

Die Umweltschäden und Entsorgungsprobleme des russischen Nuklearkomplexes

Kronfeld-Goharani, Ulrike

Veröffentlichungsversion / Published Version

Arbeitspapier / working paper

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Kronfeld-Goharani, U. (2002). *Die Umweltschäden und Entsorgungsprobleme des russischen Nuklearkomplexes*. (SCHIFF-texte, 68). Kiel: Schleswig-Holsteinisches Institut für Friedenswissenschaften -SCHIFF- an der Universität Kiel. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-218900>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Die Umweltschäden und Entsorgungsprobleme des russischen Nuklearkomplexes

von Ulrike Kronfeld-Goharani

INHALT:

1. Einleitung	5
2. Überblick über Russlands nukleare Brennpunkte	6
2.1 Die Hinterlassenschaften der großen Plutoniumfabriken der ehemaligen Sowjetunion	9
2.2 Laboratorien zur Herstellung von Massenvernichtungswaffen	17
2.3 Die nuklearen Testgebiete	17
2.4 Die Produktionsrückstände der Uranminen und Uranerz verarbeitenden Industrie	19
2.5 Sicherheitsrisiken und wachsende Müllberge in den russischen Kernkraftwerken	20
2.6 Die radioaktiven Abfälle von Forschungseinrichtungen und anderen Bereichen	24
2.7 Das strahlende Erbe der Atom-U-Boot-Flotten	25
2.8 Die Altlasten der nuklearen Eisbrecherflotte	32
3. Die radioaktive Verseuchung und ihre Folgen	33
4. Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit in den Nuklearanlagen und zum Management des Nuklearmülls	36
5. Russlands atomare Abfallprobleme im internationalen Vergleich	42
5.1 Internationale Regulierung und Überwachung	42
5.2 Die derzeitigen Entsorgungspraktiken	44
5.3 Der Import von Nuklearmüll: Ein Beitrag zur Lösung Russlands ökonomischer und ökologischer Krise?	49
6. Zusammenfassung und Empfehlungen	53

Zusammenfassung

Als Nachfolgestaat der ehemaligen Sowjetunion mit ihrer gigantischen Nuklearindustrie zählt Russland heute zu den Ländern, in denen sich große Mengen Nuklearmüll angereichert haben und einzelne Regionen des Landes von radioaktiven Kontaminationen besonders stark betroffen sind. Ungeachtet dessen änderte im Juni 2001 das russische Parlament das Umweltgesetz, um verbrauchten Nuklearbrennstoff aus dem Ausland in großen Mengen zu importieren. Während Befürworter der Gesetzesänderungen den Import als wichtig für die Entwicklung von Industrie und Wissenschaft ansehen, erhofft sich die russische Regierung davon ein 20 Milliarden Dollar-Geschäft. Umweltschützer befürchten dagegen, dass diese Mittel weder diese Höhe erreichen, noch dass sie zur Sanierung bestehender Umweltschäden oder zur Behebung der großen Probleme mit dem Management des bestehenden Nuklearmülls eingesetzt werden, sondern sich das Risiko für weitere Nuklearunfälle durch den Import erhöht.

Vor diesem Hintergrund vermittelt die vorliegende Arbeit einen Überblick über die wichtigsten Komponenten des russischen Nuklearkomplexes und diskutiert die davon ausgehenden Risiken und Probleme und die bisher bekannt gewordenen Auswirkungen auf Menschen und Natur. Anschließend werden nationale und internationale Maßnahmen und Hilfsprogramme zur Behebung der nuklearen Müllprobleme vorgestellt. Im Vergleich zu Russland und mit Blick auf die geplanten Nuklearimporte folgt ein Überblick über internationale Entsorgungspraktiken und die damit verbundenen Probleme. Abschließend werden Empfehlungen ausgesprochen, welche Maßnahmen Russland ergreifen sollte, um die Sicherheitsrisiken bei der Entsorgung von Nuklearmüll zu verringern, die Mengen des anfallenden Nuklearmülls zu reduzieren und die Suche nach geeigneten Endlagermöglichkeiten voranzutreiben.

Abstract

Russia as a successor state of the former Soviet Union with its big nuclear industry is one of the countries where a big amount of nuclear waste exists and where some regions are strongly affected by radioactive contaminations. In June 2001 the Russian State Duma passed an amendment to the Law on Environmental Protection and paved the way to import nuclear waste in large. The proponents of the law stress that the import will be important for the development of Russian industry and science and Russian authorities believe the income from the spent nuclear fuel import will total at least \$20 billions. In view of Russia's problems with the management of the nuclear waste already existing and with the cleaning up of contaminated areas, environmentalists fear that the earnings neither will reach that level nor will be used for cleaning up the many dangerously contaminated areas, and that the massive import of nuclear waste will increase the danger of an environmental catastrophe to occur.

Against this background the study gives a view over the most important components of the Russian nuclear complex and discusses its risks and problems as well as the effects on man and nature. National and international measures and aid programmes to remove the problems with the nuclear waste are represented. In comparison with Russia and with regard to the planned nuclear imports international practice of nuclear waste disposal and its problems are discussed. At the end recommendations are formulated which measures should be taken by Russia to decrease security risks by nuclear waste disposal, to reduce the amount of nuclear waste and to foster the search for suitable possibilities of permanent disposal.

1. Einleitung

In der Ära des Kalten Krieges wurde in der ehemaligen Sowjetunion eine gigantische Nuklearindustrie entwickelt. Hauptziel war es, Nuklearbrennstoff für die Kraftwerke und U-Boot-Reaktoren und waffentaugliches Plutonium zu erzeugen. Obwohl bei allen Arbeitsprozessen mit radioaktiven Stoffen auch Abfälle entstehen, kam der Entwicklung von Konzepten zur Entsorgung von Atommüll und dessen Lagerung sowie von Umweltschutzvorkehrungen nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Das Hauptinteresse galt der Entwicklung von immer moderneren Raketensystemen, Atomwaffen und Atom-U-Booten.

Russland als Nachfolgestaat der Sowjetunion trägt heute schwer an dem nuklearen Erbe. Fünfzehn Prozent der Fläche des Landes gelten als ökologische Notstandsgebiete, wo nicht nur die Natur zerstört ist sondern auch die Gesundheit der Menschen angegriffen ist.¹ Große Flächen Russlands sind mit Schwermetallen und Dioxinen belastet, einige Gebiete mit Rückständen von Raketenbrennstoffen. Als Hauptprobleme bezeichnet Alexei Jablokow, Jelzins ehemaliger Umweltberater, die Luftverschmutzung und die radioaktive Verseuchung. Obwohl heute schätzungsweise sieben Millionen Russen bereits auf radioaktiv verseuchtem Boden leben sollen, plant das Land eines der ehrgeizigsten Atomprogramme in der Geschichte und will 30 neue Atomkraftwerke bauen.² Finanziert werden soll das Projekt durch den Import von ausländischem verbrauchten Nuklearbrennstoff, für dessen sichere Endlagerung es weltweit noch keine befriedigende Lösung gibt.

Dazu stimmte das russische Parlament im Juni 2001 gegen den massiven Protest von Umweltschützern, Politikern aus der Tschernobyl-Region und Experten der Akademie der Wissenschaften geäußerten Bedenken dem Import von 2500 Tonnen abgebrannter Brennstäbe zu, nachdem es zuvor das Importverbot für den nicht aus russischen Kraftwerken stammenden Atommüll abgeschafft hatte.

Jetzt droht Russland zum weltweit größten Endlager für Atommüll zu werden. Russische Umweltschutzorganisationen befürchten, dass angesichts der Probleme beim Management der vorhandenen nuklearen Müllberge und der bereits bestehenden Umweltschäden das Land dadurch in eine noch tiefere ökologische Krise stürzen könnte. Zwar will die russische Regierung, die sich durch den Nuklearimport ein 20 Milliarden-Dollar Geschäft erhofft, auch Mittel dem Umweltschutz zugute kommen lassen. Sollten allerdings die ambitionierten Pläne des russischen Atomministeriums sich durchsetzen, mit einem Teil dieser Gelder 30 neue Kernkraftwerke zu bauen, würde sich nicht nur das Risiko für Nuklearunfälle er-

1) Jablokow, Alexei, "Giftiges Erbe. Zur Lage der Nation", in: Greenpeace Magazin, 5/1999.

2) Ebd.

höhen sondern die Umwelt auch mit erheblichen Mengen an zusätzlichem Nuklearmüll belastet.

Vor diesem Hintergrund analysiert die vorliegende Arbeit die Umweltschäden und Entsorgungsprobleme des russischen Nuklearkomplexes. Zunächst wird in Kapitel 2 anhand verfügbarer Informationen ein Überblick über Umfang und Größe der bestehenden Nuklearabfälle in Russlands wichtigsten nuklearen Brennpunkten gegeben und die von ihnen ausgehenden Umweltgefahren oder bereits verursachten Umweltschäden diskutiert. Kapitel 3 beschreibt die bisher bekannt gewordenen Auswirkungen der radioaktiven Verseuchung einzelner Regionen in Russland für Menschen und Natur. In Kapitel 4 werden nationale und internationale Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit in den russischen Atomanlagen und zur Entsorgung des Nuklearmülls vorgestellt. Da es nicht nur in Russland sondern weltweit zur Zeit keine befriedigende Lösung für die Endlagerung von Nuklearmüll gibt, werden im Vergleich zu Russland und mit Blick auf die geplanten Nuklearimporte in Kapitel 5 internationale Entsorgungspraktiken und die damit verbundenen Probleme diskutiert. Abschliessend werden in Kapitel 6 Empfehlungen ausgesprochen, welche Maßnahmen Russland für einen nachhaltigeren Umgang mit der Nuklearindustrie ergreifen sollte.

2. Überblick über Russlands nukleare Brennpunkte

Zu den wichtigsten nuklearen Bereichen in Russland zählen die Kernkraftwerke, der Uranbergbau und die Uran verarbeitende Industrie, Unternehmen des nuklearen Brennstoffzyklus und der Hydrometallurgie, der Marine und verschiedene Forschungseinrichtungen.

Mit dem Einsatz der Nuklearindustrie begann auch das Problem der Entsorgung des Nuklearmülls. Bei nahezu allen Arbeitsprozessen, bei denen radioaktives Material verwendet wird, bspw. der Erzeugung von Nuklearbrennstoff für die Kraftwerke und die U-Boot-Reaktoren, der Gewinnung und Verarbeitung von Uranerzen, der Herstellung von waffentauglichem Plutonium³ und der Wiederaufarbeitung von verbrauchtem Nuklearbrennstoff wird radioaktiver Abfall erzeugt. Als radioaktiver Abfall werden im folgenden sämtliche radioaktive und verseuchte Materialien bezeichnet, die bei der Nutzung von Radioaktivität durch den Menschen anfallen und keine weitere Verwendung finden.

3) Plutonium (Pu) ist ein radioaktives metallisches Element, dass sich nur künstlich herstellen lässt oder als Abfall in Kernkraftwerken entsteht. Pu ist hochgiftig und hat eine Halbwertszeit von 24.000 Jahren. Das Isotop Pu-239 ist neben Uran-235 wesentlicher Bestandteil von Nuklearwaffen.

Tab. 1: Größen und Maßeinheiten ionisierender Strahlung⁴

Die Atomkerne (Nuklide) radioaktiver Elemente haben die Eigenschaft, spontan zu zerfallen und dabei Teilchen auszusenden. Ein Maß, das beschreibt, wie oft ein Zerfall in einem bestimmten radioaktiven Element stattfindet, bzw. wie intensiv ein Element strahlt, ist die Strahlungsaktivität, die sich durch die Anzahl der in einer Sekunde zerfallenden Atome ausdrücken läßt. Die Einheit der Aktivität ist: 1 Becquerel [Bq] = 1 Zerfall pro Sekunde.

Der radioaktive Zerfall hat statistischen Charakter, d.h. man kann von einem Atomkern nicht sagen, wann er zerfällt, sondern nur, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass es in einer gewissen Zeitspanne passiert. Die Halbwertszeit einer radioaktiven Substanz, die aus einer Sorte von Radionukliden besteht, ist die Zeit, nach der im Mittel die Hälfte einer großen Anzahl anfänglich vorhandener radioaktiver Nuklide zur Hälfte in andere, möglicherweise immer noch radioaktive Folgeelemente zerfallen ist. Sie ist für jedes Nuklid eine feste Größe.

Für die Strahlungswirkung ist nicht nur die Aktivität wichtig, sondern auch die Art der Strahlung, bzw. ihr Ionisationsvermögen und ihre Reichweite (bzw. Abschirmbarkeit der Strahlung). Als Strahlendosis (oder Energiedosis) bezeichnet man die Menge der Energie, die von einer Einheit eines absorbierenden Körpers aufgenommen wird. Da die Strahlungsintensität mit dem Abstand zur Strahlungsquelle abnimmt, kann die Dosis durch Abschirmung der Quelle mit geeigneten Materialien wie Beton, Blei oder Wasser stark verringert werden. Je kürzer die Aufenthaltszeit in einem Strahlungsfeld konstanter Dosisleistung ist, um so geringer ist die erhaltene Dosis.

Da die biologische Schädigung nicht allein von der Energiedosis, sondern auch von der Art der Strahlung abhängt, wird die Äquivalentdosis als Maß für die Strahlungswirkung auf den menschlichen Körper definiert. Es gilt: Äquivalentdosis = Qualitätsfaktor (QF) · Energiedosis. QF ist ein für die jeweilige Strahlenart charakteristischer Qualitätsfaktor. Die Maßeinheit der Äquivalentdosis ist das Sievert (Sv).

Die effektive Dosis aus natürlichen Strahlenquellen (kosmische und terrestrische Strahlung) beträgt im Mittel 2,4 mSv pro Jahr, die effektive Dosis der zivilisatorischen Strahlenexposition (etwa durch Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin) ca. 1,6 mSv pro Einwohner und pro Jahr. Der Beitrag zur Strahlenexposition durch Kernkraftwerke und kerntechnische Anlagen liegt in Deutschland unter 1% der zivilisatorischen Strahlenexposition; der Beitrag durch den Reaktorunfall von Tschernobyl betrug 1996 weniger als 0,02 mSv und der Beitrag durch die in der Vergangenheit durchgeführten atmosphärischen Kernwaffenversuche 1996 weniger als 0,01 mSv. Als jährliche Dosisgrenzwerte hat das BMU in seiner Strahlenschutzverordnung vom 20.07.2001 für die Bevölkerung 1 milliSievert (mSv) und für beruflich exponierte Personen 20 milliSievert (mSv) pro Jahr festgesetzt.

⁴) *Quellen:* Gerthsen, Christian; Kneser, Hans O.; Vogel, Helmut: "Physik", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1974, S. 707f., Bundesamt für Strahlenschutz.

Der Nuklearmüll lässt sich unterscheiden nach flüssigen, festen und gasförmigen Bestandteilen. Zu flüssigem Nuklearmüll werden verschiedene Suspensionslösungen und Klärschlämme gezählt. Fester Nuklearmüll besteht aus Metallen, Beton, Holz, Schrott, Reaktorgehäuseteilen, Kleidung usw. Gasförmiger nuklearer Abfall lässt sich in zwei Gruppen unterscheiden: Gase mit induzierter Aktivität (in Reaktoren) und Gase, die sich bei der Produktion oder Wiederaufbereitung von radioaktiven Materialien bilden. Der größte Anteil von Spaltprodukten findet sich in flüssigem Nuklearmüll, der zum Beispiel bei Brennstoffenerneuerungsarbeiten von Atom-U-Booten oder bei Verarbeitungsprozessen von Uranerzen entsteht.

Tab. 2: Die Mengen des russischen Nuklearmülls aus dem zivilen und militärischen Bereich (Stand: 01.01.96)⁵

Zuständigkeit	Flüssiger Nuklearmüll		Fester Nuklearmüll		Verbrauchter Nuklearbrennstoff	
	m ³	Bq	m ³	Bq	Tonnen	Bq
<i>Minatom</i> (Uranindustrie, Produktion von Nuklearbrennstoff, Kernkraftwerke, Wiederaufarbeitung, Nuklearwaffenmaterialien)	4,0·10 ⁸	6,3·10 ¹⁹	2,2·10 ⁸	8,1·10 ¹⁸	8700	1,7·10 ²⁰
<i>Verteidigungsministerium</i> (Marine) Zivile nuklear angetriebene Schiffe und Atom-U-Boote	1,4·10 ⁴	4,4·10 ¹²	1,3·10 ⁴	3,0·10 ¹³	30	5,6·10 ¹⁹
<i>Wirtschaftsministerium</i> Konstruktion, Wartung, Reparatur und Operation von nuklear angetriebenen Schiffen	3,2·10 ³	1,8·10 ¹¹	1,5·10 ³	3,7·10 ¹²	-	-
<i>Transportministerium</i> Nukleare Eisbrecher	4,4·10 ²	5,5·10 ¹³	7,3·10 ²	3,7·10 ¹⁶	10	1,7·10 ¹⁸
<i>Russische Gesellschaft für institutionellen Nuklearmüll</i> (RADON) Lagerung von Nuklearmüll aus Medizin, Wissenschaft und Forschung, Industrie	-	-	2,0·10 ⁵	7,8·10 ¹⁶	-	-
<i>Gesamt</i>	4,1·10 ⁸	6,3·10 ¹⁹	2,3·10 ⁸	8,2·10 ¹⁸	8740	2,3·10 ²⁰

Ferner unterteilt man den Nuklearmüll in hochaktive, mittelaktive und schwachaktive Abfälle, von denen die für die Endlagerung vorgesehenen häufig in wärme-

⁵⁾ Quelle: RADLEG-Datenbank. Vgl. S. 9. Die Datenbank ist abrufbar unter: www.kiae.ru/radleg/intrde.htm.

entwickelnde Abfälle und solche mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung unterschieden werden. Während die Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung nach ihrer endlagergerechten Konditionierung⁶ ohne Zwischenlagerung endgelagert werden können, müssen die stark wärmeentwickelnden Abfälle vor ihrer Endlagerung in der Regel für einige Jahrzehnte zum Abklingen der Wärmeleistung oberirdisch gelagert werden. Bei diesen Abfällen, die ca. 99 Prozent der Radioaktivität aller Abfälle enthalten und ca. 10 Prozent des Abfallvolumens ausmachen, handelt es sich fast ausschliesslich um verglaste hochradioaktive Wiederaufarbeitungsabfälle oder um abgebrannte Brennelemente.⁷

Die strahlenden Hinterlassenschaften der ehemaligen Sowjetunion (Tab. 2) sind immens und haben bereits heute grosse Flächen des Landes vergiftet. Im folgenden wird ein Überblick über das Strahlungserbe und die bisher ungelösten Probleme der Entsorgung gegeben.

Die Daten, auf die sich die Untersuchung stützt, stammen aus unterschiedlichen Quellen und sind zum Teil widersprüchlich. Ein großer Teil der nachfolgend verwendeten Daten und Tabellen stützt sich auf die Ergebnisse des *Projekt # 245 RADLEG*, das vom *International Science and Technology Center (ISTC)* in Moskau in Zusammenarbeit mit dem russischen Ministerium für Atomenergie *Minatom*, der *Russischen Akademie der Wissenschaften* und dem *Kurschatow-Institut* durchgeführt wurde. Ziel war es, Daten über die nuklearen Abfälle Russlands zu sammeln und zu evaluieren und in einer Datenbank zur Verfügung zu stellen.⁸

RADLEG entstand in Zusammenarbeit mit dem *International Institute for Applied System Analysis (IIASA)* in Laxenburg, Österreich, das im Rahmen des Projektes "*Radiation Safety of the Biosphere*" (RAD Projekt) das strahlende Erbe der ehemaligen Sowjetunion untersuchte.

2.1 Die Hinterlassenschaften der großen Plutoniumfabriken der ehemaligen Sowjetunion

In der ehemaligen Sowjetunion konzentrierte sich die Produktion von waffentauglichem Plutonium und später auch die Wiederaufbereitung von Kernbrennstoffen auf drei große Anlagen des Brennstoffzyklus (Abb. 1):

6) Mit Konditionierung wird die Gesamtheit der Operationen bezeichnet, mit welchen radioaktive Abfälle für die Zwischen- oder Endlagerung vorbereitet werden. Dazu gehören insbesondere die sortenreine Sammlung, mechanische Zerkleinerung, die Dekontamination, die Verpressung, die Veraschung brennbarer Abfälle, die Einbettung in Abfallmatrizen und die Verpackung.

7) Vgl. "Empfehlungsentwurf des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte, www.akend.de, September 2002, S. 5.

8) RADLEG-Datenbank, ebd.



Abb. 1: Russland

- die Produktionsvereinigung "Majak" in Ozersk (Abb. 2) im Oblast Tscheljabinsk (in der Vergangenheit Tscheljabinsk-65),
- das Sibirische Chemische Kombinat in Seversk im Oblast Tomsk (in der Vergangenheit Tomsk-7) und
- das Bergbau- und Chemiekombinat in Tschelesnogorsk in der Region Krasnojarsk (in der Vergangenheit Krasnojarsk-26).

Sowohl bei der Erzeugung von Plutonium als auch der Wiederaufbereitung entstehen nukleare Abfälle, die nicht weiter verarbeitet werden können und gelagert werden müssen. Die größten Mengen Nuklearmüll befinden sich in den drei Unternehmen des Brennstoffzyklus (Tab. 3). Ein Großteil der in den Kernkraftwerken oder von den Atom-U-Booten und den nuklearen Eisbrechern erzeugten Nuklearabfälle wurde nach Majak transportiert, um hier wieder aufbereitet zu werden. In den vierzig Jahren, in denen die Anlagen in Betrieb waren, häuften sich nicht nur die Abfallmengen, durch Störfälle oder Mißachtung von Umweltschutzmaßnahmen gelangten auch große Mengen radioaktiver Isotope⁹ in die Umgebung. Obwohl die radioaktiven Kontaminationen in den Nuklearkomplexen heute schon immense Ausmaße angenommen haben und Tausende von Men-

⁹⁾ Ein Isotop ist ein Nuklid mit seiner Atomhülle. Als "Isotope" werden diejenigen Erscheinungsformen eines Elements bezeichnet, die zwar gleiche chemische Eigenschaften aufweisen und deren Atomkerne gleich viele Protonen besitzen, die aber aufgrund unterschiedlicher Neutronenzahl andere Massenzahlen und dadurch auch oft andere kernphysikalische Eigenschaften haben.

schen unter den Folgen des Missmanagements des Atommülls leiden, gelten Mayak und Krasnojarsk als mögliche Standorte für die Endlagerung des internationalen Atommülls.¹⁰ Von den drei Nuklearkomplexen ist heute nur noch Majak in Betrieb. Finanzierungs- und operationelle Probleme beschränken die Rate, mit der verbrauchte Brennelemente wiederaufbereitet werden können.

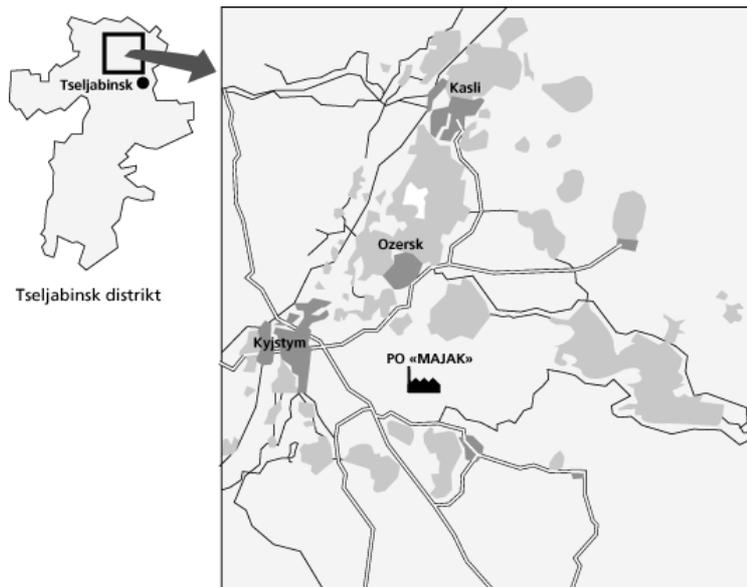


Abb. 2: Standort der Atomfabrik Mayak

(Bildquelle: Bellona, www.bellona.no)

Mayak:

Mayak war das erste Industriezentrum, das im Südjural errichtet wurde, um atomwaffenfähiges Plutonium (Pu-239) zu produzieren. 1945 wurde mit dem Bau des "Mayak Chemical Combine" begonnen und 1948 ging der erste von später sechs Reaktoren ans Netz. Heute umfasst Mayak, das immer noch auf keiner offiziellen Landkarte zu finden ist, ein ca. 160 Quadratkilometer großes Gebiet. Mayak befindet

sich ca. 10 Kilometer östlich der 86000 Einwohner zählenden Stadt Ozersk, eine bis 1992 geschlossene Stadt im Südjural, die nur unter Tscheljabinsk-65, bzw. vor 1990 unter Tscheljabinsk-40 bekannt war. Ozersk befindet sich ca. 15 Kilometer östlich der Stadt Kyshtym und ca. 70 Kilometer nördlich von der Einmillionenstadt Tscheljabinsk (Abb. 2).¹¹

Zur Erzeugung des Waffenplutoniums wurden fünf Uran-Graphit-Reaktoren gebaut, die inzwischen wieder stillgelegt sind. Seit Ende der 70er Jahre werden in Majak verbrauchte Brennelemente verschiedener Reaktortypen (WWER-440¹², Schneller Brüter, sowie Reaktortypen der U-Boot-Flotten) wiederaufbereitet.

Der Betrieb von Mayak, das fast 50 Jahre lang die Hauptproduktionsstätte für atomwaffenfähiges Plutonium der Sowjetunion war, führte zu den stärksten ra-

¹⁰ Münchmeyer, Tobias: Mayak/Krasnojarsk: Contamination and Health effects, Greenpeace, 9. 10. 2000.

¹¹ "Ozersk", Bellona Working Paper, Chapter 1, No. 4, 1995.

¹² WWER: *Wasser-Wasser-Energie-Reaktor*, ein Druckwasserreaktor sowjetischen Typs.

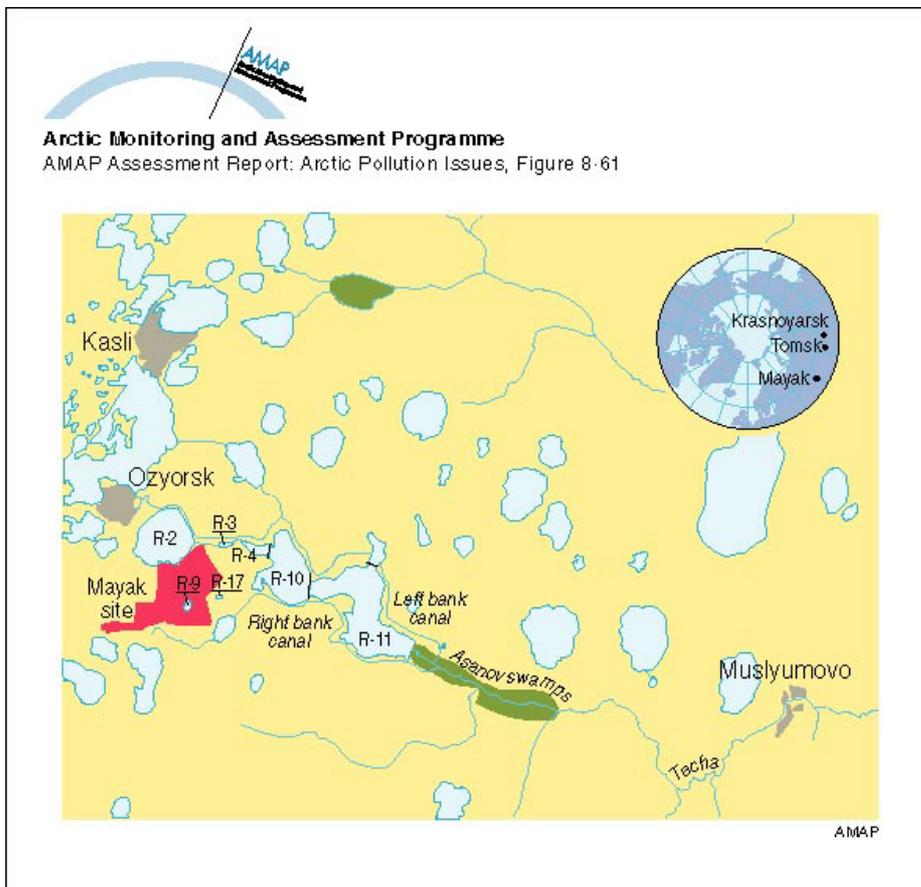


Abb. 3: Das Seen- und Kanalsystem des Tetscha (Techa)-Flusses in der Umgebung von Majak. Das Rückhaltebecken R-9 entspricht dem See Karatschai.

radioaktiven Belastungen im Ural. Ursache waren u.a. die Anfang der 50er Jahre noch nicht ausgereifte Nukleartechnik, das Unwissen über das Verhalten von Spaltprodukten in der Umwelt, die Nichtbeachtung oder Vernachlässigung von Umweltschutzmaßnahmen und schwere Nuklearunfälle. Drei Unglücke in den Jahren 1949, 1957 und 1967 wurden 1989 von der sowjetischen Regierung bestätigt.

Zwischen 1949 und 1952 wurde radioaktiver flüssiger Abfall routinemäßig in den nahe gelegenen Fluss Tetscha geleitet (Abb. 3). Mehr als 124.000 Menschen, die in der Flussregion lebten, waren einer Strahlenbelastung ausgesetzt. Als akute Strahlenerkrankungen in den flussabwärts gelegenen Dörfern auftraten, stoppte das Unternehmen die Einleitung in den Fluss. Von 1953 an wurde der flüssige Abfall in den See Karatschai gepumpt. Dieser im Bereich des Mayak-Geländes angelegte künstliche See diente als Rückhaltebecken für den flüssigen Nuklearmüll. Durch die kontinuierlichen Einleitungen entwickelte sich der See zu einem der am stärksten radioaktiv belasteten Seen der Welt. Während einer Dürre im

Frühjahr 1967 fielen die Uferbereiche des flachen und sumpfigen Sees trocken und über einen Zeitraum von vierzehn Tagen wurden radioaktive Partikel mit dem Wind über ein 1.800 Quadratkilometer großes Gebiet verteilt. 40.000 Menschen waren erneut einer Strahlenbelastung ausgesetzt.¹³

Der Karatschai See ist nicht das einzige Rückhaltebecken innerhalb des Mayak Geländes. Ein anderer See, der Staroye Boloto, enthält radioaktiven Müll mit einer Stärke von ca. 200.000 Curie oder 7,4 Billionen Becquerel.¹⁴ Auch heute noch müssen fortwährend Anstrengungen unternommen werden, durch Dammbauten zu verhindern, dass kontaminiertes Wasser aus dem Karatschai-See oder aus dem Kaskadensystem¹⁵ des oberen Tetscha in den unteren Flusslauf gelangt (vgl. die Rückhaltebecken R2, R3, R4, R9, R10, R11, R17 in Abb. 3). Es hat sich gezeigt, dass es sehr aufwändig und mit großen Kosten verbunden ist, die komplexen geochemischen und hydrogeologischen Bedingungen im Wassereinzugsgebiet des Tetscha zu untersuchen, um eine Kontamination der Trinkwasservorräte auszuschließen, bzw. einzudämmen.

Im Winter 1957 ereignete sich eine schwere Katastrophe in Kyshtym. Ein mit 300 Kubikmetern hochaktiver flüssiger radioaktiver Abfälle gefüllter Stahltank explodierte infolge von Überhitzung. Große Mengen radioaktiver Isotope wurden freigesetzt und ein mehr als 20.000 Quadratkilometer großes Gebiet in den Regionen Tscheljabinsk und Sverdlovsk kontaminiert.

Das Unglück wurde Jahrzehnte geheim gehalten und erst 1976 bekannt, als der Russe Zhores Medvedev in der Zeitschrift *New Scientist* in einem Artikel über die wachsende Widerstandsbewegung von Atomphysikern gegen die Politik der damaligen Regierung berichtete und dabei das Unglück erwähnte, nicht ahnend, dass dieser Vorfall bis dahin in der westlichen Welt unbekannt war.¹⁶

Das Gebiet wurde später zur "East-Urals Radioactive Trace" (EURT) Sperrzone erklärt. Ca. 272.000 Menschen lebten damals in dem verseuchten Gebiet. Erst 1993 wurden Messungen vom "Regionalen Zentrum für Hydrometeorologie und Umwelt-Monitoring" in Tscheljabinsk durchgeführt und Daten über die Strontium-90 und Cäsium-137-Verteilung in diesem Gebiet erhoben. Im Januar 1996 betrug

13) RADLEG-Datenbank: "Plutonium Production and Radiochemical Reprocessing of Spent Nuclear Fuel", www.kiae.ru/radleg/ch7e.htm.

14) Ebd.; Curie (Ci) ist die Einheit der Strahlungsaktivität von 1g reinem Radium (²²⁶Ra): Es gilt: 1 Curie = $3,7 \cdot 10^{10}$ Zerfallsakte / Sekunde. Heute ist für die Strahlungsaktivität die Maßeinheit des Internationalen Systems, das Becquerel (Bq), gebräuchlicher. Es gilt: 1 Bq = 1 Zerfall / Sekunde = $2,7027 \cdot 10^{-11}$ Ci.

15) Der obere Flusslauf des Tetscha wurde in mehrere Rückhaltebecken unterteilt (bekannt als *Techa River Reservoirs Cascade*), um den Grad der Radioaktivität im Flusswasser zu verringern. Ein Großteil der Radionuklide ist an Sedimenten auf dem Grund dieser Becken gebunden.

16) Country Status Report: Russia, www.motherearth.org/archive/archive/csr/russia.html.

die Fläche des im wesentlichen mit diesen Isotopen kontaminierten Landes ca. 2.736 Quadratkilometer (Tab. 3b).¹⁷

Tomsk-7:

Der Nuklearkomplex des Sibirischen Chemischen Kombinats in Seversk in Sibirien, der sich 12 bis 15 Kilometer nördlich der Stadt Tomsk befindet, wurde 1949 errichtet und 1953 in Betrieb genommen. Der Komplex umfasst verschiedene Anlagen u.a.

- Reaktoren zur Erzeugung von Plutonium, elektrischer und thermischer Energie,
- zur Wiederaufarbeitung von bestrahlten Materialien, die bei Separations- und Reinigungsprozessen (*Purification*) von Uran- und Plutoniumsalzen anfallen,
- chemische und metallurgische Anlagen zur Produktion von reinem Uran und Plutonium,
- zur Herstellung von Uranoxid und Uranhexafluorid und zur Isotopenanreicherung sowie Lagerkapazitäten für nukleare Spaltprodukte und Uranoxide und Nuklearmüll.

Fester Nuklearmüll wird je nach seinem spezifischen Aktivitätsgrad im Boden oder in Betontanks vergraben oder in speziellen Gebäuden gelagert. Der größte Anteil flüssigen Nuklearabfalls, der bei der radiochemischen Verarbeitung entsteht, wird zunächst in rostfreien Stahlbehältern zwischengelagert, bevor er weiteren Verarbeitungsprozessen zugeführt und im letzten Arbeitsschritt in tiefer gelegene geologische Schichten (315-340 Meter) gepumpt wird. Schwach radioaktiver flüssiger Müll wird nach weiteren Reinigungsstufen in das umgebende Flusssystem des *Ob* eingeleitet, Klärschlämme in Tanks oder künstlichen Speicherseen gelagert (vgl. Tab. 3a).

Seit Inbetriebnahme des Industriekomplexes wurden 36 Strahlungsunfälle registriert, von denen sich der schwerste nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl (1986) am 6. April 1993 ereignete. Bei einer Explosion in der Wiederaufarbeitungsanlage gelangten große Mengen eines radioaktiven Gas- und Aerosolgemisches in die Atmosphäre und verseuchten ein mehr als 120 Quadratkilometer großes Gebiet. Damals wurde auch Plutonium freigesetzt. Offizielle Stellen spielten den Unfall herunter. Glücklicherweise wurde die Stadt Tomsk wegen günstiger Windverhältnisse von der radioaktiven Ausbreitungswolke verschont.¹⁸

17) RADLEG-Datenbank, a.a.O., www.kiae.ru/radleg/ch7e.htm.

18) Ebd.

Ein weiterer Unfall ereignete sich im Juni 1977. Damals stellte ein Ingenieur fest, dass eine grosse Menge radioaktiven Materials in ein nahe gelegenes Gewässer gepumpt worden war. Seine Warnungen blieben allerdings unbeachtet bis 1990, als die russische Zeitung Izvestiya berichtete, dass das kontaminierte Gebiet

Tab 3a: Übersicht über die Abfallmengen in den drei Nuklearkomplexen

Abfalltyp	Stand: Jahr 2000	Schätzung für 2010
	m ³	m ³
Majak		
Hochaktiver flüssiger Müll	907	4.917
Mittelaktiver flüssiger Müll	2.220.000	2.220.000
Schwachaktiver flüssiger Müll	429.000.000	429.000.000
Hochaktiver fester Müll	47.957	56.753
Mittelaktiver fester Müll	81.450	85.350
Schwachaktiver fester Müll	309.600	323.419
Krasnojarsk		
Hochaktive Schlämme in Tanks	10.000	
Schwachaktive Schlämme in Tanks	34.000	
Klärschlammbecken	50.000	
Kontaminierter Boden*	6.110.000	
Tomsk		
Schwachaktiver fester Müll	(in Tonnen) 127.000	
Schwachaktiver Müll in Schächten	280.000	
Andere Deponien	8.000.000	
Hochaktiver flüssiger Müll	2.600	

*Die Menge des kontaminierten Bodens ist hier nicht gleichzusetzen mit der Größe der in Tab. 3b angegebenen kontaminierten Gebiete. Der kontaminierte Boden bezieht sich auf verseuchtes Erdreich bspw. durch radioaktive Einleitungen, im Uferbereich von Klärschlammbecken usw. Die kontaminierten Gebiete in Tab. 3b sind im wesentlichen durch atmosphärischen Fallout entstanden.

ungeschützt war und von Wildtieren ungehindert betreten werden konnte. 8 Personen von insgesamt 38, die das Fleisch von Wildtieren verzehrt hatten, mussten aufgrund der erhöhten Strahlungswerte in ihren Körpern stationär behandelt werden.¹⁹

¹⁹⁾ Ebd.

Tab. 3b: Die kontaminierten Gebiete im Umkreis der Nuklearkomplexe*

Verteilung des kontaminierten Landes anhand der Strahlungsstärke-rate in $\mu\text{R/h}$	Kontaminiertes Land in Quadratki-lometern
Majak	
< 60	1.055
60 - 120	888
120 - 240	52
240 - 1000	502
> 1000	239
Gesamt	2.736
Krasnoyarsk	
< 60	77,7
60 - 120	14,9
120 - 240	675,1
240 - 1000	5
> 1000	6,2
Gesamt	778,9
Tomsk	
< 60	3.838
60 - 120	1.558
120 - 240	1.258
240 - 1000	1.697
>1000	2.041
Gesamt	10.392

* Radleg-Datenbank

geologische Schichten gepumpt: mittelaktiver Müll in ca. 180 - 280 Meter Tiefe, hochaktiver Müll in 300 - 500 Meter Tiefe (vgl. Tab. 3a).²⁰

1991 berichtete Alexei Jablokow, dass Untersuchungen des Jenissei ergeben hatten, dass sowohl Flusswasser als auch Sedimente bis einige Kilometer fluss-abwärts radioaktiv belastet waren.²¹

Tab. 3c: Die theoretische Belastung durch die Strahlungsstärke je nach Dauer des Aufenthaltes in den einzelnen Zonen*

Verteilung des kontami-nierten Lan-des anhand der Strah-lungsstärke-rate in $\mu\text{R/h}$	Belastung in mSv/Jahr bei 40 Stunden Arbeitszeit pro Woche in der belaste-ten Zone	Belastung in mSv/Jahr bei ständigem Aufenthalt in der belaste-ten Zone
< 60	< 10	< 42
60 - 120	10 - 21.	42 - 87
120 - 240	21 - 40	87 - 166
240 - 1000	40 - 166	166 - 699
> 1000	> 166	> 699

*Ohne Berücksichtigung der natürlichen Hinter-groundstrahlung

Krasnoyarsk-26:

Das Bergbau- und Chemiekombinat in Tschelesnogorsk befindet sich auf einer Länge von ca. 360 Kilometern auf der rechten Flussuferseite des Jenissei. Seit Anfang der 50er Jahre erzeugten hier drei Reaktoren waffenfähiges Plutonium, Dampf für Fernwärme und Elektrizität.

Heute produziert nur noch ein Reaktor Waffenplutonium. Flüssiger Nuklearmüll wird in Spezialtanks oder offenen Speicherseen gesammelt, gereinigte Anteile in den Jenissei eingeleitet. Flüssigmüll wird hier ebenfalls in tiefer gelegene ge-

²⁰⁾ Quelle für die Tabellen: RADLEG-Datenbank, www.kiae.ru/radleg/ch7e.htm.

²¹⁾ Ebd.

Tomsk weist mit mehr als 10.000 Quadratkilometern die größte belastete Fläche auf. Tabelle 3c gibt die durchschnittliche Belastung durch die Strahlungsstärke je nach Dauer des Aufenthaltes in der jeweiligen Zone an. Diese Werte liegen alle deutlich über den Grenzwerten von 1 mSv/Jahr zum Schutz der Bevölkerung und – mit Ausnahme der 60-120 µR/h-Zone – von 20mSv/Jahr für beruflich strahlen-exponierte Personen.²²

2.2 *Laboratorien zur Herstellung von Massenvernichtungswaffen*

Die Entwicklung von Massenvernichtungswaffen in der ehemaligen Sowjetunion fand in geheimen Städten statt, die nur unter ihren Code-Bezeichnungen bekannt waren: Tomsk-7, Arzamas-16, Krasnojarsk-26, Penza-19, Zlatoest-36 und Tscheljabinsk-70. Hier arbeitete knapp eine Million Menschen, von denen ca. 2000 direkt mit der Konstruktion von Atombomben vertraut waren.

Das bedeutendste Zentrum war Arzamas-16, heute bekannt als Sarow, das sich 300 Kilometer östlich von Moskau befindet, nicht weit vom ehemaligen Gorki entfernt.²³ Heute sollen Nuklearwaffen in folgenden Industriezentren produziert werden:

- im Kombinat "Elektrokhimpribor" in Lesnoy in der Region Jekaterinburg (früher Sverdlovsk),
- in der Industriegesellschaft "START" in Zareschny, Region Penza²⁴,
- in einem Maschinenwerk in Trekhgorny, Region Tscheljabinsk und
- in dem Elektromechanischen Unternehmen "Avangard" in Sarow in der Region Nischni-Nowgorod (Abb. 1).

In allen Produktionsstätten ist radioaktiver Abfall angefallen, dessen Gesamtmenge 1997 4301 m³ festen und 2546 m³ flüssigen Nuklearmüll erreichte.²⁵

2.3 *Die nuklearen Testgebiete*

Die Sowjetunion unterhielt zwei Testgebiete für nukleare Explosionen: Semipalatinisk in Kasachstan und die Inselgruppe Nowaja Semlja im Arktischen Ozean. Drei kleinere Testgebiete befanden sich in Azgir und Astrakhan in Kasachstan sowie in Orenburg, einem Gebiet zwischen Wolga und Ural. Zwischen 1949 und

22) BMU: Neue Strahlenschutzverordnung vom 20. 07. 2001.

23) Country Status Report: Russia, a.a.O.

24) Die Stadt Penza, nach der die Region benannt ist, befindet sich ca. 560 Kilometer südöstlich von Moskau.

25) RADLEG-Datenbank: "Nuclear Weapon Production", www.kiae.ru/radleg/ch8e.htm.

1990 führte die Sowjetunion insgesamt 715 nukleare Tests durch. 221 davon wurden bis 1962 oberirdisch durchgeführt, bis die Atommächte USA, Großbritannien und die ehemalige Sowjetunion am 5. August 1963 den Vertrag über einen begrenzten Teststopp (*Partial Test Ban Treaty*, PTBT) unterzeichneten, der Kernwaffenversuche im Weltraum, in der Atmosphäre und unter Wasser verbietet. Von 1963-1990 folgten 494 unterirdisch gezündete Explosionen, von denen drei vor der Küste von Nowaja Semlja trotz PTBT unter Wasser stattfanden. Heute unterhält Russland nur noch das Testgebiet auf Nowaja Semlja, wo seit 1990 kein Test mehr stattgefunden hat.

Von den 715 Nuklearexplosionen waren 124 sogenannte "friedliche" Explosionen (*Peaceful Nuclear Explosions* – PNE's), die zwischen 1965 (oder erst ab 1969) und 1988 durchgeführt worden waren.²⁶ Da die PNE's in den amtlichen Meldungen keine Erwähnung fanden, war über sie jahrelang nur wenig bekannt. 1997 lud das russische Parlament erstmalig 30 Experten und Wissenschaftler zu einer Anhörung über die PNE's ein. Bekannt wurde, dass die PNE's im Gegensatz zu den Nukleartests, die nur in den weit entfernten Testgebieten stattfanden, im gesamten Land zur Anwendung kamen, oft nicht weit entfernt von Städten, z.B. in der 200 Kilometer nordöstlich von Moskau gelegenen Iwanowo-Region.²⁷

Die meisten PNE's mit einer Stärke zwischen 2 und 20 Kilotonnen wurden in Tiefen von 500 bis 2000 Metern durchgeführt. Die gewaltigste Explosion mit einer Stärke von 40 Kilotonnen fand in 1500 Metern Tiefe in Archangelsk statt, nur 65 Kilometer von der Stadt Narya-Mar entfernt. Eingesetzt wurden die PNE's für seismologische und geologische Untersuchungen bei der Exploration von Öl-, Gas- und Mineralienvorkommen, zum Bau von Tunneln in Bergwerken oder um Abfälle zu beseitigen.²⁸

Bekannt wurde auch, dass bei einigen PNE's radioaktive Gase in die Atmosphäre gelangten und die Erdoberfläche über den Explosionsherden radioaktiv kontaminiert wurden. Welche Auswirkungen die radiologischen, geophysikalischen und geochemischen Prozesse, die bei unterirdischen Nuklearexplosionen in Gang gesetzt werden, langfristig auf die Umwelt haben werden, ist noch wenig erforscht. Klar ist aber, dass die PNE's zur Verseuchung einiger Gebiete in Russland beigetragen haben.

26) Quelle: USSR Nuclear Weapons Tests and Peaceful Nuclear Explosions: 1949 through 1990; The Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy, and Ministry of Defense of the Russian Federation; ed. V. N. Mikhailov; 1996.

27) Larin, Vladislav; Tar, Eugeny: "Soviet PNEs: a legacy of contamination", Bulletin of Atomic Scientists, May/June 1999, Vol. 55, No. 3, <http://www.bullatomsci.org/issues/1999/mj99/mj99larin.html>.

28) Ebd.

2.4 Die Produktionsrückstände der Uranminen und Uranerz verarbeitenden Industrie

Die Sowjetunion unterhielt neun grosse Industriekomplexe für die Uranminen und die Uranerz verarbeitende Industrie. Heute verteilen sich die Anlagen auf sechs GUS-Staaten: Russland, Ukraine, Kasachstan, Usbekistan, Tadschikistan und Kirgistan.

Durch den jahrzehntelangen Betrieb der Uranminen und der Uranerz verarbeitenden Industrie gelangten grosse Mengen radioaktiven Materials in die Umgebung. Beim Abbau und bei den Verarbeitungsprozessen von Uranerzen entstehen am Ende des nuklearen Brennstoffzyklus feste, flüssige und gasförmige Abfälle. Insbesondere die Radionuklide Uran-238, Uran-235 und Thorium-232 gelangen durch den Betrieb von Urandeponien in die Atmosphäre. Verglichen mit anderen radioaktiven Kontaminationsquellen im Brennstoffkreislauf verursachen Urandeponien zwar geringeren radioaktiven, sogenannten *low-level* Nuklearmüll, der allerdings die natürliche Hintergrundstrahlung erhöht und das für sehr lange Zeitperioden von hunderten bis tausenden von Jahren. Als Folge davon übersteigt die radioaktive Belastung in der Umgebung der Uran verarbeitenden Industriekomplexe um ein vielfaches die der natürlichen Hintergrundstrahlung.²⁹

Gelangen Radionuklide des Urans, Radiums, Radons, Thoriums oder Poloniums, die sich auf dem Boden oder in Schlammbecken angesammelt haben, ins Grundwasser, entsteht eine beträchtliche gesundheitliche Gefährdung.

Radioaktiver Abfall ist ein integraler Teil der Uranerz verarbeitenden Industrie. Die Menge der festen Rückstände entspricht in etwa der Menge des verarbeiteten Uranerzes, der flüssige Anteil erreicht die 2-3-fache Menge davon.

Im Rahmen des Programms zum "*Management of Radioactive Waste and Spent Fuel Nuclear Materials, Their Utilization and Disposal*", das die russische Regierung 1995 für den Zeitraum von 1996 - 2005 beschloss, sieht für den Betrieb von Uranminen und der Uran-Industrie folgende Punkte vor:

- Durchführung einer umfassenden Studie des Einflusses der Uran-Industrie und ihrer Abfallprodukte auf die Umwelt,
- Errichtung von Entsorgungs- und Wiederaufbereitungsfabriken für den flüssigen und festen Nuklearmüll und die
- Entwicklung von Fabriken zur Wiederaufbereitung des Abfalls, der bei Uran-Anreicherungsprozessen entsteht, um die gefährlichen Abfallmengen insgesamt zu reduzieren.

²⁹⁾ International Science and Technology Center, ISTC, RADLEG-Datenbank: "Mining, Processing and Enrichment of Uranium Ores", www.kiae.ru/radleg/ch1e.htm.

Die Uran-Anreicherungsindustrie

Dieser Industriezweig, der zu Zeiten der Sowjetunion errichtet wurde, diente ursprünglich dem alleinigen Zweck, hochangereichertes Uran (HEU)³⁰ für den Bau von Nuklearwaffen zu erzeugen. Als die Entwicklung der zivil genutzten Nuklearkraft voranschritt, wurde dieser Zweig teilweise umgebaut, um fortan niedrig angereichertes Uran (LEU)³¹ zu produzieren und Nuklearkraftwerke mit Reaktor-brennstoff zu versorgen. 1988 wurde die Produktion von HEU in der damaligen Sowjetunion beendet. Heute wird LEU im wesentlichen als Kraftwerksbrennstoff erzeugt. Ein Teil davon wird auf dem internationalen Markt verkauft.

Die Urananreicherungsindustrie umfasst im wesentlichen zwei Bereiche: Produktionsstätten zur Erzeugung von Uranhexafluorid (UF₆) und zur Anreicherung des Urans. 1997 waren in Russland zwei Produktionsstätten zur Erzeugung von UF₆ und vier zur Urananreicherung in Betrieb³²:

- das Elektrochemische Kombinat in Novoural'sk, in der Region Sverdlovsk (Anreicherung)
- der Elektrochemische Betrieb in Tschelesnogorsk in der Region Krasnojarsk (Anreicherung)
- das Sibirische Chemische Kombinat in Seversk im Oblast Tomsk (Anreicherung und UF₆)
- das Elektro-Chemische Kombinat in Angarsk, in der Region Irkutsk (Anreicherung und UF₆)

2.5 *Sicherheitsrisiken und wachsende Müllberge in den russischen Kernkraftwerken*

Die Sowjetunion baute eine große Zahl von Atomkraftwerken, die unterschiedlichen Zwecken dienten: der Erzeugung des Waffenstoffs Plutonium, Dampf für die Fernwärmeversorgung und Elektrizität. Die meisten dieser aus der Ära der Sowjetunion stammenden Kraftwerke haben oder erreichen in wenigen Jahren das Ende ihrer Betriebszeit und müssen stillgelegt oder aufgerüstet werden.³³ Russland betreibt zur Zeit 9 Kernkraftwerke mit 29 Reaktorblöcken (Abb. 4), die

30) HEU: High-Enriched Uranium. Hochangereichertes Uran enthält zu über 90% das Isotop Uran-235 und ist wesentlicher Bestandteil der Atombombe.

31) LEU: Low-Enriched Uranium.

32) RADLEG-Datenbank, a.a.O., www.kiae.ru/radleg/ch1e.htm.

33) RADLEG-Datenbank: "Nuclear Power Plants", www.kiae.ru/radleg/ch4e.htm.

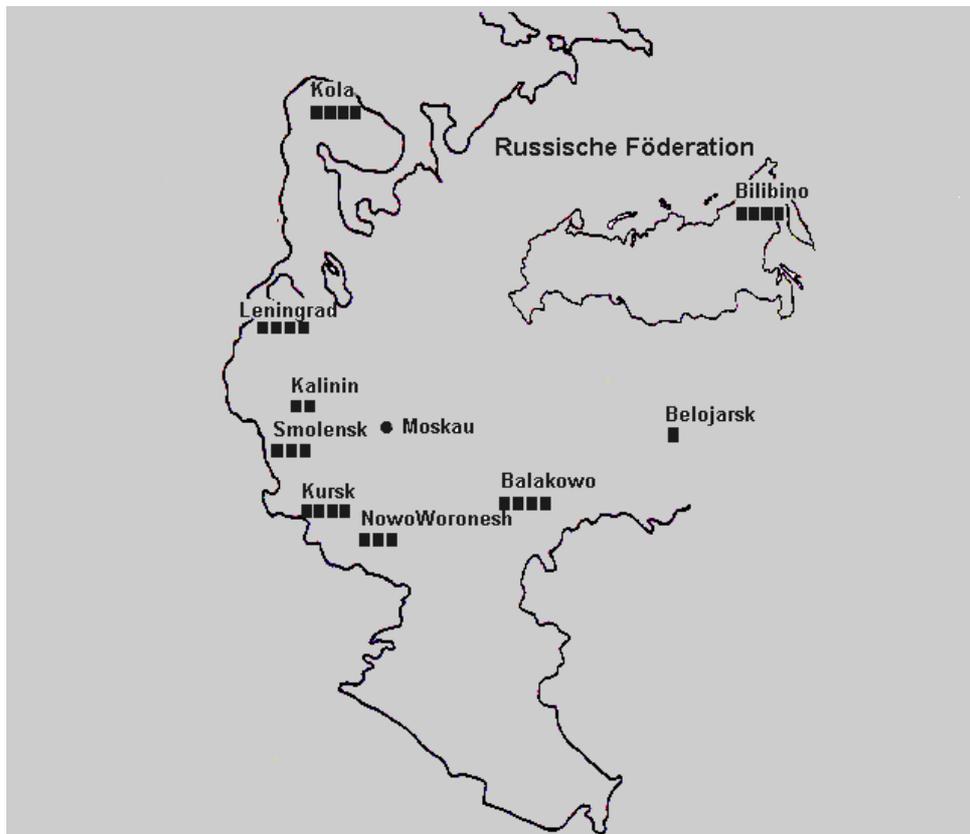


Abb. 4: Die Kernkraftwerke sowjetischer Bauart und die Anzahl ihrer Reaktorblöcke

mit einer Gesamtleistung von 98 TWh mit 11,4 % an der Gesamtproduktion der elektrischen Energie in Russland beteiligt sind.³⁴

Durch den Betrieb von Kernkraftwerken gelangt immer auch ein bestimmter Betrag radioaktiven Materials als Aerosol, in gasförmiger oder flüssiger Form in die Umgebung. Kommt es zu Zwischenfällen im Kernkraftwerksbetrieb, besteht eine Strahlungsgefahr für Beschäftigte, Bevölkerung und Umwelt.

Die Sicherheitsstandards der meisten dieser Kraftwerke werden von internationalen Experten als unzureichend betrachtet. Geld zur Auf- oder Umrüstung der Kraftwerke ist kaum vorhanden, denn nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion gerieten die meisten Kraftwerke in wirtschaftliche Schwierigkeiten. Durch den Rückgang der Schwerindustrie in Russland sank die Nachfrage nach Elektrizität, da viele Elektrizitätskunden zahlungsunfähig geworden waren.

In den Nuklearanlagen führte das monatelange Warten der Belegschaft auf Löhne und Gehälter wiederholt zu Streiks. Im Dezember 1996 traten mehrere Opera-

³⁴⁾ All About Nuclear Russia, Factsheet: "Nuclear Power Stations in Russia", www.bellona.no.

teure der Leningrader Nuklearfabrik in den Hungerstreik, da sie nicht mehr bezahlt wurden.³⁵

Seit Inbetriebnahme der Anlagen ist eine große Menge Nuklearmüll (Tab. 4a) angefallen, der bis Anfang der 90er Jahre in Speziallagern in der Regel auf den Betriebsgeländen der Anlagen deponiert wurde. In den Kraftwerken Leningrad und Kalinin wird flüssiger Nuklearmüll in Ölschiefer verarbeitenden Anlagen prozessiert, in NovoWoronesh und Balakowo in Kondensationsanlagen aufgearbeitet. Fester Nuklearmüll wird in Belojarsk, Kola und NovoWoronesh sortiert, gepresst und gelagert. Brennbare Material wird in Belojarsk und Kola verbrannt. In anderen Kernkraftwerksanlagen wird der feste Nuklearmüll nur gelagert.

Tab. 4a: Menge des verbrauchten Nuklearbrennstoffs

Kernkraftwerk	Menge des verbrauchten Nuklearbrennstoffs in Tonnen
Kalinin	175
Sosnowi Bor	3916
Bilibino	108
Kola	148
Belojarsk	250
Balakowo	272
Smolensk	1428
Kursk	3244
NovoWoronesh	303

Quelle: RADLEG-Datenbank

Aus den Daten (Tab. 4b und c) wird deutlich, dass mehr als 50% der Anlagen ihr Kapazitätslimit für Atommülllagerung erreicht haben. Besonders prekär ist die Lage im Leningrader Kraftwerk. 1995 wurde hier die Lagerstätte für Brennelemente mit über 20.000 angefüllt, obwohl sie nur für maximal 17.500 ausgelegt war. Mögliche Auswirkungen auf die Umwelt blieben ausser acht und es kam zu diversen Verstößen von Technologie- und Qualitätsstandards. Als 1996 ein Leck in einem der Wassertanks auftrat, in denen die verbrauchten Brennelemente gelagert und gekühlt werden, wurden von den Betreibern der Anlage zunächst keine Massnahmen ergriffen, um die Leckage zu beheben. Es dauerte sechs Monate, in denen die Menge des Sickerwassers von anfänglich 12 auf 360 Liter pro Tag anstieg, bis die in Sosnowi Bor ansässige NRO Green World den örtlichen Bürgermeister über die gefährliche Situation in der Leningrader Nuklearanlage informierte und die Betreiber auf den öffentlichen Druck hin endlich reagierten.³⁶

³⁵⁾ Quelle: Nuclear Power Stations in Russia, Factsheet No. 52, Leningrad Power Station, www.bellona.no.

³⁶⁾ Bodrov Oleg; Pavlov, Alexey; Kharitonov, Serghey, "The Chronicle of Attempts to Monitor the safe operation of Leningrad NPP", www.greenworld.org.ru/eng/gwnews/bn/bngw065.htm.

Tab. 4b: Menge des eingelagerten flüssigen Nuklearmülls³⁷

Ort	Lagerkapazität	Stand: 31. 12. 1993		Extrapolierte Werte für den 31. 12.1999*	
		in m ³	Menge in m ³	Kapazität in %	Menge in m ³
Kalinin	3600	3500	97%	3600	100%
Sosnowi Bor	21400	18500	86%	>21400	>100%
Bilibino	1000	800	83%	-	-
Kola	7800	6400	82%	>7800	>100%
Belojarsk	6400	5200	82%	-	-
Balakowo	3600	2800	79%	>3600	>100%
Smolensk	19500	12100	62%	>19500	>100%
Kursk	63000	29500	47%	34300	54%
NovoWoronesh	18600	6500	35%	11900	64%
Gesamt	144900	85300			

Tab. 4c: Menge des eingelagerten festen Nuklearmülls³⁸

Ort	Lagerkapazität in m ³	Stand: 31. 12. 1993		Extrapolierte Werte für den 31. 12.1999*	
		Menge in m ³	Kapazität in %	Menge in m ³	Kapazität in %
Kalinin	6000	3900	65	>6000	>100%
Sosnowi Bor	24000	14000	60	23600	98%
Bilibino	3000	1900	62	-	-
Kola	19500	5900	30	>19500	>100%
Belojarsk	18800	14600	78	-	-
Balakowo	18700	4600	25	9400	50%
Smolensk	14800	9500	64	>14800	>100%
Kursk	27800	27500	99	>27800	>100%
NovoWoronesh	40000	27600	70	33000	83%
Gesamt	172600	109500			

*Die extrapolierten Werte wurden unter der Annahme berechnet, dass jährlich flüssiger Nuklearmüll in Höhe von 200 - 300 Kubikmetern von Druckwasser- und 600 Kubikmetern von Siedewasserreaktoren anfällt; fester Nuklearmüll in Höhe von 200 - 400 Kubikmetern für beide Reaktortypen.

37) Nach Angaben der "Contact Expert Group: Working Group on Strategy on Management of Radwaste & SNF, Viewed in relation to the provision of international assistance", EUR19263 EN, SWG/R/004 Final, 29. 6. 2000, S. 23.

38) Ebd.

2.6 *Die radioaktiven Abfälle von Forschungseinrichtungen und anderen Bereichen*

Zu den Aufgaben der nuklearen Forschungszentren der ehemaligen SU zählten Forschungsaufgaben in Bereichen der Nuklear- und Festkörperphysik, der Materialforschung (insbesondere in bezug auf die Strahlungseigenschaften von Materialien) u.a. Die meisten der Einrichtungen wurden in den 40er und 50er Jahren konstruiert und in den späten 60igern in Betrieb genommen. Zu den Zentren gehörten Forschungsreaktoren, Forschungslaboratorien und Lagerstätten für Nuklearmüll. Die Reaktoren in den unterschiedlichen Einrichtungen waren von sehr unterschiedlichem Design, Leistung, Nuklearbrennstoff, Material und Bedienung.³⁹

Über Umfang und Verbleib des Nuklearmülls gibt es nur sehr unvollständige Angaben. Die Mengen des festen Nuklearmülls werden auf 200.000 Kubikmeter geschätzt (Vgl. Tab. 2). Bis in die 60er Jahre wurde der radioaktive Abfall einiger Moskauer Unternehmen sogar auf den städtischen Hausmülldeponien abgeladen, wo sich heute noch radioaktive Belastungen feststellen lassen. Es ist anzunehmen, dass diese Praktiken nicht nur von Moskauer Instituten angewendet wurden.⁴⁰

Von den mehr als 50 Einrichtungen, sind jetzt mehr als 70% infolge von Mittelkürzungen und wirtschaftlicher Unrentabilität geschlossen.⁴¹ In den meisten Einrichtungen besteht das Problem des Managements des angefallenen Nuklearmülls und seiner sicheren Entsorgung. Zu Zeiten der Sowjetunion wurde der verbrauchte Nuklearbrennstoff nach Majak transportiert. Andere radioaktive Abfälle wurden auf den Institutsgeländen gelagert oder ab Mitte der 70er Jahre zur "Russischen Gesellschaft für institutionellen Nuklearmüll" (RADON) in Moskau transportiert.

Mittelkürzungen in den vergangenen Jahren bewirkten, dass der in Kühlteichen gelagerte Nuklearbrennstoff bei vielen Einrichtungen nicht geborgen und abtransportiert werden konnte. Flüssiger Nuklearmüll wurde in Stahl- und Betonbehältern gelagert und zum größten Teil zum russischen Institut für Atomreaktoren (NIIAR) in Dimitrovgrad im Oblast Uljanowsk transportiert, schwachaktiver Flüs-

39) International Science and Technology Center, ISTC, RADLEG-Datenbank: "Nuclear Research Reactors And Nuclear Research Centers", www.kiae.ru/radleg/ch6e.htm.

40) Vgl. Weißenburger, Ulrich, "Sicherheitsmängel und Störfallrisiken als Problem der russischen Wirtschafts- und Umweltpolitik. Teil II: Umweltgefährdung durch Nuklearanlagen und radioaktive Abfälle", Berichte des BIOst, Nr. 15, 1996, S. 17; sowie Weißenburger, Ulrich, "Nukleare Umweltgefährdung in Russland", DIW, Berlin, Wochenbericht 21/96, www.diw.de/deutsch/publikationen/wochenberichte/docs/96-21-1.html.

41) Contact Expert Group: Working Group on Russian Strategy on Management of Radwaste & SNF, a.a.O., S. 7.

sigmüll – wie in Tomsk-7 und Krasnojarsk-26 – in tiefer gelegene geologische Schichten gepumpt. Wegen wirtschaftlicher Schwierigkeiten wurden die Nuklearmülltransporte stark eingeschränkt, so dass viele der Forschungseinrichtungen ihren Nuklearmüll heute nicht los werden können. Die schlechte Finanzlage verhindert auch dringend notwendige Investitionen zur Verbesserung der Sicherheitsstandards oder zur Errichtung neuer Deponiekapazitäten.⁴²

2.7 Die strahlenden Hinterlassenschaften der Atom-U-Boot-Flotten

Große Mengen nuklearen Abfalls wurden durch den Betrieb der atomaren U-Boot-Flotten erzeugt, die die Sowjetunion von 1957 an, als das erste atomar getriebene Atom-U-Boot Leninsky Komsomol vom Stapel lief, zu den größten U-Boot-Flotten der Welt ausbaute (Tab. 5)⁴³. Seit 1957 wurden insgesamt ca. 248⁴⁴ (245⁴⁵) Atom-U-Boote der Marine übergeben und zwei Drittel davon dem Kommando der Nordmeerflotte unterstellt.

Tab. 5: Anzahl der weltweit gebauten und ausser Dienst gestellten Atom-U-Boote

	Erbaut	Ausser Dienst gestellt bis 2000
USA	179	100
Russland/SU	248 (245)	183 (156)
Frankreich	12	4
Grossbritannien	24	15
China	5-6	0
Gesamt	465-466	299

Mit dem Einsatz der ersten Atom-U-Boote begann das Problem der sicheren Entsorgung und Handhabung des nuklearen Abfalls, dem aber nur unzureichende Bedeutung beigemessen wurde. Das Hauptinteresse galt dem Entwurf und der Konstruktion von Atom-U-Booten und verschiedenen Raketensystemen. Die Errichtung von Infrastruktureinrichtungen zur Bergung und Lagerung des Atomabfalls hinkte der Entwicklung immer hinterher, so dass häufig ungeeignete Methoden und Deponien ausgewählt wurden, wenn die Lagerkapazitäten nicht ausreichten. Der Atomabfall, der sich seit Inbetriebnahme der ersten atomar getriebenen Schiffe in rund 40 Jahren angesammelt hat und durch den Betrieb von Nordmeer- und Pazifikflotte noch weiter anwächst, hat sich zu einem großen ökonomischen und ökologischen Problem für Russland entwickelt. Besonders betroffen im Nordwes-

42) RADLEG Projekt, a.a.O., www.kiae.ru/radleg/ch6e.htm.

43) Quelle mit Ausnahme der Daten für Russland: Kopte, Susanne, "Nuclear Submarine Decommissioning and Related Problems", Bonn International Center for Conversion – BICC, paper 12, Bonn, 1997.

44) Nach Angaben von Bellona: "The Northern Fleet" in: "The Arctic Nuclear Challenge", Bellona Report, Vol. 3, 2001, S. 8.

45) Nach Angaben des International Science and Technology Center, ISTC, RADLEG-Datenbank: "Ship Propulsion Nuclear Reactors, Attended Enterprises, Waste Storages, Sunk Nuclear Ships", www.kiae.ru/radleg/ch5e.htm.

ten Russlands ist die Halbinsel Kola, wo sich die fünf Stützpunkte der Nordmeerflotte befinden (Abb. 5):

- **Zapadnaya Litsa** mit den Stützpunkten
 - Bolshaya Lopatka
 - Nerpichya
 - Andreeva Bay
- **Vidyaevo**
- **Gadzhievo** mit den Stützpunkten
 - Sayda Bay
 - Olenya Bay
- **Severomorsk**
- **Gremikha**

Hier lagern große Mengen nuklearen Abfalls und alte, ausser Dienst gestellte Schiffe und U-Boote des Militärs. Der nukleare Abfall der Flotte wurde in der Vergangenheit auf der Kola-Halbinsel gelagert, im Meer versenkt oder zur Wiederaufarbeitung nach Majak transportiert.

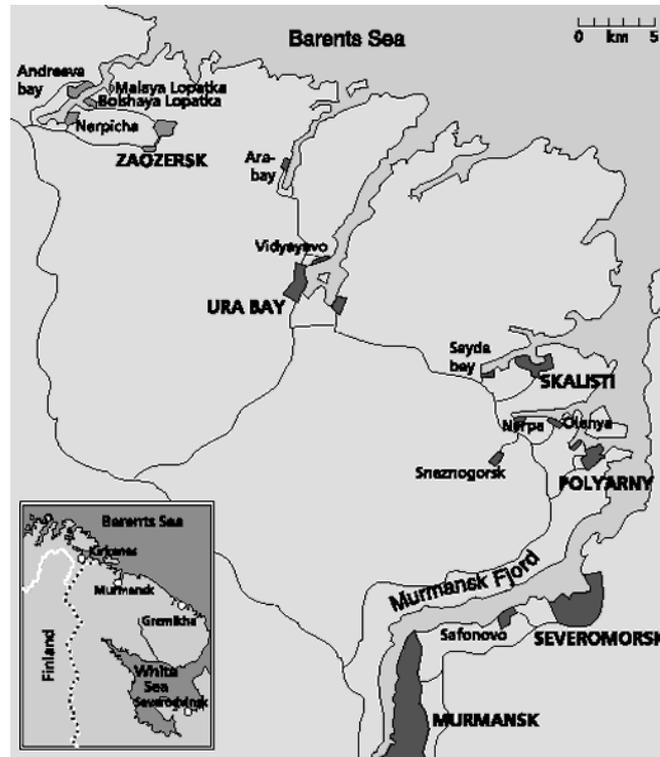


Abb. 5: Die Stützpunkte der Nordmeerflotte auf der Kola-Halbinsel

(Bildquelle: Bellona Report. No. 2. 1996.)

Bis 2001 sollen 183 Atom-U-Boote ausser Dienst gestellt worden sein, davon 113 bei der Nordmeerflotte. Nur 36 sollen bisher vollständig demontiert sein (Tab. 6). Eine große Zahl dieser Atom-U-Boote wartet seitdem auf die Demontage und Verschrottung. Aufgrund der schwierigen ökonomischen Situation Russlands geht der Verschrottungsprozess nur sehr langsam voran. Zwar liegt ein russisches Konzept zur Demontage der Atom-U-Boote vor, dessen Umsetzung ist jedoch praktisch kaum möglich, da es an Infrastruktur in den Schiffswerften, an Serviceschiffen für die Entnahme des nuklearen Brennstoffs und an Speicherkapazitäten für den anfallenden Nuklearmüll fehlt. Die Ausserdienststellung einer großen Zahl von Booten der ersten und zweiten U-Boot-Generation und die russischen Rüstungsvereinbarungen im Kontext internationaler Abrüstungsverträge haben einen enormen Stau verursacht.⁴⁶

⁴⁶⁾ Ein weiterer Faktor, der diesen Prozess beeinflusst, ist die Einhaltung der START-Verträge. Setzt Russland das Schwergewicht auf die Abrüstung der seegestützten ballistischen Raketen gemäß der Vertragsvereinbarungen, verzögert sich die Verschrottung der ausser Dienst gestellten Atom-U-Boote.

Wegen der Entsorgungsschwierigkeiten des Nuklearmülls können nur je 2-3 Atom-U-Boote pro Jahr bei der Nordmeer- und der Pazifikflotte verschrottet werden.⁴⁷ Gleichzeitig erhöht sich das Problem, Strahlungssicherheit herzustellen, da zwei Drittel der Boote noch ihre Reaktoren⁴⁸ und den Nuklearbrennstoff an Bord haben.

Tab. 6: Ausser Dienst gestellte Atom-U-Boote (Stand 2001)⁴⁹

	Ausser Dienst gestellt	Nuklearbrennstoff noch an Bord	Nuklearbrennstoff entfernt	Vollständig demontiert
Nordmeerflotte	113	71 (mit 130 Reaktoren)	10	32
Pazifikflotte	70	56 (mit 101 Reaktoren)	10	4
Gesamt	183	127 (mit 231 Reaktoren)	20	36

Die Boote werden in der Regel nach ihrer Ausserdienststellung in Schiffswerften gebracht und dort an den Piers festgemacht. Eine hohe Konzentration von Atom-U-Booten tritt in Severodvinsk am Weißen Meer auf.

In den fünf Militärbasen der Nordmeerflotte auf der Kola-Halbinsel zwischen Zapadnaya Litsa im Westen und Gremikha im Osten (Abb. 5) befinden sich Lagerkapazitäten für festen und flüssigen Nuklearmüll. Diese sind nicht nur überfüllt, sondern befinden sich größtenteils auch in einem bautechnisch schlechten Zustand. *Fester radioaktiver Müll* wird an elf verschiedenen Plätzen entlang der Kola-Halbinsel sowie in Severodvinsk gelagert, stellenweise auch unter freiem Himmel ohne besondere Schutzvorkehrungen. *Flüssiger radioaktiver Abfall*, der vor allen Dingen bei der Brennstofferneuerung der noch in Dienst gestellten U-Boote anfällt, wird in allen Marinebasen gelagert, zum Teil in unterirdischen Tanks auf dem Land, an Bord von Versorgungsschiffen oder in Schwimm tanks. Einige der Tanks befinden sich auch in schlechtem Zustand. Ein Teil des neu anfallenden flüssigen Atommülls wird in die Wiederaufbereitungsanlage der zivilen Eisbrecherflotte in Murmansk gebracht. Allerdings ist die Kapazität der Anlage zu gering und die Kosten der Wiederaufarbeitung für die Nordmeerflotte zu hoch.

47) Baklanov, Alexander; Bergmann, Ronny: "Radioactive Sources in the Barents Euro-Arctic Region. Are there reasons to be concerned?", NEBI Yearbook 1999, Springer Verlag, Copenhagen, S. 172.

48) Russische Atom-U-Boote sind in der Regel mit zwei Reaktoren ausgestattet.

49) Nach Angaben von Bellona: "The Northern Fleet" in: "The Arctic Nuclear Challenge", Bellona Report, Vol. 3, 2001, S. 8.

Die größte Lagerstätte für *verbrauchten Nuklearbrennstoff* befindet sich in Andreeva Bay am Zapadnaya Litsa Fjord, 55 km von der Norwegischen Grenze entfernt. Hier sollen ca. 21.640 verbrauchte Brennelemente – der Inhalt von etwa 93 Reaktoren mit je 232 Brennelementen – in drei überalterten, innen mit Stahlplatten versehenen Betontanks und bedeckt von einer ca. vier Meter dicken Wasserschicht gelagert sein.⁵⁰



Abb. 6: Beschädigte Container gefüllt mit abgebrannten Brennelementen in Andreeva Bay

(Bildquelle: Bellona Report, No. 2, 1996).

Im Februar 1982 traten in zwei der Betonbecken Leckagen auf und ein halbes Jahr lang trat hochgradig kontaminiertes Wasser aus, das in den nur 350 Meter entfernten Litsa Fjord floss. Weitere 200-220 Brennelemente, verpackt in Containern, sollen hier seit Anfang der 60er Jahre unter freiem Himmel stehen (Abb. 6).⁵¹

Ähnlich wie in Andreeva Bay wurden auch in Gremikha Reaktorkerne in Betonbecken abgesenkt und mit Wasser bedeckt. Auch hier traten Leckagen auf. 1984 wurden drei von insgesamt vier Becken entleert, die Brennelemente geborgen, nach Murmansk verschifft und von dort mit dem Zug nach Majak transportiert. 95 beschädigte Brennelemente wurden in den vierten Pool umgelagert, wo sie sich bis heute befinden sollen. Auch in Gremikha sollen auf einem relativ ungeschützten offenen Gelände Container mit verbrauchten Brennelementen unter freiem Himmel stehen.

⁵⁰⁾ Nach Angaben von Bellona: "The Northern Fleet" in: "The Arctic Nuclear Challenge", Bellona Report, Vol. 3, 2001, S. 15.

⁵¹⁾ Vgl. "Radioactive Waste at the naval bases" in: The Northern Fleet. Sources of Radioactive Contamination, Bellona Report, No. 2, 1996, http://www.bellona.no/en/international/russia-navy/northern_fleet/report_2-1996/11088.html.

Tab. 7a: Der radioaktive Müll in den Marinestandorten und zivilen Unternehmen (von 1994)⁵²

Einrichtung	Menge von flüssigem Nuklearmüll in m ³	Kapazität der Lagerstätten an Land für flüssigen Nuklearmüll in m ³	Menge von festem radioaktiven Müll in m ³	Kapazität der Lagerstätten an Land für festen Nuklearmüll in m ³
Zuständigkeit: Marine				
Nordmeerflotte	8695	3700	5863	5300
Pazifikflotte	5767	3000	1703	3500
Zuständigkeit: Wirtschaftsministerium				
JC Amur Schiffbauunternehmen	1000		12	
Schiffsreparaturunternehmen "Nerpa"	105		500	
Unternehmen "Zvezda" (Fernost)	950		1990	
PE "Sever"	1033		5760	
PE "Semashpredpriyatie"	123		1800	
Schiffsausrüster	20		1,5	
Gesamt	17693		17629	

Zur Zeit soll die Nordmeerflotte über kein Schiff verfügen, das über geeignete Vorrichtungen an Bord verfügt, die überalterten Container aus Gremikha fortzuschaffen. Auch der nukleare Abfall einiger mit Flüssigmetall gekühlten Reaktoren soll hier gelagert sein. Bis heute existieren keine Eisenbahnanschlüsse nach Andreeva Bay oder Gremikha. Der Atommüll kann nur per Schiff abtransportiert werden.⁵³

Ca. 30% der Lagerstätten sollen wegen Mängel, Leckagen oder abgelaufener Genehmigungsfristen nicht benützt werden können. Die verbleibenden Einrichtungen sind nahezu bis zu 100% gefüllt und ihre Konstruktion entspricht heute nicht mehr internationalen Empfehlungen und Sicherheitsstandards. Aus Tabelle 7a geht hervor, dass bei der Nordmeerflotte für den flüssigen Nuklearmüll für weniger als die Hälfte (43%) und bei der Pazifikflotte etwa für die Hälfte (52%) der Gesamtmüllmenge Lagerkapazität vorhanden ist. Die Lagermöglichkeiten für den festen Nuklearmüll sind bei der Nordmeerflotte ebenfalls erschöpft, bei der Pazifikflotte sind die Kapazitäten erst zu 50% ausgelastet.

⁵²⁾ RADLEG-Datenbank, a.a.O., www.kiae.ru/radleg/ch5e.htm.

⁵³⁾ Vgl. "Radioactive Waste at the naval bases", Bellona Report, No. 2, 1996, ebd.

Nach Angaben der norwegischen Umweltorganisation Bellona beträgt die Menge des flüssigen Nuklearabfalls mehr als 4.203 Kubikmeter und die des festen Nuklearmülls mehr als 8.300 Kubikmeter

Tab. 7b: Der Nuklearmüll in den Militärbasen der Nordmeerflotte

Militärbasen	Flüssiger radioaktiver Abfall in m ³	Fester radioaktiver Abfall in m ³
Zapadnaya Litsa		
Bolshaya	Ja	Ja
Lopatka	-	-
Nerpichya	Ja	Ja
Andreeva Bay	2.000	Min 6.000
Vidyaevo	> 3	Ja
Gadzhievo	200	2.037
Sayda Bay	-	-
Olenya Bay	-	-
Severomorsk	-	-
Gremikha	2.000	300
Gesamt	> 4.203	> 8.337

(Tab. 7b).⁵⁴ Unabhängig davon, welche Zahlen den tatsächlichen nahe kommen, scheinen die vorhandenen Lagerkapazitäten zu klein zu sein. Über die Größe der Lagerstätten der zivilen Unternehmen liegen keine Angaben vor.

In der Vergangenheit wurde ein grosser Teil des Nuklearmülls auch im Meer "entsorgt" (Abb. 7). 1993 verfügte Präsident Jelzin eine Bestandsaufnahme der Umweltverschmutzung. Das Ergebnis war der Jablow-Bericht, der erstmals detailliertere Daten vorlegte. So wurde bekannt, dass die russische Marine und die russische Eisbrecherflotte der ehemaligen Sowjetunion von 1959 bis 1991

jahrelang große Mengen festen und flüssigen Nuklearmülls, darunter auch Reaktorgehäuse mit ihrem Nuklearbrennstoff, im Meer versenkt hatten. Die Hauptversenkungsgebiete befanden sich vor der Küste des Inselarchipels und Atomtestgebietes Nowaja Semlja in der Karasee sowie vor der Nordküste der Kola-Halbinsel in der Barentssee.⁵⁵

Nach den Angaben aus unterschiedlichen Quellen wurden in der Karasee vor Nowaja Semlja 16 Reaktoren, darunter mindestens sechs mit ihrem Nuklearbrennstoff, ca. 17.000 Atommüllcontainer mit flüssigem und anderem radioaktiven Müll, 12 Atom-U-Boote und drei atombetriebene Eisbrecher sowie 1964 die "N. Baumann" mit 1.500 undichten Atommüll-Behältern an Bord im Meer versenkt. 1984 wurden von der "Lepse", einem für Atommülltransporte eingesetztem Schiff, weitere Atommüll-Container abgeworfen und dann mit Hilfe von Geschosssalven undicht geschossen und zum Sinken gebracht. Die Container sollen jetzt in 200 Metern Tiefe liegen.⁵⁶ Havarierte oder abgewrackte Atom-U-Boote wurden häufig

54) Ebd.

55) Vgl. "Sources of present Arctic contamination", in: "The Arctic Nuclear Challenge", Bellona Report, Vol. 3, chapter 4, 2001, S. 2.

56) Official Documentation and Information from Norway (ODIN): The Norwegian Ministry of Environment, "Radioactive pollution in northern ocean areas", <http://odin.dep.no/html/english/-publ.html>; sowie: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 7. 7. 1992.

in den Fjorden von Nowaja Semlja, insbesondere in der Abrosimov, Stepovogo und Tzivolky Bucht versenkt, oft in weniger als 50 Metern Wassertiefe.⁵⁷

Bis heute wurden in der Karasee keinerlei Hinweise festgestellt, dass es zu einer signifikanten Freisetzung von Radioaktivität aus dem versenkten Nuklearschrott gekommen ist. Allerdings wurden in unmittelbarer Nähe einiger versenkter Objekte erhöhte Radioaktivitätswerte in Sedimentproben gefunden, die auf kleinere Leckagen schließen lassen. Es besteht eine latente Gefahr auch für größere Leckagen und damit Kontamination der Umgebung.⁵⁸

Auch im Bereich der Pazifikflotte wurde Nuklearmüll im Meer versenkt. Schätzungsweise 6868 mit Nuklearmüll gefüllte Container und 38 Schiffe sowie 100 radioaktiv kontaminierte Ausrüstungsgegenstände wurden im Japanischen Meer versenkt. Im Oktober 1993 leitete ein Spezialtanker nach einer Havarie ca. 900 m³ flüssigen Nuklearmüll ins Japanische Meer.⁵⁹

Auch hier kam es in den vergangenen Jahren immer wieder zu Unfällen im Zusammenhang mit der Deponierung von Nuklearmüll. Auf der Halbinsel Kamtschatka ereignete sich im Juni 1994 auf einer Deponie ein Unfall, bei dem große Mengen radioaktive Isotope in die Umwelt gelangten. Die radioaktive Belastung in der Umgebung überstieg die natürliche Strahlung nach dem Unfall um das 1000-fache.⁶⁰

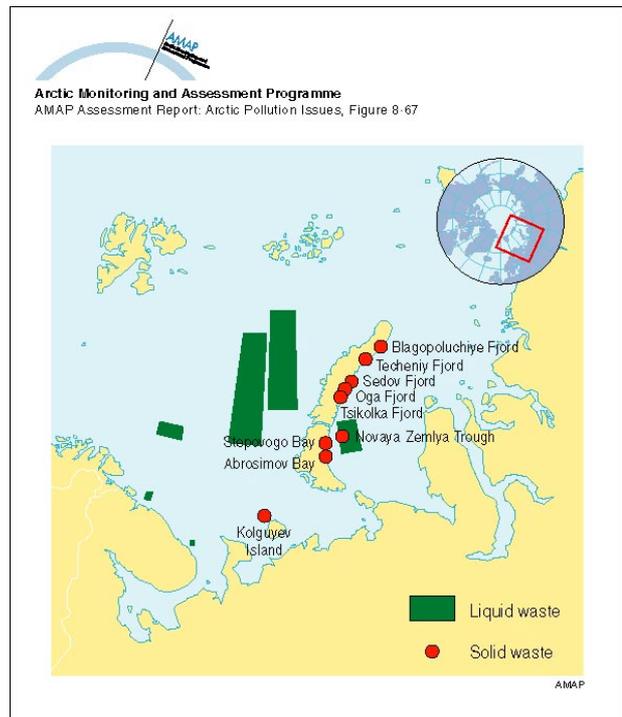


Abb. 7: Versenkungsgebiete in der Barentssee (links von Nowaja Semlja) und der Karasee (rechts von Nowaja Semlja).

57) Nies, H. u.a.: "Transportmechanismen radioaktiver Substanzen im Arktischen Ozean. Numerische und experimentelle Studien am Beispiel der Barents- und Karasee", Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg, 1998, S. 30.

58) Siehe auch: Kronfeld-Goharani, Ulrike; Neuneck, Götz, "Die schleichende Verseuchung der arktischen Region: Heutige und künftige Umweltfolgen der russischen Nordmeerflotte", in: Jahrbuch Ökologie 2002, München, C.H. Beck Verlag, 2001, S. 212 - 234.

59) Szyszlo, Peter, "Chernobyl in Slow Motion – Part II". Burial at sea", Central Europe Review, Vol. 1, No. 21, 15. Nov. 1999.

60) Vgl. Weißenburger, a.a.O., S. 16.

2.8 Die Altlasten der nuklearen Eisbrecherflotte

Russland unterhält zur Zeit acht nuklear angetriebene zivile Schiffe, darunter sieben Eisbrecher und ein Containerschiff (Tab. 8). Mit Hilfe der Eisbrecher wird der Seeverkehr entlang der sibirischen Küste erleichtert.

Die nuklearen Eisbrecher werden durch Druckwasserreaktoren des Typs KLT-40 angetrieben, die mit 241 bis 274 Brennelementen gefüllt sind. Der Reaktorbrennstoff besteht aus 30 bis 40 Prozent angereichertem Uran (U-235).⁶¹ Die Eisbrecher müssen alle 3 bis 4 Jahre mit neuem Nuklearbrennstoff gefüllt werden, was durch die russische Gesellschaft Atomflot in Murmansk vorgenommen wird.

Im Hafen von Murmansk liegt auch die Lapse, eines von fünf Spezialschiffen, auf der der verbrauchte Nuklearbrennstoff der Eisbrecherflotte gelagert wird. Die 87 Meter lange und 17 Meter breite Lapse wurde 1936 gebaut. Bis 1980 wurde das Schiff eingesetzt, um den Nuklearbrennstoff von den Eis-

brechern Lenin, Arktika und Sibir zu übernehmen und zwischen zu lagern sowie für Atommülltransporte zur Ostküste von Nowaja Semlja, wo der Müll im Meer versenkt wurde.⁶²

Nach Angaben der norwegischen Umweltorganisation Bellona befinden sich 645 Brennelemente an Bord der Lapse, von denen ca. 500 beschädigt und daher nur schwer und unter größtem Strahlenrisiko vom Schiff zu bergen sind. Sollte die Lapse sinken oder kentern, besteht auch die Gefahr einer durch zu hohe Annäherung der Brennelemente bedingten unkontrollierten Kettenreaktion, bei der sehr hohe Konzentrationen von Radioisotopen in die Umgebung gelangen können.

Tab. 8: Die nuklear angetriebenen Schiffe der Murmanskischer Schifffahrtsgesellschaft

Name	In Dienststellung	Typ
Lenin	1959 (seit 1990 ausser Dienst gestellt)	Arktika
Arktika	1975	Arktika
Sibir	1977	Arktika
Rossija	1985	Arktika
Sevmorput	1988	Containerschiff
Taimir	1989	Flusseisbrecher
Sowjetski	1990	Arktika
Sojus Vaigach	1990	Flusseisbrecher
Jamal	1993	Arktika

⁶¹⁾ Zum Vergleich: Kernkraftwerke verwenden Nuklearbrennstoff, der aus 3 - 4% angereichertem U-235 besteht; waffenfähiges Uran wird zu 90% angereichert.

⁶²⁾ Nilsen, Thomas.; Bøhmer, Nils., "Sources to radioactive contamination in Russian Counties of Murmansk and Arkhangelsk, Bellona Report No. 1, 1994.

ten. Nach Schätzungen von russischen Experten geht von dem verbrauchten Nuklearbrennstoff auf der Lepse eine Gesamtradioaktivität von 28.000 Tera-Becquerel langlebiger Isotope aus. Das entspricht der Hälfte des Aktivitätsgrads der abgegebenen Caesium-137- und Strontium-90-Isotope, die beim Tschernobyl-Unfall 1986 freigesetzt wurden.⁶³

3. Die radioaktive Verseuchung und ihre Folgen

Schon im Normalbetrieb der Nuklearanlagen gelangen kontinuierlich Radioisotope in die Umwelt. Zwar bleiben diese Emissionen im Bereich der zulässigen Grenzwerte, tragen jedoch wegen der hohen Halbwertszeiten (Tab. 9)⁶⁴ einiger der Isotope langfristig zur Erhöhung der Hintergrundstrahlung bei. Die in den Gebieten der großen Nuklearkomplexe lebenden Menschen waren in der Vergangenheit nicht nur einer höheren Hintergrundradioaktivität als in vergleichsweise unbelasteten Gebieten ausgesetzt, sondern mussten wiederholt hohe Strahlungsbelastungen infolge nuklearer Unfälle verkraften.

1991 wurden offiziell drei schwere Nuklearunfälle in Mayak von der russischen Regierung zugegeben (s.o.). Nach einer Liste der Betriebsleitung von Mayak sollen es zehn gewesen sein.⁶⁵ Bis 1986 existierte in der Sowjetunion keine offizielle Definition für den Begriff "nuklearer Unfall". Bei Störfällen oder Unfällen wurde von "Leckagen", "Überlaufen", "Dispersionen" und ähnlichen Umschreibungen gesprochen. Nie wurde erklärt oder dokumentiert, dass bei diesen Vorgängen die Kontrolle über radioaktive Materialien in flüssigem, festem oder gasförmigem Zustand verloren gegangen war. Erst nach der Tschernobyl Katastrophe wurde von offizieller Seite der Begriff „nuklearer Unfall“ eingeführt und definiert.⁶⁶

Über die gesundheitlichen Folgen für die Beschäftigten der Nuklearkomplexe, die zum Teil erheblichen Strahlungsbelastungen ausgesetzt waren, ist nur wenig bekannt. Auch wenn heute viele ehemalige Beschäftigte der Atomfabriken die Ursache ihrer Erkrankungen in der Strahlungsbelastung vermuten, sind nur wenige bereit, über ihre Erlebnisse und Erfahrungen zu berichten. Die strenge Geheimhaltung der ehemaligen Sowjetunion wirkt bis heute nach und das jahrzehntelange Verbot, über die Arbeit zu sprechen, haben die verordnete Zurückhaltung zur Gewohnheit werden lassen.

63) Ebd.

64) Quelle: The Columbia Encyclopedia, Sixth Edition, Periodic Table of the Elements, 2001, www.bartleby.com/65/pr/prdctbTABLE.html.

65) Vgl. Larin, Vladislav, "Mayak's Walking Wounded", Bulletin of Atomic Scientists, Vol. 55, No.5, Sept./Oct. 1999, p. 20.

66) Ebd.

Untersuchungen, die in den radioaktiv belasteten Gebieten vorgenommen wurden, vermitteln einen ersten Eindruck von dem Leid, das die radioaktive Verseuchung tausenden von Menschen bereits zugefügt hat:

- Bei den Männern und Frauen, die jahrzehntelang in Majak in der Radiochemie Plutonium verarbeitet hatten und sich untersuchen ließen, zeigte sich, dass alle Beschäftigten signifikant häufiger an Lungenkrebs erkrankten, davon Männer doppelt so oft, Frauen sogar siebenmal häufiger. Männer trugen ein dreimal höheres Risiko, an Leukämie zu erkranken.

Insgesamt bestand für alle Beschäftigten ein Trend zu höheren Tumorerkrankungen.

- Im Oblast Tscheljabinsk stellten Biophysiker bei über 80% der Arbeiter der Atomfabrik als auch bei etlichen Menschen, die in der Umgebung davon lebten, eine chronische Strahlenkrankheit fest. Obwohl sie äusserlich gesund wirkten, arbeiteten bei ihnen Blutgerinnung, Nerven- und Immunsystem dauerhaft schlechter und viele Betroffene klagten über Knochenschmerzen. Die Haupttodesursachen waren Leukämie-, Lungen- und Magenkrebskrankungen.⁶⁷
- Auch den Menschen, die Anfang der 50er Jahre an den Ufern des Tetscha gelebt hatten, dort badeten und ihre Wäsche wuschen und später infolge von Bestrahlung erkrankten, wurde jahrzehntelang verheimlicht, was die Ursache für ihre Erkrankungen war. Als in den 50er Jahren ganze Ortschaften entlang des Tetscha-Ufers evakuiert und das Vieh abgeschlachtet wurde, traute sich niemand im totalitären System der ehemaligen Sowjetunion nach dem Grund zu fragen.

Tab. 9: Halbwertszeit einiger langlebiger Isotope:

Element	Isotop	Halbwertszeit*
Thorium	Th-232	14,1 Mrd. Jahre
Uran	U-238	4,5 Mrd. Jahre
Plutonium	Pu-244	80,0 Mill. Jahre
	Pu-239	24110,0 Jahre
	Pu-240	6553,0 Jahre
	Pu-241	14,7 Jahre
	Pu-238	86,4 Jahre
Radium	Ra-226	1600,0 Jahre
Americium	Am-243	7370,0 Jahre
Strontium	Sr-90	28,5 Jahre
Kobalt	Co-60	5,3 Jahre
Promethium	Pm-147	2,6 Jahre
Caesium	Cs-134	2,1 Jahre
	Cs-137	30,1 Jahre
	Ce-144	284,0 Jahre

* Werte gerundet

⁶⁷⁾ Münchmeyer, a.a.O.; vgl. "Die russische Plutoniumproduktion und die Spätfolgen der Strahlung", Die Welt, 8. 7. 1997.

- Die Bewohner des Dorfes Muslyumovo (vgl. Abb. 3), 30 Kilometer flussabwärts von Mayak gelegen, die während der Einleitungen in den Tetscha dort lebten, erhielten 350 bis 3500 mSv (vgl. Tab. 1). Studien ergaben, dass die Frauen im gebärfähigen Alter und die Hälfte aller Männer dort steril sind. Ein Drittel aller Neugeborenen kommt mit Missbildungen zur Welt und die Zahl der Früh- und Fehlgeburten ist stark gestiegen.⁶⁸
- In Tschlejabinsk wurde bereits 1958 angesichts der zunehmenden Fälle von strahlenbedingten Erkrankungen eine Spezialklinik gegründet, das spätere "Uralzentrum für Strahlenmedizin". Bis zur Aufhebung der Geheimhaltung 1992 durften die dort behandelnden Ärzte ihren Patienten nicht sagen, dass ihre Leiden durch Bestrahlung verursacht worden waren. Als die Kranken die Wahrheit erfuhren, erlitten viele einen psychischen Schock.⁶⁹
- Eine Bedrohung für die menschliche Gesundheit geht auch vom Betrieb der atomaren U-Boot-Flotten und dem versenkten Nuklearmüll aus. Im Sommer 1990 trat nördlich der Militärbasis von Severodvinsk ein großes Fischsterben auf. Auch zahlreiche Wale und Seehunde verendeten. Die Jablokow-Kommission, die dieses Ereignis im Zusammenhang mit dem Auftreten einer Zunahme von Krebserkrankungen bei der Bevölkerung und Missbildungen bei Neugeborenen im Oblast Archangelsk untersuchte, vermutete als Ursache die radioaktive Verseuchung durch die Militärstützpunkte.⁷⁰
- In der arktischen Region Russlands beklagen Umweltschützer und Wissenschaftler eine Abnahme der Gesundheitsqualität in den letzten 15 bis 20 Jahren. In der Region Archangelsk wird eine Zunahme von Krebs-, Blut- und Hautkrankheiten sowie eine Zunahme der Sterblichkeitsrate registriert.
- Im fernen Osten am Pazifischen Ozean gibt es Anzeichen für radioaktive Vergiftungen. Die Rentiere der Tschukten weisen hohe Konzentrationen von Blei und Caesium auf. Die Tschukten, deren Hauptnahrung aus Rentierfleisch besteht, leiden an chronischen Lungenkrankheiten u.a. an Tuberkulose. Die Erkrankungen an Leberkrebs sind zehnmal höher als im Durchschnitt der russischen Bevölkerung und die Todesrate durch Speiseröhrenkrebs ist die höchste in der Welt.⁷¹

Wieviele Opfer die Unfälle und der Normalbetrieb der Nuklearanlagen Russlands und davor der ehemaligen Sowjetunion bereits gefordert haben, wird sich wohl nie mehr rekonstruieren lassen. Es bleibt zu vermuten, dass die jahrzehntelange Geheimhaltung der erheblichen Gefahren für Umwelt und Gesundheit durch die

68) Ebd.

69) Menschen in radioaktiver Flußlandschaft, Die Welt, 8. 7. 1997.

70) Szyszlo, Peter, a.a.O.

71) Ebd.

Nuklearindustrie bereits eine hohe Zahl von Opfern gefordert hat und noch viele infolge von Langzeitschäden folgen werden. In Tscheljabinsk wird befürchtet, dass nicht nur die Leukämie- und Tumorerkrankungen zunehmen werden, sondern in den Jahren 2020 - 2030 die Hälfte aller Neugeborenen mit genetischen Schäden zur Welt kommen wird.⁷²

Auch das Ausmass der bestehenden Umweltschäden, der radioaktiv belasteten Gebiete, Flüsse, Seen und Meeresgebiete ist hoch. Einige Gebiete in Russland gelten bereits als langfristig kontaminiert. Ihre Sanierung verursacht sehr hohe, nur schwer kalkulierbare Kosten, die das Land wegen seiner wirtschaftlichen Schwierigkeiten zur Zeit nicht aufbringen kann. In einigen Regionen besteht das Risiko, dass das Grundwasser durch langlebige radioaktive Isotope verschmutzt wird. Mit den großen sibirischen Flüssen Ob und Jenissei gelangen weiterhin radioaktiv verseuchte Schwebstoffe aus den großen Nuklearzentren in den Arktischen Ozean.

Und dabei ist die Gefahr für weitere Kontaminationen noch nicht gebannt. Die mangelnden Sicherheitsstandards in den alten Atommeilern, den Anlagen zur Plutoniumproduktion und zur Wiederaufbereitung von Kernbrennstoffen, unzureichend gesicherte und überfüllte Deponien zur Lagerung von Nuklearmüll und verbrauchtem Nuklearbrennstoff erhöhen das Risiko für weitere Unfälle.

Insbesondere die Strahlungsaktivität der hochradioaktiven Abfälle hat auf einigen Deponien, wie in Majak, eine Größenordnung von Trillionen Becquerel erreicht, die unser Vorstellungsvermögen von dem, wie stark die Strahlungsstärke auch nur annähernd ist, bei weitem übersteigt. Was es unter ökologischen und gesundheitspolitischen Aspekten, in Hinsicht auf notwendige Schutzmaßnahmen, Bewachung und Instandhaltungskosten tatsächlich bedeutet, Deponien mit Millionen, Billionen oder sogar Trillionen an Strahlungsaktivität Jahrzehnte, Jahrhunderte oder Jahrtausende zu unterhalten, erscheint auch ansatzweise kaum möglich.

4. Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit in den Nuklearanlagen und zum Management des Nuklearmülls

- auf internationaler Ebene

1996 war ein entscheidendes Jahr für den Umweltschutz in Russland. Die russische Regierung gab einen Erlass heraus, durch den die eingefrorenen Beiträge Russlands für das *UN Environment Program* (UNEP) wieder freigegeben wurden. Unter Leitung der UNEP nahmen russische Wissenschaftler erstmals wieder an

⁷²⁾ Vgl. Hertsgaard, Mark, "Russia's Environmental Crisis", *The Nation*, September 18/25, 2000.

der Vorbereitung zu einem umfassenden Umweltbericht über die globale Umwelt teil. Im Rahmen der *UN Commission for Sustainable Development (CSD)* und einer Sondersitzung der UN Vollversammlung zur Implementierung der Empfehlungen der Rio-Konferenz von 1992 wurde für Russland ein Länderprofil erstellt und Maßnahmen für ein stabiles Entwicklungskonzept entwickelt.

Im selben Jahr konnte auch die Kooperation mit der OECD vertieft werden, die sich um die Implementierung eines Aktionsprogramms für den Umweltschutz in den Staaten Zentral- und Osteuropas bemüht und sich für die Entwicklung neuer Finanzierungsmechanismen, die Modernisierung ökologischer Fonds und umfangreiche Datenerfassung einsetzt.⁷³

1996 unterzeichnete Russland die *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Material*, das London Abkommen von 1972, und verpflichtete sich damit, keine radioaktiven Abfälle in Zukunft mehr im Meer zu versenken.

Im Rahmen der Aktivitäten zur Implementierung des *Basler Abkommens* über die *"Kontrolle über grenzüberschreitenden Transport von gefährlichen Abfällen und ihre Entfernung"* erliess die russische Regierung zwei Resolutionen, die Maßnahmen zur Implementierung des Baslers Abkommens und Staatliche Regulierungen für den grenzüberschreitenden Transport gefährlicher Abfälle betrafen.

Durch die im Juni 1995 mit den USA vereinbarten Kooperationsvereinbarung zwischen der obersten russischen Strahlungsschutzbehörde (*Gosatomnadzor*) und dem amerikanischen Energieministerium konnte ein Programm zur Erhöhung der Sicherheitsstandards in sieben russischen Kernkraftwerken begonnen werden.⁷⁴

Obwohl es keinen unmittelbaren Bezug zum Umweltschutz aufweist, ist das *Cooperative Threat Reduction (CTR) Programm*⁷⁵, das von den USA zur Vermeidung der Verbreitung von Massenvernichtungswaffen und ihrer Technologie aus der ehemaligen Sowjetunion initiiert wurde mit dem Auftrag, Beistand bei der Eliminierung von 564 Abschussbasen von seegestützten ballistischen Raketen (SSBNs)⁷⁶ und der Demontage von 31 SSBN's zu leisten, bisher das erfolgreichste Programm. Bis 2001 konnten fünf Atom-U-Boote mit den durch das CTR bereitgestellten Mitteln abgewrackt und 14 weitere außer Dienst gestellt werden.⁷⁷

73) UNEP/GRID-Moscow, "International Cooperation", http://grid.ecoinfo.ru/state_eng/-text3_4.htm.

74) Nach Angaben von www.ceeri.ecoinfo.ru/state_report_98/eng/radio.htm.

75) Auch bekannt als *Nunn-Lugar-Programm* nach den zwei amerikanischen Initiatoren.

76) SSBN: submarine-launched ballistic missiles.

77) Bellona, ebd.

Seit Anfang der 90er Jahre konnte insbesondere die internationale Kooperation in bezug auf die Belange der Arktischen Region und dem Schutz ihrer Ressourcen intensiviert werden. Im Rahmen der *Arctic Regions Environment Protection Strategy* bildeten sich zwischen den Arktik-Anrainerstaaten Dänemark, Island, Kanada, Norwegen, Schweden, Finnland, Russland und den USA verschiedene Kooperationen heraus, um gemeinsame Programme in Hinblick auf das Monitoring, den Erhalt von arktischer Flora und Fauna, den Schutz der arktischen Meere, die Integration von traditionellem Wissen und Fertigkeiten der arktischen Ureinwohner und Gefahrenabwehr zu entwickeln und durchzuführen.⁷⁸

Der Rat der Umweltminister der EURO/Arktischen Region beschloss ein Aktionsprogramm mit fünf Schwerpunkten:

- Vermeidung radioaktiver Kontamination und Vorbereitetsein für nukleare Unfälle,
- Umwelt-Monitoring und regionale Harmonisierung ökologischer Standards und Regulierungen,
- Verringerung industrieller Verschmutzungen,
- Schutz der Region einschließlich ihrer Flora und Fauna und
- Kooperation zwischen den Städten und Gemeinden.

Im Rahmen einer russisch-amerikanisch-norwegischen Kooperation existieren zwei Pilotprojekte, die das Management des verbrauchten Nuklearbrennstoffs und Abfalls auf der Kola-Halbinsel verbessern sollen. Gesucht wird nach Lösungen für den schwach radioaktiven Flüssigmüll und für das Lapse-Problem (vgl. Kap. 2.8).

Die zwischen den Verteidigungsministerien von Russland, USA und Norwegen geschlossene Kooperation, die sogenannte *Arctic Military Environmental Cooperation* (AMEC), verfolgt mehrere Einzelprojekte, die sich u.a. mit dem Testen eines kombinierten transport- und lagerfähigen Behälters für verbrauchten Nuklearbrennstoff befasst.⁷⁹

In Norwegen, dessen Staatsgrenze nur 55 Kilometer von Andreeva Bay entfernt ist, ist die Furcht vor radioaktiven Verseuchungen besonders groß, zumal sich Befürchtungen, dass an vielen Stellen auf der Kola-Halbinsel mit spaltbarem Material grob fahrlässig umgegangen wird, mit Bekanntgabe des Bellona-Reports "The Northern Fleet" bestätigt hatten. Das Land sorgt sich auch um die nukleare Verschmutzung der Barentssee. Für Norwegens nördlichste Region, für die der

78) State report of environment state in Russian Federation in 1998, http://ceeri.ecoinfo.ru/state_report_98/eng/introduction.htm.

79) Nach Angaben von Bellona: "Projects for securing nuclear waste" in: "The Arctic Nuclear Challenge", Bellona Report, Vol. 3, 2001, chapter 5, S. 2.

Fischfang eine wichtige wirtschaftliche Einnahmequelle darstellt, bedeutete es eine wirtschaftliche Katastrophe, wenn die reichen Fischgründe für Shrimps, Schellfisch, Hering und Rotbarsch in der Barentssee nuklear verseucht würden.

Vor diesem Hintergrund beteiligt sich Norwegen an den meisten EU-Projekten zum Schutz der Arktis sowie an AMEC. 1997 legte das Außenministerium in Oslo bereits zum dritten Mal einen "*Plan of Action for Nuclear Safety Issues*" vor, der sich mit Maßnahmen zur Sicherung russischer Atomkraftwerke, zur Entsorgung, Lagerung und Wiederaufarbeitung radioaktiven Mülls und verbrauchter Brennelemente sowie der Suche nach sicheren Zwischenlagern für flüssige und feste radioaktive Abfälle befasst. In Kooperation mit der EU sollen Lösungen für das Lapse-Problem sowie das Abwracken außer Dienst gestellter U-Boote gefunden werden. Des Weiteren will die norwegische Regierung gesicherte Container für den Bahntransport zur Wiederaufbereitungsanlage nach Majak zur Verfügung stellen, um die extrem risikoträchtige Zwischenlagerung in Andreeva Bay zu beenden.⁸⁰

Im fernen Osten sorgen sich die Japaner um das Japanische Meer, in das ebenfalls Nuklearmüll versenkt wurde. Japan verfolgt und unterstützt mit 35 Millionen Dollar mehrere Projekte wie z.B.

- die Instandsetzung der Eisenbahnlinie von Bolshoy Kamen bis zum Anschluss an die Transsibirische Eisenbahn,
- den Bau eines neuen Atommülllagers in der Schiffswerft Zvezda,
- den Umbau und die Ausrüstung des Service-Schiffes Pinega, um verbrauchte Brennelemente zu Einrichtungen in der Nähe von Wladiwostok zu transportieren, wo ein Eisenbahnanschluss vorhanden ist und
- die Demontage eines Atom-U-Bootes der Victor-Klasse in Bolshoy Kamen.⁸¹

Japan hatte auch angeboten, ein Jahr lang die Betriebskosten in Höhe von 3,4 Millionen Dollar für eine Anlage zur Aufbereitung des flüssig anfallenden Nuklearmülls der Pazifikflotte in Bolshoy Kamens Schiffswerft Zvezda zu übernehmen. Da es Probleme mit den für den Betrieb der Anlage erforderlichen russischen Zertifikaten gab, scheiterte das Vorhaben.

- auf nationaler Ebene

Die gesetzliche Grundlage für Umweltschutzmaßnahmen in Russland bilden die Resolution Nr. 155 vom 19. Februar 1996: "*On the Plan of the Russian Federation Government Actions in the Field of Environment Protection and Nature Use*

⁸⁰⁾ The Norwegian Plan of Action for Nuclear Safety Issues, Issued by the Royal Norwegian Ministry of Foreign Affairs, July 1997.

⁸¹⁾ Japan to provide additional aid to Pacific Fleet, 29. 05.2002, <http://cns.miis.edu/cns/projects/nisnp/naval/forasst/fadevs.htm>.

in 1996 - 1997" und der Erlass Nr. 440 des Präsidenten vom 1. April 1996: "*On the Conception of the Russian Federation Transfer to Sustainable Development*".⁸²

Die staatliche Kontrolle und das Monitoring radioaktiver Materialien wird durch das russische Gesetz "*Zum Gebrauch der Nuklearenergie*" festgelegt. Regeln und Verordnungen zum Umgang mit radioaktiven Substanzen werden von verschiedenen staatlichen Einrichtungen herausgegeben: dem Atomministerium (*Minatom*), der obersten Strahlungsschutzbehörde (*Gosatomnadzor*), dem russischen Verteidigungsministerium (*Minoborony*), dem Wirtschaftsministerium (*Minecnimiki*) und dem *Kurschatow* - Institut.

Um die staatliche Kontrolle über radioaktive Strahlungsquellen im Land zu verbessern, wurde im November 1995 ein Programm zur automatischen Kontrolle der Strahlungsbedingungen auf russischem Territorium beschlossen (EGASKRO, 1997-2002) und zur Durchführung des Programms 7,56 Millionen Rubel bereitgestellt.⁸³

Trotz all dieser Maßnahmen zeigt sich zehn Jahre nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion eine eher ernüchternde Bilanz. Bislang haben alle Bemühungen nicht den erhofften Erfolg gebracht. Immer noch gibt es zu wenig und finanziell zu schlecht ausgestattete Sofortprogramme. Die meisten praktischen Maßnahmen werden daher von der internationalen Staatengemeinschaft organisiert und finanziert. Allerdings bereitet deren Umsetzung häufig Schwierigkeiten und Gelder verschwinden oft in dunklen Kanälen. Es fehlt an hinreichend zuverlässigen Institutionen, die die Projektumsetzung vor Ort überwachen.⁸⁴

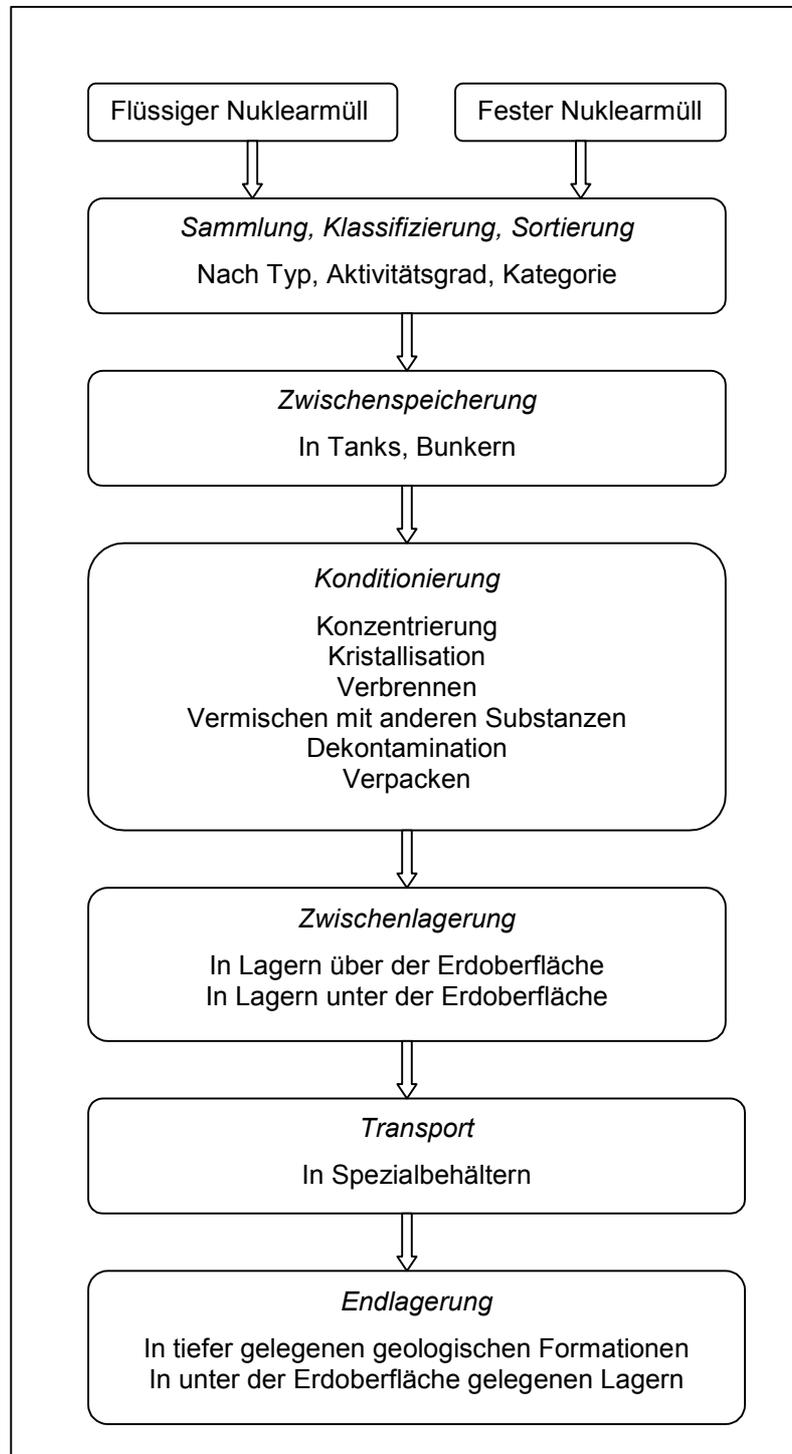
Viele Programme werden eingestellt, sobald das Budget erschöpft ist. Nach wie vor besteht das Problem der militärischen Geheimhaltung, die unabhängigen Gremien immer wieder den Zugang zu den Militärstützpunkten verweigert. Nicht zuletzt auch davon hängt es ab, ob die USA und die EU bereit sind, mehr an finanziellen Mitteln und technischer Unterstützung zu leisten, solange nicht verifiziert werden kann, dass westliche Gelder unter keinen Umständen zur Unterstützung der angeschlagenen Flotten eingesetzt werden. Dringend erforderlich sind in Russland neue gesetzliche Regelungen hinsichtlich von Steuerabgaben und Haftungsansprüchen. Ein erster Ansatz soll mit dem *Multilateral Environmental Program in Russia* (MNEPR) geschaffen werden.⁸⁵

82) UNEP/GRID-Moscow, "Environmental Protection Legislation of the Russian Federation", 1998, www.ecoinfo.ru/state_eng/text3_1.htm.

83) Contact Expert Group, S. 7

84) Unlängst beklagte Alexei Jablokow in einem Fernsehinterview, dass ein großer Teil ausländischer Geldmittel die Projektempfänger gar nicht erreicht, da sie schon vorher in dunklen Kanälen verschwinden. ZDF Heute Journal, 27. 06. 2002.

85) Kudrik, Igor, "Lepse crew moves to 'village'", 11. 05. 2001, www.bellona.no.

Abb. 8: Minatoms Konzept zum Management von Nuklearmüll⁸⁶

⁸⁶⁾ Quelle: RADLEG-Datenbank: "Nuclear Power Plants", a.a.O.

Vorsichtige Schätzungen gehen davon aus, dass Russland allein für das Abrüstungsprogramm der Atom-U-Boote ca. 2.2 Milliarden Dollar pro Jahr benötigt, davon 1.4 Mrd. für die Nordmeerflotte und 800 Millionen für die Pazifikflotte. Demgegenüber stellte die russische Regierung dafür 1998 nur 500 Millionen Dollar bereit, weitere 50 bis 60 Millionen (in 1999) stammten aus internationalen Hilfsprogrammen wie dem CTR, START I (1991-96), EU/TACIS sowie Programmen finanziert von Norwegen, dem Arktischen Rat und Japan.⁸⁷

Ein weiteres Problem ist, dass für das Management des Nuklearmülls Geld nicht nur zu dessen sicherer Entsorgung oder Lagerung benötigt wird, sondern erhebliche Mittel in weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit für Technologien und Ausrüstung zur Handhabung des Nuklearmülls notwendig sind und ebenso große Summen Geld, um alle Nuklearanlagen mit der neuen Technik auszustatten. Es verwundert daher nicht weiter, dass die Umsetzung eines Konzepts der russischen Atombehörde Minatom für das Management des gesamten Nuklearmülls (Abb. 8), bisher nur sehr langsam vorankommt. Angesichts der Kosten, die pro Jahr allein für das Abrüstungsprogramm der U-Bootflotten benötigt wird, darf bezweifelt werden, dass ein – im günstigsten Fall – 20 Milliarden Dollar-Geschäft aus dem Import von ausländischem Nuklearmüll ausreichen wird, um Russlands immense Probleme aus 50 Jahren Nuklearwirtschaft zu verringern, insbesondere wenn die Mittel, wie von Minatom geplant, für den Bau von 30 neuen Kernkraftwerken eingesetzt werden.

5. Russlands atomare Abfallprobleme im internationalen Vergleich

5.1 Internationale Regulierung und Überwachung

Die gesetzlichen und aufsichtsrechtlichen Maßnahmen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle sind in den Empfehlungen der internationalen Institutionen niedergelegt und betreffen insbesondere Aspekte des Strahlenschutzes, des Umweltschutzes, ethischer und soziologischer Fragen, der natürlichen Ressourcen sowie nuklearer Sicherungsmaßnahmen.⁸⁸ Die Internationale Strahlenschutzkommission (*International Commission on Radiological Protection* – ICRP) erstellt Empfehlungen für den sicheren Umgang mit radioaktiver Strahlung. Die Internati-

⁸⁷⁾ Moltz, James Clay; Robinson, Tamara, C., "Dismantling Russia's Nuclear Subs: New Challenges to Non-Proliferation", Arms Control Today, June 1999, www.armscontrol.org/ACT/-jun99/subjun99.htm.

⁸⁸⁾ Vgl. „Vierter Bericht der Kommission über die derzeitige Lage und die Aussichten auf dem Gebiet der Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Europäischen Region“, Europäische Kommission, Generaldirektion XI, Umwelt, Nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz, Brüssel, 11.1.1999, S. 9.

onale Atomenergie-Organisation (*International Atomic Energy Agency – IAEA*), eine UN-Organisation, bemüht sich im Rahmen ihres Normen-Programms RADWASS (*Radioactive Waste Safety Standards*) um die Entwicklung und Verbreitung grundlegender Regeln im Umgang mit radioaktiven Abfällen. In der Normenreihe 111 (*Safety Series*) sind die für die Entsorgung nuklearer Abfälle relevanten Empfehlungen niedergelegt. In den „Grundlegenden Sicherheitsregeln“ (111-F) sind die Grundsätze der Entsorgung radioaktiver Abfälle in neun „Geboten“ festgelegt. Sie betreffen den Schutz der menschlichen Gesundheit, der Umwelt, den Schutz über die nationalen Grenzen hinaus, den Schutz zukünftiger Generationen, die Lasten für zukünftige Generationen, den nationalen Rechtsrahmen, die Überwachung der Erzeugung radioaktiver Abfälle, die Wechselwirkungen zwischen Erzeugung und Entsorgung radioaktiver Abfälle und die Sicherheit der Anlagen.⁸⁹

Die Kernenergieagentur der OECD (*Nuclear Energy Agency – NEA*) bemüht sich durch Projekte und Studien eine verbesserte Abstimmung der Sicherheits- und Regulierungspolitik zu fördern. Ein vom Ausschuss für die Entsorgung radioaktiver Abfälle durchgeführtes Programm untersucht Arbeiten zur Einschätzung des Langzeitverhaltens von Endlagern für radioaktive Abfälle und die damit verbundenen Sicherheitsprobleme und die Bewertung von Standorten.

Daneben existieren eine Reihe von internationalen Übereinkommen, die sich auf die weltweit angewandten Entsorgungspraktiken nuklearer Abfälle auswirken:

Am 24. Oktober 1996 ist das „*Internationale Übereinkommen über nukleare Sicherheit*“ in Kraft getreten, womit sich die Vertragsstaaten verpflichtet haben, in bezug auf kerntechnische Anlagen die grundlegenden Sicherheitsregeln anzuwenden.⁹⁰ Seit 1997 liegt das gemeinsame „*Übereinkommen über die sichere Behandlung abgebrannter Brennstoffe und die sichere Behandlung radioaktiver Abfälle*“ zur Unterzeichnung der vertragsschließenden Parteien aus. Nach der Präambel dieses Abkommens kann ein Staat die Einfuhr fremder Abfälle und deren Endlagerung auf seinem Hoheitsgebiet verweigern.⁹¹ Die Ausfuhr von zur endgültigen Beseitigung oder zur Wiederverwertung bestimmten gefährlichen Abfällen aus OECD-Staaten in Nicht-OECD-Staaten ist durch das „*Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung*“ (Basler Abkommen) vom 22. Juni 1995 geregelt und verbietet nach Aufnahme einer Änderung seit 1998 die Ausfuhr.⁹²

89) IAEA Safety Fundamentals: The Principles of Radioactive Waste Management (Extract from Safety Series no. III-F – An IAEA publication within the RADWASS programme), 1995.

90) IAEA, "Convention on Nuclear Safety", Information Circular/449, 5.7.1994.

91) IAEA, "Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management", Information Circular/546, 24.12.1997.

92) Europäische Gemeinschaft, Amtsblatt Nr. L 272 vom 4.10.1997, S. 0045-0046.

Die Verklappung radioaktiver und nicht-radioaktiver Abfälle im Meer verbietet das 1975 in Kraft getretene „*Übereinkommen über die Verhütung der Verunreinigung der Meere durch Abfälle und sonstige Stoffe*“. Da dieses Übereinkommen immer noch ein gewisses Maß an Verklappung im Nordatlantik erlaubte, folgte 1983 ein 25-jähriges Moratorium, dass diese Entsorgungspraxis endgültig verbot.⁹³

Die Grundlage des europäischen Rechts bilden die Verträge zur Gründung der Europäischen Gemeinschaften. Wichtigster Vertrag ist hier der EURATOM-Vertrag, in dem die meisten Rechtsvorschriften zu Fragen der Nukleartechnik niedergelegt sind.

5.2 Die derzeitigen Entsorgungspraktiken

Die meisten Länder erzeugen heute eine gewisse Menge an radioaktiven Abfällen, die hauptsächlich

- beim Betrieb von Kernkraftwerken einschließlich der Aktivitäten in der Endphase des Brennstoffkreislaufs und bei der Stilllegung von Anlagen,
- beim Betrieb von atomar angetriebenen Schiffen (Flugzeugträgern, Eisbrechern) und U-Booten,
- beim Betrieb von Forschungsreaktoren,
- bei der Verwendung von radioaktiven Substanzen und Strahlungsquellen in der Medizin, Landwirtschaft, Industrie und Forschung und
- bei der Verarbeitung natürlich radioaktiver Stoffe wie z.B. Uranerzen oder phosphathaltigen Düngemitteln

entstehen.⁹⁴ Die größten Mengen an radioaktiven Abfällen fallen in Ländern an, die eigene Kernkraftprogramme unterhalten. Nach Angaben des „Vierten Berichtes der Kommission über die derzeitige Lage und die Aussichten auf dem Gebiet der Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Europäischen Union“ wurde für das Jahr 2000 ein jährliches Aufkommen von 50.000 Kubikmetern an konditionierten radioaktiven Abfällen angegeben, ca. 30.000 Kubikmeter weniger als noch im dritten Bericht prognostiziert worden war. Die Gründe dafür sind, dass der Bau neuer Kernkraftwerke in den EU-Staaten mit Ausnahme Frankreichs praktisch eingestellt worden ist. Ursache war auch eine veränderte Politik in den Jahren nach den schweren Unfällen von Harrisburg (1979) und Tschernobyl (1986) sowie die Stilllegung einiger Kraftwerke der ersten Generation. Ferner wurden seitens der KKW-Betreiber erhebliche Anstrengungen unternommen, das Abfallaufkommen einzuschränken. Bis Ende 1994 wurden von den EU-Staaten ca.

93) IMO, "Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter", 30.8.1975, www.imo.org/conventions/mainframe/asp?topic_id=258&doc_id=681.

94) Mitteilung und Vierter Bericht der Kommission vom 11. Januar 1999, a.a.O., S. 2.

1.640.000 Kubikmeter schwach- und mittelaktive Abfälle endgelagert (Tab. 10).⁹⁵ Hochaktive radioaktive Abfälle oder verbrauchte Brennstoffe wurden bisher in der EU noch nicht endgelagert.

Idealerweise sollte die Entsorgung radioaktiver Abfälle in einem geschlossenen System erfolgen, das neben dem Sammeln und Sortieren, der Vorbehandlung, der Behandlung zur Stabilisierung der Abfallform, der Konditionierung und der Endlagerung auch den Transport und die Zwischenlagerung miteinbezieht. Zur Zeit kommen Entsorgungspraktiken zur Anwendung, die sich in Abhängigkeit von der jeweiligen nationalen Politik im allgemeinen auf die Behandlung verschiedener Arten radioaktiver Abfälle konzentrieren.

Die unterschiedlich aktiven Abfälle müssen zunächst in eine lagerfähige Form gebracht werden. So werden flüssige hochaktive Abfälle in Glas eingeschmolzen und diese in Stahlformen eingebracht (Glaskokillen). Mittel- und schwachaktive Abfälle werden in Spezialöfen verbrannt und die entstehende Asche mit Zement vermischt und in Fässer verfüllt. Gasförmige Abfälle werden durch besondere Behandlungsschritte in feste Formen überführt und feste Abfälle in Hochdruckpressen kompaktiert. Für die Behandlung abgebrannter Brennstoffe werden verschiedene Maßnahmen angewendet:⁹⁶

- die Zwischenlagerung abgebrannter Brennstoffe für unbestimmte Zeit;
- Wiederaufbereitung abgebrannter Brennstoffe, direkte oder für später vorgesehene Verwendung des dabei anfallenden Urans und Plutoniums in Reaktoren, Verglasung der Rückstände für spätere Endlagerung;
- Konditionierung abgebrannter Brennstoffe zur direkten Endlagerung.

Das bei der Wiederaufarbeitung anfallende Uran und Plutonium, das ursprünglich zur Herstellung von Brennstoffelementen für Schnelle Brüter verwendet werden sollte, die heute nicht mehr zur Verfügung stehen, kann heute nur noch durch die Produktion von Mischoxid(MOX)-Brennstoffen für Leichtwasserreaktoren wiederverwendet werden.⁹⁷

Während die Zwischenlagerung schwach- und mittelaktiver, nicht-wärmeentwickelnder Abfälle inzwischen in vielen Ländern mit kerntechnischen Anlagen zur Routine geworden ist, ist die Endlagerung hochaktiver wärmeentwickelnder Abfälle ein weltweit ungelöstes Problem. Abgebrannte Brennelemente aus den Kernkraftwerken und die verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (Glaskokillen) sind hochradioaktiv und geben große Wärmemengen ab. Obwohl diese

95) Vierter Bericht der Kommission..., a.a.O., S. 53 ff.

96) World Nuclear Association, „Radioactive Wastes“, www.world-nuclear.org/info/inf60.htm.

97) World Nuclear Association, ebd.

Tab. 10: Bis Ende 1994 in Endlagerung verbrachte Abfälle in einzelnen EU-Staaten⁹⁸

Land	Menge in m ³	Art der Endlagerung	Ort	Zeitraum
Belgien	15.000	Im Meer	Nordatlantik	Eingestellt
Finnland	1.700	In Felskaverne	Olkiluoto	1992-1994
Frankreich	9.900	Im Meer	Nordatlantik	1967 und 1969
	525.000	Oberflächennah	Centre de la Manche	1969-1994
	100.000	Oberflächennah	Centre de l'Aube	1992-1994
Deutschland	96	Im Meer	Nordatlantik	1967
	16.150	Tiefes Endlager	Asse	1967-1978
	14.500	Tiefes Endlager	Morsleben	1971-1991
	1.364	Tiefes Endlager	Morsleben	1994
Italien	23	Im Meer	Nordatlantik	1967
Niederlande	8.700	Im Meer	Nordatlantik	1982 eingestellt
Spanien	2.900	Oberflächennah	El Cabril	1992-1994
Schweden	15.482	Oberflächennah	SFR	1988-1994
	2.462	Oberirdisch	OKG	1986-1994
	2.000	Oberirdisch	Ringhals	1989-1994
	2.205	Oberirdisch	Forsmark	1988-1994
	325	Oberirdisch	Studsvik	1988-1994
Großbritannien	26.000	Im Meer	Nordatlantik	1983 eingestellt
	888.000	Flache Abdeckung	Drigg	bis 1994
	15.000	Flache Abdeckung	Dounreay	bis 1994

Abfälle prozentual den kleineren Anteil aller anfallenden radioaktiven Abfälle ausmachen, enthalten sie bis zu 98 Prozent der Radioaktivität, weswegen sie für Menschen und Umwelt am gefährlichsten sind. Da ihre radioaktiven Bestandteile nur sehr langsam zerfallen und Halbwertszeiten bis zu Milliarden von Jahren erreichen, ist das Auffinden geeigneter Endlager, die den radioaktiven Müll dauerhaft sicher vor der Biosphäre, dem Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen verschließen, ausserordentlich schwierig. Neben technischen Fragen, die geklärt werden müssen, welches Wirtsgestein geeignet ist, um radioaktive Abfälle zu lagern, spielen auch gesellschaftliche Fragen eine Rolle wie die Rückholbarkeit, menschliches Einwirken, die Verwendung von Sicherheitsindikatoren und Zeitrahmen.

Keines der ca. 26 Länder mit Kerntechnologie kann bisher eine sichere, dauerhafte und politisch akzeptierte Lösung vorweisen. Schwach- und mittelaktiver Atommüll wird in Behältern in Bergwerken oder Salzstöcken gelagert. Bis 1984 wurde Atommüll auch im Meer versenkt (vgl. Kap. 2.7). Für den hochaktiven Nuk-

⁹⁸⁾ Vierter Bericht der Kommission..., a.a.O., S. 98.

learmüll sind Salzstöcke in Erprobung, in die die Behälter eingelagert werden sollen. Strahlenbelastungen können auftreten, wenn etwa die Behälter durch die erhebliche Wärmeentwicklung hochaktiver Abfälle spröde werden, Risse aufweisen und radioaktive Gase in die Umgebung entweichen. Dann besteht die Gefahr, dass radioaktive Substanzen ins Grundwasser gelangen, je nachdem wie die Stabilität des Salzstockes und die Grundwasserströme um den Salzstock beschaffen sind und Strukturveränderungen des Salzes durch die hohe Wärmeabgabe der Abfälle bewirkt werden. So zeigten beispielsweise einige Salzstöcke in den USA und der Salzstock Gorleben in Deutschland, die lange Jahre als sicher galten, nach wenigen Jahren Grundwasserprobleme.⁹⁹

Die EU-Mitgliedstaaten haben bisher die Endlagerung radioaktiver Abfälle mit eigenen Kernkraftprogrammen praktiziert und zwar entweder durch Versenken im Meer, durch Einlagerung in tiefe geologische Schichten oder in Oberflächen- und oberflächennahen Endlagern. Die meisten der EU-Staaten planen jedoch eine Endlagerung in tiefen geologischen Schichten und treffen derzeit vorbereitende Arbeiten wie die Standortsuche und -bewertung oder betreiben bereits Untertage-Laboratorien zur Erforschung der Endlagerung in tiefen geologischen Formationen. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten konzentrieren sich zur Zeit auf fortgeschrittene Methoden der Trennung von Radionukliden oder die Transmutation¹⁰⁰ von langlebigen Radionukliden. Alle Staaten mit Kernkraftprogrammen haben Organisationen geschaffen, die für alle oder bestimmte Aspekte der Entsorgung radioaktiver Abfälle zuständig sind und ihrerseits der Aufsicht durch die Sicherheitsbehörden (IAEO, ICRP, NEA u.a.) unterstehen.

Für kurzlebige Abfälle (mit Halbwertszeiten bis zu etwa 30 Jahren) mit einem streng begrenzten Gehalt an langlebigen Radionukliden werden in Frankreich, Schweden, Spanien und Großbritannien Oberflächen- oder oberflächennahe Endlager betrieben. Belgien erwägt die Schaffung ähnlicher Einrichtungen. Einige andere EU-Staaten planen, die Masse ihrer radioaktiven Abfälle entweder in geringen Tiefen (bis 100 Meter) oder wesentlich tieferen geologischen Formationen einzulagern. In Deutschland, Finnland und Schweden werden nicht wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle bereits in tieferen Schichten deponiert. Für die hochaktiven wärmeentwickelnden Abfälle existieren noch keine Endlagerstätten.¹⁰¹

In Großbritannien will der staatliche Konzern British Nuclear Fuel Limited (BNFL) im schottischen Dounreay Atommüllbehälter im Fels nahe dem Meer einschlies-

99) www.umweltlexikon-online.de, Stand 29. Mai 2001.

100) Technisches Verfahren, um langlebige Radionuklide durch Kernumwandlungen in Reaktionsprodukte kürzerer Halbwertszeit oder geringerer Radiotoxizität zu überführen.

101) Dehmer, Dagmar, "Von einer Renaissance weit entfernt. Viele Länder verabschieden sich von der Nuklearenergie", in: Das Parlament, Beilage Aus Politik und Zeitgeschichte, Nr. 46/09. November 2001, www.das-parlament.de/2001/46/Thema/2001_46_032_6952.html.

sen, ähnliches will Finnland im Felsufer der Ostsee probieren. Auch diese Endlagermöglichkeiten sind umstritten.¹⁰²

In Deutschland haben an die 20 Jahre „Erkundung“ des Salzbergwerkes Gorleben die Eignung des Steinsalzes zur Endlagerung nicht erbringen können. So stellte man u.a. fest, dass der Salzstock mit dem Grundwasser in Verbindung steht. Die Bundesregierung beschloss am 14. Juni 2000 die Untersuchungen Gorlebens vorläufig einzustellen. Zwar ruht die Erkundung damit zur Zeit, aber wegen der schwierigen Standortsuche wird noch gezögert, den Standort Gorleben endgültig aufzugeben. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle könnten Ende 2010 im Erzbergwerk Schacht Konrad gelagert werden. Der Bau war erst vor kurzem von Niedersachsens Umweltminister Wolfgang Jüttner genehmigt worden.¹⁰³ Schacht Konrad kommt mangels Untersuchung und Genehmigung für hochaktiven wärmeentwickelnden Atommüll nicht in Frage. Die Bundesregierung, die sich zum Ziel gesetzt hat, bis 2030 nur ein einziges Endlager für Atommüll zu haben, hat im Februar 1999 einen eigenen „Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte“ (AkEnd) eingerichtet, der ein Verfahren und Kriterien für die Suche und Auswahl eines Standortes zur sicheren Endlagerung von radioaktiven Abfällen entwickeln soll. Die Ergebnisse werden im Oktober oder November 2002 erwartet.¹⁰⁴ Der von der Bundesregierung eingerichtete Umweltsachverständigenrat kam in seinem Gutachten für Umweltfragen im Februar 2000 zu dem Ergebnis, "dass kein für alle Zeiten sicheres Endlager für stark radioaktive und wärmeentwickelnde Abfälle gefunden werden kann".¹⁰⁵

Italien, die Niederlande und Großbritannien haben beschlossen, die Entscheidungen über die endgültige Endlagerung von radioaktiven Abfällen aller Art oder zumindest der hochaktiven wärmeentwickelnden Abfälle um 50 bis 100 Jahre aufzuschieben und zu warten, bis ein Teil der Radioaktivität der Abfälle abgeklungen ist.¹⁰⁶

Nur in den USA steht die Genehmigung und Inbetriebnahme des weltweit ersten Endlagers kurz bevor. Die USA wollen in der Wüste von Nevada, in Yucca Mountain, dreihundert Meter tief unter dem Berggipfel und dreihundert Meter über dem Grundwasserspiegel ein nukleares Endlager für 70.000 tausend Tonnen abgebrannte Brennstäbe aus Atomkraftwerken und andere hochaktive Abfälle bauen. Obwohl nach 15 Jahren Erkundung der Lagerstätte immer noch Zweifel bestehen

102) Ebd.

103) Hamburger Abendblatt, 4.10.2002.

104) Vgl. "Empfehlungsentwurf des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte, www.akend.de, September 2002.

105) Environmental Report 2000 of the German Council of Environmental Advisors, "Beginning the Next Millenium", Kap. 3.22/252, Februar 2000, S. 146, www.umweltrat.de/pdf/insg00.pdf.

106) Vierter Bericht der Kommission..., a.a.O., S. 37.

hinsichtlich der Wasserundurchlässigkeit des Gesteins, der geologischen Stabilität des Gebirgsmassivs um Yucca Mountain und Unsicherheiten, wie das Gestein anfangs auf die hohe Wärmeentwicklung der verbrauchten Brennstäbe reagieren wird, scheint Präsident Bush entschlossen zu sein, die Lagerstätte per Gesetz durchzusetzen.¹⁰⁷ Seit 1973 sind in den USA keine neuen Atomkraftwerke mehr gebaut worden, für die es seit dem schweren Unfall von Harrisburg 1979 nur wenig öffentliche Akzeptanz gab. Heute sind an die 100 US-Atomkraftwerke in Betrieb, deren Betreiber eine Verlängerung der Betriebserlaubnis von 40 auf 60 Jahren beantragt haben. Die Kapazität des Atommülllagers in Yucca Mountain ist allerdings nur für eine Betriebsdauer von 40 Jahren ausgelegt. Solange das Abfallproblem nicht gelöst ist, werden in den USA keine neuen Atomkraftwerke gebaut werden.¹⁰⁸

Die abgebrannten Brennstäbe aus Japan werden in der französischen Anlage La Hague und im britischen Sellafield aufgearbeitet und dann in Japan zwischengelagert. Bis 2005 will Japan eine eigene Wiederaufarbeitungsanlage betreiben. Allerdings wächst auch in Japan die Kritik an der Entsorgungspolitik und der Nuklearenergie.¹⁰⁹

5.3 *Der Import von Nuklearmüll: Ein Beitrag zur Lösung Russlands ökonomischer und ökologischer Krise?*

Bereits im Jahr 2000 hatte sich das russische Atomministerium Minatom bemüht, die russische Gesetzgebung zu ändern, um den Import von ausländischem Nuklearmüll zu ermöglichen. Russische Umweltaktivisten und -gruppen riefen zum Protest auf und sammelten mehr als 2,4 Millionen Unterschriften für eine Petition an die Duma, ein Referendum über diese Angelegenheit abzuhalten. Eine große Zahl dieser Unterschriften wurde wegen fadenscheiniger Argumente nicht anerkannt und zurückgewiesen, so dass die erforderliche Summe von 2 Millionen für ein Referendum nicht zustande kam.¹¹⁰ Die Umweltschützer befürchteten, dass Minatom die Milliarden Dollar, die ein solches Geschäft versprach, zum Bau von drei Dutzend neuen Atomkraftwerken benützen und dadurch noch mehr Nuklearmüll erzeugt würde. Auch bestanden Zweifel, dass Minatom sich für einen ausreichenden Schutz der Umwelt vor Strahlungsschäden einsetzen und der verbrauchte Nuklearbrennstoff nicht wieder aufbereitet würde, um neuen Nuklear-

107) Gerberding, Christine, "Yucca Mountain. Amerikas Endlager für Atommüll", Filmbeitrag im Magazin Prisma, NDR-Fernsehen, 28. 5. 2002.

108) Dehmer, ebd.

109) Ebd.

110) Münchmeyer, Tobias, "Greenpeace to Block Nuclear Waste Imports to Russia", www.nirs.org/intl/Gpblocksruswaste.htm, 11. 7. 2001; vgl. Blagov, Sergei, "Concern over nuclear waste rises in Russia", The Asia Times, 23. 4. 2002.

brennstoff, oder noch schlimmer, Waffenplutonium herzustellen. Denn bisher hatte das Atomministerium einen wichtigen Eckstein der Non-Proliferations-Politik der USA abgelehnt: dass kommerziell hergestellter Nuklearbrennstoff niemals wiederaufbereitet wird.¹¹¹

Schon im Dezember 1998 hatte Jewgeni Adamov in einem Brief an den US E-

nergieminister William Richardsen das Angebot gemacht, hochaktiven U.S. Nuklearmüll auf einer kommerziellen Basis nach Russland zu importieren. Als die USA den Vorschlag ablehnten, nahm Adamov Verhandlungen mit Deutschland und der Schweiz auf.¹¹²

Im Mai 2000 legte Minatom dem russischen Parlament ein Papier zur "Strategie der nuklearen Entwicklung von 2000-2050" vor, dem prinzipiell zugestimmt wurde. Danach verfolgte das Ministerium den Bau von neuen Atomkraftwerken, in denen die zivilen Atom-

meiler auch für die Entwicklung des Nuklearwaffenprogramms benützt werden sollten. Es war klar, dass Minatom nicht über die Mittel für dieses ehrgeizige Vorhaben verfügte, sondern auf das Importgeschäft mit dem Nuklearmüll spekulierte.

Von den russischen Umweltorganisationen wurde dieses Vorhaben massiv abgelehnt: *erstens* sei Minatom nicht in der Lage, sich um seine bereits bestehenden Nukleardeponien verantwortlich zu kümmern in einem Land, das schon gewaltig unter den durch den zivilen und militärischen Bereich verursachten Strahlungsschäden leide. *Zweitens* wollten die Umweltschützer auf jeden Fall vermeiden, auch noch Deponien für ausländischen Nuklearmüll errichten zu müssen, obwohl es bereits für den eigenen Müll keine ausreichend gesicherten Deponien und



Abb. 9: "Das Mutterland ist gegen den Nuklearmüll"
Spruchband von Umweltaktivisten bei einer Demonstration gegen den Import von Nuklearmüll in Moskau, 26. April 2002.

Bildquelle: www.eng.yabloko.ru/Hotissues/Ecology/photo260402.html

¹¹¹) "150+ Organizations urge U.S. to prevent international radioactive waste imports to Russia", News from Nuclear Information and Resource Service (NIRS), 14. 12. 2000, www.nirs.org.

¹¹²) Deutschland und die Schweiz zählen neben Spanien, Japan, Südkorea und Taiwan zu den Ländern, die vor ernststen Entsorgungsproblemen stehen.

Lösungen für die Endlagerung gibt. *Drittens* wollte man Minatom nicht unterstützen, aus ausländischem verbrauchten Nuklearbrennstoff durch Wiederaufbereitung Waffensstoff herzustellen und *viertens* wollte man keine weiteren Atomkraftwerke in Russland errichten, die immer auch das Risiko für schwere Nuklearunfälle erhöhten.¹¹³

Trotz aller Proteste stimmte die Duma am 6. Juni 2001 dem Import von 2500 Tonnen abgebrannter Brennstäbe aus dem Ausland zu. Und auch das bisher bestehende russische Importverbot für Atommüll, der nicht aus russischen Kraftwerken stammte, wurde abgeschafft. So stimmten für die notwendige Änderung des Umweltschutzgesetzes 243 Duma-Abgeordnete bei 125 Nein-Stimmen.¹¹⁴

Geplant ist, das strahlende Material für 30 bis 40 Jahre in neuen Sicherheitseinrichtungen bis zu ihrer Wiederaufarbeitung zwischenzulagern. Danach sollen die Brennstäbe in die westlichen oder russischen Produktionsprozesse zurückgeführt werden. Russland soll dafür 20 Milliarden Dollar erhalten, die zu 75 Prozent zur Beseitigung von Umweltschäden und zur Sanierung von Atomkraftwerken verwendet werden sollen. Zweifelhaft bleibt, wieviel des Geldes tatsächlich dafür aufgewendet werden wird, wenn gleichzeitig Mittel für die Entwicklung einer neuen Kernreaktorgeneration benötigt werden.¹¹⁵ So sagte der russische Atomminister, Jewgeni Adamow, im Juli 2000, dass Russland in den nächsten 30 Jahren zunächst den Austausch der alten Anlagen plane und dann 30 neue Kraftwerke ans Netz bringen wolle. Ferner plante er, die bereits verseuchten Gegenden Russlands als Endlager für Nuklearmüll anzubieten, der nicht mehr aufgearbeitet werden kann.

Kritiker befürchten, dass die mit dem Import verbundenen Probleme nicht ausreichend abgeklärt worden sind und Russland gar nicht darauf vorbereitet ist, so grosse Mengen von Atommüll aufzunehmen. Auch sei ein Transport der gefährlichen Fracht über Tausende von Kilometern bis nach Sibirien unter den notwendigen Sicherheitsnormen nicht gewährleistet. Bisher entsprechen die Bedingungen in den russischen Endlagern nicht den europäischen Standards, die sich weitestgehend an den vorgeschlagenen Regelwerken der IAEO, ICRP und der NEA orientierten.¹¹⁶

113) Michael Mariotte, Geschäftsführer der Nuclear Information and Resource Service (NIRS) in einem Brief an Aussenministerin Madeleine Albright und Energieminister William Richardsen am 13. 12. 2000.

114) Press-Release ECODEFENSE, Moscow, June 6, 2001, www.ecodefense.ru.

115) Kommission der Europäischen Gemeinschaften, „Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Unterstützung der Kommission für die nukleare Sicherheit in den Neuen Unabhängigen Staaten und den mittel- und osteuropäischen Ländern“, Kom(200) 463, 6.9.2000, S. 11.

116) Dehmer, a.a.O.

Bedenken in bezug auf die mangelnde Sicherheit russischer Endlager hat auch die EU-Kommission, so dass der Abschluss von Importverträgen mit EU-Staaten vorerst wohl nicht zustandekommen dürfte. Allerdings kann die EU bilaterale Vereinbarungen eines EU-Mitgliedstaates mit Russland nicht verhindern.¹¹⁷

Sollten europäische Länder sich deshalb gegen Importe verwehren, bestünde immer noch die Möglichkeit, dass Russland Abfälle aus Ländern wie Iran, Indien und Nordkorea importiert, die AKW's russischer Bauart betreiben.

So sehr Russland auch auf die Devisen angewiesen sein mag, so kommen einem doch Zweifel, ob diese ambitiösen Pläne realisiert werden können oder die nukleare Verseuchung des Landes, wo der leichtsinnige Umgang mit radioaktiven Abfällen Tradition hat, nicht noch größere Ausmaße annehmen wird. Zweifelhaft ist auch, ob der Import tatsächlich ein so gutes Geschäft ermöglichen wird. Denn, so hieß es in einer Stellungnahme des Pressebüros des *US Department of State* am 6. Juni 2001: Der Duma-Beschluss ziele darauf ab, Russland den Import von ausländischem verbrauchten Nuklearbrennstoff zu ermöglichen. Ein großer Teil dieses Materials stamme aus den USA. Nach Angaben des Energieministeriums (DOE) ständen 90% des verbrauchten Nuklearbrennstoffs, den Minatom importieren möchte, unter US amerikanischer Kontrolle. Das US-Gesetz und bilaterale Vereinbarungen erforderten die Zustimmung der USA für diesen Export. Dazu bedürfe es eines "*Peaceful Nuclear Cooperation Agreements*" zwischen Russland und den USA, das zur Zeit nicht bestehe. Ob eine Einigung in Zukunft zustande käme, mache die USA von verschiedenen Faktoren abhängig. So müsse zum Beispiel sichergestellt sein, dass der Nuklearbrennstoff endgelagert und nicht zur Wiederaufbereitung verwendet und die zivilen Mengen separierten Plutoniums erhöht würden. Ferner müsste die Sicherheit von Transport, Lagerung und Verwendung gewährleistet sein. Ein wesentlicher Faktor sei auch das Verhalten Russlands in bezug auf die Zusammenarbeit mit dritten Parteien. Damit wurde angespielt auf den Verkauf russischer Nukleartechnologie an Länder wie den Iran und Nordkorea.¹¹⁸ Groß ist die Angst, dass angesichts der wirtschaftlichen Misere des Personals in den russischen Atomfabriken die Versuchung stark ist, spaltbares Material abzuzweigen und auf dem Schwarzmarkt zu verkaufen.

Fragwürdig ist auch, ob die durch das Geschäft zustandekommenden Gelder den vorgesehenen Zwecken tatsächlich zugefügt würden. So wurde im März 2001 Atomminister Jewgeni Adamow von Präsident Putin entlassen, nachdem ihm

¹¹⁷⁾ Ebd.

¹¹⁸⁾ Pressemitteilung des State Department, 6. 6. 2001, www.state.gov/pa/prs/ps/2001.

illegale Geschäfte in der Atomindustrie, Geldwäsche und Veruntreuung nachgewiesen worden waren.¹¹⁹

Trotz aller Bedenken und Proteste soll Russland seit der Gesetzesänderung im Juni 2001 Nuklearmüll aus der Schweiz, Bulgarien und Rumänien importieren.¹²⁰

6. Zusammenfassung und Empfehlungen

In Russland bestehen große technische und ökonomische Probleme bei der Bergung, Entsorgung und Endlagerung des Nuklearmülls. Der Nuklearbetrieb und einige schwere nukleare Unfälle haben Gesundheitsschäden verursacht, die bereits eine große Zahl von Opfern gefordert haben und es ist zu befürchten, dass noch viele infolge von Langzeitschäden folgen werden.

Durch die andauernde russische Finanzkrise lastet auf den Beschäftigten der Nuklearindustrie ein enormer sozialer Druck, dessen Folgen sich in Arbeitslosigkeit, Abwanderung hochqualifizierter Arbeitskräfte ins Ausland und Vernachlässigung von Sicherheitsvorkehrungen äußern.

Die Umweltschäden durch radioaktive Kontaminationen sind in einigen Regionen so groß, dass sie sich voraussichtlich nur teilweise beheben lassen werden und das nur unter Aufwendung immenser finanzieller Mittel. Die andauernde Umweltverschmutzung durch den Betrieb der nuklearen U-Boot- und Eisbrecherflotten oder der Eintrag radioaktiver Substanzen durch *Ob* und *Jenessej* in den Arktischen Ozean sind längst kein nationales Problem mehr.

Ob Russland angesichts der bestehenden Sicherheitsmängel älterer russischer Atomkraftwerke und den überfüllten und häufig unzureichend gesicherten Lagerstätten für Nuklearmüll technologisch in der Lage ist, für den importierten Atom-müll eine sichere Wiederaufarbeitung und sichere Transportrouten zu garantieren, darf bezweifelt werden. Vielmehr ist zu befürchten, dass mit den heute praktizierten Technologien früher oder später nukleare Abfälle ins Grundwasser oder in Oberflächengewässer gelangen. Auch würde der Import von mehreren tausend Tonnen abgebrannter Brennelemente über tausende von Kilometern bis nach Sibirien das Risiko für Unfälle und Umweltkatastrophen erhöhen und das in einer Zeit wachsender Terror-Gefahren.

¹¹⁹⁾ Rashid Alimov; Igor Kudrik, "Adamov sacked for unprofitable proliferation", 29. 3. 2001, www.bellona.no.

¹²⁰⁾ Kaiser, Sebastian, „Kalkulierte Geschenke. 20 Milliarden Dollar für Atommüllentsorgung“, Freitag, 5. 7. 2002.

In Hinblick auf die gewaltigen Aufgaben, die Russland durch das nukleare Erbe der Sowjetunion zu bewältigen hat, erscheint die gegenwärtige Umweltpolitik eher als kontraproduktiv. Obwohl das Land über eine vergleichsweise umfangreiche Umweltschutzgesetzgebung verfügt, mangelt es an deren Umsetzung. Nachdem bereits 1992 das Umweltministerium abgeschafft und 1999 das Staatskomitee für Umweltschutz aufgelöst wurde, hat der Umweltschutz besonders unter Putin weitere Einschränkungen hinnehmen müssen: Begrenzung der Pressefreiheit, Zunahme der Geheimhaltung in bezug auf die Atomindustrie und Wiedereinführung von Sperrgebieten, die dadurch einer stärkeren Kontrolle durch Nichtregierungsorganisationen entzogen sind. Gleichzeitig erleben Umweltschützer und Umweltgruppen, die auf gravierende Umweltschäden oder Risiken für nukleare Unfälle aufmerksam machen, seit Ende der 90er Jahre eine prä-Perestrojka Zeit in einem zunehmend anti-grünen Klima in Russland.

Stattdessen wäre es dringend erforderlich, dass die russische Regierung endlich eine umfassende Strategie entwickelt, um weitere Umweltschäden zu vermeiden und Sicherheitsrisiken im Nuklearbereich zu begrenzen. Folgende Maßnahmen wären zu empfehlen:

- Durchführung einer Bestandsaufnahme aller in Russland vorhandenen Mülldeponien mit radioaktiven Anteilen und eine genaue Analyse der eingelagerten Mengen, der Kapazitäten der Deponien und ihrer Betriebsdauer und Perspektiven der Entsorgungsmöglichkeiten; Beurteilung der Umweltgefahren kontaminierter Standorte;
- Änderung der bisher angewandten Entsorgungspraktiken und -strategien und ihre Anpassung an internationale Normen und Regelwerke (IAEA, ICRP, NEA);
- Intensive Suche nach geeigneten Standorten für den Bau, Betrieb und die Schließung von Endlagern für hochaktive wärmeentwickelnde Abfälle in tiefen Ton-, Granit- oder Salzformationen. Dabei Abwägung der Vor- und Nachteile einer zentralen oder dezentralen Zwischenlagerung in Hinblick auf Lastenverteilung, Transportrisiken und Überwachungsmöglichkeiten;
- Vermeidung des unnötigen Einsatzes von radioaktiven Stoffen und Erzeugung von neuem Nuklearmüll;
- Einführung von Vorschriften für den Transport von Nuklearmüll in Anlehnung an das von der IAEO geschaffene Regelwerk;
- Sicherstellung, dass weder die Gesundheit der Bürger noch die Umwelt in Zukunft durch ionisierende Strahlung gefährdet werden;
- Erzeugung von mehr Transparenz auf der Ebene von Regierung, Regulierungsbehörden, Betreibern und Öffentlichkeit. Insbesondere letztere muss in

Russland stärker über die Probleme im Zusammenhang mit der Endlagerung hochaktiver Abfälle aufgeklärt werden;

- Intensivierung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Dazu sollte auch die Forschung auf dem Gebiet der fortgeschrittenen Trennung und Transmutation vorangebracht werden;
- Einführung und Anwendung einer strengen Kernmaterialbuchführung in allen Nuklearbereichen, um dem illegalen Handel entgegenzuwirken;
- Ratifizierung des Übereinkommens über die Sicherheit der Entsorgung abgebrannter Brennstoffe und radioaktiver Abfälle.

Da Russland angesichts seiner prekären ökonomischen Situation auf massive Hilfe aus dem Ausland angewiesen ist, sollten ausländische Geldgeber (EU, USA, Norwegen, Japan u.a.) ihre Unterstützung verstärkt davon abhängig machen, ob und inwieweit Russland dazu bereit ist, stärker als bisher zu kooperieren und einige dieser Maßnahmen in Zukunft umzusetzen. Dazu wäre es wichtig, die Verhandlungen über ein multilaterales Abkommen (MNEPR) zwischen Russland und einer Reihe von Geberländern fortzuführen, um eine gemeinsame Rechtsgrundlage sowie Koordinierungs- und Kofinanzierungsmechanismen zu bereiten.

Angesichts der ungelösten Entsorgungsprobleme sollte Russland, wie es auch in den USA und den EU-Staaten praktiziert wird, auf einen weiteren Ausbau der Kernenergie verzichten und massive Anstrengungen unternehmen, die in den kommenden Jahren durch die anfallenden Atommüllmengen aus dem Kernkraftwerksbetrieb, durch Stilllegungen veralteter Anlagen und die im Rahmen der Einhaltung von internationalen Abrüstungsvereinbarungen zustande kommen werden zu begrenzen. Da das Land angesichts seiner wirtschaftlichen Probleme dabei schon jetzt auf technische und wirtschaftliche Unterstützung angewiesen ist, sollte unter allen Umständen vermieden werden, durch Nuklearimporte das Atommüllproblem mit all seinen Facetten, angefangen bei den Transporten, der Wiederaufarbeitung, der Endlagerung bis hin zur Möglichkeit terroristischer Anschläge oder Diebstahl von spaltbaren Materialien weiter zu verschärfen.

Vielmehr sollten Konzepte entworfen werden, wie und wo in Russland Endlager geschaffen werden könnten, die möglichst langen geologischen Zeitskalen widerstehen und durch Barrieren so gut wie möglich gegen jeden Kontakt mit der Biosphäre abgeschirmt werden können.

Denn wie es scheint, wird Russlands Hoffnung auf ein Milliarden-Dollar Geschäft durch den Import von Nuklearmüll sich nicht so schnell realisieren lassen. Andere politische Lösungen müssen also gefunden werden, um Russlands Probleme

durch sein enormes nukleares Erbe zu finanzieren. Das sollte geschehen, bevor das Land sich zusätzliche ökologische Probleme aufbürdet, für die andere Länder ebenfalls keine Lösung haben.

SCHIFF - texte

- Nr. 53 *Ulrike Kronfeld-Goharani:*
Ein Erbe des maritimen Wettrüstens: Der Atom Müll der Nordmeerflotte (36 S.)
- Nr. 54 *Ekkehart Krippendorf:*
Der gewöhnliche Krieg – der normale Soldat. Über Kriegsverbrechen und das Verbrechen Krieg (13 S.)
- Nr. 55 *Burkhard Auffermann:*
Für eine "Nördliche Dimension" der EU-Politik. Eine Initiative im Kontext finnischer Aussen- und Integrationspolitik (20 S.)
- Nr. 56 *Jacek Starosciak:*
The Council of Baltic Sea States (CBSS) – Its Mandate and Working Procedures and its Significance for the Baltic Sea Region (20 S.)
- Nr. 57 *Frank Möller:*
Politische Legitimität in den baltischen Staaten im Spiegel der EU-Erweiterung (23 S.)
- Nr. 58 *Christian Wellmann:* Tätigkeitsbericht für 1999 (34 S.)
- Nr. 59 *Artur Kusnezow:*
Die Osterweiterung der EU: Chancen und Gefahren für die Oblast Kaliningrad der Russischen Föderation (16 S.)
- Nr. 60 *Alexander Sergounin:*
The External Relations of the Novgorod Region of the Russian Federation (38 S.)
- Nr. 61 10 Jahre Ostseekooperation – 5 Jahre SCHIFF mit Beiträgen von *Heinz-Werner Arens & Carl-Einar Stålvant* (22 S.)
- Nr. 62 Annual Report of SHIP for 2000 (31 S.)
- Nr. 63 *Gulnara Roll / Tatiana Maximova / Eero Mikenberg:*
The External Relations of the Pskov Region of the Russian Federation (42 S.)
- Nr. 64 In der Transportfrage: Über die verkehrstechnische Isolation der russischen Exklave Kaliningrad mit Beiträgen von *Stephan Stein & Christian Wellmann* (25 S.)
- Nr. 65 *Silke Schielberg:*
Abschottung oder EU-Mitgliedschaft? Vorstellungen zur Zukunft der Exklave Kaliningrad im Spiegel der lokalen Presse (27 S.)
- Nr. 66 Annual Report of SHIP for 2001 (28 S.)
- Nr. 67 The Kiel international ad-hoc group of experts on Kaliningrad
Kaliningrad in Focus. Policy recommendations in the perspective of problem-solving (24 S.)

Bezugsbedingungen SCHIFF-texte:

Einzelexemplare kostenlos; Mehrfachbestellungen (auch verschiedene Ausgaben) Kostenpauschale von € 2,00 pro Stück; Mengenabnahme nach Vereinbarung

SCHIFF-texte Spezial

Hanne-Margret Birckenbach & Christian Wellmann (unter Mitwirkung von Leonid Karabeshkin):
Zivilgesellschaft in Kaliningrad. Eine Explorationsstudie zur Förderung partnerschaftlicher Zusammenarbeit erstellt im Auftrag des Schleswig-Holsteinischen Landtages; Kiel, 2000 (145 S.); € 7,50 incl. Porto.

Hanne-Margret Birckenbach & Christian Wellmann (eds.):
Civil Society around the Baltic Rim – edited on occasion of the 10th Baltic Sea Parliamentary Conference by order of the Standing Committee of the BSPC; Kiel, 2001 (56 S.); € 4,00 incl. Porto.