen. Nachdem der Austritt in Kraft getreten ist, beginnt er, ein Arsenal an Nuklearwaffen anzulegen. Ein dramatisches Beispiel für diese Gefahr war der Fall Irak. Ein heimliches Atomwaffenprogramm des Irak (ein Mitgliedsstaat des NVV!), das in den vorangegangenen Jahren vorwiegend darauf ausgerichtet war, verschiedene Urananreicherungsstechniken zu beherrschen, wurde von UN-Spezial-Inspektionen ab 1991 aufgedeckt. Im Spätsommer 1995 gaben die irakischen Verantwortlichen die Existenz eines heimlichen Crashprogramms zu, in dem unter IAEO-Kontrolle stehendes hochangereichertes Uran, das aus Frankreich und Rußland als Reaktorbrennstoff geliefert worden war, Anfang 1991 für das geheime Waffenprogramm abgezweigt werden sollte. Diese Schock-Information hat die Non-Proliferations-Community aufge-
weckt.

3. Der deutsche Fall: FRM-II

Trotz der weltweiten Aufmerksamkeit, was Proliferationsgefahren angeht, und trotz der Bestrebungen, proliferationsresistente Nukleartechnologien zu verwenden, ist ein neuer HEU-Forschungsreaktor in Garching bei München seit Mitte der 80er Jahre in Planung. Noch schlimmer: Dieser Reaktor soll HEU in Form des extra für die Umstellung von HEU auf LEU entwickelten neuen hochdichten Brennstoffs nutzen. Ein vergleichbares US-Projekt, die Advanced Neutron Source (ANS) in Oak Ridge, wurde aufgrund ökonomischer und sicherheitspolitischer Überlegungen (Proliferationsgefahren) von der US-Regierung Anfang 1995 gestoppt.

Trotzdem hat die Technische Universität München zusammen mit der Siemens AG ihre Pläne, den neuen Forschungsreaktor in Garching zu errichten, weiterverfolgt, ohne das Design zu ändern. Der Bau des Forschungsreaktors München II (FRM-II) hat im August 1996 begonnen, nachdem die erste Teilerrichtungsgenehmigung für das Projekt erteilt wurde, die das „vorläufig positive Gesamturteil“ und die Errichtung des Reaktorgebäudes beinhaltet. Das Richtfest fand im August 1998 statt. Auch die zweite Teilerrichtungsgenehmigung wurde inzwischen erteilt, die u.a. den Bau des Reaktorkerns beinhaltet. Die dritte Teilerrichtungsgenehmigung, die den nuklearen Betrieb betrifft, wird von den Antragstellern nicht vor 2001 erwartet.

Dieser Reaktor ist als Hochfluß-Neutronenquelle für wissenschaftliche Zwecke geplant und soll mit hochangereichertem Uran (HEU) in Form der neu entwickelten hochdichten Uransilizid-Brennstoffe ($1,5 - 3,0 \text{ gU/cm}^3$) betrieben werden. Dieses Uran, auf 93% angereichert, ist waffenfähig. Die geplante thermische Leistung des FRM-II-Reaktors liegt bei 20 MW. Der jährliche Brennstoffbedarf von 40 kg entspricht theoretisch der Menge von Spaltmaterial, das für mindestens zwei Atombomben, die der Hiroshima-Bombe ähnlich sind, ausreicht.

Die TU München beabsichtigt, etwa 400 kg HEU, das für den aufgegebenen Thorium-Hochtemperatur-Reaktor (THTR) vorgesehen war, zu nutzen, um den von verschiedenen Lieferstaaten angekündigten HEU-Boycott zu umgehen. Für die Zeit nach der ersten Periode von knapp zehn Jahren mit ausreichender HEU-Versorgung haben die Münchner Reaktor-Verantwortlichen offensichtlich verschiedene Möglichkeiten von weiteren HEU-Quellen ausgelotet. Eine Option wurde über die Wiederaufarbeitung von abgebranntem HEU-Brennstoff in der hoch problematischen, verrotteten Anlage in Dounreay, Schottland, vorbereitet. Die neue britische Labour-Regierung hat aber einen Stilllegungsbeschluß gefaßt. Anfang 1998 wurde ein Rahmenabkommen zwischen Rußland und Deutschland unterzeichnet über den Verkauf von bis zu 1,2 Tonnen waffenfähigem HEU für den FRM-II. Auf diese Weise heizt das Münchner Projekt den HEU-Markt wieder an, schon bevor der Reaktor fertig ist.

Das in Deutschland benutzte HEU würde unter internationalen Safeguards stehen und gegenwärtig gibt es natürlich keinen Verdacht, daß Deutschland Pläne für ein heimliches Nuklearwaffenprogramm hegt. Aber der Bau eines neuen deutschen Forschungsreaktors, der hochangereichertes Uran in Form von Uransilicid-Brennstoff benützt, wäre ein Präzedenzfall. Der Bau dieses Reaktors hätte einen schlechten Einfluß auf das gesamte Nichtweiterverbreitungssystem und hätte im besonderen einen negativen Einfluß auf wichtige neu entstehende Normen der Nichtverbreitungspolitik:

- Solch ein Reaktor gäbe das falsche Signal und würde einen Rückschlag für das weltweite Umrüstungsprogramm darstellen, weil seit Beginn der 80er Jahre der FRM-II Reaktor der erste dieser Größe wäre, der mit HEU-Brennstoff ausgelegt ist.
- Der beabsichtigte Einsatz der neu entwickelten hochdichten Brennstoffe würde einen beunruhigenden Wandel in den Zielsetzungen einleiten, da diese Brennstoffart gerade für die Umstellung von Reaktoren entwickelt wurde, um HEU in Forschungsreaktoren zu vermeiden.
- Solch ein Reaktor hätte Modellcharakter und könnte von anderen Staaten ausgenützt werden, die Forschungsprogramme unter Nutzung von HEU durchführen möchten und gleichzeitig seine Verwendung in einem versteckten Nuklearwaffenprogramm vorbereiten wollen. Wenn aber ein solcher Reaktor anderen Staaten vorenthalten würde, würde dies Vorwürfe der Diskriminierung fördern bezüglich der unterschiedlichen Behandlung von Atomwaffenstaaten und hoch entwickelten Industrie-Staaten auf der einen Seite sowie Schwellen- und Entwicklungsländern auf der anderen Seite.
- Das gesamte Umstellungsprogramm für Forschungsreaktoren ist in Gefahr. Wenn ein industrialisiertes Land wie Deutschland auf den Gebrauch von HEU in Form von hochdichtem Uran-Brennstoff besteht, welches Land wäre dann bereit, sich selbst auf den Gebrauch von LEU-Brennstoff im Rahmen der RERTR-Umstellungsbemühungen zu beschränken?

4. Alternativen zur Auslegung des FRM-II mit HEU-Brennstoff

Um es noch einmal zu verdeutlichen: Bei Forschungsreaktoren kann eine hohe Neutronenleistung erreicht werden, indem entweder das Uran hochangereichert wird oder die Dichte erhöht wird. In den 60er Jahren ging die Richtung zunächst hin zu hochangereichertem Uran, das bombenfähig ist. Wegen der Sorge um die Proliferation gab es dann in den 80er Jahren den Versuch, zur niedrigen Anreicherung zurückzukehren, indem man Brenn-

stoff mit hoher Dichte entwickelte, der eine Umrüstung der bestehenden Reaktoren ermöglichte. In den 90er Jahren schließlich gibt es gefährliche Bestrebungen, zu waffenfähigem HEU zurückzukehren, indem zusätzlich die Vorzüge des hochdichten Brennstoffs, der eigentlich Umrüstzwecken gewidmet war, genutzt werden. Für diesen dritten, fragwürdigen Schritt setzen sich deutsche Wissenschaftler und Politiker ein, die das FRM-II Projekt fördern.

Die Münchner Doppel-Strategie, hochdichten und hochangereicherten Brennstoff zu nutzen, ist nur von einem rein technischen Standpunkt zu verstehen: Natürlich kann die Reaktor-Leistung kleiner gewählt werden, indem man bei der HEU-Option bleibt. Dies führt zu geringeren Bau- und Betriebskosten. Darüberhinaus weiß jeder Physiker, daß ein Forschungsreaktor, der HEU in hochdichtem Brennstoff nutzt, einen besseren Neutronenfluß aufweist als ein Reaktor ohne HEU. Aber diese Pläne stehen in eklatantem Widerspruch zur neuen Nichtverbreitungs-Norm, die sich seit ihrer ersten Festschreibung auf der INFCE-Konferenz in den späten 70er Jahren gefestigt hat. Überdies ist der gegenwärtige Münchner Vorstoß nicht notwendig, wenn das Ziel des Projekts eine neue deutsche Neutronenquelle ist, deren Leistungsfähigkeit um den Faktor 3-4 besser ist als die bislang beste in Deutschland existierende.

Eine sorgfältige Analyse dieses Falles zeigt, daß die wissenschaftlichen Ziele von geplanten Neutronenquellen erreicht werden können ohne waffenfähiges Material zu nutzen und ohne signifikanten Verlust in der Leistungsfähigkeit. Dies ist in Übereinstimmung mit der grundlegenden wissenschaftlich-technischen Aussage, daß die Eliminierung von HEU im zivilen Sektor möglich ist.

Wie kann nun im Falle des FRM-II vorgegangen werden? Eine naheliegende Möglichkeit wäre die Erhöhung der thermischen Leistung um einen Faktor von ca. 1,5 unter Verwendung von LEU in hochdichtem Brennstoff, was zum gleichen Neutronenfluß führen würde, so wie es im derzeitigen Konzept beabsichtigt ist. Gemäß dem damaligen deutschen Forschungsminister würden die zusätzlichen Kosten 50 Millionen Mark betragen, was etwa 7% der Baukosten entspricht (die 1995 offiziell genannten Kosten betragen 720 Millionen Mark), und die Betriebskosten würden etwa um 10 Millionen Mark pro Jahr steigen. Die Ergebnisse von Studien des US-amerikanischen Argonne National Laboratory, die auf den jährlichen RERTR-Tagungen 1991, 1995 und in den Folgejahren präsentiert wurden, bestätigen im wesentlichen die theoretische Möglichkeit der Verwendung von hochdichtem LEU-Brennstoff, mit dem Neutronenflüsse und andere Reaktor-Parameter erreicht werden können, die mit denen, die unter Verwendung von hochdichtem HEU-Brennstoff erreicht werden sollen, durchaus vergleichbar sind. (Es ist aber

fraglich, ob diese Option auch dann noch gültig ist, wenn das Reaktorgebäude, das für einen kleineren Reaktorkern ausgelegt ist, bereits gebaut ist.)

Eine andere – heute weit realistischere - Möglichkeit wäre, auf den gewünschten Neutronenfluß zu verzichten und einfach den hochdichten, hoch angereicherten durch hochdichten, niedrig angereicherten Brennstoff zu ersetzen. Die Leistungsfähigkeit würde dann je nach konkreter Brennstoffauslegung um 7%, 25% oder mehr abfallen. Selbst unter diesen Bedingungen würde der FRM-II Reaktor nach Inbetriebnahme der beste deutsche Forschungsreaktor bleiben. Eine Steigerung wäre für die Zukunft noch möglich, sobald weiterentwickelte hochdichte Brennstoffe verfügbar sein werden.

5. Schlußfolgerungen

Die möglichen Vorzüge durch eine HEU-Nutzung müssen gegen die Nachteile für die internationale Sicherheit abgewogen werden. Wenn Entscheidungen über technische Neuerungen anstehen, müssen Naturwissenschaftler und Politiker im Prinzip nicht nur die Vorzüge der möglichen wissenschaftlichen Fortschritte betrachten, sondern auch den Einfluß, den die Verfolgung ihrer Interessen auf die Weltsicherheit und die Förderung des Weltfriedens haben kann, mitbeachten. Aus unserer Sicht würde der Schaden, den der Bau dieses neuen Reaktors auf die politische Situation weltweit nehmen würde, den wissenschaftlichen Nutzen, der angeblich bei Verwendung von HEU erzielt würde, bei weitem überwiegen. Der in Bau befindliche neue Münchner Forschungsreaktor darf nicht mit waffengrädigem HEU-Brennstoff in Betrieb gehen.

Diese Sicht wird von einer Vielzahl von Regierungen der Industriestaaten geteilt. Auf der NPT Review and Extension Conference in New York (vom 17. April bis 12. Mai 1995) haben acht europäische Staaten (Österreich, Dänemark, Finnland, Ungarn, Irland, Holland, Norwegen und Schweden) zusammen mit Australien, Kanada und Neuseeland einen Text entworfen, der in die Abschlusßerklärung der Konferenz aufgenommen werden sollte, wo es hieß, „daß kein neuer ziviler Reaktor, der hoch angereichertes Uran benötigt, gebaut werden soll“. (Cf. Document NPT/CONF.1995/MC.II/WP.8 (21. April 1995)). Die deutsche Delegation setzte sich auf dieser NVV-Überprüfungs- und Verlängerungskonferenz gegen diese Formulierung ein.

Eine fundamentale Abkehr von dem Einsatz von waffenfähigem Material sowohl bei wissenschaftlichen als auch wirtschaftlichen Anwendungen der Nukleartechnologie ist in allen Staaten der Welt wünschenswert. Das Auslaufenlassen der HEU-Nutzung in Forschungsreaktoren kann organisiert werden. Nur für einen festgesetzten Zeitraum, z.B. ein oder zwei Jahrzehnte, könnte man einer kleinen Zahl von bereits existierenden Hochfluß-Reaktoren

ren den Betrieb mit bereits hergestelltem HEU erlauben, solange eine Umrüstung auf LEU nicht realisierbar erscheint.

Wir sind in der glücklichen Situation, daß die Notwendigkeit, Forschungsreaktoren mit HEU zu versorgen, rapide gesunken ist, seit immer weiter verbesserter, hochdichter Brennstoff entwickelt worden ist (und noch besserer ist in Entwicklung). Das dient der Umrüstung von HEU-Reaktoren auf Anlagen, die mit niedrig angereichertem Uran (LEU) betrieben werden. Für Forschungsreaktoren und Hochflußneutronenquellen, die jetzt und in der Zukunft gebaut werden sollen, sind Alternativen zu HEU vorhanden. Andere Länder, wie Frankreich und China, die neue Hochfluß-Forschungsreaktoren mit LEU-Brennstoff planen, haben diese Botschaft verstanden. Nun sollte die Weltgemeinschaft die deutsche Regierung dazu drängen, von der HEU-Nutzung in seinem FRM-II Projekt Abstand zu nehmen. Noch ist es nicht zu spät, den schädlichen Präzedenzfall des deutschen FRM-II zu verhindern. Die seit Ende 1998 im Amt befindliche neue Bundesregierung sollte die Chance auf eine Umrüstung auf LEU nutzen und sich gegenüber der Münchner Projektleitung durchsetzen.

Dieser Text basiert auf einem Beitrag des Autors beim Symposium „The Scope of a Fissile Material Convention“, die vom United Nations Institute for Disarmament Research und der Oxford Research Group in Genf im Palast der Nationen am 29. August 1996 veranstaltet wurde. Eine gekürzte aktualisierte Version wurde im April 1998 unter dem Titel „New German Research Reactor Using Highly-Enriched Uranium (HEU) Raises Concern“ für das International Network of Engineers and Scientists Against Proliferation (INESAP) erstellt. Die hier vorliegende deutsche Fassung wurde im Januar 1999 nochmals leicht aktualisiert. Übersetzung aus dem Englischen: Christina Hacker

Alan J. Kuperman ist Experte für politische Fragen am Nuclear Control Institute, Forschungsmitglied bei der Brookings Institution und Doktorand am Massachusetts Institute of Technology.



Ziviles hochangereichertes Uran und die Spaltstoff-Konvention

Kodifizierung des Ausstiegs aus dem Gebrauch von bombenfähigem Brennstoff für Forschungsreaktoren

Einleitung

Grundlegende Informationen zur Konstruktion von Atomwaffen sind allgemein zugänglich und stehen in der Literatur und sogar im Internet zur Verfügung. Das Hindernis zur Herstellung einer Nuklearwaffe liegt heute hauptsächlich in der Beschaffung einer ausreichenden Menge an waffentauglichem Spaltmaterial - Plutonium oder hochangereichertem Uran (HEU). Eine Spaltstoff-Konvention kann folglich die Verbreitung von Atomwaffen nur so weit verhindern, wie es gelingt, die Herstellung und den Zugang zu diesem Material zu begrenzen. Eine Konvention, die nur die *nicht unter Kontrolle stehende* Produktion von waffenfähigem Spaltmaterial verbietet, aber die unbegrenzte Produktion und die Verwendung von solchem Material *unter kontrollierten Bedingungen* erlaubt, greift aus zwei Gründen zu kurz: Sie gestattet die weitere Produktion von waffentauglichem Material vorgeblich für zivile Zwecke, das später von interessierten Staaten leicht zur Herstellung von Waffen mißbraucht werden kann; und sie erlaubt den weiteren zivilen Handel mit Spaltmaterial, wodurch das Risiko des Erwerbs durch terroristische Gruppen mit dem Ziel der Waffenherstellung bestehen bleibt.

Der zivile Handel mit HEU ist besonders besorgniserregend, weil dieser Spaltstoff eine geringe Hintergrundstrahlung aufweist, und so Handhabung

und Herstellung von Nuklearwaffen erleichtert werden. Es verhält sich tatsächlich so, wie der Physiker des Manhattan Project Luis Alvarez in seinen Memoiren schreibt:

*With modern weapons-grade uranium, the background neutron rate is so low that terrorists, if they had such material, would have a good chance of setting off a high-yield explosion simply by dropping one half of the material onto the other half. Most people seem unaware that if separate HEU is at hand it's a trivial job to set off a nuclear explosion . . . even a high school kid could make a bomb in short order.*¹

Außerdem wird ziviles HEU seit Jahren als Brennstoff in Atomforschungsreaktoren verwendet, die sich oft auf einem Universitätsgelände befinden, wo es nicht dieselben Sicherheitsmaßnahmen gibt, wie sie bei vielen Atomkraftwerken und bei den von der Regierung betriebenen militärischen Anlagen üblich sind. Die Bedrohung, die der fortlaufende zivile Handel mit HEU darstellt, wurde kürzlich auf dramatische Weise durch die Enthüllung unterstrichen, daß der Irak 1990 bombenfähigen Uranbrennstoff von unter Kontrolle stehenden Forschungsreaktoren für ein Sofortprogramm zum Bau von Nuklearwaffenbestandteilen abgezweigt hat.

Glücklicherweise sind auf Grund der in den späten siebziger Jahren begonnenen internationalen Zusammenarbeit große Fortschritte bei den Bemühungen, den zivilen Handel mit HEU zu reduzieren, erreicht worden. Dies gelang durch die Umstellung von Reaktoren auf nicht waffenfähiges, niedrig angereichertes Uran (LEU) und dadurch, daß keine neuen HEU-Reaktoren mehr gebaut wurden. Diese Initiative, bekannt als „Reduced Enrichment for Research and Test Reactors (RERTR) program“ (Programm zur reduzierten Anreicherung für Forschungs- und Test-Reaktoren) hat die Voraussetzungen für eine Unterbindung des zivilen Handels mit HEU für Forschungsreaktoren geschaffen. Durch das deutsche Vorhaben, einen neuen, großen, mit HEU betriebenen Forschungsreaktor, den 20 Megawatt star-

¹ Luis Alvarez, *Adventures of a Physicist* (Basic Books, 1987), S. 125.

„Bei modernem waffenfähigem Uran ist die Hintergrundneutronenstrahlung so niedrig, daß Terroristen, wenn sie solches Material hätten, eine gute Chance hätten, eine hochwirksame Explosion einfach dadurch auszulösen, daß sie die eine Hälfte des Materials auf die andere Hälfte aufprallen lassen. Den meisten Leuten scheint es nicht klar zu sein, daß, wenn abgetrenntes HEU zur Hand ist, es sehr einfach ist, eine nukleare Explosion herbeizuführen . . . selbst ein Oberschüler könnte kurzerhand eine solche Bombe herstellen.“

ken FRM II an der Technischen Universität München, zu bauen, ist der erzielte Fortschritt kürzlich allerdings gefährdet worden. Der FRM II wäre der erste HEU-betriebene Reaktor, der seit der Herbeiführung eines internationalen Konsenses zur Unterstützung des RERTR Programms im Jahre 1980 mit Ausnahme von Libyen, China oder der früheren Sowjet-Union gebaut würde.

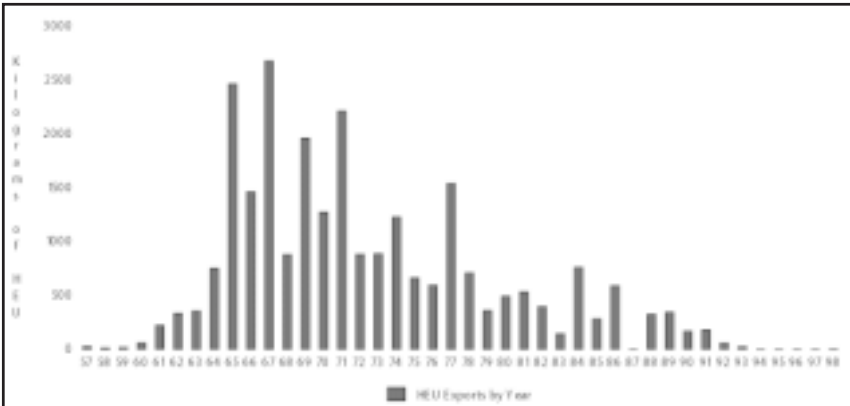
Um den Fortschritt der letzten zwei Jahrzehnte zu wahren, sollte die internationale Gemeinschaft an Deutschland appellieren, die Pläne für ein HEU-Design aufzugeben, andere Staaten sollten die Umrüstung ihrer sich im Betrieb befindenden Reaktoren vollenden, und die Spaltstoff-Konvention sollte dahingehend erweitert werden, daß ein internationaler Konsens gegen den Bau neuer HEU-betriebener Reaktoren vertraglich festgelegt wird.

Hintergrund

Ende der siebziger Jahre kam die internationale Gemeinschaft verspätet zu der Erkenntnis, daß der in vielen Atomforschungsreaktoren benutzte Brennstoff - bombentaugliches, hochangereichertes Uran - von Nationalstaaten oder Terroristen für den Bau von Kernwaffen gestohlen oder abgezweigt werden könnte. Das RERTR Programm wurde im Jahre 1978 ins Leben gerufen, um Ersatzbrennstoff höherer Dichte und unter Verwendung von niedrig angereichertem Uran (LEU), das nicht für Waffen geeignet ist, zu entwickeln. In dem Maße wie Ersatzbrennstoff entwickelt wurde, konnten bestehende Reaktoren auf LEU umgerüstet und neue Reaktoren auf die Verwendung von LEU hin konzipiert werden. Das RERTR Programm hat sich als bemerkenswert erfolgreich erwiesen, indem es weltweit die Umrüstung von Dutzenden von Reaktoren von bombenfähigem auf nicht waffenfähigen Brennstoff erleichterte und den internationalen Handel mit HEU stark einschränkte.

Außerhalb der USA wurden etwa 42 Forschungsreaktoren mit einer Leistung von mindestens 1 Megawatt gebaut, die von HEU abhängig waren, das von den USA zur Verfügung gestellt wurde. Bis heute haben 38 dieser Reaktoren entweder auf LEU umgestellt, befinden sich im Prozeß der Umstellung oder haben keinen weiteren Bedarf an Brennstoff - wodurch ein starker Rückgang der US-amerikanischen HEU-Exporte möglich wurde. Da die USA in der Vergangenheit der Hauptexporteur von HEU für den zivilen Gebrauch waren, führte dies zu einem starken Rückgang des gesamten internationalen Handels mit bombenfähigem Uran. Zusätzlich haben die USA Schritte unternommen, um ihren eigenen Bedarf an hoch angereichertem Uran zu senken. Im Jahr 1986 ordnete die U.S. Nuclear Regulatory Commission die Umrüstung aller genehmigten, heimischen Forschungsreaktoren an. Von den 25 Reaktoren, die zu der Zeit in Betrieb waren, sind acht bereits umgerüstet worden, bei weiteren sieben läuft die Umrüstung und sechs sind

US HEU Exporte gehen stark zurück RERTR Programm macht große Fortschritte



- Enthält nicht den Export von überschüssigem Fort St. Vrain HEU-Brennstoff von 1994 nach Frankreich, da die Exportbedingungen ein Heruntermischen dieses Materials zu LEU erfordern.
- 1998 bis heute ist die Zahl Null, schließt aber nicht den möglichen Export von 3 kg HEU als Target-Material für die Radioisotop-Produktion nach Kanada ein. Eine Lizenz dazu wurde am 8. Juni 1998 von der U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) erteilt.

Quellen: *Der Bericht der NRC an den Kongreß gemäß der Energy Policy Act von 1992 und spätere NRC Exportdaten.*

nicht mehr in Betrieb.² Das US Department of Energy (DOE) hat ebenfalls Studien in Auftrag gegeben, wie seine eigenen Forschungsreaktoren, die nicht mit einer Lizenz der U.S. NRC ausgestattet sind, umgerüstet werden können. Die Umrüstung von HEU auf LEU ist bei insgesamt 28 westlichen Reaktoren bereits abgeschlossen.³

² "Non-Power Reactor HEU to LEU Conversion Program", Tabelle, US Nuclear Regulatory Commission, aktualisierte Fassung vom 29. September 1998 von Theodore Michaels, US NRC. Die verbleibenden vier Reaktoren sind die Universitätsreaktoren am MIT und der Universität von Missouri, Columbia, der NIST Reaktor des Department of Commerce und ein privater Reaktor von General Electric. Die ersten drei können die bis jetzt entwickelten LEU Brennstoffe nicht verwenden. Der vierte ist ein Reaktor mit niedriger Leistung (100 kW) und braucht keinen frischen Brennstoff.

³ A. Travelli, „Progress of the US RERTR Program“, vorgestellt auf dem 2nd International Topical Meeting on Research Reactor Fuel Management, Brügge, Belgien, 29. - 31. März 1998.

In den letzten Jahren haben die Vereinigten Staaten mit Rußland und China Vereinbarungen zur Umrüstung von Forschungsreaktoren getroffen, die in diesen Ländern in Betrieb sind oder von ihnen mit HEU beliefert werden. Die Vereinigten Staaten entwickeln auch ein System zur Produktion von Molybdän-99 für medizinische Isotope, wobei bevorzugt LEU- anstelle von HEU-Targets benutzt werden. Abgesehen vom Reaktorbrennstoff machen diese Targets im Augenblick den größten zivilen Bedarf an HEU aus. Die Entwicklung des neuen Brennstoffs und der Targets wird vom US Argonne National Laboratory geleitet.

Der Schlüssel zum Erfolg des RERTR Programms basiert auf zwei wichtigen Grundsätzen: *Universalität* und *Rückgabe des abgebrannten Brennstoffs*.⁴ Universalität bedeutet dabei dreierlei:

- 1) diejenigen Reaktoren, die auf bereits existierendes LEU umrüsten können, müssen das tun;
- 2) für die übrigen Reaktoren wird verbesserter Brennstoff entwickelt, auf den umgerüstet werden muß, wenn er sich erfolgreich qualifiziert hat; und
- 3) es werden keine neuen HEU-Reaktoren gebaut.

Die Reaktorbetreiber haben sich bereit erklärt, auf nicht waffenfähigen Brennstoff umzurüsten - und die wirtschaftlichen wie auch die aufgrund der Auflagen sich ergebenden Nachteile zu akzeptieren - weil das Universalitätsprinzip garantiert, daß sie bezüglich der Neutronenforschung, der Isotopenproduktion für medizinische Zwecke oder anderer Reaktoraktivitäten keine Wettbewerbsnachteile zu erleiden haben.

In Einklang damit sind seit 1980 mindestens 11 große neue Forschungsreaktoren (mit einer Leistung von mindestens 1 MW) für die Verwendung von LEU-Brennstoff konzipiert und gebaut worden, einschließlich eines 20-Megawatt Reaktors in Japan, von 30-Megawatt Reaktoren in Süd Korea und Indonesien und von zwei US Forschungsreaktoren. Alle sind erfolgreich fertiggestellt worden. (Siehe Tabelle). Hinzu kommt, daß sich jetzt auch China und Frankreich der internationalen Übereinkunft angeschlossen haben und ihre Hochleistungs-Forschungsreaktoren der nächsten Generation mit LEU Brennstoff konzipiert haben.⁵

⁴ *Die Garantie der Rückgabe des abgebrannten Brennstoffs (sowohl für LEU wie für HEU Brennstoff) basiert auf vier Gründen: 1) Reduzierung der Attraktivität von HEU Brennstoff bezüglich Diebstahl und Abzweigung; 2) Festhalten an seit langem bestehenden Verpflichtungen der USA; 3) die Schaffung von Anreizen zur Zusammenarbeit mit dem RERTR Programm und 4) die Vermeidung einer zusätzlichen, sinnwidrigen Strafe für die Umrüstung auf LEU - nämlich der Verlust der Rückgabegarantie für abgebrannten Brennstoff.*

⁵ *Shi Yongkang et al., „The China Advanced Research Reactor Project,“ und Yuan Luzheng et al., „Preliminary Study of Core Characteristics for the Scheduled CARR,“ vorgelegt beim Fifth Meeting of the Asian Symposium on Research Reactors, Taejon, Korea, 29.-31. Mai 1996. A. Ballagny, „The Jules Horowitz Reactor: A new test reactor for fuels and materials,“ vorgestellt beim 1997er International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors, Jackson Hole, Wyoming, 5.-10. Oktober, 1997.*

Im Einklang damit gaben die Vereinigten Staaten im Jahre 1995 trotz der Appelle der US Neutronenforscher Pläne für einen neuen HEU-betriebenen Reaktor, die Advanced Neutron Source, auf. Die Clinton Administration erklärte damals, daß sie diese Entscheidung teilweise deshalb getroffen habe, weil der waffenfähige Brennstoff ein „non-proliferation policy concern“⁶ (ein Anliegen der Politik der Nicht-Verbreitung) darstelle. Die deutsche Regierung ist nach wie vor in Bezug auf den FRM II Brennstoff mit der gleichen Entscheidung konfrontiert.

Neue Reaktoren vermeiden die Gefahren von HEU

Seit 1980 gebaute Forschungsreaktoren (mindestens 1 MW)

LEU - Brennelemente				HEU - Brennelemente			
Land	Jahr	Leistung	Name	Land	Jahr	Leistung	Name
Peru	1980	10 MW	RP-10	Libyen	1982	10 MW	IRT-1
Malaysia	1981	1 MW	Triga	UdSSR***	1982	10 MW	RBT-10/1
Bangladesh	1981	3 MW	Triga	UdSSR***	1983	10 MW	RBT-10/2
Indonesien	1983	30 MW	RGS-GAS	China	1986	5 MW	MJTR
Japan	1985	20 MW	JRR-3M	Deutschland*	1995	20 MW	FRM II
China	1986	1 MW	PPR	„Jahr“ zeigt das Jahr des Baubeginns an. * Noch im Bau. ** Bau noch nicht begonnen. *** Diese beiden Reaktoren aus der Sowjet-Ära in Rußland erhöhten nicht eigentlich den Handel mit frischem HEU, weil sie Brennstoff benutzen, der bereits teilweise in dem benachbarten SM-3 Reaktor bestrahlt worden war.			
China	1986	5 MW	NHR-5				
Süd Korea	1987	30 MW	Hanaro				
U.S.A.	1987	1 MW	McClellan				
U.S.A.	1987	1 MW	Triga (U.T.)				
Algerien	1987	1 MW	NUR				
Ägypten	?	22 MW	ETRR-2				
Marokko*	1996	2 MW	Triga				
Kanada*	1998	10 MW	Maple 1				
Kanada*	1998	10 MW	Maple 2				
Thailand*	?	10 MW	MPR-10				
Frankreich**	2001	100 MW	RJH				
China**	?	60 MW	CARR				
Taiwan**	?	20 MW	TRR-II				
Kanada**	?	40 MW	IRF				
Australien**	?	?	?				

Der FRM II braucht kein HEU

Technische Studien des Argonne National Laboratory (ANL) kommen zu dem Schluß, daß der FRM II so umkonzipiert werden kann, daß bei Einsatz von LEU-Brennstoff eine gleichwertige Qualität der wissenschaftlichen Experimente erreicht wird und sich eine leichte Verlängerung des Brennstoff-

⁶ „DOE Facts: A New Neutron Source for the Nation,“ U.S. Department of Energy, Februar 1995, S.1.

Zyklus vorteilhaft auswirken würde.⁷ Bei dieser Umkonzeption kann *LEU-Brennstoff eingesetzt werden, den es heute bereits gibt und der seit 1988 qualifiziert ist*, ohne daß weitere Brennstoffentwicklungen nötig wären. Am ANL ist zudem die Entwicklung von verbessertem Brennstoff wieder ange laufen, so daß in Zukunft wahrscheinlich Brennstoffe von noch höherer Dichte qualifiziert werden können. *Dennoch ist es heute nicht notwendig, eine weitere Brennstoffentwicklung abzuwarten, um das FRM II- Design auf die Verwendung von LEU abzuändern.* Die Umrüstung auf LEU bedingt nicht notwendigerweise nennenswerte Verzögerungen bei der Fertigstellung des Reaktors oder größere Kostensteigerungen.⁸ Der Reaktor könnte innerhalb eines Jahres auf bereits qualifiziertes LEU umkonzipiert werden, und die Genehmigung des neuen Designs könnte ein weiteres Jahr in Anspruch nehmen. Das neue Design würde einen etwas größeren Reaktorkern erfordern, so daß alle bereits fertiggestellten Baumaßnahmen, die die Größe des Kerns einschränken, ersetzt werden müßten.

Die Umrüstung des FRM II auf LEU hätte keinerlei Einfluß auf die „wissenschaftliche Stellung“ Deutschlands, da die experimentelle Qualität grundsätzlich die gleiche wäre (und in Bezug auf die Länge des Brennstoff-Zyklus sogar ein gewisser Vorteil bestünde). Es konnte kein einziges Experiment aufgezeigt werden, das infolge einer Umrüstung auf LEU nicht durchgeführt werden könnte. Ein LEU-betriebener FRM II wäre insgesamt ebenso sicher wie mit dem jetzigen HEU Design. Es ist Tatsache, daß *an dem noch nie vorher eingesetzten, hochdichten HEU-Brennstoff noch keine Sicherheitstests unter Bestrahlungsbedingungen vorgenommen worden sind*, wohingegen der LEU-Brennstoff seit Jahren überall auf der Welt sicher genutzt wird.⁹ Das Nuclear Control Institute lehnt Neutronenforschung nicht

⁷ N.A. Hanan und J.E. Matos, „Fluxes at Experiment Facilities in HEU and LEU Designs for the FRM-II“, vorgestellt beim 1997er International Meeting on RERTR, Jackson Hole, Wyoming, 5.-10. Oktober 1997.

⁸ Der Direktor des FRM II-Projektes, Dr. Klaus Böning, wird zitiert mit seiner Schätzung, daß eine Umkonstruktion auf 32 MW 50-100 Millionen Mark kosten würde. (Jeanne Rubner, „Warnung vor deutschem Sonderweg“, Süddeutsche Zeitung, 7. April 1998, S. 10.) Angesichts der Tatsache, daß er ein Gegner einer solchen Umkonstruktion ist, ist dieses kaum eine Unterschätzung. Die vorausberechneten Gesamtkosten nach dem augenblicklichen Design belaufen sich momentan auf mindestens 720 Millionen Mark. Das heißt, daß, wenn wir Bönings Schätzung akzeptieren, sich die durch die Umkonstruktion entstehenden Extrakosten auf nicht mehr als 7 bis 14 % belaufen. Zusätzliche Kosten in dieser Höhe sind üblicherweise von Staaten und Reaktorbetreibern als notwendige und akzeptable Aufwendung für die Vorteile des LEU-Brennstoffs und des RERTR Programms in Bezug auf Nichtverbreitung und Eindämmung des Terrorismus akzeptiert worden.

⁹ Siehe den Brief des Nuclear Control Institute an den Bayerischen Staatsminister für Landesentwicklung und Umweltfragen, Thomas Goppel, vom 26 März 1998, in dem die Durchführung solcher Standard-Sicherheitstests vor dem Weiterbau am FRM II dringend gefordert werden. Goppel lehnte dieses ab.

grundsätzlich ab und würde auch keine Einwände gegen den FRM II erheben, wenn das Design so geändert würde, daß LEU verwendet werden kann. Ironischerweise wird Deutschlands wissenschaftliche Stellung viel eher dadurch negativ beeinträchtigt, daß - wie kürzlich erklärt - Einschränkungen geplant sind sowohl bei den deutschen Beiträgen *zu* als auch bei der Teilnahme *an* internationalen wissenschaftlichen Initiativen, einschließlich des CERN Teilchenbeschleunigers und des HFR Reaktors des Laue-Langevin Instituts in Grenoble, einem Forschungsreaktor mit erheblich höherem Neutronenfluß als der des geplanten FRM II.¹⁰

Der FRM II untergräbt die Nichtverbreitungsanstrengungen

Wenn der deutsche FRM II so gebaut wird, daß er HEU als Brennstoff benötigt, würde er die internationalen Anstrengungen zur Nichtweiterverbreitung von Atomwaffenmaterial (Nonproliferation) auf vielfache Weise untergraben:

1. Für den FRM II würde eine Tonne HEU benötigt

Der FRM II würde gemäß Planung jährlich 40 Kilogramm HEU benötigen, was sich auf 1,2 Tonnen über seine 30-jährige Betriebszeit beläuft. Damit wäre allein dieser Reaktor verantwortlich für den zusätzlichen internationalen Handel von HEU in einer Menge, die zum Bau von Dutzenden von Bomben ausreichen würde.

2. Rußland wird neuer HEU-Lieferant

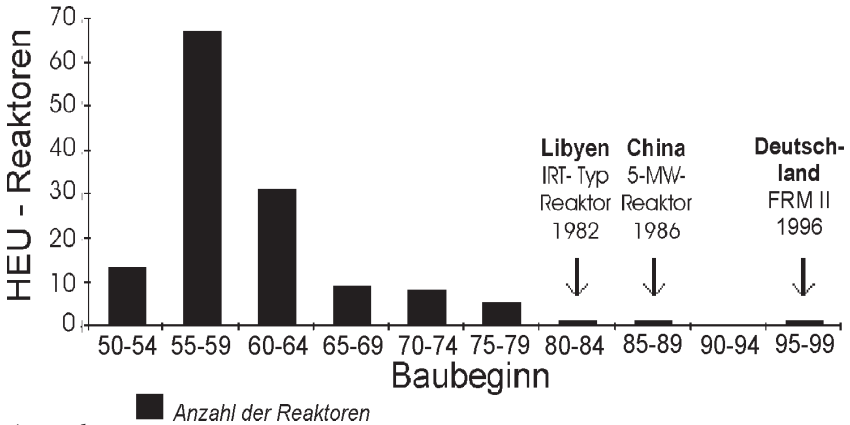
Wenn der FRM II HEU verwendet, ist Rußland die einzig mögliche langfristige Lieferquelle. Traditionell lieferten die USA HEU für die europäischen Reaktoren, aber unter dem RERTR Programm wurden diese Lieferungen eingeschränkt und dann formell eingestellt aufgrund des Schumer Amendment zur Energy Policy Act von 1992. Die bestehenden Vorräte an früher exportiertem, aus den USA stammendem HEU reichen nicht aus zur Versorgung der innerhalb von EURATOM auch weiterhin mit HEU betriebenen Forschungsreaktoren, wenn der Bedarf des FRM II über eine 30-jährige Betriebszeit hinzukommt. Die Presse hat kürzlich über eine Übereinkunft zur HEU-Lieferung zwischen Rußland und Deutschland berichtet.¹¹

¹⁰ Malcolm W. Browne, „German Budget Trims Put Research at Risk,“ The New York Times, 6. August 1996.

¹¹ Alison Abbott, „Germany owns up to weapons-grade uranium deal with Russians“, Nature, 11. Juni 1998. Siehe ebenso Veronika Romanenkova, „Russia to supply uranium for German reactor“, ITAR-TASS News Agency, 9. Juni 1998. Siehe ebenso Nuclear News, Juli 1998, S. 84. Ein Rahmenabkommen zwischen den beiden Regierungen wurde am 8. Juni 1998 in Bonn unterzeichnet. Man hat sich auf den Export von „1,2 Tonnen HEU“, ausreichend für „die gesamte Laufzeit“ des FRM II, geeinigt.

Die Welt lehnt bombenfähige Reaktoren ab

Wird Deutschland sich Libyen und China als Verweigerer anschließen?



Anmerkungen:

Forschungsreaktoren mit mindestens 1 Megawatt. Das Datum des Baubeginns für zwei russische Reaktoren, die 1983 und 1984 kritisch wurden, ist ungewiß; sie sind in der Tabelle für den Zeitraum '75-'79 mitaufgeführt.

Quellen:

Nuclear Research Reactors in the World, Dezember 1994, IAEA, Wien.

Ein solcher Handel würde jahrelange Bemühungen zur Kontrolle des riesigen russischen Vorrats an bombenfähigem Uran hintertreiben, die Botschaft verbreiten, daß Reaktorbetreiber das RERTR Programm mißachten können und Rußland ermutigen, nach neuen Kunden für sein HEU Ausschau zu halten. Die beste Möglichkeit zu verhindern, daß bombenfähiges Uran in die falschen Hände gerät, besteht darin, daß Rußland und der Westen sich gemeinsam dem Export von HEU in jede Anlage widersetzen, die die Kooperation mit dem RERTR Programm ablehnt.

3. Bestehende Reaktoren werden aus dem RERTR Programm aussteigen

Seitdem 1980 eine internationale Übereinkunft zur Unterstützung des RERTR Programms getroffen wurde, wäre der FRM II abgesehen von China, Libyen und der ehemaligen Sowjetunion der erste Reaktor (mit einer Leistung von mindestens 1 MW), der so gebaut wird, daß er mit bombenfähigem Brennstoff betrieben wird. Wenn das geschähe, würde das Kernprinzip des Programms, nämlich das der Universalität, aufgeweicht, und das könnte sehr wohl dazu führen, daß die Betreiber bestehender Reaktoren das RERTR Programm ablehnen. Sie würden verständlicherweise fragen, warum sie die Ausgaben und Mühen, ihre Reaktoren auf LEU umzurüsten, auf sich nehmen sollten, wenn ein neuer Reaktor - der so gebaut werden *könnte*, daß er mit LEU betrieben wird - stattdessen so gebaut wird, daß bombenfähiger Brennstoff benötigt wird?

Seit 1987 gebaute Forschungsreaktoren mit mindestens 1 MW Leistung

LEU - Brennelemente				HEU - Brennelemente			
Land	Jahr	Leistung	Name	Land	Jahr	Leistung	Name
Süd Korea	1987	30 MW	Hanaro	Deutschland*	1995	20 MW	FRM II
U.S.A.	1987	1 MW	McClellan	„Jahr“ bedeutet Datum des Baubeginns. * Noch im Bau. ** Bau noch nicht begonnen.			
U.S.A.	1987	1 MW	Triga (U.T.)				
Algerien	1987	1 MW	NUR				
Ägypten	?	22 MW	ETRR-2				
Marokko*	1996	2 MW	Triga				
Kanada*	1998	10 MW	Maple 1				
Kanada*	1998	10 MW	Maple 2				
Thailand*	?	10 MW	MPR-10				
Frankreich**	2001	100 MW	RJH				
China**	?	60 MW	CARR				
Taiwan**	?	20 MW	TRR-2				
Kanada*	?	40 MW	IRF				
Australien**	?	?	?				

4. Neue Reaktoren werden HEU fordern

In dem Augenblick, in dem Deutschland das Tabu gegen den Gebrauch von HEU in neuen Reaktoren bricht, wird ein Präzedenzfall geschaffen, der signalisiert, daß moderne Reaktoren HEU benötigen und ein Recht auf dessen Verwendung haben. In Zukunft werden andere Länder ebenfalls das Recht einfordern, HEU in neuen Reaktoren einzusetzen, und sich wegen der Brennstoffversorgung an Rußland wenden. Außerdem hat ein maßgeblicher deutscher Beamter bestätigt, daß Siemens im FRM II einen Prototyp für künftige Exporte sieht.¹² Das internationale Regime der Nichtweiterverbreitung, welches das Prinzip der Gleichbehandlung betont, wird auf eine schwere Probe gestellt, falls Forderungen anderer Länder nach HEU-betriebenen Reaktoren zurückgewiesen werden, während es Deutschland gestattet wird, mit dem derzeitigen Design für den FRM II fortzufahren.

¹² Jürgen Großkreutz, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst, anlässlich einer Sitzung des Forschungsausschusses, Bayerischer Landtag, 10. Juli 1996.

Stand der Umrüstungen (ohne die von China und Rußland belieferten Reaktoren)				
	Anzahl der Reaktoren	Umgerüstet, in Umstellung oder abgeschaltet	Umrüstung auf existierende Brennstoffe nicht möglich	Umrüstbar, aber Umrüstung wird verweigert
USA (Universitäts-Reaktoren* & andere (mit mindestens 1 MW)	23	17	5 (s. Anm. 1)	1 (s. Anm. 2)
Nicht-U.S.-Reaktoren, die U.S.- HEU nutzen (mit mindestens 1 MW)	42	37	3 (s. Anm. 3)	2 (s. Anm. 4)
<p>* US Universitätsreaktoren werden umgerüstet, selbst wenn sie eine niedrige Leistung (weniger als 1 MW) und HEU-Kerne hatten, die für die gesamte Betriebszeit ausreichen und keinen neuen Brennstoff benötigten. Dieses geschieht in Anbetracht der extremen Anfälligkeit von Universitätsreaktoren für Diebstahl als Folge von traditionellerweise lockeren Sicherheitsbedingungen auf dem Gelände der meisten Universitäten. Andere Niedrigleistungsreaktoren in den USA und anderswo sind z.Zt nicht für eine Umrüstung unter dem RERTR Programm vorgesehen, weil sie keine neuen HEU-Lieferungen benötigen.</p> <p>¹ Der ATR (INEL) und HFIR (ORNL) des Department of Energy, der NIST Reaktor des Department of Commerce und die Universitätsreaktoren am MIT und an der University of Missouri, Columbia. Ein sechster Reaktor, der HFBR (BNL), ist in Folge eines Tritiumlecks geschlossen worden und wird voraussichtlich nicht wieder in Betrieb gehen; er wird in der Tabelle unter 'abgeschaltet' gezählt.</p> <p>² Der BMRR (BNL) des Department of Energy. Zwei andere Anlagen, die Omega West (LANL) und Tower Shielding (ORNL) Reaktoren, sind kürzlich geschlossen worden und werden nicht unter den insgesamt 23 US Forschungsreaktoren mitgezählt.</p> <p>³ Frankreichs HFR und Orphée und Belgiens BR-2.</p> <p>⁴ Deutschlands FRJ-2 und Südafrikas Safari I. Der FRJ-2 könnte in den nächsten Jahren geschlossen werden und braucht wie verlautet keine weiteren HEU-Lieferungen. Der Petten Reaktor, betrieben von der europäischen JRC, ist von dieser Kategorie ausgenommen worden, weil er seine Bereitschaft zur Umrüstung angedeutet hat.</p>				

5. *Das Risiko der Proliferation und des Terrorismus wird mit dem Handel von HEU steigen*

Wenn der FRM II HEU verwendet, Rußland beginnt, ihn zu beliefern, bestehende Reaktoren ihre Forderungen nach HEU erneuern und neue Reaktoren mit HEU-Design konzipiert werden, wird der internationale Handel mit bombenfähigem Uran schnell expandieren. Damit würde der in zwei Jahrzehnten mit Hilfe des RERTR Programms erzielte Fortschritt ernstlich gefährdet werden. Es würden dann wieder große Mengen von HEU rund um den Erdball transportiert, die anfällig wären für Diebstahl und Abzweigung durch immer raffiniertere und gewalttätigere Terroristen und Nationalstaaten. Am meisten beunruhigt dabei der Gedanke, daß, wenn jemand einmal in den Besitz von HEU gelangt ist, die Konstruktion einer Nuklearwaffe nicht besonders schwierig ist, wie aus dem eingangs genannten Alvarez-Zitat hervorgeht.

Andere Bedrohungen des RERTR Programms

Der FRM II gehört zu einer Reihe von kürzlich eingetretenen Entwicklungen, die die internationale Unterstützung für das RERTR Programm gefährden. Die wichtigsten anderen, das RERTR Programm bedrohenden Entwicklungen sind folgende:

- *Reaktorenbetreiber verweigern die Umrüstung*

Die Betreiber mehrerer westlicher Reaktoren verletzen das Prinzip der Universalität, indem sie sich weigern, ihre Reaktoren umzurüsten, obwohl geeigneter LEU-Brennstoff vorhanden ist. Da der Betreiber des europäischen HFR Petten Reaktors kürzlich seine Absicht geäußert hat, auf LEU umzurüsten, gibt es außerhalb der USA momentan nur noch zwei - den südafrikanischen Safari I Reaktor und den deutschen FRJ-2 (bei der KFA Jülich). Der FRJ-2 ist wohl von geringerer Bedeutung, da er erklärtermaßen in naher Zukunft ohne weiteren Bedarf an HEU-Transporten abgeschaltet wird. In den Vereinigten Staaten gibt es nur noch einen Verweigerer, den Brookhaven Medical Reaktor (BMRR) des Department of Energy, da der Omega West Reaktor in Los Alamos und der Tower Shielding Reaktor in Oak Ridge abgeschaltet worden sind.¹³ Eine Fortführung des jetzigen FRM II Designs würde die Unnachgiebigkeit der Betreiber dieser ausländischen und einheimischen Reaktoren stärken und den internationalen Druck in Bezug auf eine Umrüstung schwächen.

¹³ *Zwei weitere US Anlagen, der High Flux Beam Reactor (in BNL) des Department of Energy und der NIST Reaktor des Department of Commerce, sind erklärtermaßen nicht auf existierende LEU-Brennstoffe umrüstbar und können genau genommen deshalb zur Zeit nicht als Umrüstungsverweigerer eingestuft werden. Auf sie wird im nächsten Abschnitt eingegangen.*

- *Die Entwicklung von verbessertem Brennstoff*

Mehrere Reaktoren haben nicht umgerüstet, weil sie offensichtlich nicht auf LEU-Brennstoff von derzeit qualifizierter Dichte umrüsten können. Außerhalb der Vereinigten Staaten gibt es drei: Frankreichs HFR und Orphée sowie den belgischen BR-2. (Anm.d.Red.: Frankreichs HFR in Grenoble hat kürzlich prinzipiell einer Umrüstung zugestimmt.) In den Vereinigten Staaten sind es sechs: der Advanced Test Reactor des Department of Energy (bei INEL), der High Flux Isotope Reactor (bei ORNL) und der High Flux Beam Reactor (bei BNL), der NIST Reaktor des Department of Commerce und die Universitätsreaktoren am Massachusetts Institute of Technology (MIT) und der University of Missouri, Columbia. (Allerdings ist der HFBR jetzt abgeschaltet worden und wird auch wahrscheinlich nicht wieder angefahren.) 1989 wurde in den USA die Entwicklung von verbesserten LEU-Brennstoffen hoher Dichte ($> 4,8\text{gU/cm}^3$) für solche Hochleistungs-Forschungsreaktoren unterbrochen. Dabei unterminierte die USA das Prinzip der Universalität, weil nämlich diesen Reaktoren gestattet wurde, weiterhin HEU-Brennstoff zu benutzen. Die Brennstoffentwicklung wurde allerdings 1996 weitergeführt und beginnt jetzt, vielversprechende Erfolge aufzuweisen. Während die US Regierung in vielen ihrer verbalen Äußerungen das Schwergewicht bisher auf die Entwicklung von Brennstoff für chinesische und russische Reaktoren legte, stellte sie kürzlich klar, daß sich das Programm ebenso auf die Entwicklung von Brennstoffen für die verbliebenen US-amerikanischen und europäischen Reaktoren bezieht, wobei von einer voraussichtlichen Entwicklungszeit von fünf Jahren ausgegangen wird. Darüberhinaus führte das Department of Energy kürzlich Eignungsstudien zur Umrüstung der meisten ihrer eigenen verbliebenen mit HEU betriebenen Reaktoren durch.¹⁴ Die Entwicklung von alternativen LEU-Targets zur Produktion von Molybdän-99 für medizinische Isotope macht ebenfalls Fortschritte, wodurch dann auch in diesem Bereich der zivile HEU-Handel zum Stillstand käme.¹⁵

¹⁴ Siehe C.L. Trybus, et al., „Design and Fabrication of High Density Uranium Dispersion Fuels“, vorgelegt beim 1997er International Meeting on RERTR, Jackson Hole, Wyoming, 5.-10. Oktober 1997. 1996 stellte das Department of Energy klar, daß die Entwicklung von verbessertem Brennstoff auch für Deutschland und die Vereinigten Staaten gilt (siehe den Brief von Jon B. Wolfsthal an das Argonne National Laboratory vom 19. April 1996) und wies Argonne an, die Möglichkeiten zur Umrüstung der verbleibenden mit HEU betriebenen DOE Reaktoren auf LEU-Brennstoff zu erkunden. Solche Studien sind bereits für drei der vier verbleibenden, mit HEU betriebenen Hochleistungsreaktoren des DOE, bei denen noch keine Umrüstung geplant worden war, fertiggestellt worden. Siehe J.E. Matos, „LEU Conversion Status of U.S. Research Reactors“, RERTR Program, Argonne National Laboratory, September 1997.

¹⁵ G.F. Vandegrift, et al., „Progress in Chemical Processing of LEU-Targets for Mo-99 Production“, vorgelegt beim 1997 International Meeting on RERTR, Jackson Hole, Wyoming, 5.-10.-Oktober 1997.

- *Rücknahme des verbrauchten Brennstoffs*

Im Jahre 1986 stellten die USA die Annahme von verbrauchtem, aus den USA stammendem Brennstoff ein, trotz der seit langem bestehenden Verpflichtungen, diesen Brennstoff zurückzunehmen. Da die Rücknahmepraxis neun Jahre lang ausgesetzt wurde und auch eine Wiederaufnahme unsicher blieb, sahen sich die Reaktorbetreiber mit der Aussicht konfrontiert, höhere Kosten für die Wiederaufbereitung ihres abgebrannten Brennstoffs in Europa bezahlen zu müssen, was den Anreiz zur Kooperation mit dem RERTR Programm zunichte machte. Eine solche Wiederaufbereitung hätte zudem den HEU-Brennstoffzyklus aufrechterhalten und einige Betreiber gezwungen, HEU weiter zu benutzen, da es in Europa keine Wiederaufbereitungsanlage für LEU-Brennstoff aus Forschungsreaktoren gibt. Aber diese Probleme wurden 1996 gelöst durch die Abgabe einer endgültigen Erklärung zur Umweltverträglichkeit und durch eine aktenkundige Entscheidung für die Wiederaufnahme des Rücknahmeprogramms. Der FRM II ist damit das Haupthindernis in Bezug auf die Erfüllung der Aufgabe des RERTR Programms.

Schlußfolgerung

Das RERTR Programm gehört zu den ungekürzten Stars unter dem Regime der Internationalen Atomenergie Organisation und des Nuklearen Nichtverbreitungsvertrages. Seit 1978 hat das Programm große Fortschritte bei der Eindämmung des Handels mit HEU gebracht. Wenn die internationale Gemeinschaft volle Unterstützung gewährleistet, kann das RERTR Programm innerhalb dieses Jahrzehnts sein Ziel erreichen, den zivilen Handel mit bombenfähigem Uran für Forschungsreaktoren vollständig zu unterbinden. Wenn Deutschland und andere führende nukleare Industriestaaten jedoch ihren kürzlich eingeschlagenen Kurs der nur halbherzigen Unterstützung des Programms fortsetzen, würde es schnell zusammenbrechen, was ein Wiederaufleben des HEU-Handels zur Folge hätte.

Die Spaltstoff-Konvention bietet die große Chance, die bereits erreichten Ziele des RERTR Programms durch die Ausdehnung der vorgeschlagenen Konvention zu sichern, indem sie sowohl eine Beendigung des Handels mit HEU als auch einen internationalen Konsens gegen neue HEU-betriebene Reaktoren festschreibt. Dieser wichtige Schritt wird aber blockiert, wenn ein neuer westlicher Reaktor so gebaut wird, daß er mit HEU betrieben werden muß. Folglich hat das deutsche Vorgehen in Bezug auf den FRM II weitreichende Konsequenzen sowohl im Hinblick auf die Wirksamkeit einer Spaltstoff-Konvention als auch auf die weltweiten Bemühungen, die nukleare Proliferation wie auch den nuklearen Terrorismus zu bekämpfen.

Dieser Text basiert auf einem Beitrag des Autors beim Symposium „The Scope of a Fissile Material Convention“, die vom United Nations Institute for Disarmament Research und der Oxford Research Group in Genf im Palast der Nationen am 29. August 1996 veranstaltet wurde.

Überarbeitete Fassung vom 7. Oktober 1998

Übersetzung aus dem Englischen: Helga Heeschen



Karin Wurzbacher ist Physikerin mit Zusatzausbildung Umweltschutztechnik. Sie arbeitet seit 1994 im Umweltinstitut München e.V. in der Arbeitsgruppe Radioaktivität. Sie ist Gründungsmitglied der Mütter gegen Atomkraft e.V.



Christina Hacker ist Magister der Amerikanistik, Soziologie und Philosophie. Sie ist seit der Gründung des Umweltinstitut München e.V. im Sommer 1986 dort tätig und ist seit 1987 Vorstandsmitglied.

Zivil-militärische Verflechtung der Atomtechnologie

Der Begriff „Atomausstieg“ ist in der letzten Zeit sehr beansprucht worden. Mit der Wahl der neuen Bundesregierung im Herbst 1998 kam frischer Wind in die Anti-Atom-Bewegung, der unermüdlich eingeforderte Ausstieg aus der unverantwortlichen und unökonomischen Atomwirtschaft schien endlich in greifbare Nähe gerückt. Selbst die großen Stromkonzerne, die sich immer vehement für den weiteren Betrieb von Atomkraftwerken ausgesprochen und dabei auf den Schutz unseres Klimas verwiesen haben, geben heute zu, daß Strom im Übermaß vorhanden und kein Bedarf für neue Atomkraftwerke in Sicht ist.

Der konsequente Ausstieg steht an

Die Realität hat uns gezeigt, daß auch eine rot-grüne Regierung kein Garant für eine zügige Umsetzung der eigenen Prämissen und Ideale ist. Der Einstieg in den Ausstieg scheint sehr viel schwieriger zu sein, als der Ausstieg selbst. Ein neues Atomgesetz, das den Ausstieg unumkehrbar fixieren sollte, hätte längst verabschiedet sein sollen, es wurde aber kurzfristig auf Eis gelegt. Dies bietet den Verantwortlichen jetzt die Möglichkeit der Nachbesserung: Ein neues Atomgesetz darf nicht nur das Ende der Energieerzeugung durch Atomkraftwerke festschreiben, sondern es muß auch sicherge-

stellt werden, daß sämtliche waffenfähigen Stoffe aus dem zivilen Pfad herausgenommen werden. D.h. konkret, ein sofortiges Ende der Plutoniumwirtschaft (keine Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente) und ein Einsatzverbot jeglicher waffenfähiger Brennstoffe, auch in Forschungsreaktoren. D.h. in der Konsequenz, daß der noch nicht vollständig genehmigte, aber schon in Bau befindliche Forschungsreaktor FRM-II in Garching bei München nicht mit hochangereichertem, waffenfähigem Uranbrennstoff betrieben werden darf.

Ein konsequenter Ausstieg muß neben dem zivilen auch den militärischen Aspekt betrachten. Wie eng die zivilen und militärischen Atomtechnologien miteinander verflochten sind, wollen wir im folgenden aufzeigen.

Atoms for Peace-Programm

Die Wurzeln der heutigen Atomprogramme liegen im militärischen Bereich. In Deutschland und den USA wurden Ende der 30er bzw. Anfang der 40er Jahre Projekte gestartet mit der Zielvorgabe, eine neuartige Zerstörungswaffe zu entwickeln. Das Programm der USA erwies sich dabei als das "erfolgreichste" und führte im sog. "Manhattan Project" zur ersten Atomwaffe und den Atombombenabwürfen auf Hiroshima und Nagasaki, deren Folgen auch nach 54 Jahren noch nicht überwunden sind. Das deutsche Programm konnte bei dieser Entwicklung nicht mithalten und war am Ende des zweiten Weltkrieges glücklicherweise noch weit von der Realisierung einer Atomwaffe entfernt.

1953 änderte sich die amerikanische Haltung zur Atompolitik: Präsident Eisenhower bot westlichen Ländern nicht nur nukleartechnisches Know-how, sondern auch Reaktoren und angereicherten Uranbrennstoff an. Der Beginn der zivilen Nutzung der Atomenergie war unter dem Motto "Atoms for Peace" eingeläutet. 10 Jahre später aber begannen die USA, die Folgen ihrer Atomtechnik-Export-Politik zu erkennen: Die Empfängerländer verfolgten mit der neuen Nukleartechnik nicht nur friedliche sondern auch eigene außenpolitische Interessen. Ebenso wie Amerika erkannte auch der Rivale UdSSR, der Ländern wie China und Irak nuklear-technisches Know-how geliefert hatte, die Gefahren dieser Exportpolitik mit der Konsequenz, daß beide Supermächte nun den Weg einer strikten Atomwaffen-Sperr-Politik einschlugen. Der internationale Nichtverbreitungsvertrag (NVV, s.u.) von 1968 resultierte daraus.

Wirkung der "Atoms for Peace"-Propaganda

Die Wirklichkeit der "Friedlichen Nutzung der Kernenergie" sah aber anders aus: Unter der schützenden Eisenhower-Propaganda "Atoms for Peace" verfolgten fast alle Regierungen, die die US-Atomangebote gerne aufgriffen und eine eigene Atompropaganda starteten, vorrangig die militärische

Option. Beeindruckt von der amerikanischen Demonstration des nuklearen Macht- und Drohpotentials in Hiroshima und Nagasaki begannen die Regierungen einiger Länder ein latentes, langfristig ausgelegtes Aufrüsten mit Atomtechnik. Unter diesem „Atoms-for-Peace-Deckmantel“ wurde das Volk über das eigentliche Motiv der Atomprogramme getäuscht. Es kam zu einem heimlichen nuklearen Wettrüsten, das sich nach außen auf rein ziviler Ebene abspielte, tatsächlich aber vorrangig militärischen, sicherheits- und außenpolitischen Zielen diente. In einer Reihe von Fällen läßt sich heute nachvollziehen, daß die geheimgehaltenen militärischen Zielsetzungen die zivile Entwicklung maßgeblich beeinflußt haben.

Der Beinahe-Proliferationsfall Schweden

Nicht der einzige, aber der aufsehenerregendste Fall der “Dual-Use-Atomtechnologiepolitik” ist Schweden. Hier sollte unter dem “Atoms for Peace”-Deckmantel ein Heiz-Atomkraftwerk gebaut werden, das in Wirklichkeit rein militärische Ziele verfolgte. Um genügend Plutonium zum Bau einer Bombe zu erhalten, war ein besonders niedriger Abbrand des Brennstoffes vorgesehen. Der Öffentlichkeit wurde weisgemacht, daß das so produzierte Plutonium ein wichtiger Zukunfts-Brennstoff sei. Das Programm sah vor, daß die halbstaatliche Atomenergie AG im zivilen Atomkraftwerk den Sprengstoff Plutonium erbrüten läßt und die Militärforschungsanstalt verborgen vor der Öffentlichkeit die Bombe konstruiert. Anvisiert war zunächst die Herstellung von jährlich zwei Sprengköpfen. Permanente Verzögerungen und Verteuerungen veranlaßten Mitte der 60er Jahre das Militär zum atomtechnischen Alleingang. Daraufhin gaben die Energieunternehmen die für die Plutonium-Produktion wichtigen Natur-Uran-Reaktoren auf und schwenkten auf die kostengünstigere Leichtwasser-Reaktorlinie um. Erst als Schweden auf amerikanischen Druck hin schließlich dem Atomwaffensperrvertrag beitrug, wurde die Atomwaffenoption zurückgeschraubt.

Mit Nachdruck verfolgte Schweden über 20 Jahre lang den Aufbau einer industriellen Atomwaffen-Produktion, was sowohl dem Parlament als auch der Öffentlichkeit verborgen blieb. Die Tarnung war so perfekt, daß selbst am Projekt beteiligte Wissenschaftler und Ingenieure das eigentliche, militärische Ziel ihrer Tätigkeit nicht kannten.

Atoms-for-Peace - ein politischer Betrug

Die Atoms-for-Peace-Kampagne hatte ursprünglich versprochen, daß die Atomtechnik die Völker verbinden und den Weltfrieden bewahren würde. Stattdessen hat sie politisch brisante Spannungen geschaffen. Es war nichts weiter als ein großangelegter politischer Betrug.

Heute ist zwar der Ost-West-Konflikt mit seinem Kalten Krieg beendet, aber die NATO-Doktrin der “Flexible Response”, die von der Drohung mit

dem Ersteinsatz von Atomwaffen gegen einen konventionell überlegenen Gegner lebte, ist immer noch gültig. Derartige Konzepte entbehren jeglicher Logik: Durch den Einsatz von Nuklearwaffen kann ein Land nicht verteidigt werden, riskiert man doch einen massiven nuklearen Vergeltungsschlag! Wer sich so verteidigen will, nimmt wissentlich die Vernichtung der eigenen Bevölkerung, des eigenen Landes und darüberhinaus weiter Landstriche der Erde - bewohnt oder unbewohnt - in Kauf.

Nuklear-Waffen-Arsenal weltweit

Das Wettrüsten der fünf Atomkräfte hat uns ein stattliches Erbe hinterlassen. Noch immer sind knapp 40.000 intakte atomare Sprengköpfe mit einer Sprengkraft von mehr als einer Million Hiroshimabomben in der Welt. Etwa die Hälfte dieser Sprengköpfe befindet sich nicht im 'aktiven' Zustand, d.h. sie sind nicht auf Waffensysteme montiert. Sie können bei Bedarf wieder aktiviert werden. Der Höchststand wurde 1986 mit rund 70.000 Sprengköpfen erreicht. Pro Jahr können nur circa 2000 bis gut 3000 Sprengköpfe in den alten Waffenfabriken Rußlands und den USA demontiert werden. Noch etwa 20.000 'aktive', also in Waffensysteme eingebaute Sprengköpfe dürften sich zur Zeit in den Arsenalen der Atomwaffenmächte, die meisten davon in Rußland und den USA, befinden. Die weiteren offiziellen Atomkräfte besitzen vermutlich knapp 1500 Atomwaffen: Frankreich 450, China 400 und Großbritannien 260 Sprengköpfe. Israel könnte bereits 100-200 Atomwaffen produziert haben./1/ Das Wettrüsten zwischen Indien und Pakistan erreichte im Frühjahr 1998 in einer ganzen Serie von Atomtests seinen Höhepunkt. Aus einer Abschätzung des produzierten Waffenstoffes ergeben sich mögliche Arsenale für Indien von etwa 40 - 80 und Pakistan von 10 - 30 Kernwaffen. Mindestens zwei Nachfolgestaaten der Sowjetunion (Ukraine und Weißrußland) haben ihre Arsenale noch nicht vollständig abgegeben. Andere Länder, wie Südafrika, Irak und Brasilien haben in der jüngeren Vergangenheit Atomwaffenprogramme betrieben. Auch im Iran werden Atomwaffenprogramme vermutet. Der Verdacht gegen Nordkorea wurde im Sommer '98 erhärtet: Einer Pressemeldung zufolge gibt es ernstzunehmende Hinweise auf die Wiederaufnahme des Atomwaffenprogramms. In der Nähe eines bestehenden Nuklearzentrums sei eine große unterirdische Baustelle für einen Reaktor oder eine Wiederaufbereitungsanlage für waffentaugliches Plutonium entdeckt worden. Die Anlage könnte den Berichten zufolge das Kernstück für eine Wiederaufnahme des 1994 gestoppten Atomwaffenprogramms sein. Damals hatte Nordkorea gegen Zusage finanzieller Hilfen aus dem Westen sein Atomwaffenprogramm eingestellt.

Nuklear-Waffen-Arsenal BRD-weit

Deutschland 'besitzt' zwar keine eigenen Atomwaffen, befindet sich aber unter dem sog. Nuklearschirm der NATO, hat damit eine entsprechende Teil-

	gegenwärtiger Status	Beitritt zum NVV ¹⁾	Zugriff auf sensitive Materialien und Produktionstechnologien ²⁾	Nukleares Arsenal
USA SU -> Rußland Ukraine Kasachstan Weißrußland Großbritannien Frankreich China	Kernwaffenstaaten (KWS) (de facto) (de facto) (de facto)	1970 1970 * 1994 1993	ja ja begrenzt begrenzt begrenzt	9.200 10-11.000 1.104 ³⁾ 600 ³⁾ 36 ³⁾
Israel Indien Pakistan	De-facto-KWS (nicht offiziell erklärt)	- - -	ja ja ja	(100-200) ⁴⁾ (40-80) ⁴⁾ (10-20) ⁴⁾
Südafrika	ehemalig. KWS	1991	ja	6 zerstört
Nord-Korea Libyen Algerien Iran	Unklare Nuklearprogramme	1985 (->?) 1975 * 1970	ja kaum kaum begrenzt	(0-2) ⁴⁾
Schweiz Schweden Brasilien Irak Argentinien	Waffenprogramm bis 1969 Waffenprogramm bis 1972 Waffenprogramm bis 1990 Waffenprogramm bis 1991 Waffenprogramm bis in den 80ern?	1977 1970 - 1969 *	begrenzt begrenzt ja nicht mehr begrenzt	
Japan Deutschland Belgien Niederlande	im Prinzip kernwaffenfähig	1976 1975 1975 1975	ja ja ja ja	
Italien Kanada Spanien Taiwan	im Prinzip begrenzt kernwaffenfähig	1975 1969 1987 1970	begrenzt begrenzt begrenzt begrenzt	

Tabelle: Nuklearer Status einer Anzahl wichtiger Staaten (Stand Ende 1994)

- 1) Der * bedeutet: Interesse am Beitritt 1994 signalisiert und 1995 vollzogen
- 2) Die Kategorisierung ist sehr grob und gibt unabhängig von der Durchführung von IAEO-Sicherungsmaßnahmen an, ob waffengrädiges Material bereits in Mengen vorliegt, das für eine Anzahl Atomwaffen ausreichen würde oder mit vorhandener Technologie schnell (weniger als ein Jahr) produzierbar wäre. Unter einem begrenzten Zugriff wird das Vorhandensein von kleineren Mengen verstanden bzw. eine Produktionsmöglichkeit in wenigen Jahren.
- 3) Alle Nachfolgestaaten der Sowjetunion haben versprochen, ihre Atomwaffen innerhalb von 1 bzw. 3 Jahren an Rußland abzugeben.
- 4) Es handelt sich um Angaben über mögliche Arsenalgrößen auf Grundlage von Abschätzungen über die bisherige Produktion waffengrädiger Materialien.

Tabelle aus: UNIVERSITAS 7/1995

habe, unterhält geeignete Trägersysteme und bildet die Bundeswehr für den Einsatz von Atomwaffen aus.

Auch in Deutschland sind immer noch Atomwaffen stationiert: Es handelt sich wahrscheinlich um etwa 245 US-Atomwaffen, die an den Standorten Büchel, Memmingen, Nörvenich und Ramstein gelagert werden. Vermutlich 45 dieser Atombomben stehen deutschen Tornado-Staffeln zur Verfügung, die im Rahmen der deutschen atomaren Teilhabe für Nato-out-of-Area Einsätze bereitgehalten werden.

Nuklearer Abrüstungsprozeß

Der nukleare Abrüstungsprozeß zwischen den USA und Rußland ist zwar in Gang gekommen. Allerdings werden im Bereich der strategischen Arsenale die Zielzahlen des START-II-Vertrages, der bis heute noch nicht von beiden Supermächten ratifiziert ist, als vorläufiger Endpunkt angesehen. Es gibt aktuelle Hinweise, daß Rußland die Verhandlungen dazu wieder aufnehmen will. Präsident Jelzin hat seine Zustimmung zu einem Gesetzentwurf der Staatsduma signalisiert, der den Weg für die Ratifizierung des START-II Abrüstungsvertrags mit den USA ebnen könnte. Allerdings hängt die Ratifizierung von der Bedingung ab, daß die USA den ABM-Vertrag zum Verbot einer Abwehr ballistischer Raketen von 1972 nicht abändern. Dies könnte bei den USA auf Widerstand stoßen, da sie derzeit die Möglichkeit prüfen, ein nationales Raketenabwehrsystem zu installieren. Falls der START-II-Vertrag umgesetzt wird, ist mit insgesamt etwa 10.000 nuklearen Sprengköpfen in den offiziellen strategischen und nicht-strategischen Arsenalen Rußlands und der USA im Jahre 2003 zu rechnen.

Vergleicht man die Zielzahlen für das Jahr 2003 mit den Zahlen, die für das Jahr 1970 (dem Jahr des Inkrafttretens des nuklearen NVV) vermutet werden, stellt man fest, daß die strategischen Nukleararsenale am Beginn des nächsten Jahrhunderts etwa das gleiche Niveau wieder erreicht haben werden, das in den Anfangsjahren der Ära der Rüstungskontrolle zwischen den Blöcken des Ost-West-Konfliktes bereits aufgebaut war (siehe Tab.1). Waffenarsenale mit einem mehrfachen Overkill werden weiter bereitgehalten. Die Infrastruktur zum Bau und zum Erhalt von Atomwaffen und größeren Arsenalen soll beibehalten werden - wenn auch auf einem weit geringeren zahlenmäßigen Niveau als in den Hochzeiten des Kalten Krieges. Dies ist definitiv kein ernsthafter Abrüstungsprozeß, der in Richtung Null geht. /1/

Atomwaffen können zwar demontiert werden, die Bestände an nuklearen Waffensubstanzen aus dem Abrüstungsprozeß wie Plutonium und hochangereichertes Uran (HEU) stellen aber weiterhin ein enormes Risikopotential dar. Sie müssen mit großem Aufwand in eine proliferationsresistente Form gebracht, also unschädlich gemacht werden. Neben einer speziellen Endlagerung zusammen mit hochradioaktivem langlebigem verbrauchtem Brennstoff aus Atomreaktoren gibt es die Möglichkeit, hochangereichertes Uran auf einen niedrigen Anreicherungsgrad herunterzumischen und in Leistungsreaktoren einzusetzen. Für das gefährlichere Plutonium ist die spezielle Endlagerung vorzuziehen, aber auch die Verarbeitung zu plutoniumhaltigem MOX-Brennstoff und der Einsatz in Reaktoren werden verfolgt und in den USA technisch erprobt. Da tausende von Tonnen an waffenfähigem Nuklearmaterial durch "Verbrennen in Reaktoren" nur schleppend über die Dauer von vielen Jahrzehnten "vernichtet" werden können, stellt der Einsatz in Reaktoren keine befriedigende Lösung dar. Das Risiko der Proliferation bleibt ebenso wie der hochradioaktive Atom Müll.

Tabelle 1: **Strategische Arsenale der alten Supermächte /1/**

	1970		1994		Zielzahl 2003	
USA	Träger	Sprengköpfe	Träger	Sprengköpfe	Träger	Sprengköpfe
ICBM	1.054		730	2.240	500	500
SLBM	656		336	2.688	432	1.728
Bomber(CM)	646		192	3.492	(48-93) x (8-12)	896-1.272
Summe		4.200-5.240		8.420		3.124-3.500
SU / Rußland	Träger	Sprengköpfe	Träger	Sprengköpfe	Träger	Sprengköpfe
ICBM			1.067	5.905	595-795	595-795
SLBM			520	2.384	424	1.744
Bomber (CM)			109	1.374	63 x (6-16)	738
Summe		<2.000 -2.210		9.663		3.047-3.277

Verwendete Abkürzungen:

ICBM = Intercontinental Ballistic Missile; SLBM = Sea Launched Ballistic Missile; CM = Cruise Missile

Der Nichtverbreitungsvertrag - NVV

Ende der 60er Jahre waren alle Hauptsiegermächte des 2. Weltkrieges in den Besitz der Atomwaffe gelangt und gaben den Weg frei für den Nichtverbreitungsvertrag (NVV) für Kernwaffen, der ihnen den Atomwaffenstatus zuerkannte und vermeiden sollte, daß weitere Nuklearwaffenländer hinzukommen würden.

Der NVV - besser bekannt als Atomwaffensperrvertrag - wurde nach langjährigen Verhandlungen 1968 unterschriftsreif und trat 1970 in Kraft. Inzwischen gehören 179 Staaten zu seinen Unterzeichnern. Zuletzt hat Brasilien im Sommer 1998 den Vertrag ratifiziert. Der NVV wurde im Mai 1995 nach 25-jähriger Laufzeit auf unbegrenzte Zeit verlängert.

Der Vertrag - so wichtig er für das Stoppen der atomaren Aufrüstung war - ist diskriminierend, da er ein 3-Klassen-System etabliert:

- Er schreibt de facto fünf Atommächte auf Dauer fest, läßt eine Fortentwicklung der nuklearen Arsenale in diesen Staaten zu und sieht dort keinerlei Kontrollen vor.
- Einer zweiten Gruppe von Staaten, zu der im wesentlichen hochentwickelte Industrieländer zählen, ist zwar der Zugriff auf Atomwaffen verwehrt, aber alle sensitiven Nukleartechnologien mit Relevanz für mögliche Atomwaffenprogramme können in diesen Ländern genutzt und innerhalb dieser und der erstgenannten Gruppe exportiert werden.

- Der dritten Gruppe von Staaten dagegen ist der Zugriff sowohl auf Atomwaffen als auch auf bestimmte sensitive Nukleartechnologien verwehrt, die hier als Ausdruck einer Atomwaffenoption interpretiert werden.

Dieses System mit unterschiedlichen Rechten und Pflichten der verschiedenen klassifizierten Staaten kann auf Dauer nicht stabil sein. Es müssen Regelungen gefunden werden, die für alle Staaten gleichermaßen verbindlich sind. Es ist auch nicht zu erwarten, daß innerhalb des skizzierten Dreiklassensystems des NVV eine nukleare Abrüstung auf Null zu erreichen ist. Zwei Grundbedingungen sind hier von entscheidender Bedeutung:

- Die Weiterverbreitung von Atomwaffen kann dauerhaft nur gestoppt werden, wenn ein weltweiter Verzicht verwirklicht wird. Solange aber der Besitz von Atomwaffen oder waffengrädigem Material in ausgewählten Staaten als legitim angesehen wird, schafft dies Begehrlichkeiten bei anderen.
- Ein zweiter entscheidender Punkt ist die Vermeidung der Aufrechterhaltung von wissenschaftlich-technischen Voraussetzungen für Atomwaffenprogramme, auch im zivilen Bereich. Dies betrifft insbesondere den Einsatz von waffenfähigen Nuklearmaterialien, z.B. in Forschungsreaktoren, und von entsprechenden Produktionstechnologien in zivilen Nuklearprogrammen.

Der sicherste Weg in eine atomwaffenfreie Welt wäre ein Stop sämtlicher Nuklearprogramme. Der zweitbeste, aber wahrscheinlich der realistischere Weg wäre ein Einsatzverbot aller waffenfähigen Stoffe im zivilen Bereich bei gleichzeitiger konsequenter nuklearer Abrüstung im militärischen Bereich.

Die wichtigsten Waffenstoffe: Plutonium und HEU

Wer Atomwaffen produzieren will, braucht geeignete Ausgangsmaterialien. Wer nuklearen Spaltstoff für die Bombe will, der braucht geeignete Atomtechnologien. Die wichtigsten Waffenstoffe sind hochangereichertes Uran (HEU, highly enriched uranium), das als solches nicht in der Natur vorkommt, und Plutonium, das ebenfalls technisch erzeugt werden muß. Tritium als weiterer wichtiger Waffenstoff ist bedeutsam für "fortgeschrittene" Atommachte, da damit die Zerstorkraft einer Spaltwaffe erheblich gesteigert werden kann. Um Plutonium zu gewinnen, braucht man neben Reaktoren die Technologie der Wiederaufarbeitung: Durch chemische Prozesse kann aus dem abgebrannten Brennstoff eines Atomreaktors das Plutonium herausgelöst werden, wobei nur das Isotop Plutonium-239 (Pu-239) militärisch bedeutsam ist. Möglichst reines Pu-239 erhält man, wenn der Brennstoff bereits nach einigen Wochen aus dem Reaktor herausgenommen wird. Die kleinste theoretische "kritische Masse" (Menge, die zum Aufrechterhal-

ten einer Kettenreaktion nötig ist) von Pu-239 beträgt einige hundert Gramm. Die Plutoniummenge, die in Atomwaffen verwendet wird, liegt im Bereich von 3-5 kg. Um Nuklearwaffen zu bauen, muß Plutonium nicht unbedingt waffengrädig (isotopenrein) sein. Es geht auch mit zivilem Reaktorplutonium, was in der Vergangenheit (1953 und 1962) mit zwei Atomtests, durchgeführt von Großbritannien und den USA, bewiesen wurde.

Um HEU zu gewinnen, braucht man die Technologie der Urananreicherung. Die "kritische Masse" liegt für HEU, das zu 90% angereichert ist, bei etwa 55 kg. Bei höherer Dichte reicht unter bestimmten Bedingungen sogar eine Menge von ca. 10 kg oder weniger. Bei niedrig angereichertem Uran (LEU, lowly enriched uranium), das zu 20% angereichert ist, liegt die kritische Masse bei einigen tausend Kilogramm, was den Bau einer Bombe erheblich erschwert bzw. uninteressant macht.

Die sensitivsten Nukleartechnologien sind die Urananreicherung und die Wiederaufarbeitung. Sie machen die Verflechtung der zivilen und militärischen Nukleartechnologie besonders deutlich. Eine ganze Reihe von Ländern hat bereits Zugriff auf mindestens eine der beiden genannten Technologien. Neben allen offiziellen Atomwaffenstaaten verfügen auch Länder wie Brasilien oder der Irak, die früher Atomwaffenprogramme betrieben und Südafrika, das de facto eigene Atomwaffen besaß, über diese sensitiven Nukleartechnologien. Weiterhin haben eine Reihe von industrialisierten Ländern wie Japan, Deutschland, Belgien, die Niederlande und in einem gewissen Maße auch Kanada, Italien und Spanien durch Bestände an sensitivem Nuklearmaterial und/oder durch die Beherrschung der entsprechenden Nukleartechnologien, die zur Produktion von Waffenstoffen geeignet sind, eine prinzipielle Atomwaffenfähigkeit erlangt. Argentinien und Nordkorea (in der Vergangenheit auch Taiwan und Schweden) bemühten (oder bemühen) sich ebenfalls, diesen technologischen Stand zu erreichen.

Die prinzipielle Atomwaffenfähigkeit Deutschlands beruht auf folgendem: Mit der Urananreicherungsanlage in Gronau steht die notwendige Technik auch für hohe Anreicherungsgrade von Uran-235 zur Verfügung. Mit der von 1972 bis 1990 betriebenen Experimentieranlage WAK in Karlsruhe wurde - auch wenn die Wiederaufarbeitungsanlage (WAA) in Wackersdorf nicht gebaut wurde - technisches Wiederaufarbeitungs-Know-how erlangt. Die deutschen Atomkraftwerksbetreiber haben heute Wiederaufarbeitungsverträge mit ausländischen Firmen in La Hague (Frankreich) und Sellafield (Großbritannien). 1998 betrug die insgesamt lagernden abgetrennten Plutonium-Mengen etwa 24 t. Und bei Abarbeitung aller bisher geschlossenen Verträge wird sich der Plutonium-Bestand noch um weitere 48 t erhöhen.

Proliferationsgefahr

Die zivil-militärische Ambivalenz der Nukleartechnologie birgt die Gefahr der Proliferation, der Abzweigung von Material und Technologie für Waffenprogramme.

Man unterscheidet drei Arten der Proliferation:

- *Horizontale Proliferation*: Die Gefahr der Verbreitung von Atomwaffen über die bestehenden Atommächte hinaus in weitere Länder
- *Latente Proliferation*: Die Gefahr, daß Kernwaffenoptionen technisch offen gehalten bzw. (teilweise) vorbereitet werden
- *Vertikale Proliferation*: Die Gefahr der Fortsetzung, Erweiterung, qualitativen Weiterentwicklung von bestehenden Atomwaffenprogrammen

57 Länder betreiben inzwischen Forschungsreaktoren, d.h. sie besitzen erhebliche nukleare Forschungsprogramme, einschlägiges Know-how und geschultes Personal, um Waffenprogramme durchzuführen. Atomwaffenprogramme und zivile Forschungsprogramme können zwar Gemeinsamkeiten haben, sind aber nicht zwangsweise deckungsgleich. Gefährlich wird es dann, wenn HEU in den Forschungsprogrammen eine Rolle spielt. Denn HEU ist direkt waffentaugliches, spaltbares Material.

Unglücklicherweise ist man gerade in Deutschland dazu geneigt, einen Präzedenzfall zu schaffen. Der geplante Forschungsreaktor FRM II bei Garching soll HEU als Brennstoff erhalten, obgleich es Alternativen dafür gibt. Er wäre weltweit der einzige neu zu bauende HEU-Reaktor. HEU wird im zivilen Bereich heute nur noch in Forschungsreaktoren eingesetzt. Es kann mit verhältnismäßig einfachen Prozessen bei entsprechendem nukleartechnischem Know-how für den Bombenbau aufbereitet werden. Deshalb gibt es seit Ende der 70er Jahre die Empfehlung, Forschungsreaktoren auf die Verwendung von nichtwaffenfhigem, niedrig angereichertem Uran (LEU) umzustellen. Diese Empfehlung hat zu dem Umstellungsprogramm RERTR (**R**educed **E**nrichment for **R**esearch and **T**est **R**eactors) geführt. Aufgrund des erfolgreichen Programms konnten in den letzten 10 Jahren die HEU-Exporte der USA drastisch gesenkt werden. Die internationale Kritik an dem unerwünschten Präzedenzfall blieb nicht aus. Die USA verweigern die Lieferung von HEU für den Garchinger Forschungsreaktor. Allerdings könnten die Erfolge der Vergangenheit durch ein bereits unterzeichnetes Rahmenabkommen zwischen Deutschland und Rußland zunichte gemacht werden. Rußland will den Garchinger Reaktor mit den aus der Abrstung von Atomwaffen angehäuften HEU-Bestnden beliefern. Damit bekommt der Handel mit HEU wieder frischen Wind.

29 Länder - insbes. Industriestaaten - betreiben Leistungsreaktoren, d.h. sie besitzen größere Nuklearprogramme, die durch fortgeschritteneres tech-

nologisches Know-how ebenfalls für militärische Zwecke in Anspruch genommen werden können. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die sensitiven Technologien, wie die bereits erwähnten Anreicherungs- oder Wiederaufarbeitungstechnologien. Die Gefahr der zivilen Nuklearprogramme besteht darin, daß sie die Schwelle zu möglichen Atomwaffenprogrammen senken. Bei parallel existierenden geheimen militärischen Programmen kann das Know-how wie auch das Material relativ einfach vom zivilen in den militärischen Bereich überführt werden.

Nicht jedes zivile Atomprogramm schafft zwingend alle Voraussetzungen für eine Waffenproduktion. Dazu ist neben nuklear-technischem Know-how auch fundiertes Wissen in Waffenphysik und -technologie erforderlich. Allein der Zugriff auf die entsprechenden Spaltstoffe ist nicht ausreichend, um Atomwaffen herzustellen. Er ist aber eine erste, entscheidende Hürde, die für ein erfolgversprechendes Waffenprogramm zu überwinden ist. Es geht nicht darum, den politisch "gesicherten" Industriestaaten unter Zuhilfenahme ziviler Nukleartechnik Waffenprogramme mit der Absicht von Expansion und/oder Unterdrückung anderer Staaten zu unterstellen. Aber politische Situationen bleiben nicht zwangsläufig stabil, sie können sich schlagartig ändern, wie wir es auch in der jüngeren Geschichte immer wieder erlebt haben. Eine klare Grenzziehung zwischen rein zivilen und rein militärischen Programmen ist in der Regel nicht möglich.

Ein Beispiel, daß dies keine theoretischen Gefahrenbeschreibungen sind, hat der Irak geliefert: In den 80er Jahren ist dort ein zivil-militärisch angelegter Doppelpfad zum Zweck der Atomwaffenherstellung verfolgt worden. Auch in Brasilien wurde über viele Jahre mit deutscher technologischer Unterstützung ein ziviles Atomprogramm durchgeführt, gleichzeitig aber ein militärisches "Parallelprogramm" verfolgt.

IAEO-Kontrollen

Die 1957 gegründete IAEO (Internationale Atom-Energie-Organisation) sollte die zivile Nukleartechnik weltweit verbreiten helfen. Gleichzeitig bekam sie die Aufgabe übertragen, die friedliche Verwendung der Atomtechnik in ihren Mitgliederstaaten zu überwachen. Die Erfüllung dieser beiden Aufgaben - die offensive Werbung für die Atomtechnik und die strenge Kontrolle der Anlagen - machen die Zwickmühle, in der sich die IAEO befindet, deutlich. Die Überwachung bedeutete zudem einen neuartigen Eingriff in die Souveränität der Länder und basierte daher auf der Freiwilligkeit von Kontrollen an einzelnen dafür freigegebenen Anlagen. Seit Bestehen des NVV übernahm die IAEO zusätzlich die Aufgabe, die zivile Atomenergienutzung in den Nicht-Kernwaffenstaaten, die Vertragsmitglieder des NVV wurden, zu überwachen. Diese neue Kontrollfunktion bezog sich auf alle Anlagen der betroffenen Länder, war aber auf den zivilen Spaltstofffluß beschränkt,

so daß eine Abzweigung für militärische Zwecke immerhin entdeckbar wäre. Trotzdem sind - wie bereits ausgeführt - eine Reihe von Fällen bekannt geworden, wo unter dem Deckmantel der rein zivilen Nutzung geheime Programme zur Erlangung von Atomwaffen parallel geführt wurden. Und dies trotz der Safeguards, der Überwachungsprogramme der IAE0. Dies betraf NVV-Mitglieder wie Taiwan, Schweden, Irak und wohl auch Nordkorea, sowie einige außerhalb des NVV stehende Länder wie Brasilien und Pakistan.

Von der Atomlobby wird stets energisch ins Feld geführt, daß die IAE0 mit ihrem Überwachungs- und Safeguard-System die „friedliche Nutzung der Kernenergie“ weltweit betriebener nicht-militärischer Atomprogramme garantieren könne. Nach ihrem Selbstverständnis will die IAE0 aber lediglich dafür Sorge tragen, daß eine Abzweigung von für signifikant gehaltenen Mengen von Nuklearmaterial aus dem zivilen Brennstoffkreislauf in für angemessen gehaltenen Zeiträumen entdeckt werden kann. Hierbei ist sie auf die Kooperation der beteiligten Staaten angewiesen. Wegen dieses Selbstverständnisses und des eingeschränkten Mandats der IAE0 konnte beispielsweise das jahrelang geheim geführte Atomwaffenprogramm des Irak nicht entdeckt werden. Auch das Beispiel Nordkorea zeigt, wie wenig ohne vollständige Kooperation des überwachten Landes herausgefunden werden kann. Nordkorea wurde mehrfach verdächtigt, ein geheimes Waffenprogramm durchzuführen. Das Land bestritt zunächst die Anschuldigungen und drohte gar, den NVV zu verlassen, war dann aber schließlich doch bereit, Inspektionen zuzulassen. Trotzdem ist es offenbar gelungen, eine unterirdische Atomanlage an sämtlichen Kontrollen vorbei einzurichten (s.o.).

Die Sicherungsmaßnahmen der IAE0 sind definitiv nicht geeignet, die Abzweigung von Spaltstoffen für Waffenzwecke frühzeitig zu entdecken. Einem solchen System von Maßnahmen kann bei derart sensitiven Technologien und politisch zum Teil unstabilen Verhältnissen leider kein Vertrauen geschenkt werden. Das sehr eingeschränkte technische Überwachungssystem, das noch dazu auf Kooperation des überwachten Staates angewiesen ist, muß zwangsweise lückenhaft bleiben. Es kann daher keinesfalls eine sichere Abgrenzung ziviler Programme von einer möglichen militärischen Nutzung gewährleisten.

Defizite der Safeguards

- Nur etwa die Hälfte der weltweit existierenden Plutoniummengen im zivilen Bereich und ebenfalls nur etwa die Hälfte der wesentlichen zu überwachenden Nuklearanlagen weltweit werden überhaupt von Sicherungsmaßnahmen der IAE0 erfaßt. Dies liegt zum Teil daran, daß einige Länder mit vielen kerntechnischen Anlagen dem NVV nicht beigetreten sind, wie z.B. die „neuen“ Atomwaffenstaaten Indien

und Pakistan und der de-facto-Atomwaffenstaat Israel. Es liegt aber auch daran, daß die zivilen Anlagen der fünf offiziellen Atomwaffenstaaten gemäß NVV keinem Überwachungszwang unterliegen. Diese Länder lassen freiwillig nur einen Teil ihrer Anlagen von der IAE0 inspizieren.

- Bisher darf die IAE0 nach der Unterzeichnung eines Überwachungsvertrages die Inspektionen erst beginnen, wenn die erste deklarierte Produktion oder Lieferung von Nuklearmaterial in der Anlage stattfindet. Die IAE0 hat keine Kontrollbefugnis, solange die Anlage vom Mitgliedsland als „nicht betriebsfähig“ bezeichnet wird. Dies betrifft auch offiziell stillgelegte Anlagen: Solange diese nicht bis zu ihrem Abbau überwacht werden und die Zutrittsrechte von Inspektoren beschränkt sind, bleiben auch hier die Kontrollen lückenhaft.
- Ein großes Problem bereitet das Konzept der Spaltstoffbuchführung. Solange das Plutonium in Brennelementen eingeschlossen ist, kann es durch Abzählung der Brennstäbe überwacht werden. Sobald das Material aber abgetrennt ist, treten bei jeder Inventarmessung unvermeidlich Meßfehler auf, die sich summieren. Eine genaue Angabe der Plutoniummenge im abgebrannten Brennelement ist nicht möglich.¹ Die Safeguards können auch hier nicht genügend Sicherheit geben.

Die Mängel der IAE0 beziehen sich zum Teil auf Bereiche, die im Prinzip behebbar wären, wie z.B. die unvollständige Abdeckung der weltweit vorhandenen Nuklearanlagen mit Überwachungsmaßnahmen.

Aber es bestehen auch Mängel, die technisch unüberwindbar sind. Dies bezieht sich auf sog. „bulk-handling facilities“, Nukleareinrichtungen, in denen mit spaltbaren Materialien in nicht genau quantifizierbaren Mengen umgegangen wird. Daher kann die Überwachung von Urananreicherungsanlagen, Brennelementfabriken und insbesondere von Wiederaufbereitungsanlagen nur unvollständig sein. Ein mögliches Entdecken von Abzweigungen signifikanter Mengen waffengrädiger Materialien muß zweifelhaft erscheinen.

¹ Differenzen zwischen Anfangsinventar, Materialinput, Endinventar und Materialentnahme werden als „materials unaccounted for“ (MUF) bezeichnet. MUF ist die entscheidende Alarmgröße. Tritt ein Wert größer Null auf, dann gibt es ein Entscheidungsproblem. Je größer das Inventar der Anlage und je größer die Meßungenauigkeit, desto größer ist der Wert von MUF, den die Inspektoren tolerieren müssen, ohne den Verdacht aussprechen zu können, daß tatsächlich eine Abzweigung vorliegen könnte.

Fazit

Der zivil-militärischen Ambivalenz des Plutoniums und des hochangereicherten Urans kommt man nur bei, wenn man ihre zivile Verwendung beendet. Das geht nur unter vollständigem Verzicht auf die Nutzung dieser waffengrädigen Nuklearmaterialien. Dadurch würden zivile Wiederaufarbeitung, die Nutzung plutoniumhaltiger MOX-Brennstoffe in Leistungsreaktoren sowie der Einsatz von HEU-Brennstoff in Forschungsreaktoren ausgeschlossen. Soll ein wirksames Nichtweiterverbreitungsregime und wirklich ernsthaft eine atomwaffenfreie Welt angesteuert werden und die Atomwaffenfreiheit sowie der Weg dorthin unumkehrbar gemacht werden, dann ist nicht nur der formelle Verzicht auf Atomwaffen wesentlich. Der zivile Bereich, ob dies Energiewirtschaft oder Forschung betrifft, muß seinen Beitrag leisten.

Solange Produktion, Nutzung und Transport von waffengrädigen Stoffen aufrecht erhalten werden, bleiben die Gefahren der Proliferation bestehen und sorgen dafür, daß das Know-how im Zusammenhang mit dem Umgang mit Waffenstoffen erhalten bleibt. Daher kann nur eine fundamentale Abkehr vom Einsatz von Waffenstoffen in zivilen Nuklearprogrammen das Ambivalenzproblem an der Wurzel packen und langfristig den Weg in eine atomwaffenfreie Welt ebnen.

Nur eine weltweite Selbstbeschränkung bei der Produktion und dem Einsatz von Waffenstoffen und den dazugehörigen Technologien kann das Problem der Begehrlichkeiten der Staaten, denen die Waffentechnologie vor enthalten wird, lösen. Andernfalls wird es dauerhaft Staaten geben, die die Produktion oder Anhäufung von Waffenstoffen durch andere als Rechtfertigung für eigene ähnliche Bestrebungen oder Aktivitäten, ob geduldet oder heimlich, benutzen. Solange kein weltweit wirksames Überwachungs- und Kontrollsystem eingerichtet wird, gilt: *“Ein Staat, der eine ausgebaute Kerntechnologie zur Verfügung hat, ist in der Lage, Atomwaffen zu bauen, wenn er dies, notfalls auch geheim und unter Verletzung von Verträgen, anstrebt. Auch eine noch so gute Überwachung kann dies nicht verhindern.”* (Werner Buckel in seinem Fazit des Göttinger Fachgesprächs *“Die sichere Eingrenzung der zivilen Nutzung der Kerntechnologie gegen militärische Anwendungen - Möglichkeiten und Grenzen”*. Juli 1995).

Nachhaltige Abrüstung durch Produktions- und Nutzungsstop

Es gibt international geführte Gespräche - das jüngste auf der Genfer Abrüstungskonferenz Anfang dieses Jahres - über einen sog. Cut-Off-Vertrag (Fissile Material Cut-Off Treaty, FMCT), einen Vertrag über einen Produktionsstop von waffenfähigem Material für militärische Zwecke. So begrüßenswert dies ist, würden damit aber lediglich die Gefahren der Neuproduktion

im militärischen Sektor angegangen. Verständlicherweise gibt es dazu Proteste aus Ländern der Dritten Welt, die die Ausklammerung bereits bestehender Bestände an spaltbarem Material aus den Verhandlungen ablehnen. Ist das Ziel einer Nichtverbreitungspolitik für Nuklearwaffen die atomwaffenfreie Welt, muß alles waffenfähige Nuklearmaterial einbezogen werden, nicht nur künftiges und bestehendes im militärischen Bereich, sondern auch waffenfähiges Material für zivile Zwecke. Nur durch die Vermeidung jeglichen Zugriffs auf Waffenmaterialien würde nukleare Abrüstung unumkehrbar gemacht.

Die Hauptgründe für die Einbeziehung der waffenfähigen Materialien im zivilen Bereich in einen Produktions- und Nutzungsstopp sind:

- Das existierende Safeguardsystem der IAEA ermöglicht nur eine unzureichende Überwachung waffenfähiger Materialien im zivilen Bereich.
- Die Lagerung und Nutzung großer Mengen waffenfähiger Materialien hält die Option aufrecht, diese irgendwann für militärische Zwecke einzusetzen.
- Solange ein Bedarf für waffenfähige Materialien besteht und aufrechterhalten wird, ist eine Abzweigung für Waffenzwecke von nichtautorisierter Seite möglich, insbesondere auch beim Transport und an den vielfältigen Stationen der Materialverarbeitung.
- Nur die weltweite Selbstbeschränkung bei Produktion und Nutzung waffenfähiger Materialien kann die diskriminierende Praxis einer "Technologieblockade" gegen Staaten, die für nicht vertrauenswürdig gehalten werden, überwinden.

Ein solcher vollständiger Ansatz ist durchaus realistisch. Inzwischen ist es allgemein anerkannt, daß die Plutoniumnutzung in der zivilen Atomwirtschaft unwirtschaftlich ist. Auch ist es nicht notwendig, weiterhin Forschungsreaktoren mit HEU auszulegen. Alternativen stehen zur Verfügung.

Deshalb halten wir unsere Forderung aufrecht, aus der Atomenergienutzung unverzüglich auszusteigen, die Plutoniumwirtschaft samt der „Recyclinglüge“ sofort zu beenden und den schädlichen Präzedenzfall, das Projekt des Garching HEU-Forschungsreaktors zu stoppen und bestehende HEU-Reaktoren innerhalb einer angemessenen Frist auf LEU umzurüsten. Stattdessen sind wirklich sinnvolle, innovative und nachhaltige Technologien zu fördern. Damit würde die Bundesrepublik Deutschland durch verantwortungsbewußtes Handeln das richtige Signal setzen und eine weltweite Vorreiterrolle übernehmen. Jetzt haben wir noch die Möglichkeit, den Weg in eine atomwaffenfreie Welt irreversibel zu machen und die Gefahr eines nuklearen Chaos auszuschalten.

Dieser Artikel wurde erstmals veröffentlicht in den Umweltnachrichten 79/98 und im April 1999 überarbeitet.

Literatur:

Wolfgang Liebert:

Aussichten auf die atomwaffenfreie Welt bei fortgesetzter Kernenergienutzung. In: Wolfgang Liebert, Friedemann Schmithals (Hrsg.): *Tschernobyl und kein Ende? Argumente für den Ausstieg, Szenarien für Alternativen.* agenda Verlag, Münster, 1997

Roland Kollert:

„Atoms for Peace“, der politische Betrug. In: Wolfgang Liebert, Friedemann Schmithals (Hrsg.): *Tschernobyl und kein Ende? Argumente für den Ausstieg, Szenarien für Alternativen.* agenda Verlag, Münster, 1997

Wolfgang Liebert:

Viel Wind um HEU - Die Kritik am neuen Garchingener Forschungsreaktor verstummt nicht. In: *Wissenschaft und Frieden*, 13. Jg, N. 4/95

U. Albrecht, U. Beisiegel, R. Braun, W. Buckel (Hrsg.):

Der Griff nach dem atomaren Feuer. Frankfurt: Peter Lang Verlag, 1996

Ja, ich möchte ab _____ 1999 Fördermitglied beim
UMWELTINSTITUT MÜNCHEN E.V. werden!

Name, Vorname

Straße, Hausnr.

Postleitzahl, Ort

Telefon

Meinen Monats-/Jahresbeitrag setze ich auf

- DM 5,- monatlich / 60,- jährlich
(Auszubildende, Arbeitslose, Geringverdienende)
- DM 10,- monatlich / 120,- jährlich
- DM 15,- monatlich / 180,- jährlich
- DM 20,- monatlich / 240,- jährlich
- DM 50,- monatlich / 600,- jährlich
- DM _____ fest.

Ich überweise den Beitrag jährlich im voraus.

Ich ermächtige das UMWELTINSTITUT MÜNCHEN e.V., den Beitrag
jährlich bis auf Widerruf von meinem Konto einzuziehen.

KontoinhaberIn _____

Kto _____ BLZ _____

Kreditinstitut _____

Ort, Datum

Unterschrift

Aktiv für die Umwelt ...

Radioaktivität in der Außenluft und in Lebensmitteln, schadstoffbelastete Innenräume, verschmutztes Trinkwasser, Benzol und Ozon in unserer Luft, Energie- und Rohstoffverschwendung, der Vormarsch der Gentechnologie in allen Lebensbereichen: Seit 1986 arbeitet das Umweltinstitut München e.V. an der Erforschung und Verminderung dieser Umweltbelastungen - ohne staatliche Unterstützung, aber mit Sachkompetenz und Engagement. Wir liefern Ihnen und der Öffentlichkeit konkrete Empfehlungen zu Alternativen. Mit Ihrer Spende oder Fördermitgliedschaft sichern Sie unsere Unabhängigkeit.

Für 10 Mark Monatsbeitrag ...

- beraten wir Sie als Fördermitglied kostenlos bei allen Umweltfragen
- bekommen Sie fünfmal jährlich die Mitgliederzeitschrift *Umweltnachrichten* mit aktuellen und wichtigen Beiträgen über unsere Forschungsprojekte!

Mitgliedsbeiträge und Spenden an das Umweltinstitut können Sie von der Steuer absetzen.

Umweltinstitut München e.V.
Schwere-Reiter-Str. 35/1 b
80797 München

Tel. (089) 30 77 49-0, Fax: -20
e-mail: uim@umweltinstitut.m.shuttle.de

... Mit 10 Mark sind Sie dabei!