

IV. UMWELTPOLITIKGESCHICHTE

Ulrike Kronfeld-Goharani/Götz Neuneck

Die schleichende Verseuchung der Arktischen Region

Am 14. August 2000 meldeten die Medien, dass das Atom-U-Boot „Kursk“ nördlich der Kola-Halbinsel während eines Manövers gesunken sei. Bestürzt verfolgte die Weltöffentlichkeit in den folgenden Tagen die vergeblichen Rettungsversuche, 118 Besatzungsmitglieder in 108 Metern Tiefe aus dem Wrack zu bergen. Gleichzeitig wurde darüber spekuliert, ob die beiden Antriebsreaktoren des U-Bootes, das der russischen Nordmeerflotte angehörte, durch den Unfall beschädigt worden waren und ob das Boot Nuklearwaffen an Bord geführt hatte, von denen möglicherweise eine radioaktive Verseuchung der Barentssee ausgehen konnte. Befürchtungen wie 1989, als das russische Jagd-U-Boot „Komsomolets“ vor Nordnorwegen gesunken war, wurden wach.

Ein weiteres Mal wirft ein U-Boot-Unfall ein Schlaglicht auf den Zustand und die Probleme der russischen Nordmeerflotte. Die Tragödien der „Kursk“ wie auch der „Komsomolets“ bilden nur ein, wenn auch dramatisches Beispiel für die zunehmende Gefahr einer radioaktiven Verseuchung im arktischen Nordmeer, welche durch den Zerfall der Sowjetunion, die ökonomische Krise in Russland, die nukleare Abrüstung, Kompetenzgerangel, Hang zu Geheimniskrämerei und fehlenden politischen Willen in den nächsten Jahrzehnten verschärft werden könnte.

Der Unfall der Kursk hat das öffentliche Interesse wieder auf die Gefahren gelenkt, die von den Atom-U-Booten im Falle von Havarien ausgehen. Doch sind es nicht allein Unfälle, die die Arktische Region bedrohen. Schon der Normalbetrieb der U-Boot-Flotte verursacht große Mengen Nuklearmüll, dessen unsachgemäße Lagerung eine ständige Kontaminationsquelle darstellt. Übervolle Lager, fehlende oder mangelhafte Ausrüstung und unzuverlässige Bewachung

komplizieren die Situation. Hinzu kommt eine Reihe weiterer Quellen, die zwar weniger von der Öffentlichkeit wahrgenommen werden, die aber nicht unerheblich an der radioaktiven Verseuchung der Arktischen Region und der angrenzenden Meere beteiligt sind.

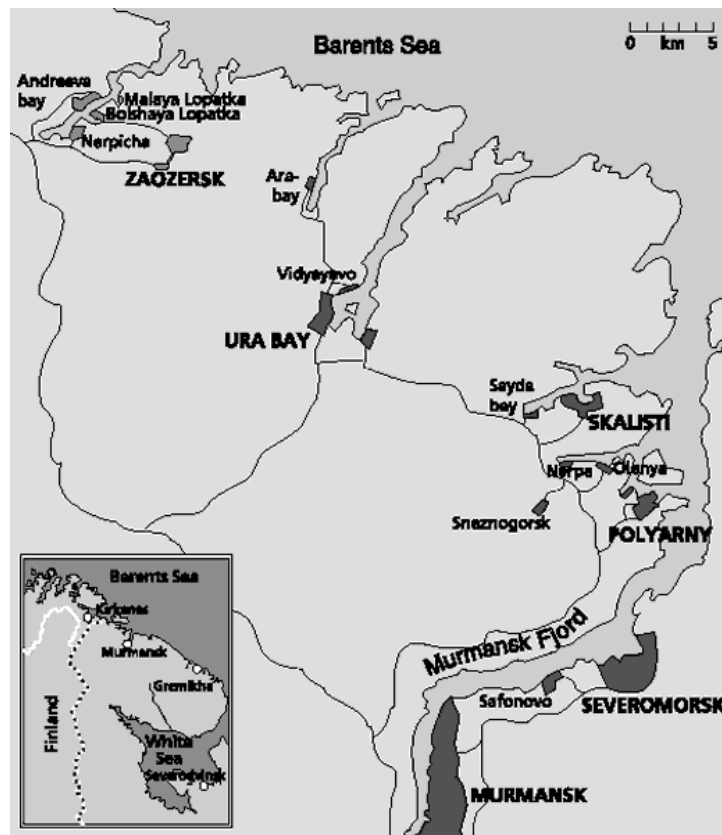


Abbildung 1: Die Arktische Region

Paradoxerweise wird die arktische See immer noch zu den saubersten Gewässern in Europa gezählt. (Publikumswirksam hatte der russische Präsident vor laufenden Kameras ein Glas Wasser getrunken.) Gemessen wurde nur Cäsium-137 in der Barentssee, der Kara-See und dem

Weißem Meer, von dem die Hälfte dabei aus Sellafield (England) und La Hague (Frankreich) stammt. Sollte aber das eingeschlossene radioaktive Inventar längerfristig in die Umwelt gelangen, ist eine großflächige nukleare Katastrophe nicht ausgeschlossen. Immer wieder wird in Pressemeldungen vor dem Hintergrund der in der Region gelagerten Nuklearabfälle von einem möglichen „Tschernobyl in Zeitlupe“ oder von weiteren atomaren Katastrophen in der Murmansk-Region gesprochen. Im Januar 1998 wies der Euro-arktische Barentsrat (BEAC) darauf hin, dass der Atommüll in Nordwestrussland ein „wachsendes Umwelt- und Sicherheitsrisiko“ darstellt.¹ Chris Patten, der Beauftragte der EU für externe Beziehungen, bezeichnete im Januar 2001 bei einem Besuch in Moskau die Entsorgungsproblematik als „Damoklesschwert über unserer Zukunft“.

Umfang und Zustand der russischen Nordmeerflotte

In mehr als 30 Jahren schuf die Sowjetunion die größte nuklear angetriebene U-Boot-Flotte der Welt. Über neunzig Prozent aller nuklear angetriebenen Schiffe sind U-Boote, Russland baute davon allein mehr als die Hälfte. Zwischen 1954 und 1996 produzierte die Sowjetunion 287 U-Boote, für deren Antrieb ca. 500 Reaktoren verwendet wurden. Ein großer Teil dieser Unterwasserarmada, bis heute ca. 183 U-Boote, kommen an ihre Lebensgrenze bzw. müssen aufgrund fortschreitender Abrüstungsverpflichtungen ausgemustert werden. Die Nordmeerflotte alleine verfügt über 142 U-Boote und drei Kreuzer, die von mehr als 300 Reaktoren angetrieben werden. Hinzuzählen sind noch 10 Eisbrecher und ein Containerschiff. Die durchschnittliche Betriebszeit eines Atom-U-Bootes beträgt ca. 20 Jahre.

Nukleare Abschreckung auf See

Atom-U-Boote sind heute die vielleicht katastrophenträchtigste und zugleich strategisch wichtigste Waffengattung der Nuklearmächte. Die Hälfte des Nukleararsenals der USA und Russlands ist seegestützt, in Großbritannien und Frankreich der größte Teil. U-Boote sind für Militärs sehr attraktiv, da sie relativ unbemerkt große Distanzen zurücklegen und diverse nukleare und konventionelle Waffen transportieren und verschießen können: Raketen, Minen, Torpedos. Sie sind schwer zu orten, weil sie sich schnell bewegen und große Tauchtiefen erreichen können. Zur Aufrechterhaltung der nuklearen Abschreckung auf See verwenden die Nuklearwaffenstaaten nuklear

angetriebene strategische U-Boote, die mit nuklearbestückten Interkontinentalraketen ausgestattet sind. Die USA besitzen von diesem Typ 18, Russland 16, Frankreich und Großbritannien vier und China eines. Atemberaubend ist das Zerstörungspotenzial, das diese Schiffe darstellen: Jedes strategische U-Boot der amerikanischen OHIO-Klasse verfügt über 24 Trident-Raketen (Reichweite bis 11.000 km) und damit über die zehnfache Explosionsstärke der Munition, die im 2. Weltkrieg zum Einsatz kam oder ca. 1300 Hiroshima-Bomben.

Der risikoreiche Betrieb der Nordmeerflotte

Bau und Betrieb von Atom-U-Booten waren und sind höchst risikoreich. In der Vergangenheit wurden die U-Boote der Nordmeerflotte oft unter enormem Zeitdruck fertig gestellt. Lag der Ablieferungstermin für einen speziellen U-Boot-Typ erst einmal fest, musste er unter allen Umständen von den Schiffswerften eingehalten werden. Als Folge dieser Politik wurden Atom-U-Boote häufig der Marine übergeben, ohne dass sie alle notwendigen Sicherheits- und Seetests absolviert hatten. Noch 1989 wurden 529 Klagen wegen mangelhafter Ausrüstung von Atom-U-Booten bei der Marineleitung eingereicht. So sollen beispielsweise auf einem Boot alle Lichtschalter in den Mannschaftsräumen und in den Raketenschächten gefehlt haben.²

Aber auch vom *Betrieb* der gefechtsbereiten U-Boote über See geht eine ständige potenzielle Bedrohung aus. Dabei ist es nicht in erster Linie die Bewaffnung, sondern der nukleare Antrieb der Schiffe, der in Friedenszeiten See und Festland bedroht, wenn es zu einem Unfall kommt. Im Rumpf jedes U-Bootes arbeitet auf engstem Raum ein komplettes Atomkraftwerk, dessen Reaktortechnik entschieden gefährlicher ist als die fünf- bis zehnmal stärkeren Leistungsreaktoren an Land. Die Unterwasserreaktoren sind hochgezüchtete, leistungsstarke Druckwasseranlagen, die mit extrem hoch angereichertem Uranbrennstoff arbeiten. Die Platznot auf den Schiffen erlaubt nur reduzierte Notkühlsysteme. Kettenreaktionen laufen sehr schnell ab, und es bleiben oft nur Augenblicke, um gefährliche Entwicklungen zu entschärfen. Unter Wasser können die Reaktoren in kritischen Situationen, in denen ein ziviler Meiler sofort abgeschaltet würde, nicht immer heruntergefahren werden. Arbeitet in so einem Fall auch das Reservesystem nicht mehr und fehlt dem Boot der Antrieb, ist es manövrierunfähig.

Auch die Entsorgung der Unterwasserreaktoren oder ihr Füllen mit neuem Brennstoff birgt größere Risiken als bei Landmeilern. Auf Grund der kompakten Bauweise wird der Brennstoff moderner U-Boote nur alle drei bis fünf Jahre ausgetauscht. Der verbrauchte Brennstoff, der Plutonium und Strontium 90 enthält, ist aufgrund seiner hohen Anreicherung und der langen Nutzung noch wesentlich gefährlicher als der Abfall eines zivilen Reaktors. Kommt es zu einem Unglück an der Meeresoberfläche, kann der radioaktive Fallout durch den Wind über große Entfernungen transportiert werden.

Bedrohlich verschärft wird das Unfallrisiko durch die ökonomische Krise, in der Russland sich seit Jahren befindet und wovon auch die Nordmeerflotte, einstiges Prestigeobjekt der Sowjetunion, betroffen ist. Dringend notwendige Wartungs- und Reparaturarbeiten scheitern oft an fehlenden Mitteln, so dass die gesamte Flotte ihre Aufgaben gemäß der vorherrschenden Militärdoktrin – die Verteidigung russischen Territoriums – nur noch eingeschränkt erfüllen kann. 1994 flossen der Flotte nur 35 Prozent der Mittel zu, die für Wartung und Unterhalt bestimmt waren, aber zum größten Teil zur Nachzahlung von Löhnen und Personalkosten eingesetzt werden mussten. 1995 war der gesamte Jahresetat der Flotte wegen der hohen Inflation bereits nach sechs Monaten aufgebraucht. Offiziere wurden in den Ferien nicht bezahlt und mussten immer wieder Verzögerungen bei der Auszahlung der Gehälter hinnehmen. Als Folge des hohen Sozialdrucks kam und kommt es immer wieder zu Zwischenfällen, bei denen auch schon Forderungen nach besserer Entlohnung mit der Drohung ausgesprochen wurden: „Wir werden ein neues Tschernobyl verursachen.“³

Die wirtschaftliche Misere Russlands bewirkt auch eine Abnahme der Qualifizierungs- und Trainingseinheiten der U-Boot-Besatzungen. Nach dem Wegfall der hochmodernen U-Boot-Trainingslager in Paldiski (heute Estland) und Sevastopol (heute Ukraine) erlitt die russische Marine bereits einen empfindlichen Kompetenzverlust, der sich weiter erhöht, wenn auch die praktische Erfahrung der U-Boot-Crews weiter abnimmt, dadurch dass die Schiffe infolge der ökonomischen Krise immer häufiger und länger in den Marinestützpunkten liegen oder nur mit reduzierter Besatzung auslaufen – eine Entwicklung im Umgang mit einer heiklen Technologie, die Anlass zur Besorgnis gibt.

U-Boot-Unfälle:

Eine Geschichte von Katastrophen, Kollisionen und Havarien

Seit Inbetriebnahme der ersten nuklear angetriebenen U-Boote ist es immer wieder zu schweren Un- und Zwischenfällen gekommen. Bis heute wurden sieben gesunkene Wracks, einschließlich der „Kursk“, von den atomaren Seemächten bestätigt (Abbildung 2). Wie viele U-Boote tatsächlich auf den Weltmeeren verschwanden, ist bis heute Staatsgeheimnis sowohl in West wie in Ost.

10. April 1963: Die *USS Thresher* sinkt infolge einer Explosion hundert Meilen östlich von Cap Cod, Massachusetts auf 2750 Meter Wassertiefe. 169 Mann an Bord sterben.

27. Mai 1968: Die *USS Scorpion* sinkt mit 99 Mann Besatzung 400 Meilen südwestlich der Azoren auf 3300 Meter Wassertiefe.

10. April 1970: Ein russisches Atom-U-Boot der November-Klasse *K-8* sinkt mit 52 Besatzungsmitgliedern auf 4680 Meter Tiefe.

Juli 1983: Südlich der russischen Halbinsel Kamtschatka sinkt ein Atom-U-Boot der Charlie-I-Klasse mit 90 Mann Besatzung.

6. Oktober 1986: Ein russisches Atom-U-Boot der Yankee-Klasse *K-219* sinkt 600 Seemeilen nördlich von Bermuda.

7. April 1989: Infolge eines Feuers sinkt das russische U-Boot *K-278*, bekannt als „Komsomolets“, vor den norwegischen Bäreninseln auf 1700 Meter Tiefe. 42 Crewmitglieder kommen ums Leben.

12. August 2000: Das russische Atom-U-Boot der Oscar-II-Klasse *K-141*, „*Kursk*“, sinkt östlich von Murmansk in der Barentssee auf 108 Meter Tiefe. 118 Besatzungsmitglieder kommen ums Leben.

Abbildung 2: Chronologie schwerer Unfälle von Atom-U-Booten⁴

Die schwerwiegendsten Unfälle wurden durch Feuer, Explosionen oder Reaktorüberhitzung infolge Versagens des Kühlmittelkreislaufes ausgelöst. Weitere Unfallursachen waren Kollisionen mit anderen U-Booten, Schiffen oder Eisbergen und Grundberührungen. Bei zahlreichen Unfällen ebenso wie bei einer Reihe kleinerer Zwischenfälle gelangte radioaktives Material in die Umgebung. Beim Totalverlust der Boote sanken diese mit ihren Reaktoren und ihrer Bewaffnung in die Tiefe.

Armeesprecher, aber auch Hydrographen behaupten, von den gesunkenen Booten gehe zur Zeit keine Gefahr aus. Es stellt sich jedoch die Frage, wie lange dieser Zustand anhält und wie sicher die Umhüllung der radioaktiven Materialien auf lange Sicht ist. Was nützen 20, 50 oder gar 500 Jahre Strahlungsabschirmung, wie ihn russische Spezialisten für ein in der Karasee an versenkten U-Booten angewendetes Material angeben, im Hinblick auf die hohe Halbwertszeit von Plutonium? Für unsere menschlichen Zeitskalen wirkt Plutonium ewig. Gelangt ein Plutoniumteilchen über die Nahrungskette in den menschlichen Körper, erzeugt es Krebs, auch nach 500, 1000 oder 50 000 Jahren noch ...

Abrüstung:

Die gefährliche Demontage der Atom-U-Boote und ihrer Waffen

Weltweit sollen im Rahmen der Abrüstung ca. 300 atomgetriebene U-Boote außer Dienst gestellt und verschrottet werden. Die USA demontieren davon 100 Atom-U-Boote, Großbritannien 16 und Frankreich zwei. Aufgrund ihrer enormen U-Boot-Flotte hat jedoch Russland den Großteil zu tragen. Allein zwischen 1990 bis 1994 hat Russland zwischen 15 bis 25 U-Boote pro Jahr ausgemustert, bis heute insgesamt 179. 130 dieser U-Boote warten auf ihre Demontage, wobei 110 bis 115 U-Boote noch funktionsfähige, mit Brennstoff versehene Reaktoren an Bord haben. In den nächsten Jahren sollen weitere 35 Schiffe abgerüstet werden. Die russische Regierung plant bis zum Jahr 2007 die „Außerdienststellung“ von 150 U-Booten.

Der Prozess der Außerdienststellung ist äußerst risikoreich, arbeitsintensiv und kostspielig. Aufgrund der fehlenden Demontagekapazitäten werden die U-Boote zunächst in den eisfreien Häfen der Nordmeerflotte vor Anker gelegt. Zur Wartung und Überwachung der Reaktorkühlung und zur Bewachung des Schiffs muss eine kleine Crew an Bord gehalten werden.

Der vollständige Prozess der Demontage umfasst mehrere Schritte (Abbildung 3): Entnahme des nuklearen Brennstoffs, Bergung der Munition, Demontage der Raketenabschussbasen, Ausbau verwertbarer Ausrüstungsgegenstände, Bergung des Reaktorgehäuses, Lagerung des anfallenden Nuklearmülls, Zerlegung des Schiffsrumpfs und zuletzt Versiegelung und Transport der Reaktorteile an geeignete Stellen für sichere Langzeitlagerung.

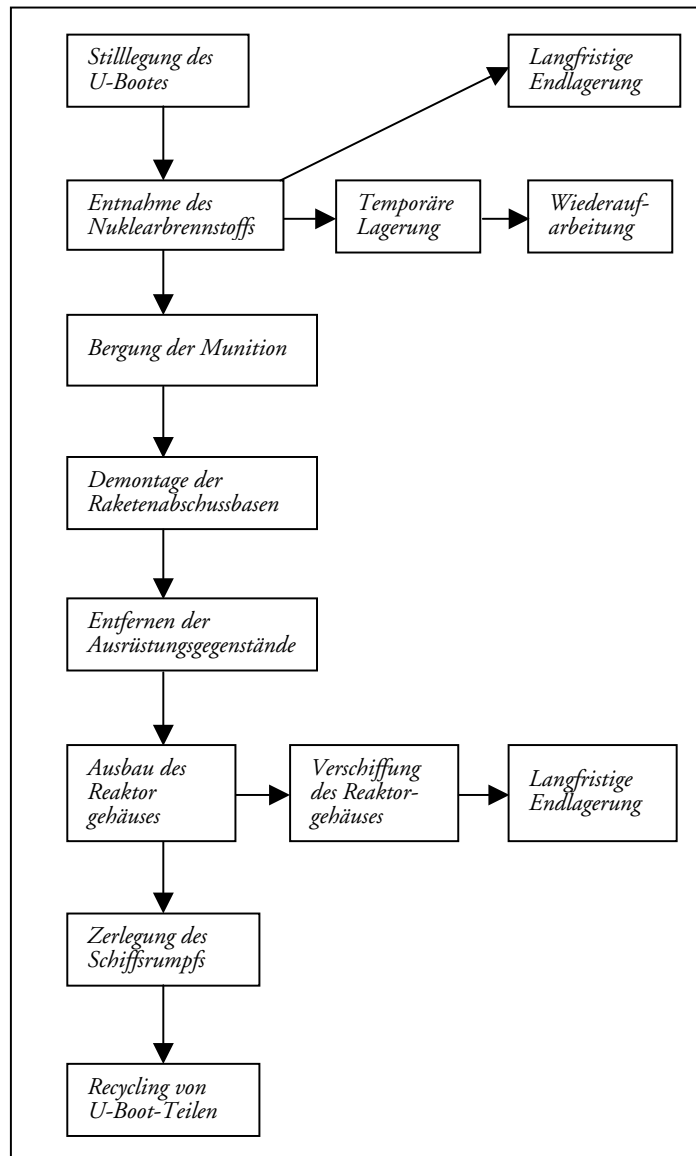


Abbildung 3: Schritte bei der Demontage eines Atom-U-Bootes⁵

Die Verschrottung nur eines amerikanischen Yankee-U-Bootes erfordert 630 000 Mannstunden, und es werden dafür Kosten von ca. 27 Millionen Dollar angegeben. Für die Verschrottung eines russischen U-Bootes werden ca. 2 Millionen Dollar angenommen. Die Verschrottung wird in der Nerpa-Schiffswerft (Murmansk) sowie den Werften Zvezdochka und Sevmash (Severodinsk) durchgeführt.

Bei 36 der 179 außer Dienst gestellten russischen Atom-U-Boote half das Pentagon durch „Know-how“ und finanzielle Unterstützung. Für die restlichen 143 Boote ist die Finanzierung noch nicht geklärt. Die Verantwortung für die Verschrottung der U-Boote ist 1998 durch ein Regierungsdekret von der Marine an das Russische Ministerium für Atomenergie (MINATOM) übergegangen. Ca. 10.000 Personen, die mit der Dekommissionierung beschäftigt waren, mussten durch die Marine entlassen werden. Unklar ist, ob MINATOM der Entsorgung der U-Boote hohe Priorität einräumt und genügend Ressourcen dafür zur Verfügung stellt.⁶ Fraglich ist auch, wie gut die Marine und MINATOM zusammenarbeiten. 1999 konnte lediglich bei acht U-Booten der Brennstoff entfernt werden.

Das russische Atomministerium hat einen Vorschlag für die weitere Demontage der Atom-U-Boote bis 2005 erarbeitet. Unter Nutzung von 13 Werften sollen dabei Kosten in Höhe von umgerechnet 1,5 bis 2 Milliarden Dollar anfallen. 30 bis 40 Prozent davon sollten aus dem Staatsbudget stammen, der Rest durch ausländische Hilfe und den Verkauf von wieder verwertbaren Metallen.

Aufgrund der schlechten wirtschaftlichen Situation der Nordmeerflotte, des Kompetenzgerangels verschiedener Institutionen und des postsowjetischen Hanges zur Geheimniskrämerei geht der Verschrottungsprozess nur sehr langsam voran. Es fehlt an Infrastruktur in den Schiffswerften, an Serviceschiffen für die Entnahme des nuklearen Brennstoffs und an Speicherkapazitäten für den anfallenden Nuklearmüll. Die Entsorgungsschwierigkeiten des Nuklearmülls sind die Hauptursache dafür, dass zur Zeit nur ca. ein Atom-U-Boot pro Jahr verschrottet wird.⁷

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.

Das ungelöste Problem: Wohin mit dem Nuklearmüll?

Der Gebrauch, die Unterhaltung und die Außerbetriebnahme von Reaktoren erzeugten nuklearen Abfall. Schon im Normalbetrieb fallen große Mengen bei der Auffüllung von U-Boot-Reaktoren mit neuem Brennstoff an. Die ersten russischen Atom-U-Boote wurden nach sieben bis zehn Jahren mit neuem Brennstoff ausgerüstet, je nach Anreicherungsgrad des benutzten Uran-235 und Einsatzdauer des Reaktors. Modernere U-Boote werden bereits nach drei bis fünf Jahren mit neuem Brennstoff aufgefüllt, so dass heute in wesentlich kürzeren Abständen nuklearer Müll anfällt. Bei Brennstofferneuerungsarbeiten entstehen 155 bis 200 Kubikmeter feste und flüssige Anteile nuklearen Abfalls.⁸

Der Entsorgung des Nuklearmülls wurde in der Ära des Kalten Krieges in West und Ost nur wenig Beachtung geschenkt. Das Hauptinteresse galt dem Entwurf und der Konstruktion von Atom-U-Booten und verschiedenen Raketensystemen. Während das erste sowjetrussische Atom-U-Boot bereits 1957 vom Stapel lief, wurden Einrichtungen zur Handhabung und Lagerung radioaktiven Abfalls erst Anfang der 60er Jahre fertig gestellt. Dieses Problem begleitete die Entwicklung aller nachfolgenden U-Boot-Generationen und besteht bis heute fort.

Dass der sicheren Handhabung und Lagerung radioaktiven Mülls nur geringe Bedeutung zugemessen wurde, drückte sich auch in dem Mangel an technischen und ökonomischen Ressourcen aus, die von der sowjetrussischen Marine für diesen Zweck bereitgestellt wurden. Viele Einrichtungen für das Management radioaktiven Abfalls wurden nur auf Reißbrettern konstruiert. Wurden Mittel für den Bau einer bestimmten Anlage bewilligt, handelte es sich häufig nur um einmalige Aufwendungen. Waren diese verbraucht, blieb die Anlage in dem (unfertigen) Zustand zurück, in dem sie sich gerade befand.

Als Folge dieser Politik befinden sich heute nicht nur 18 Prozent aller in der Welt existierenden Reaktoren in der Arktischen Region, sondern die Kola-Halbinsel und Severodvinsk am Weißen Meer verfügen mit ca. 300 Reaktoren auch über die höchste Konzentration nuklearer Reaktoren in der Welt.⁹ Der sich in mehr als 40 Jahren angesammelte Nuklearabfall wurde größtenteils in den Militärstützpunkten auf der Kola-Halbinsel gelagert, im Meer versenkt oder zur Wiederaufarbeitungsanlage Mayak transportiert.

Auf der Kola-Halbinsel unterhält die Nordmeerflotte fünf Militärbasen zwischen Zapadnaya Litsa im Westen und Gremikha im Osten. An allen Stützpunkten befinden sich Lagerkapazitäten für festen und flüssigen Nuklearmüll (siehe Abbildung 4). Diese Lagerkapazitäten 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 unter freiem Himmel ohne besondere Schutzvorkehrungen. *Flüssiger radioaktiver Abfall*, der vor allen Dingen bei der Brennstofferneuerung der noch in Dienst befindlichen U-Boote anfällt, wird in allen Marinebasen gelagert, zum Teil in unterirdischen Tanks auf dem Land, an Bord von Versorgungsschiffen oder in Schwimmtanks. Einige der Tanks befinden sich in sehr schlechtem Zustand. Ein Teil des neu anfallenden flüssigen Atom- mülls wird in die Wiederaufbereitungsanlage der zivilen Eisbrecherflotte in Murmansk gebracht. Allerdings ist die Kapazität der Anlage zu gering und sind die Kosten der Wiederaufarbeitung für die Nordmeerflotte zu hoch.

Die größte Lagerstätte für *verbrauchten Nuklearbrennstoff* befindet sich in Zapadnaya Litsa in Andreeva Bay, 40 km von der Norwegischen Grenze entfernt. Hier sollen ca. 23.000 verbrauchte Brennelemente, der Inhalt von etwa 90 Reaktoren, in drei überalterten, innen mit Stahlplatten versehenen Betontanks und bedeckt von einer ca. 4 Meter dicken Wasserschicht gelagert sein. 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 36 Jahren unter freiem Himmel stehen.

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 zur Wiederaufbereitungsanlage Mayak 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. Zur Zeit soll die Nordmeerflotte über kein Schiff verfügen, das geeignete

Vorrichtungen an Bord hat, die überalterten Container aus Gremikha fortzuschaffen. Auch der nukleare Abfall der mit Flüssigmetall gekühlten Reaktoren soll hier gelagert sein.

Jährlich fällt in Russland nuklearer Müll von 20 Atom-U-Booten an. Lagerkapazitäten sollen dagegen nur für den Abfall von drei Booten vorhanden sein. Insgesamt müssten Jahr für Jahr rund 30.000 Kubikmeter flüssiger und 6.000 Kubikmeter fester Atommüll entsorgt werden. Hinzu kommt ein beträchtlicher Anteil aus Reparaturarbeiten an beschädigten oder havarierten U-Booten. Zur Zeit werden Studien durchgeführt, um eine Langzeitlagerstätte für den hochradioaktiven festen Atommüll auf der Insel Nowaja Semlja oder der Kola-Halbinsel zu errichten. Norwegen hat im letzteren Fall erhebliche Zweifel, da die Lagerstätte nahe der norwegischen Grenze liegt. Es wird mit Kosten von 200 Millionen Euro gerechnet.

Entsorgung: Die einfache Lösung – das Meer als nukleare Müllkippe

1993 verfügte Präsident Jelzin eine Bestandsaufnahme der Umweltverschmutzung. Das Ergebnis war der „Jablokov-Bericht“, der erstmals detailliertere Daten vorlegte. So wurde bekannt, dass die russische Marine und die 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. Nach Angaben aus unterschiedlichen Quellen wurden in der Karasee vor Nowaja Semlja im Meer versenkt: 16 Reaktoren, darunter mindestens sechs, die noch Brennelemente enthielten; ca. 17.000 Atommüllcontainer mit flüssigem und anderem radioaktiven Müll; 12 Atom-U-Boote und drei atombetriebene Eisbrecher; 1964 die „N. Baumann“, die 1500 bereits undichte Atommüllbehälter geladen hatte. 1984 wurden vom Eisbrecher „Lepse“ weitere Atommüllcontainer abgeworfen, nachdem sie zuvor mit Hilfe von Geschosssalven undicht geschossen und so zum Sinken gebracht worden waren. Die Container sollen jetzt in 200 Metern Tiefe liegen.¹⁰ Havarierte oder abgewrackte Atom-U-Boote wurden häufig in den Fjorden von Nowaja Semlja, insbesondere in der Abrosimov-, Stepovogo- und Tzivolky-Bucht versenkt, oft in weniger als 50 Metern Wassertiefe. In Bezug auf den Ort der Versen-

kung, den Abstand zur Küste und die Versenkungstiefe war das ein klarer Verstoß gegen das London-Abkommen von 1972.¹¹

Ort	Einrichtung	Quellen für radioaktive Kontamination
Zapadnaya Litsa (Bolshaya, Lopatka, Nerpichya, Andreeva Bay)	Militärbasis	<ul style="list-style-type: none"> • 26 einsatzbereite Atom-U-Boote • 1 stillgelegtes Atom-U-Boot mit Nuklearbrennstoff an Bord • 1 stillgelegtes Atom-U-Boot ohne Nuklearbrennstoff • 23 260 verbrauchte Brennelemente • 2000 m³ flüssiger Atommüll • 6000 m³ fester Atommüll
Vidyayevo (Ura Bay)	Militärbasis	<ul style="list-style-type: none"> • 4 einsatzbereite Atom-U-Boote • 1 Reaktor der Nurka-Klasse • 14 stillgelegte Atom-U-Boote mit Nuklearbrennstoff an Bord • min. 3 m³ flüssiger Atommüll • Fester Atommüll
Gadzhievo (Skalisti)	Militärbasis	<ul style="list-style-type: none"> • unbekannte Anzahl von Atom-U-Booten • 200 m³ flüssiger Atommüll • 2037 m³ fester Atommüll • gelegentlich: Versorgungsschiffe mit Nuklearbrennstoff und flüssigem Atommüll an Bord
Saida Bay	Lagerstätte	<ul style="list-style-type: none"> • 12 U-Boot-Rümpfe mit ihren Reaktoren
Severomorsk	Militärbasis	<ul style="list-style-type: none"> • 2 nuklear angetriebene Zerstörer
Gremikha	Militärbasis	<ul style="list-style-type: none"> • einige einsatzbereite Atom-U-Boote • 15 stillgelegte Atom-U-Boote • 300 m³ fester Atommüll • 2.000 m³ flüssiger Atommüll • 795 verbrauchte Brennelemente • 9 Reaktorkerne von Atom-U-Booten mit Flüssigmetall-gekühlten Reaktoren

Nerpa	Schiffswerft	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Atom-U-Boote, die außer Dienst gestellt werden • gelegentlich: Versorgungsschiffe mit verbrauchtem Nuklearbrennstoff und flüssigem Atommüll • 200 m³ fester Atommüll • 170 m³ flüssiger Atommüll
Shkval (Polyarny)	Schiffswerft	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Atom-U-Boot zur Instandsetzung/Wartung • 1 Versorgungsschiff mit Nuklearbrennstoff an Bord • 1 Versorgungsschiff mit flüssigem Atommüll an Bord • 7 stillgelegte Atom-U-Boote mit Nuklearbrennstoff an Bord • Lagerstätte für festen Nuklearmüll • 150 m³ flüssiger Atommüll
Sevmorput	Schiffswerft	<ul style="list-style-type: none"> • 1 stillgelegtes Atom-U-Boot mit Nuklearbrennstoff an Bord • 1 stillgelegtes Atom-U-Boot ohne Nuklearbrennstoff • gelegentlich: Versorgerschiffe mit flüssigem Atommüll • Lagerstätte für festen Atommüll
Severodvinsk	Schiffswerft	<ul style="list-style-type: none"> • 12 539 m³ fester Atommüll • 3 000 m³ flüssiger Atommüll • 4 Atom-U-Boote zur Instandsetzung/Wartung • 12 stillgelegte Atom-U-Boote mit Nuklearbrennstoff an Bord • 4 Reaktorblöcke von außer Dienst gestellten Atom-U-Booten

Abbildung 4: Der Nuklearmüll in den Einrichtungen der Nordmeerflotte¹²

Bis heute wurden in der Karasee keine 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 einigen Sedimentproben gefunden, die auf kleinere Leckagen schließen lassen.¹³

Entsorgung: Die kostspielige Lösung – Transport und Wiederaufarbeitung
Russland unterhält drei große Nuklearkomplexe, die sich alle südlich der arktischen Region befinden: Mayak, Krasnojarsk und Tomsk. Mayak im 3000 Kilometer von der Kola-Halbinsel entfernten Tscheljabinsk im Ural wurde 1948 errichtet, um Plutonium (Pu-239) für Nuklearwaffen zu produzieren. Nach Mayak ging 1973 auch der erste Transport Nuklearmüll der Nordmeerflotte zur Wiederaufarbeitung. Aus Furcht, in Zukunft mit einer Urknappheit rechnen zu müssen, war es Politik der damaligen Sowjetunion, möglichst den gesamten verbrauchten Brennstoff wieder aufzubereiten und erneut einzusetzen. Das scheiterte im Falle der Nordmeerflotte jedoch daran, dass Andreeva Bay und Gremikha, die Hauptlagerstätten für verbrauchte Brennelemente, nicht an das Eisenbahnnetz angebunden wurden und es auch bis heute nicht sind. Ferner fehlte es an geeigneten Containern für den Transport des verbrauchten Nuklearbrennstoffs. Und Wiederaufarbeitung ist teuer. Immer wieder fehlten der Nordmeerflotte die Mittel für den immerhin 3000 Kilometer weiten Transport von der Kola-Halbinsel bis nach Mayak und den anschließenden Wiederaufarbeitungsprozess.

Die Nukleartechnik und der Bau von Kernwaffen im Ural blieben nicht ohne Folgen für die Umwelt. Immer wieder wurde die Region von nuklearen Zwischenfällen, Hochwassern oder Dammbriichen von Abwasserseen heimgesucht und die Umgebung radioaktiv kontaminiert. Über das Flusssystem gelangten und gelangen auch heute noch Radionuklide in Ob und Yenisey, die beide in die Karasee münden.

*Weitere Gründe radioaktiver Kontamination:
Nukleartests, Tschernobyl und Wiederaufbereitungsanlagen*

Die oberirdischen Kernwaffentests der Nuklearmächte verursachten die größte nukleare Verseuchung globalen Ausmaßes. Zwischen 1955 und 1966 wurden etwa 520 Bombentests vorgenommen. Bis 1962 führte die ehemalige Sowjetunion auf Nowaja Semlja 87 oberirdische Kernwaffenversuche durch, die 1963 mit Unterzeichnung des Vertrages über einen begrenzten Teststopp (*Partial Test Ban Treaty*), der Kernwaffenversuche im Weltraum, in der Atmosphäre und unter Wasser verbietet, beendet wurden. Der globale atmosphärische Eintrag an Radioaktivität durch diese Testreihen, der so genannte ‚Fall-

out', stellt die größte Quelle für anthropogen erzeugte Radioaktivität dar.¹⁴ Neben dem atmosphärischen Fallout trugen Abschwemmungen von den Landmassen und durch den Wassermassentransport aus geografischen Breiten mit höheren Konzentrationen zur Belastung der Arktischen Region bei.

Durch die Tschernobyl-Katastrophe am 26. April 1986 wurden große Mengen Radioaktivität in die Atmosphäre freigesetzt, die aufgrund der vorherrschenden Windverhältnisse auch den südlichen Bereich der Kola-Halbinsel und die Region um den Mündungsbereich des Ob erreichten. Insgesamt wurden nördlich des Polarkreises jedoch keine signifikanten Belastungen festgestellt, die etwa über den Werten des globalen Fallouts lagen. Allerdings wurden Anteile aus der stärker belasteten Nord- und Ostsee mit dem Atlantischen Küstenstrom bis in Arktische Gewässer transportiert.

Die radioaktiven Freisetzungen aus den britischen Wiederaufbereitungsanlagen in Sellafield und Dounreay und der französischen Anlage bei La Hague, die heute gut dokumentiert sind, stellen eine andere bedeutende Quelle für radioaktive Kontamination in den Arktischen Gewässern dar. Bei der Wiederaufbereitung verbrauchten Kernbrennstoffs entsteht eine große Menge Abwasser, das verschiedene Radionuklide enthält. Bereits seit 1952 wird in Europa ein Teil dieser Abwässer in die Nordsee und in die Irische See eingeleitet. Die aus dem Ärmelkanal oder aus der Irischen See um die Nordspitze Schottlands herum in die Nordsee gelangten Radionuklide werden anschließend mit dem Norwegischen Küstenstrom und Teilen des Nordatlantischen Stromes in die Arktischen Gewässer transportiert. Die Ausbreitung in die Barentssee und in die Karasee ist eindeutig über die Aktivitätsverhältnisse der verschiedenen Radionuklide nachweisbar. Auf Grund der Höhe seiner Einleitungen ist Sellafield die Haupteintragsquelle für die radioaktive Belastung der nordeuropäischen Meere.

Eine weitere Quelle und Gefahr für die radioaktive Verseuchung der Arktischen Region ist auch der massive Einsatz von Atomkraft für zivile Zwecke. Das Atomkraftwerk Poljarny auf der Kola-Halbinsel wurde von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) als „gefährlich“ eingestuft.¹⁵ Das Kraftwerk verfügt über kein Containment. Allgemein nicht bekannt ist auch, dass die UdSSR zwischen 1969 und 1988 zwanzig Atomsprengköpfe beim Bau von öffentlichen Infrastruktureinrichtungen und in Bergwerken einsetzte. Die meisten dieser Aktivitäten finden in den amtlichen Meldungen keine

Erwähnung, und über die radioaktive Verseuchung dieser Gebiete ist nichts oder nur wenig bekannt.¹⁶

Umweltradioaktivität und Proliferationsgefahren

So spektakulär U-Boot-Unfälle auch sein mögen, an der schleichen- den radioaktiven Verseuchung der Arktischen Region hatten sie bisher nur einen geringen Anteil. Als nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion Anfang der 90er Jahre bekannt wurde, dass große Mengen an radioaktiven Abfällen in die Kara- und Barentssee verklappt worden waren, war die Befürchtung groß, dass diese Meeresgebiete radioaktiv verseucht sind. Um den aktuellen und zukünftig zu erwartenden Grad der radioaktiven Verschmutzung in der Arktischen Region zu ermitteln, begannen Mitte der 90er Jahre im Auftrag der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA), der NATO (Committee on the Challenges of a Modern Society – CCMS), der Arktikanrainerstaaten mit ihrem *Arctic Monitoring and Assessment Programme* (AMAP) sowie im Rahmen von bilateralen Absprachen zur Zusammenarbeit zwischen Russland und Norwegen internationale Arbeitsgruppen damit, in der Arktischen Region Messprogramme durchzuführen. Von deutscher Seite beteiligten sich daran das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Meereskunde, Hamburg, und das Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften (GEOMAR), Kiel.

Ziel dieser Programme war es u.a. zu klären, ob außer für die Barents- und Karasee überregionale Folgen etwa durch Eisdrift und die Verdriftung radioaktiver Substanzen mit Meeresströmungen für das Europäische Nordmeer und den angrenzenden Atlantischen Ozean zu erwarten waren. Immerhin wird in diesen Meeren ein Großteil des in Europa angelandeten Fisches gefangen.

Die experimentellen Untersuchungen bisheriger internationaler Programme zeigen, dass ein Großteil der nachweisbaren künstlichen Radionuklide aus den oberirdischen Atomwaffentests der 50er und 60er Jahre, dem Tschernobyl-Unfall und durch Einleitung radioaktiver Abwässer in die Nordsee und in die Irische See aus den europäischen Wiederaufbereitungsanlagen stammt. Messungen von Cäsium-137 in der Karasee zeigten, dass ca. 40 Prozent vom Fallout der Nukleartests stammen und ca. 55 Prozent aus der Irischen See von Sellafield. Man findet hohe Dosen (bis 20 Becquerel/kg) von Cäsium-137

in Fischen in der Ostsee und der Irischen See, während die Dosen in der Barentssee und im Nordatlantik geringer sind (2 Becquerel/kg).

Es gibt einige Gründe, warum der nukleare Brennstoff, das hochangereicherte Uran (HEU), für die Atom-U-Boote ein hohes Weiterverbreitungsrisiko darstellt.

Die größte Gefahr besteht darin, dass der Nuklearbrennstoff HEU aus U-Boot-Reaktoren oder Zwischenlagern gestohlen wird. Der hohe Sozialdruck, dem die Angehörigen der Nordmeerflotte ausgesetzt sind, kann dazu verleiten, dass Material gestohlen und außer Landes geschafft wird. Eine Reihe von bekannt gewordenen Zwischenfällen belegt dies. Im Juli 1993 wurden eine Wache und ein Matrose verhaftet, weil sie 1,8 kg HEU entwendet hatten. Im November 1993 gelang es zwei Marineoffizieren, 4,5 kg HEU aus drei Brennstoffstäben abzuzweigen.

Eine signifikante Proliferationsgefahr ist auch durch den schlechten bautechnischen Zustand der Lagerkapazitäten für Nuklearbrennstoff gegeben. Überquellende Lagerstätten in Zapadnaya Litsa und Gremikha oder Serviceschiffe mit unzureichenden physikalischen Schutzvorkehrungen bieten Gelegenheiten, spaltbares Material abzuzweigen.

Neben der unzureichenden Sicherheitsüberwachung gibt es auch Ungenauigkeiten bei der Feststellung der Inventarien des Nuklearmaterials. Anfang 1998 gab die russische Behörde für Nuklear- und Strahlungssicherheit, Gostatomnadzor, einen Report heraus, in dem in neun Fällen Abweichungen auftraten zwischen Beständen der nuklearen Eisbrecherflotte und denen der Nordmeerflotte.

Diese Vorgänge sind beunruhigend und zeugen von einem Mangel an Schutzvorkehrungen, Materialkontrolle und Ermittlung der nuklearen Inventarien. Solange diese aber nicht genau bekannt sind, können mögliche Abzweigungen noch schlechter festgestellt werden.

Schwach radioaktives Material und die Brennelemente selbst verbleiben an Bord der im Hafen liegenden U-Boote, da das Material ständig gekühlt werden muss. Der schwach bestrahlte Brennstoff an Bord von ausgemusterten U-Booten, die noch nicht ihr Betriebsende erreicht haben, enthält große Mengen von dem Atombombenstoff HEU. Die Trennung von HEU aus dem schwach bestrahlten Brennelement ist einfacher als die chemische Abtrennung von Plutonium. Auch sind die Brennelemente eines U-Boot-Reaktors kompakter und einfacher zu handhaben als die Brennelemente eines Leistungsreaktors. Ein einfacher nuklearer Sprengsatz aus HEU ist einfacher zu-

sammenzubauen als eine Plutoniumbombe. Kein Abrüstungsvertrag regelt bisher vertraglich die genaue Meldung, Lagerhaltung und Vernichtung der großen Menge von HEU, über die Russland heute verfügt.

Die einzige Hoffnung ist, dass aufgrund der strengen Sicherheitsvorkehrungen und der unwirtlichen Lebensumstände in der Arktischen Region der Diebstahl von HEU sehr erschwert wird.

Nationale und internationale Maßnahmen: Was wird getan?

Seit Anfang der 90er Jahre hat es eine Reihe von nationalen und internationalen Projekten gegeben, um auf der Kola-Halbinsel und in der Barentssee-Region weitere Umweltschäden zu verhindern bzw. solchen vorzubeugen.

Die USA gewähren technische und finanzielle Hilfe im Rahmen ihres *Cooperative Threat Reduction Programme* (CTR), das zur Vermeidung der Verbreitung von Massenvernichtungswaffen und ihrer Technologie aus der ehemaligen Sowjetunion initiiert wurde und den Auftrag hat, Beistand bei der Eliminierung von 564 Abschussbasen von seegestützten ballistischen Raketen (SSBNs: submarine-launched ballistic missiles) und der Demontage von 31 SSBNs zu leisten. Das Programm stellt zahlreiche Ausrüstungsgegenstände wie Kräne, Kabelschneidemaschinen usw. zur Verfügung. Seit 1996 wird auch versucht, neben der Technologie einzelne Infrastruktureinrichtungen wie die Schiffswerften direkt zu unterstützen. In Zusammenarbeit mit MINATOM versucht man, Serviceschiffe und Serviceeinrichtungen an Land nur zum Zweck der Bergung des Nuklearbrennstoffes einzurichten. Allein durch Lösung dieses Problems könnte der Demontageprozess beschleunigt werden.

Die Japaner sind besorgt um das Japanische Meer, in das Nuklearmüll versenkt wurde. Japan bemüht sich um die Finanzierung einer Wiederaufbereitungsanlage für flüssigen Nuklearmüll der Pazifikflotte und hat zum Beispiel angeboten, ein Jahr lang die Betriebskosten in Höhe von 3,4 Millionen Dollar für eine Anlage in Bolshoy Kamens Zvezda Schiffswerft zu übernehmen. Da es Probleme mit den für den Betrieb der Anlage erforderlichen russischen Zertifikaten gab, scheiterte das Vorhaben. Ferner bemüht Japan sich um

- die Instandsetzung der Eisenbahnlinie von Bolshoy Kamen bis zum Anschluss an die Transsibirische Eisenbahn,

- den Umbau und die Ausrüstung eines Serviceschiffes, das verbrauchte Brennelemente zu Einrichtungen in der Nähe von Wladiwostok bringen kann, wo es Eisenbahnanschluss gibt,
- die Demontage eines Atom-U-Bootes der Victor-Klasse in Bolshoy Kamen.

In *Norwegen*, dessen Staatsgrenze nur 40 Kilometer von Andreeva Bay entfernt verläuft, 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 Berichts „The Northern Fleet“ der norwegischen Umweltschutzorganisation Bellona bestätigt haben. Aber Norwegen sorgt sich auch um die nukleare Verschmutzung der Barentssee. Für Norwegens nördlichste Region, für die der Fischfang eine wichtige Einnahmequelle darstellt, bedeutete es eine wirtschaftliche Katastrophe, wenn die reichen Fischgründe für Shrimps, Schellfisch, Hering und Rotbarsch in der Barentssee nuklear verseucht würden. Um die Gefahr zu vermindern, legte das Außenministerium in Oslo 1997 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 Problem des nuklear angetriebenen Eisbrechers „Lepse“ 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.

Leider zeigen die bisherigen Bemühungen nicht den erhofften Erfolg. Von russischer Seite gibt es kaum staatliche Sofortprogramme, und die finanzielle Ausstattung der eigenen Umweltbehörden ist kaum der Rede wert. Auf nationaler Ebene fördert das UN-Umweltprogramm – vor allem im Internet (www.grida.no/soe/) – die Einrichtung von Umweltinformationssystemen, um die Bevölkerung zu sensibilisieren und politische Entscheidungen voranzutreiben.

Die meisten praktischen Maßnahmen werden von der internationalen Staatengemeinschaft organisiert und finanziert. Allerdings bereitet deren Umsetzung häufig Schwierigkeiten, und Gelder ver-

schwinden oft in dunklen Kanälen. Die russischen Behörden zeigen nicht sonderlich viel Informationsbereitschaft. Es fehlt an hinreichend zuverlässigen Institutionen, die die Projektumsetzung vor Ort fördern oder überwachen.

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 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 Nordmeerflotte eingesetzt werden, ist dies fraglich.

Fazit

Russlands Schwierigkeiten, die Verkleinerung und Abrüstung der riesigen U-Boot-Flotte aus der Ära des Kalten Krieges sicher und zügig vorzunehmen, stellen eine Bedrohung nicht nur für Russland, sondern für die gesamte internationale Staatengemeinschaft und die globale Ökologie dar. Russland benötigt weiterhin internationale Unterstützung in Bezug auf Technologie, Materialien und Geld. Allerdings müssen die Hilfsmaßnahmen besser koordiniert werden. Das Gelingen vieler Projekte hängt maßgeblich davon ab, ob unabhängigen Experten in Zukunft der Zugang zu den Marinewerften und Stützpunkten gewährt wird.

Seit 1991 hat es zwar Fortschritte bei der Demontage der Atom-U-Boot-Flotte gegeben, dennoch sind Russlands Probleme weiterhin immens. Auch gegen die Gefahr der horizontalen Proliferation muss Russland schärfere Sicherheitsvorkehrungen durchsetzen. Um Umweltgefahren einzudämmen, sollten strikte Umweltstandards und die Verpflichtung für eine umweltgerechte Entsorgung in den Abrüstungsverträgen explizit festgelegt werden.

Trotz der erheblichen Mengen radioaktiven Materials, die seit Ende der 50er Jahre in der Barents- und der Karasee versenkt wurden, konnten bisher keine erhöhten radioaktiven Konzentrationen im Wasser oder im Sediment gemessen werden. Dennoch besteht langfristig die Gefahr, dass radioaktive Substanzen aus den versenkten Behältern, Reaktorgehäusen oder Atom-U-Booten entweichen und mit Meeresströmungen oder Eisdrift über große Distanzen transportiert

werden. In der direkten Umgebung der Versenkungsgebiete könnten dann plötzlich sehr hohe Konzentrationen auftreten.

Der Schutz der ökologisch sensiblen Arktischen Region verlangt mehr öffentliche Aufmerksamkeit und klarere politische Konzepte, um dieser latenten Gefahr zu begegnen. Radionuklide machen nicht vor den Hoheitsgrenzen Halt. Bei größeren Unfällen sind wir alle davon betroffen, wie die traurige Erfahrung von Tschernobyl gezeigt hat. Schon heute gibt es keinen Menschen unter 45 Jahren, in dessen Knochenmark sich nicht Spuren des atmosphärischen Fallouts finden ließen. Dennoch hat die radioaktive Verseuchung auch nach Einstellung der oberirdischen Kernwaffentests weltweit stetig zugenommen, nicht zuletzt auch durch die zivile Nutzung der Kernenergie. Heute ist es Normalität geworden, mit einer anthropogen erzeugten Hintergrundradioaktivität zu leben. Welche Folgen das für Mensch und Umwelt hat, vermag aber niemand abschließend abzuschätzen. Der Schutz der Umwelt und zukünftiger Generationen verlangt daher weiterhin energische Bemühungen, die Zunahme radioaktiver Verschmutzungen einzudämmen und zu verhindern.

Anmerkungen

- 1 Viele nützliche Informationen finden sich in: Nilsen/Kudrik/Nikitin (im Folgenden zitiert als Bellona-Report). Eine ausführliche Darstellung in Deutsch findet sich in: Kronfeld-Goharani 1999.
- 2 Bellona-Report, Kapitel 8, www.bellona.no/e/russia/nfl/nfl8.htm, 1996.
- 3 Kudrik, I.: Strikers blocked nuclear submarine, in: Bellona, news, 27.02.1997, und Kudrik, I.: Kola shipyard workers: We will arrange another Chernobyl, in: Bellona, news, 09.11.1997.
- 4 Spiegel Online, Chronik: Schwere Unfälle von Atom-U-Booten, 14.08.2000; Schrecken der Meere, in: Dossier Nr. 40, Die Zeit, 26.9.1991; Nilsen, T.: Sunken nuclear powered submarines, in: Bellona, news, 15.8.2000.
- 5 Diakov, A./Korobov, V. K./Miasnikov, E. V.: Nuclear Powered Submarine Inactivation and Disposal in the U.S. and Russia: A Comparative Analysis, in: Problems of Material Science, Issue 2 (8), 1997, S. 37.
- 6 Die offiziellen Summen (20 Mio. Dollar für 199 und 30 Mio. Dollar für 2000 durch MINATOM) reichen sicher nicht aus. Siehe: Chuen, C./Jasinski, M.: Russia's Blue Water Blues, in: Bulletin of the Atomic Scientists, January/February 2001, S. 56-70, hier S. 69.
- 7 Baklanov/Bergmann 1999, hier S. 172.
- 8 Bellona-Report, Kapitel 4, www.bellona.no/e/russia/nfl/nfl4.html, 1996.
- 9 Nach Angaben von Bellona verfügt die Nordmeerflotte über insgesamt 339 Reaktoren. Baklanov und Bergmann, a.a.O., geben ca. 296 Reaktoren an für zwei Schlachtschiffe und insgesamt 154 Atom-U-Boote, wovon sie sowohl die in Betrieb befindlichen als auch die außer Dienst gestellten Boote berücksichtigen. Ferner ge-

ben sie an, die Nordmeerflotte verfüge über acht nuklear angetriebene Eisbrecher, und fünf Schiffe seien mit nuklearem Abfall beladen.

- 10 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>.
- 11 *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Material*, London, 1972.
- 12 Nilsen/Kudrik/Nikitin 1996.
- 13 Nies, H., et al.: 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.
- 14 Die Herkunft radioaktiven Fallouts lässt sich durch ein bestimmtes Aktivitätsverhältnis der Radionuklide ermitteln. Für die atmosphärischen Atombombenversuche lässt sich das Verhältnis von Cäsium-137 zu Strontium-90 ($^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$) beispielsweise mit 1,5 angeben.
- 15 Die IAEO rechnet mit 25-prozentiger Wahrscheinlichkeit mit einer kritischen Situation in den nächsten 20 Jahren.
- 16 Die ökologische Erblast der Planwirtschaft, in: die tageszeitung/WoZ, Dossier, Juli 2000.

Literaturhinweise

- Baklanov, A./Bergmann, R.*: Radioactive Sources in the Barents Euro-Arctic Region. Are there reasons to be concerned?, in: NEBI Yearbook 1999, Copenhagen: Springer.
- Boutwell, J.*: Report of the Pugwash Meeting No. 254, The Status and Prospects of Naval Nuclear Weapons and the Development of the Science-Industry Complex of the Russian Northwest, 2000.
- Diakov, A./Korobov, V. K./Miasnikov, E. V.*: Nuclear Powered Submarine Inactivation and Disposal in the U.S. and Russia: A Comparative Analysis, in: Problems of Material Science, Issue 2 (8), 1997.
- Kiew-Memorandum*: Zehn Lektionen von Tschernobyl, in: JAHRBUCH ÖKOLOGIE 1997, S. 319-325.
- Kronfeld-Goharani, U.*: Ein Erbe des maritimen Wettrüstens: Der Atom Müll der Nordmeerflotte, SCHIFF-Texte Nr. 53, Kiel 1999.
- Nilsen, T./Kudrik, I./Nikitin, A.*: The Russian Northern Fleet. Bellona-Report, 1996.