

## **SWP-Studie**

Stiftung Wissenschaft und Politik  
Deutsches Institut für Internationale  
Politik und Sicherheit

*Gebhard Geiger*

# **Radiologische Sicherheit**

Sicherheitspolitische Gefährdungspotentiale  
radioaktiver Materialien

S 24  
Juni 2004  
Berlin

**Alle Rechte vorbehalten.**

Abdruck oder vergleichbare  
Verwendung von Arbeiten  
der Stiftung Wissenschaft  
und Politik ist auch in Aus-  
zügen nur mit vorheriger  
schriftlicher Genehmigung  
gestattet.

© Stiftung Wissenschaft und  
Politik, 2004

**SWP**

Stiftung Wissenschaft und  
Politik  
Deutsches Institut für  
Internationale Politik und  
Sicherheit

Ludwigkirchplatz 3-4  
10719 Berlin  
Telefon +49 30 880 07-0  
Fax +49 30 880 07-100  
[www.swp-berlin.org](http://www.swp-berlin.org)  
[swp@swp-berlin.org](mailto:swp@swp-berlin.org)

ISSN 1611-6372

# Inhalt

|    |                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------|
| 5  | <b>Problemstellung und Schlußfolgerungen</b>                    |
| 7  | <b>Nukleare und radiologische Technologien</b>                  |
| 7  | Nutzungsarten der Kerntechnik                                   |
| 8  | Verbreitung radioaktiver Materialien                            |
| 12 | Schadenswirkungen und Risiken                                   |
| 13 | <b>Sicherheitspolitische Gefährdungen</b>                       |
| 13 | Krimineller Mißbrauch nuklearer Technologien                    |
| 15 | Terrorismus und radiologische Waffen                            |
| 17 | Auswirkungen radiologischer Terrorakte                          |
| 19 | <b>Dimensionen der radiologischen Sicherheit</b>                |
| 19 | Physischer Schutz nuklearer Anlagen und<br>radioaktiver Quellen |
| 20 | Zivil- und Katastrophenschutz                                   |
| 23 | Internationale Kontrollen                                       |
| 25 | Forschung und Entwicklung –<br>ungelöste Aufgaben               |
| 26 | <b>Sicherheitspolitische Ansätze</b>                            |
| 28 | <b>Abkürzungen</b>                                              |



**Radiologische Sicherheit.  
Sicherheitspolitische Gefährdungspotentiale  
radioaktiver Materialien**

Radiologische Sicherheit ist eine in ihren wesentlichen Elementen neuartige Herausforderung der internationalen Politik. Mit dem Auftreten weltweit agierender Terrororganisationen in den vergangenen Jahren gewinnt auch der mögliche Mißbrauch radioaktiven Materials zu kriminellen und terroristischen Zwecken erhebliche sicherheitspolitische Bedeutung. Das Spektrum terroristischer Bedrohungen reicht von der Sabotage kerntechnischer Anlagen, wie Reaktoren, Wiederaufbereitungsanlagen oder Zwischenlager für verbrauchte Kernbrennstoffe, bis hin zu Attentaten mittels »schmutziger Bomben« (herkömmliche Sprengsätze mit radioaktiven Beimischungen).

Zwar sind Attentate auf kerntechnische Anlagen und der Bau von Kernwaffen durch terroristische Organisationen nicht grundsätzlich auszuschließen, doch gelten sie als wenig aussichtsreich, weil sie die Attentäter mit großen technischen und logistischen Problemen konfrontieren. Völlig anders einzuschätzen ist die Verwendung strahlungsaktiver chemischer Elemente wie Cäsium oder Radium als Waffenmaterial. Stoffe dieser Art zählen zwar nicht zum Kernwaffenmaterial, können aber als »radiologische Waffen« durch Freisetzung von Radioaktivität in Wohngebieten und in der Umwelt (Boden, Luft, Gewässer) eine verheerende Wirkung entfalten. Dabei muß mit Toten und Verletzten am Detonationsort einer »schmutzigen Bombe« und mit langfristigen Strahlenschäden in der Umgebung gerechnet werden, insbesondere wenn Betroffene radioaktive Partikel inhalieren. Die sicherheitspolitischen Dimensionen radiologischer Waffen reichen zudem weit über gesundheitliche Risiken hinaus. Ein Waffeneinsatz kann die Lähmung weiterer Bereiche des öffentlichen Lebens hervorrufen, die sich in internationalen Krisen und Konflikten besonders nachteilig auf die politische Handlungsfähigkeit des Staates auswirken muß, verursacht und verstärkt durch die zu erwartende öffentliche Panik im Falle eines radiologischen Angriffs und durch den enormen technischen und finanziellen Aufwand, den die Dekontamination radioaktiv verseuchter Gebiete erfordert. Ebenso dürften die langfristigen wirtschaftlichen Schadensfolgen eines Zwischenfalls dieser Art kaum zu überschätzen sein.

Strahlungsaktive Materialien werden in Industrie und Forschung sowie in medizinischen Einrichtungen weltweit zu zivilen Zwecken genutzt. Zwar unterliegen Strahlungsquellen in aller Regel strengen Sicherheitsvorschriften, die aber erfahrungsgemäß keineswegs immer ebenso streng gehandhabt werden und im übrigen von einem Land zum andern sehr unterschiedlich ausfallen. Entsprechend häufig kommt es zu Verlusten, Diebstahl und zu illegalem Handel mit radioaktivem Material auf den internationalen Schwarzmärkten, auf denen organisierte Kriminalität und politischer Terrorismus miteinander in Kontakt treten. Der Anreiz für politische Attentäter, sich radiologischer Waffen zu bedienen, ist somit vielfältiger Art: Das Waffenmaterial ist weit verbreitet, relativ leicht zugänglich, ohne besonderes technisches Know-how zu handhaben und weist typischerweise ein günstiges Verhältnis von Aufwand zu Wirksamkeit auf. Einen Selbstmordattentäter schreckt zudem nicht einmal die Gefahr, beim Bau einer schmutzigen Bombe selbst eine erhebliche Strahlendosis zu erhalten oder radioaktive Partikel einzusatmen, vom terroristischen Mißbrauch der Radioaktivität ab.

Die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) in Wien setzt daher im wesentlichen auf zwei Maßnahmen, die internationale Sicherheit gegen Attentate mit radiologischen Waffen stärken sollen. Einmal ist es notwendig, den physischen Schutz nicht nur des Kernwaffenmaterials, sondern auch den der zivilen radioaktiven Quellen vor Diebstahl und illegaler Verbreitung weltweit zu verbessern. Zum anderen kommt es darauf an, zivil genutztes radioaktives Material an allen seinen Verwendungsorten buchungsmäßig zu erfassen, um im Falle von Verlusten oder Diebstahl rechtzeitig internationale Fahndungsmaßnahmen einleiten zu können. Die IAEA fordert, den gesamten Nutzungszyklus radioaktiver Quellen von der Herstellung über die Verwendung bis hin zur Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Kontrolle zu stellen (*from cradle to grave*). Dabei ist nicht an die zentrale Materialaufsicht durch eine internationale Behörde nach dem Vorbild des Kernwaffen-Nichtverbreitungsvertrages aus dem Jahre 1968 gedacht. Die Überwachung soll vielmehr von jedem einzelnen Staat im Rahmen seines Material- und Strahlenschutzes auf international harmonisierten Verfahrensgrundlagen durchgeführt werden, wobei einer geeigneten Behörde lediglich Koordinations-, aber keine Überwachungsaufgaben und erst recht keine Strafbefugnisse bei Schutzverletzungen zufallen.

Angesichts der komplexen, nahezu uferlosen technischen und politischen Problematik müssen die Erfolgsaussichten einheitlicher internationaler Regelungen des physischen Schutzes und der Materialkontrolle kritisch beurteilt werden. Eine lückenlose weltweite Kontrolle wird kaum zu erreichen sein, man kann sich ihr aber durch Zwischenlösungen annähern, die den terroristischen Mißbrauch der Radioaktivität wesentlich erschweren. Geeignete Möglichkeiten hierzu werden in dieser Studie umrissen. Sie zielen darauf ab, die Maßnahmen klar nach ihrer Dringlichkeit, Praktikabilität und der zu erwartenden Kostenwirksamkeit zu ordnen und umzusetzen. In vielen industriellen Anwendungen bestehen diese Maßnahmen hauptsächlich darin, den vorhandenen Schutz radioaktiver Quellen, der sich an herkömmlichen Sicherheitsstandards für ökonomisch hochwertige Güter orientiert, auf das von der IAEA geforderte Maß an Sicherheit anzuheben (Aufsicht, Bewachung, Materialbilanzen, die den gesamten Verwendungszyklus erfassen; umgehende Meldung von Verlust und Diebstahl an die staatlichen Aufsichts- und Fahndungsbehörden; Exportkontrollen; international koordinierte Fahndung nach verlorenem und gestohlenem Material). Weiterhin erscheint es unter praktischen Gesichtspunkten vorteilhaft, die Aufgaben der Materialkontrolle regional anzugehen, insbesondere auf der EU-Ebene, da die Rahmenbedingungen für eine länderübergreifende Kooperation regional oft relativ homogen und daher günstiger sind als diejenigen für globale Lösungsversuche.

Schließlich werden technische und organisatorische Ansätze aus Forschung und Entwicklung skizziert, die zum verbesserten physischen Schutz radiologischer Materialien beitragen. Wo die deutsche Sicherheitspolitik im eigenen Interesse eine zentrale Rolle bei Lösungsversuchen übernehmen kann, wird dies besonders hervorgehoben. So ist Deutschland etwa in der Lage, ein großes wissenschaftlich-industrielles Potential bei der Entwicklung und Vermarktung leistungsfähiger Sicherheitstechnik zu mobilisieren (elektronische Sensorik, Überwachungs- und Alarmsysteme, automatisierte Erhebung und Auswertung von Meß- und Beobachtungsdaten). Weiterhin kann die Bundesrepublik die Sicherheitskooperation innerhalb der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) und diejenige anderer Länder mit EURATOM wesentlich fördern. Zu nennen sind in erster Linie die Ausbildung und das gemeinsame Training von Sicherheits- und Notfalleinsatzkräften und deren grenzübergreifende Zusammenarbeit.

# Nukleare und radiologische Technologien

Unter radiologischer Sicherheit verstand man lange Zeit meist nur den physischen Schutz von Mensch und Umwelt vor Strahlenschäden. Erst das verstärkte Auftreten weltweit agierender Terrororganisationen in den vergangenen Jahren lenkte die Aufmerksamkeit der internationalen Sicherheitspolitik auf die Möglichkeit des Mißbrauchs radioaktiver Materialien zu terroristischen und kriminellen Zwecken, etwa Sabotage, Erpressung oder Sprengstoffattentate mittels »schmutziger Bomben«.<sup>1</sup> Jahrzehntelange Bemühungen der Internationalen Atomenergiebehörde (International Atomic Energy Agency, IAEA), die Zugänglichkeit und die – weithin unkontrollierte – Verbreitung radioaktiver Quellen angemessen einzuschränken,<sup>2</sup> erscheinen seither in einem neuen Licht. Hinzu kommt, daß sich ein terroristischer Mißbrauch radioaktiver Materialien hinsichtlich seiner technischen Mittel und seiner Wirkung vom Einsatz von Kernwaffen und anderen Massenvernichtungswaffen deutlich unterscheidet. Entsprechend müssen Sicherheitspolitik, Gesetzgebung und Behörden, Zivil- und Katastrophenschutz geeignete Maßnahmen entwickeln, die sich nach den spezifischen Gefährdungen richten, insbesondere nach den Nutzungsarten, der Verbreitung und den Wirkungsweisen radioaktiver Stoffe und Technologien – ihren absichtlichen, planmäßigen Mißbrauch eingeschlossen.

1 Henry C. Kelly/Michael A. Levi, Schmutzige Bomben als Terrorwaffen, in: Spektrum der Wissenschaft, März 2003, S. 28–35; Peter D. Zimmerman/Cheryl Loeb, Dirty Bombs: The Threat Revisited, in: Defense Horizons, 38 (2004), S. 1–11. Die folgende Darstellung der Eigenschaften und Schadenswirkungen der Radioaktivität ist in einer stark gekürzten und vereinfachten Version auch erschienen unter Gebhard Geiger, Die »schmutzige Bombe«. Radioaktives Material als Terrorwaffe, Berlin: Stiftung Wissenschaft und Politik, Juli 2003 (SWP-Aktuell 25/03).

2 George Bunn, Raising International Standards for Protecting Nuclear Materials from Theft and Sabotage, in: The Non-proliferation Review, 8 (2000) 2, S. 146–156. Vgl. hierzu die IAEA-Konferenz »Security of Material: Measures to Prevent, Intercept and Respond to Illicit Uses of Nuclear Material and Radioactive Sources«, Mai 2001, sowie Richard Hoskins, Stockholm Conference: Summary of the International Conference on the Security of Material in Stockholm, Sweden, in: IAEA Bulletin, 43 (2001) 4, S. 16–19.

## Nutzungsarten der Kerntechnik

In Naturwissenschaft und Technik ist Radioaktivität als Eigenschaft vieler chemischer Elemente seit über hundert Jahren bekannt. Sie tritt in zwei Formen auf: als Emission von Elementarteilchen und als besonders energiereiche elektromagnetische Strahlung (Gamma- und Röntgenstrahlung). Natürliche radioaktive Strahlung findet sich im Boden, in der Atmosphäre und selbst im menschlichen Organismus (Gewebe, Knochen). Physikalisch werden die Strahlen unter anderem beim Verfall bzw. Auseinanderbrechen instabiler Atomkerne freigesetzt. Spaltungsprozesse dieser Art laufen insbesondere beim Zünden von Atombomben und in zivil genutzten Kernreaktoren ab. Seit ihrer Entdeckung hat man sowohl die nukleare Spaltung als auch die radioaktive Strahlung von Atomkernen technisch immer besser zu beherrschen und zu nutzen gelernt, zu zivilen wie zu militärischen Zwecken.

Dabei lassen sich zwei grundlegende technische Nutzungsarten der Radioaktivität unterscheiden: eine, die auf Kernspaltung, das heißt kontrollierten bzw. unkontrollierten explosionsartigen nuklearen Kettenreaktionen beruht und oft als Nukleartechnik im engeren Sinn verstanden wird. Hierfür wird »spaltbares« Material wie zum Beispiel Uran oder Plutonium in großen Mengen und von besonderen Reinheitsgraden benötigt. Man spricht daher von angereichertem bzw. hochangereichertem (waffenfähigem) Uran und »separiertem« Plutonium, das von anderen, technisch unbrauchbaren Beimischungen getrennt wurde. Von der Technik der Kernspaltung wird vor allen Dingen bei Atombomben, Kernreaktoren zu Forschungszwecken sowie bei der Energieerzeugung in Kernkraftwerken Gebrauch gemacht. Daneben gibt es, zweitens, die passive Nutzung natürlicher nuklearer Zerfallsprozesse, für die keine hochangereicherten Materialien benötigt werden. Bei dieser Nutzungsvariante entfällt der gesamte technische Aufwand und Apparat zur Anreicherung der verwendeten Stoffe sowie für das Auslösen und die Kontrolle nuklearer Kettenreaktionen.

Das militärische Interesse an der Kernspaltung richtete sich von jeher auf die großen Mengen an

Wärmeenergie, die bei der Explosion einer Atombombe freigesetzt und in mechanische Bewegungsenergie (Stoßwellen) umgewandelt werden. Sie verleihen den Kernwaffen ihre enorme Sprengwirkung, hinter der herkömmliche chemische Sprengstoffe um Größenordnungen zurückbleiben. Radioaktivität, die bei der Explosion von Atombomben ebenfalls mit höchster Intensität auftritt, ist für die Verfolgung militärischer Ziele jedoch bedeutungslos, wenn nicht gar hinderlich, weil radioaktiv verseuchte Gebiete für lange Zeit unbewohnbar bleiben und für militärische Operationen nicht zur Verfügung stehen.

Hingegen eignen sich radioaktive Materialien für zahlreiche zivile Verwendungen und werden daher in Forschung, Industrie, Medizin und vielen anderen Lebensbereichen häufig genutzt. So richtet sich etwa das technische und medizinische – diagnostische wie therapeutische – Interesse an radioaktiven Materialien und Prozessen auf die Fähigkeit hochenergetischer Strahlen, feste Körper zu durchdringen und ihre innere Struktur auf diese Weise sichtbar zu machen, ohne sie dabei zu zerstören. Auch Neutronenstrahlen aus nuklearen Verfallsprozessen eignen sich für die Technik der zerstörungsfreien Untersuchung. Radioaktive Materialien dienen weiterhin als Indikatoren (*tracer*) in der Materialflußanalyse und zur Markierung und zum Detektieren von Substanzen, als Energiequellen und schließlich in der medizinischen Strahlentherapie zur Tumorbekämpfung – um nur einige Beispiele zu nennen.

## Verbreitung radioaktiver Materialien

Hauptaufgaben radiologischer Sicherheit sind die Kontrolle und der Schutz nuklearer Materialien vor illegaler Verbreitung. Trotz zahlreicher einschlägiger internationaler Abkommen – allen voran der Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (»Nichtverbreitungsvertrag«, NVV) aus dem Jahre 1968 – sind die vorhandenen Kontrollen immer noch unzureichend. Die Gründe hierfür liegen zum einen in dem Erbe riesiger Mengen an nuklearen Waffen, waffenfähigem Plutonium und Uran sowie an radioaktivem Abfall aus der Zeit des Kalten Krieges, zum anderen an der weitverbreiteten Nutzung radioaktiver Quellen und nuklearer Technologien in zivilen Lebensbereichen. So existieren mehr als ein Jahrzehnt nach dem Ende des Kalten Krieges immer noch über 30 000 Kernwaffen weltweit. Mehr als 95% der globalen Bestände finden sich in den amerikanischen und russischen

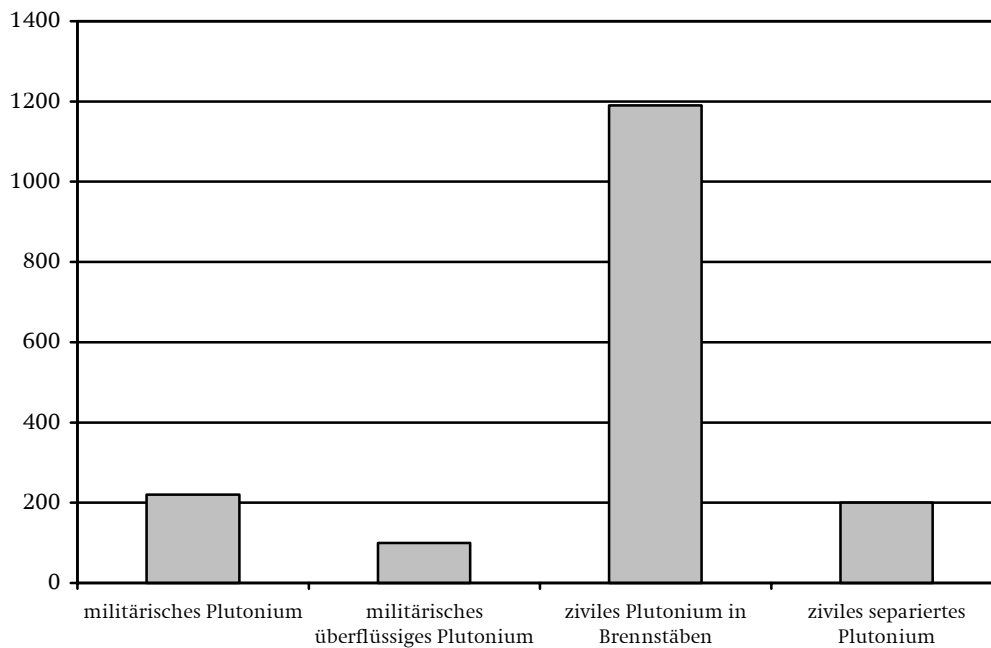
Waffenarsenalen. Nach Schätzungen, die beim IAEA-Safeguard-Symposium in Wien 2001 vorgelegt wurden, belaufen sich die Bestände an separiertem Plutonium und hochangereichertem Uran insgesamt auf 450 Tonnen militärischen und zivilen Plutoniums und 1700 Tonnen waffenfähigen Urans (vgl. Abbildung 1). Berücksichtigt man neben separiertem auch die Bestände an nichtsepariertem Plutonium und verbrauchtem Uran, gelangt man zu noch weit höheren Zahlen (Abbildung 2). Darüber hinaus wurden im Jahre 2000 insgesamt rund 2800 Kilogramm zivilen hochangereicherten Urans in Forschungsreaktoren von 43 Ländern vermutet. Hinzu kommen große Mengen radioaktiver Substanzen aus industriellen und medizinischen Einrichtungen. Insgesamt hat die IAEA weltweit 20 000 Betreiber hochradioaktiver Quellen registriert.<sup>3</sup>

Bei weitem nicht alle dieser Waffen und Materialien werden gemäß den Anforderungen der IAEA gesichert und buchungsmäßig erfaßt. Auch beschränken sich die Probleme ihres physischen Schutzes keineswegs auf die Länder der ehemaligen Sowjetunion – wenngleich in den ehemaligen Sowjetrepubliken die Probleme schon allein aufgrund der zahlenmäßigen Dimensionen der Materialien besonders drängend sind. Tabelle 1 (S. 10) illustriert den Befund anhand der zu entsorgenden Mengen an flüssigem und festem radioaktivem Müll sowie an verbrauchten Kernbrennstoffen in der Russischen Föderation.

Ein besonderes Risiko im Sinne einer unkontrollierten Verbreitung nuklearer Materialien stellen die sogenannten verwaisten radioaktiven Quellen dar. Unter einer verwaisten Quelle versteht man radioaktives Material, das verlorenging, vergessen oder von seinen Eigentümern einfach aufgegeben und auf diese Weise der geregelten Kontrolle entzogen wurde. So berichtet etwa die amerikanische nukleare Aufsichtsbehörde (Nuclear Regulatory Commission, NRC), daß in US-Firmen seit 1996 fast 1500 nukleare Quellen spurlos verschwunden sind und die Hälfte davon nie wieder aufgetaucht ist. Eine europäische Studie gelangte zu dem Ergebnis, daß in den EU-Ländern jährlich rund 70 radioaktive Quellen abhanden kommen. Die gleiche Studie stellte fest, daß es in der EU rund 30 000 ungenutzte Quellen gibt, die verstreut und ohne Aufsicht gelagert werden und daher den vorge-

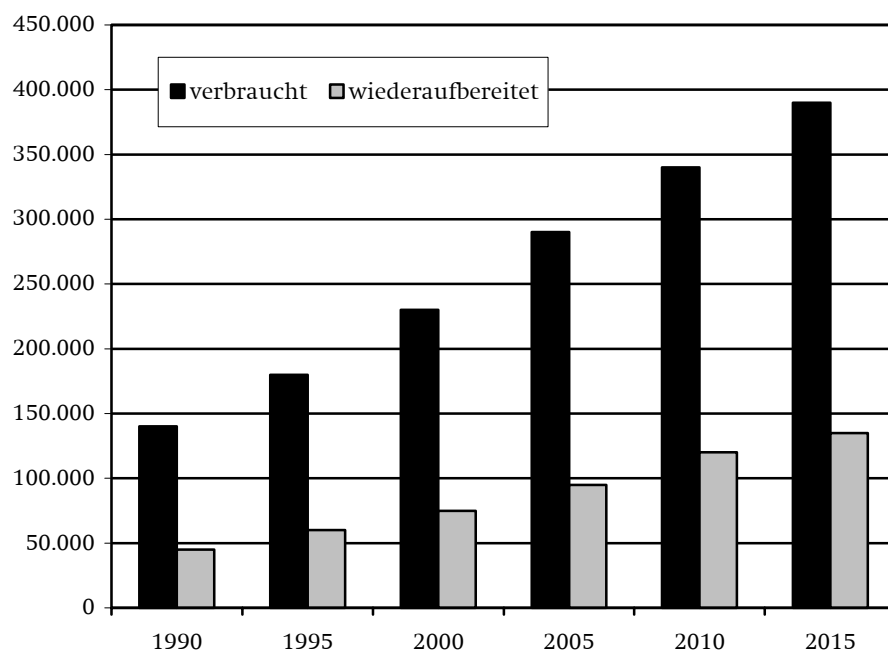
3 Matthew Bunn/George Bunn, Reducing the Threat of Nuclear Theft and Sabotage, Wien: IAEA, 2001 (IAEA-SM-367/4/08).

**Abbildung 1**  
**Plutoniumbestände weltweit (Stand Ende 2001; in Tonnen)**



Quelle: Schweizerische Fachstelle für ABC-Schutz.

**Abbildung 2**  
**Mengen verbrauchter hochaktiver Kernbrennstoffe weltweit, wiederaufbereitet bzw. zwischengelagert (in Tonnen)**



Quelle: IAEA Bulletin, 42 (2000) 3, S. 11.

**Tabelle 1****Mengen radioaktiver Abfälle und verbrauchter nuklearer Brennelemente in der Russischen Föderation (RF)**

| Ministerien, Abteilungen<br>und Organisationen                                                                                                                                                                                                                                                    | Flüssigkeiten                      |                                        | Feststoffe                         |                                        | Verbrauchte Brennstoffe |                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $m^3$                              | Bq                                     | $m^3$                              | Bq                                     | Tonnen                  | Bq                                      |
| <b>Ministerium der RF für Atomenergie<br/>(Minatom)</b><br>Abbau und Verarbeitung von Uranerz,<br>Urananreicherung, Produktion nuklearer<br>Brennstoffe, Erzeugung von Nuklear-<br>energie, Wiederaufbereitung verbrauchter<br>Brennelemente und Produktion nuklear-<br>waffenfähiger Materialien | $4.0 \cdot 10^8$                   | $6.3 \cdot 10^{19}$                    | $2.2 \cdot 10^8$                   | $8.14 \cdot 10^{18}$                   | 8700                    | $17.02 \cdot 10^{19}$                   |
| <b>Verteidigungsministerium der RF<br/>(Marine)</b><br>Betrieb und Nutzung nuklear getriebener<br>Schiffe und U-Boote                                                                                                                                                                             | $1.4 \cdot 10^4$                   | $4.44 \cdot 10^{12}$                   | $1.3 \cdot 10^4$                   | $29.6 \cdot 10^{12}$                   | 30                      | $5.55 \cdot 10^{17}$                    |
| <b>Wirtschaftsministerium der RF,<br/>Abteilung für Rüstungsindustrie</b><br>Bau, Reparatur und Nutzung nuklear<br>getriebener Schiffe und U-Boote                                                                                                                                                | $3.2 \cdot 10^3$                   | $18.5 \cdot 10^{10}$                   | $1.5 \cdot 10^3$                   | $3.7 \cdot 10^{12}$                    | *                       | *                                       |
| <b>Transportministerium der RF</b><br>Betrieb und Nutzung nuklear<br>getriebener Eisbrecher                                                                                                                                                                                                       | $4.4 \cdot 10^2$                   | $5.5 \cdot 10^{13}$                    | $7.3 \cdot 10^2$                   | $3.7 \cdot 10^{16}$                    | 10                      | $17.39 \cdot 10^{17}$                   |
| <b>Radon-Spezialfirmen</b><br>Verarbeitung und Bereitstellung radio-<br>aktiver Materialien, die in Medizin,<br>wissenschaftlicher Forschung, Industrie<br>etc. gebraucht werden                                                                                                                  | –                                  | –                                      | $2.0 \cdot 10^5$                   | $7.77 \cdot 10^{16}$                   | –                       | –                                       |
| <b>Insgesamt</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b><math>4.0 \cdot 10^8</math></b> | <b><math>6.29 \cdot 10^{19}</math></b> | <b><math>2.2 \cdot 10^8</math></b> | <b><math>8.51 \cdot 10^{18}</math></b> | <b>8740</b>             | <b><math>17.39 \cdot 10^{19}</math></b> |

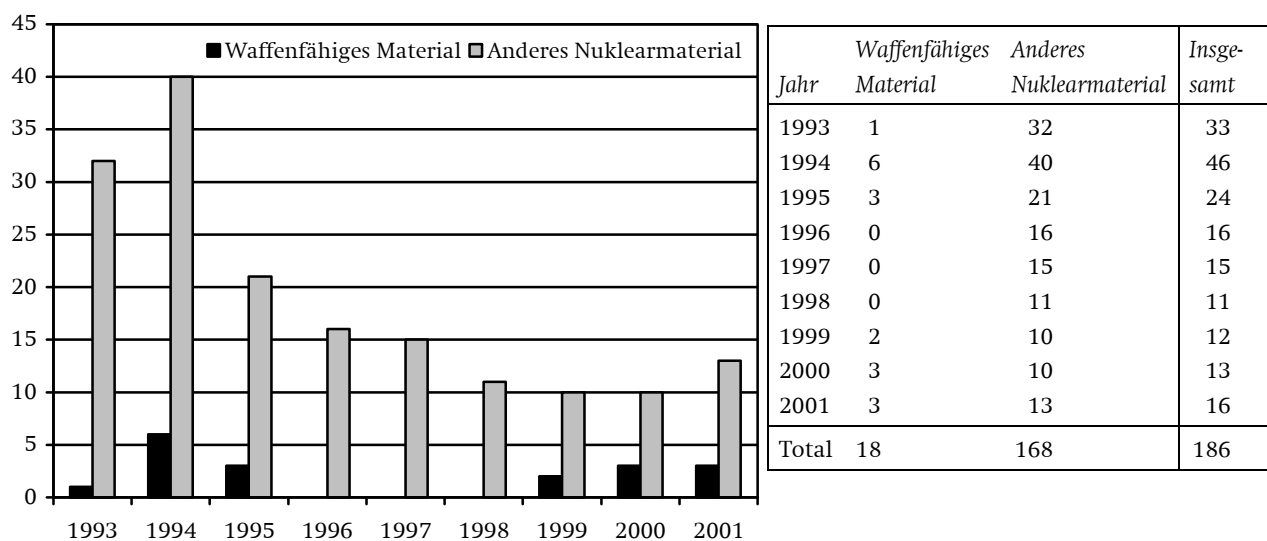
\* Mehr als 100 nuklear betriebene U-Boote und ihrer verbrauchten Brennelemente warten auf ihre Außerdienststellung.

Die Maßeinheit 1 Bq = 1 Becquerel gibt die Stärke einer radioaktiven Quelle an, bei der durchschnittlich 1 Atomkern pro Sekunde zerfällt. Quellen von mehr als  $10^{11}$  Bq gelten als stark bis sehr stark. Die Maßeinheit ist nach dem französischen Physiker und Nobelpreisträger Henri Becquerel (1852–1908) benannt.

Quelle: IAEA Bulletin, 42 (2000) 3, S. 9.

Abbildung 3

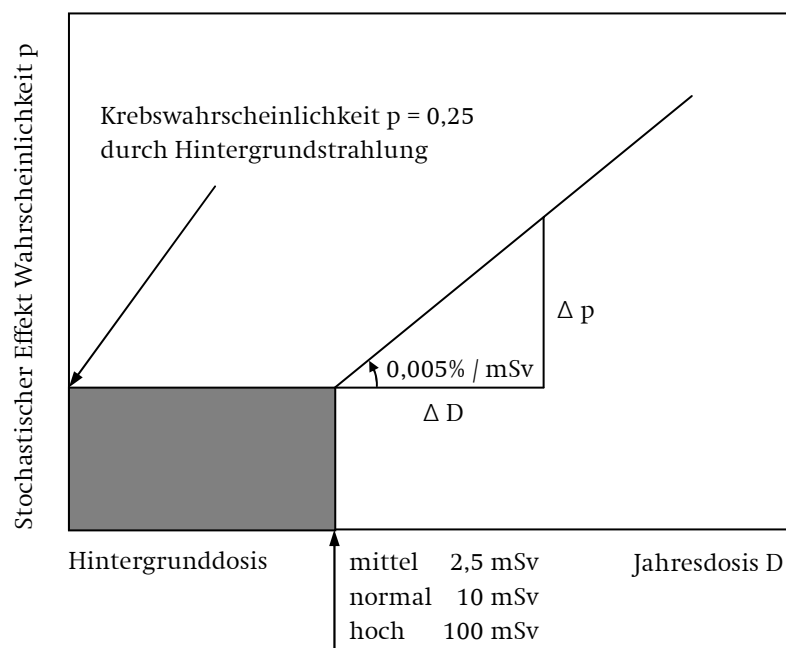
Illegaler internationaler Handel mit nuklearem Material in den Jahre 1993–2001  
(Anzahl amtlich bestätigter Zwischenfälle)



Quelle: IAEA.

Abbildung 4

Strahlenbelastung und ihre Auswirkungen



Quelle: IAEA Bulletin, 42 (2000) 3, S. 13.

schriebenen staatlichen Kontrollen – sofern vorhanden – zu entgleiten drohen.<sup>4</sup>

Ähnlich ist die Situation beim illegalen Handel mit nuklearem und radioaktivem Material. In den vergangenen Jahren registrierte die IAEA in ihrer Datenbank, in der sie den illegalen Handel mit strahlungsaktivem Material erfaßt, eine steigende Zahl von Zwischenfällen (Abbildung 3). Allein die Summe der von den Polizei- und Grenzbehörden aufgedeckten Versuche verdoppelte sich seit 1996, die Dunkelziffern und ihre Wachstumsraten dürften noch erheblich höher liegen. Der Anstieg der Zwischenfälle in jüngster Zeit ist signifikant,<sup>5</sup> wenngleich die Quote in den Jahren unmittelbar nach dem Ende der Sowjetunion noch höher lag.

## Schadenswirkungen und Risiken

Wie bei kaum einer anderen Technologie fällt bei der Kerntechnik ein großer, breitgestreuter Nutzen mit einem immensen Schadenspotential zusammen. Strahlung greift selbst in geringen Dosen das menschliche Körpergewebe an, wirkt krebserregend und führt zu Veränderungen des Erbgutes. Die Entstehung von Leukämie und Krebs kann auf strahlungsbedingten Veränderungen im Zellkern mit zum Teil sehr langen Latenzzeiten von Jahren und Jahrzehnten beruhen. Insgesamt ist jedoch das Krebsrisiko bei schwacher Strahlungsdosis gering. Dabei bedeutet »schwach« im wesentlichen, daß die empfangene Dosis die natürliche mittlere Strahlenbelastung des Organismus von 2 bis 3 Millisievert (mSv)<sup>6</sup> pro Jahr um nicht mehr als etwa das Zehnfache übersteigt. So wird nach Abbildung 4 beispielsweise eine erhöhte natürliche Strahlungsbelastung des Individuums von bis zu 10 mSv pro Jahr die gegebene krebssbedingte Todesfallquote von etwa 25% in der Gesamtbevölkerung nicht wesentlich verändern (schattierter Bereich in Abbildung 4). Ab etwa 10 bis 100 mSv pro Person und Jahr resultiert aus steigender Strahlungsbelastung ein proportionaler Anstieg der Krebsrate um etwa 0,005% pro mSv. Entsprechend wirkt sich eine hohe Strahlenexposition, die die natürliche radioaktive Belastung kurz-

fristig um mindestens das Tausendfache überschreitet, mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit tödlich auf den Organismus aus.

Besonders schädlich ist die Aufnahme radioaktiver Substanzen in den Magen-Darm-Trakt, die Lunge und die Schilddrüse, wo sich strahlungsaktive Partikel ablagern und gefährliche Langzeitbelastungen des Organismus zur Folge haben. Diese Möglichkeit besteht insbesondere für die unmittelbar betroffene Bevölkerung bei einer nuklearen Katastrophe wie dem Reaktorunfall von Tschernobyl, wenn strahlungsaktive Staubteilchen sich durch Wind, Regen und Gewässer ausbreiten, in ökologische Nahrungsketten und von dort in den Organismus gelangen oder direkt eingeatmet werden. Auch die Gefährdung der Bevölkerung bei Attentaten mit freigesetzter Radioaktivität liegt weit mehr in einer Aufnahme strahlungsaktiver Partikel in den Körper als in der akuten Strahlenexposition.

<sup>4</sup> IAEA, Inadequate Control of World's Radioactive Sources, Pressemitteilung, Wien, September 2002.

<sup>5</sup> IAEA, Security of Material, in: Annual Report 2002, Wien 2002, S. 72–74.

<sup>6</sup> Strahlungsdosen werden in Sievert (Sv) gemessen, benannt nach dem schwedischen Radiologen Rolf Sievert (1896–1966). Demnach entspricht 1 Sv der strahlungsbedingten Energieaufnahme von 1 Joule pro kg exponiertem Körpergewebe.

## Sicherheitspolitische Gefährdungen

Aufgrund ihrer Risiken ist die technische und medizinische Nutzung der Radioaktivität im allgemeinen an strenge, allerdings nicht immer ausreichende Sicherheitsvorkehrungen gebunden, die staatlichen sowie internationalen Kontrollen unterliegen. Zwei grundlegende Sicherheitsprobleme sind dabei zu lösen:

Erstens beruhen der technische Nutzen wie die Risiken der Radioaktivität auf der oft sehr langen Lebensdauer (»Halbwertszeit«) der Strahlungsaktivität eines Materials. Was unter Nutzungsgesichtspunkten ein Vorteil ist, weil eine radioaktive Quelle nicht wie eine Batterie immer wieder aufgeladen werden muß, erweist sich bei der Entsorgung insofern als teurer und gefährlicher Nachteil, als sich Radioaktivität nicht einfach abschalten oder zerstören läßt. Verbrauchte radioaktive Quellen müssen dem langfristigen natürlichen Verfall überlassen bleiben. Ihre Endlagerung erfordert einen hohen, kostspieligen Sicherheitsaufwand.

Zweitens ist nicht nur die Handhabung radiologischer Materialien und Techniken strengen Sicherheitsstandards zu unterwerfen, sondern auch die rein physische Kontrolle der jeweils verfügbaren Materialmenge, also Lagerung, Transport, Verwaltung und die Sicherheit vor Diebstahl und Verlust. Neben der Vermeidung von Umwelt- und Gesundheitsschäden treten somit vielfältige und sehr komplexe Aufgaben, die darauf abzielen, den kriminellen Mißbrauch, illegalen Handel, Diebstahl sowie Erpressungsversuche und Attentate von und mit nuklearen Technologien und strahlungsaktiven Materialien zu unterbinden (Tabelle 2). Radiologische Sicherheit ist insofern nicht nur eine technisch-medizinische Aufgabe, sondern immer auch eine der inneren Sicherheit des Staates und der internationalen sicherheitspolitischen Kooperation.

### Krimineller Mißbrauch nuklearer Technologien

Aus praktischen Gründen ist die Planung von Attentaten mit nuklearen und anderen radiologischen Materialien (»nuklearer und radiologischer Terroris-

**Tabelle 2**

#### **Sicherheitspolitische Gefährdungspotentiale im Umfeld des nuklearen und radiologischen Terrorismus**

- ▶ Diebstahl radioaktiver Quellen
- ▶ Sabotage vorhandener Schutz- und Sicherheits-einrichtungen und -bestimmungen
- ▶ Illegaler Handel mit nuklearem und radiologischem Material
- ▶ Schmuggel nuklearer Materialien
- ▶ organisiertes internationales Verbrechen
- ▶ Verbreitung von technischem Wissen, Gerät und Spezialausrüstung zur Herstellung nuklearer und radiologischer Waffen

mus«) auf Beschaffungskriminalität angewiesen, die jedoch selbst nicht notwendig politische oder weltanschauliche Ziele mit terroristischen Mitteln verfolgen muß, sondern durchaus nur dem rein kommerziellen Interesse ihrer Betreiber dienen kann. So werden immer wieder Fälle bekannt, bei denen Mitarbeiter kerntechnischer Anlagen nukleares und radioaktives Material oder technisches Gerät entwenden, um es Käufern mit politisch-terroristischen Absichten auf dem Schwarzmarkt anzubieten.<sup>7</sup> Fälle dieser Art häuften sich insbesondere in den Jahren nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion, als viele Wissenschaftler, Ingenieure und andere Mitarbeiter der umfangreichen sowjetischen Nuklearprogramme arbeitslos wurden und verarmten (vgl. hierzu die Häufigkeit registrierter Fälle des illegalen Handels nach 1992 in Abbildung 3, S. 11).<sup>8</sup> Terroristische Motive waren bei den kriminellen Handlungen meist nicht erkennbar, doch haben sie unmittelbar deutlich gemacht, daß Diebstahl, Schmuggel und illegaler Handel mit nuklearem Gerät und Material terroristischem Mißbrauch Vorschub leisten können und daher ein erhebliches sicherheitspolitisches Gefährdungs-

<sup>7</sup> Lyudmilla Zaitseva, International Dimension of Illicit Trafficking in Nuclear and Other Radioactive Material, in: Österreichische Militärische Zeitschrift (ÖMZ), Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection, S. 23–25.

<sup>8</sup> Bunn/Bunn, Reducing the Threat [wie Fn. 3]; Bunn, Raising International Standards [wie Fn. 2].

potential bergen (Tabelle 2, S. 13). Der verdeckte Verkauf nuklearer Technologien durch den Pionier des pakistanischen Atomwaffenprogramms, Abdul Quadeer Khan, an Iran, Libyen und Nordkorea wirft in jeder Hinsicht ein Schlaglicht auf die Gefährdungssituation. Zwar erfolgte die Weitergabe bereits vor rund eineinhalb Jahrzehnten – angeblich aus politischen Motiven. Aber ein Blick auf die aktuellen internationalen Konflikte um die Kernwaffenprogramme der Empfängerländer Iran, Libyen und Nordkorea und deren tatsächliche oder vermeintliche bedrohliche Absichten läßt ihre volle sicherheitspolitische Tragweite erkennen.

Ein weiterer sicherheitspolitischer Gefährdungsfaktor liegt in der oben skizzierten weitverbreiteten sektorübergreifenden zivilen Nutzung der Radioaktivität. Angesichts dessen ist es schwierig, einen wirksamen Schutz vor dem Mißbrauch nuklearer Technologien und Materialien zu gewährleisten, zumal hierfür die internationale Harmonisierung und Koordination von Sicherheitsstandards und Schutzmaßnahmen notwendig ist. In Deutschland werden die Aufgaben des Strahlenschutzes und der zivilen radiologischen Sicherheit durch das Bundesamt für Strahlenschutz, die Strahlenschutzkommission<sup>9</sup> und weitere Behörden und Organisationen wahrgenommen, die dem Zivil- und Katastrophenschutz, der Strahlen- und Katastrophenmedizin sowie einschlägigen technisch-wissenschaftlichen Fachgebieten zuzuordnen sind. Darüber hinaus arbeitet das Strahlenschutzamt eng mit internationalen Behörden zusammen, unter anderem mit der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) und der IAEA.

Die internationale Kontrolle von Kernwaffen und radioaktiven Materialien bedient sich einer nahezu unüberschaubaren Anzahl technischer Verfahren und behördlicher Maßnahmen, die ihrerseits auf einem Geflecht von internationalen Verträgen, Abkommen und mehr oder weniger rechtsverbindlichen Absprachen beruhen (Tabelle 3). Während die IAEA ein System von Sicherheitsmaßnahmen zur Einhaltung des NVV entwickelt hat, stützen sich die Exportkontrollen für nukleare, militärisch und zivil nutzbare (*dual-use*-) Materialien und Technologien auf die Richtlinien der Gruppe nuklearer Lieferländer

<sup>9</sup> Gremium unabhängiger, zumeist wissenschaftlicher Experten, die das Strahlenschutzamt unter anderem auf den Gebieten Strahlenmedizin, Radioökologie, Strahlenbiologie, Strahlenrisiko, Strahlenschutztechnik und Notfallschutz beraten.

**Tabelle 3**

**Internationale Abkommen zur Nichtverbreitung oder Kontrolle nuklearer Materialien**

- ▶ Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (NVV) – 1968
- ▶ Übereinkommen über den physischen Schutz von Kernmaterial (CPPNM) – 1980
- ▶ Übereinkommen über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen – 1986
- ▶ Übereinkommen über Hilfeleistung bei nuklearen Unfällen oder strahlungsbedingten Notfällen – 1986
- ▶ Übereinkommen über die Sicherheit im Umgang mit abgebranntem Brennstoff und radioaktiven Abfällen – 1997
- ▶ Übereinkommen über nukleare Sicherheit – 1994
- ▶ Code of Conduct on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials – 2003

Quelle: IAEA Bulletin, 43 (2001) 4, S. 16.

(Nuclear Suppliers Group, NSG) und ähnlicher internationaler Kartelle. Aus deren Sicht sind die Richtlinien Ergänzungen und Ausführungsbestimmungen des NVV. Als solche erstrecken sie sich auch auf spaltbares Material und nukleare Technologien, die selbst zu nichtmilitärischen Zwecken nur unter den besonderen NVV-Sicherheitsbestimmungen an Nichtkernwaffenstaaten geliefert werden dürfen.

Die bestehenden Kontrollvereinbarungen auf der Grundlage des NVV und der NSG-Richtlinien sind jedoch in zweierlei Hinsicht sicherheitspolitisch unzulänglich. Zum einen erfassen sie lediglich hochangereichertes waffenfähiges Material bzw. solches Material, das zur Waffenherstellung aufbereitet werden kann. Zum anderen beschränken sich die internationalen Kontrollen nahezu ausnahmslos darauf, *Staaten* am unerlaubten Gebrauch nuklearer Materialien, Geräte und Anlagen zu hindern. Gegen nichtstaatliche Organisationen, denen ein Interesse an solchen illegalen Praktiken unterstellt werden muß, sofern sie sich erkennbar terroristischer Mittel bedienen, kann die IAEA gar nicht erst vorgehen, jedenfalls nicht auf der Grundlage der NVV-Bestimmungen.

Außerhalb des NVV-Regimes für hochangereichertes Kernwaffenmaterial wird der potentielle Mißbrauch durch zahlreiche weitere Regelungslücken begünstigt: In vielen Ländern sind die Bestände an radioaktiven Quellen überhaupt nur sehr ungenau

bekannt, da sie keiner oder nur einer sehr oberflächlichen, unregelmäßigen Kontrolle unterliegen. Insbesondere existiert kein internationales Abkommen, das ein Land dazu verpflichten würde, seine nuklearen und radiologischen Quellen vor Diebstahl zu schützen oder Anlagen wie Kernkraftwerke, Forschungsreaktoren und Industrielabors gegen Sabotage zu sichern.<sup>10</sup> Selbst das einzige einschlägige Abkommen über den physischen Schutz von Kernmaterial (Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, CPPNM, 1980) verlangt einen besonderen Schutz nur für internationale nukleare Transporte oder die transportbedingte Zwischenlagerung, nicht jedoch für die Verarbeitung, Lagerung oder den Transport jeweils im Landesinneren. Darüber hinaus ist das Abkommen in seinen Bestimmungen sehr pauschal. Es sieht keine Verifikationsmaßnahmen vor, nicht einmal ein geregeltes Berichtswesen auf freiwilliger Basis<sup>11</sup> und auch keine Harmonisierung der Sicherheitsgesetzgebung und behördlichen, fachlichen Aufsicht über das nukleare Transportwesen in den Vertragsstaaten.<sup>12</sup>

Insgesamt gibt es daher breite Regelungslücken in einem weiten Anwendungsfeld, das sich zwischen dem potentiellen Mißbrauch nuklearer Technologien und radioaktiver Materialien durch nichtstaatliche Organisationen und terroristische Verbände einerseits und den bestehenden sicherheitspolitischen Nichtverbreitungs- und Überwachungsregimen andererseits erstreckt.

## Terrorismus und radiologische Waffen

In den vergangenen Jahren haben terroristische Motive, Methoden und Praktiken neue Typen der

internationalen Konfliktaustragung hervorgebracht. Es stellt sich die Frage, ob Terrorgruppen mit politisch-weltanschaulichen Motiven und Zielen unter bestimmten Voraussetzungen in der Lage sind, zum einen Atombomben zu bauen und zu zünden bzw. Kernkraftwerke oder Wiederaufbereitungsanlagen mit herkömmlichen Bomben anzugreifen und zu sprengen (Nuklearterrorismus) oder zum anderen spaltbares (nukleares) oder auch nichtspaltbares, aber strahlungsaktives (radiologisches) Material als »radiologische Waffe« zu verwenden, etwa als »schmutzige Bombe« (herkömmlicher Sprengsatz mit radioaktiven oder nuklearen Beimischungen). Dabei ist die begriffliche Unterscheidung zwischen Kernwaffen und radiologischen Waffen durchaus unscharf: Das Spektrum der Bedrohungen der »radiologischen Sicherheit« reicht von der Sabotage nuklearer Anlagen (Kernreaktoren, Zwischenlager, Wiederaufbereitungsanlagen) bis hin zu Attentaten mit »schmutzigen Bomben«.<sup>13</sup> Es umfaßt daher auch Teilaspekte des nuklearen Terrorismus, selbst wenn, wie sich noch zeigen wird, dessen Möglichkeiten aus technischen Gründen stärker eingeschränkt sind, als dies beim terroristischen Einsatz von nichtspaltbarem Material der Fall ist.

Fachleute gehen davon aus, daß rund 25 Kilogramm hochangereicherten Urans oder 8 Kilogramm separierten Plutoniums ausreichen, um eine (kleine) Atombombe zu bauen und »erfolgreich« zu zünden. Aufschlußreich ist hier der vergleichende Blick auf die oben angegebenen Mengen an waffenfähigem Uran und Plutonium, die trotz der IAEA-Kontrollen offenbar nur sehr schwer zu sichern sind. Die Zahlen zeigen, daß die Materialmenge, die zur Herstellung einer Atombombe benötigt wird, im Prinzip durch Diebstahl oder Kauf am Schwarzmarkt beschafft werden kann. Jedoch erfordert der Bau einer Atombombe neben der Beschaffung des notwendigen spaltbaren Materials genaue physikalische Kenntnisse – die heute allerdings wissenschaftlich-technisches Standardwissen sind – und darüber hinaus die Beherrschung einer äußerst anspruchsvollen Zündtechnik. Daher kann man zwar nach Lage der Dinge nicht grundsätzlich ausschließen, daß Terrorgruppen Atomwaffen bauen, doch gelten unter Fachleuten die technischen Hürden für ein solches Vorhaben als beträchtlich.<sup>14</sup>

<sup>10</sup> George Bunn/Chaim Braun/Fritz Steinhäusler, Nuclear Terrorist Potential: Research Reactors vs. Power Reactors, in: ÖMZ, Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection, S. 9–15; Chaim Braun/Friedrich Steinhäusler/Lyudmilla Zaitseva, International Terrorists' Threat to Nuclear Facilities, in: ÖMZ, Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection, S. 15–22.

<sup>11</sup> Artikel 14, Absatz 1 CPPNM sieht eine pauschale Pflicht der Mitglieder vor, »Gesetze und Vorschriften in Ausführung dieses Übereinkommens« der IAEA mitzuteilen, enthält jedoch keinerlei Ausführungsbestimmungen. Die Atomenergiebehörde teilt ihrerseits Meldungen hierzu seitens einzelner Vertragspartner den anderen Mitgliedstaaten mit.

<sup>12</sup> Bunn/Bunn, Reducing the Threat [wie Fn. 3]; Fritz Steinhäusler/George Bunn, Protecting the Source: Securing Nuclear Material and Strong Radiation Sources, in: IAEA Bulletin, 45 (2003) 1, S. 17–20.

<sup>13</sup> Nathan Busch, Risks of Nuclear Terror: Vulnerabilities to Theft and Sabotage at Nuclear Weapons Facilities, in: Contemporary Security Policy, 23 (2002) 3, S. 19–60; Braun/Steinhäusler/Zaitseva, International Terrorists' Threat [wie Fn. 10].

<sup>14</sup> J. Carson Mark/Theodore Taylor/Eugene Eyster/William

Eine ganz andere Situation liegt vor, wenn ein Nuklearstaat einer terroristischen Organisation Kernwaffen überläßt oder technische Hilfe bei deren Herstellung leistet. Dieser Fall führt – wenigstens ein Stück weit – zurück zur klassischen Problematik der Nichtverbreitung von Kernwaffen durch Staaten, die jedoch nicht Gegenstand der Untersuchung ist.<sup>15</sup>

Anders als beim militärischen Kernwaffeneinsatz, bei dem die Freisetzung von Radioaktivität als militärisch sinnlose – wenn auch physikalisch unvermeidliche – Nebenfolge gilt, kann gerade die radioaktive Verseuchung der Bevölkerung und Umwelt ein bewußter Zweck terroristischer Angriffe sein. Die größten Schadenswirkungen sind von einem bewaffneten Überfall auf zivil genutzte Kernreaktoren zu befürchten, da sie erhebliche Mengen an angereicherten Kernbrennstoffen enthalten. In Planspielen und Katastrophenübungen der Sicherheitsbehörden geht man von dem Szenario aus, daß ein solcher Überfall durch eine Gruppe bewaffneter (Selbstmord-)Attentäter vorgetragen wird, die Autobomben mit konventionellen Sprengstoffen oder gar voll aufgetankte Zivilflugzeuge einsetzen, die – nach Art der Angriffe auf das World Trade Center vom 11. September 2001 – auf Kernreaktoren gelenkt werden. Angriffe dieser Art erfordern einen beträchtlichen Planungs- und Organisationsaufwand, ihre Ausführung ist außerordentlich schwierig. Doch wären die Auswirkungen im »Erfolgsfall« verheerend.<sup>16</sup> Zwar trifft es zu, daß in den Kernreaktoren der meisten Länder nicht nur schwere, undurchdringliche Schutzbehälter und eine leistungsfähige, mehrfach ausgelegte (»redundante«) Überwachungs-, Alarm- und Sicherheitstechnik vorhanden sind, sondern auch bewaffnetes Sicherheitspersonal, das die Anlagen bewacht. Doch hat sich gezeigt, daß die physische Sicherheit dieser Anlagen selbst in Ländern, die als sehr sicher gelten, in der Praxis oft erhebliche Lücken aufweist. In rund 50% (!) aller simulierten Überfälle, die seit mehr als zehn Jahren von der

amerikanischen NRC an kommerziellen US-Reaktoren geprobt werden, hätten die Sicherheitsvorkehrungen sorgfältig geplanten Angriffen durch gut organisierte Terrortrupps nicht standgehalten.<sup>17</sup> In vielen europäischen Ländern, darunter auch in Deutschland, wurden nach dem 11. September 2001 Maßnahmen zum Schutz gegen Störfälle in nuklearen Anlagen auf solche gegen terroristische Bedrohungen ausgedehnt. Doch ist die Qualität der erweiterten Sicherheitsrichtlinien und -maßnahmen oft nur sehr schwer zu beurteilen, da es an elementaren Forschungsmethoden und -erkenntnissen zur (quantitativen) Bestimmung der durch sie bewirkten Risikoreduktion fehlt.<sup>18</sup> Beispielsweise ist aufgrund dieses Mangels die Kosteneffizienz des Sicherheitsmanagements (erzieltes Maß an Risikoreduktion pro aufgewendetem Euro) kaum sinnvoll zu beurteilen.

Weiterhin eignet sich nicht jeder Typ von nuklearer Anlage aufgrund der anlagenspezifischen Sicherheitspraxis als Ziel für terroristische Angriffe. So ist etwa damit zu rechnen, daß Attentäter versuchen werden, sich bei der Wahl geeigneter Ziele und Angriffswege die Unterschiede zwischen Forschungs- und stromerzeugenden Reaktoren, zwischen Reaktoren, Wiederaufbereitungsanlagen, Zwischenlagern und Kernbrennstofffabriken mit ihren meist beträchtlichen Beständen an spaltbarem Material und verbrauchten Brennelementen systematisch zunutze zu machen. Die Unterschiede liegen hauptsächlich in der Verwendung hoch- oder schwachangereicherter Materials, der eingesetzten Sicherheitstechnik und im Einsatz bewaffneter Kräfte für den Anlagenschutz.<sup>19</sup> Mehr noch als die Lagerung ist der Transport nuklearen Abfalls in vielen Ländern mit besonderen Sicherheitsrisiken behaftet, da bewegliche radioaktive Quellen weniger gut als ortsfeste zu schützen und unter taktischen Gesichtspunkten leichter anzugreifen sind.<sup>20</sup>

Maraman/Jacob Wechsler, Can Terrorists Build Nuclear Weapons?, in: Paul Leventhal/Yonah Alexander (Hg.), Preventing Nuclear Terrorism, Lexington, MA 1987, S. 55–65; National Research Council of the National Academies, Committee on Science and Technology for Countering Terrorism, Making the Nation Safer: The Role of Science and Technology in Countering Terrorism, Washington, D.C. 2002, S. 39–64.

<sup>15</sup> Motive und Implikationen staatlicher Unterstützung für Terrorgruppen (*state-sponsored terrorism*) untersucht John Parachini, Putting WMD Terrorism into Perspective, in: The Washington Quarterly, 26 (2003) 4, S. 37–56.

<sup>16</sup> Bunn/Bunn, Reducing the Threat [wie Fn. 3]; Braun/Steinhäusler/Zaitseva, International Terrorists' Threat [wie Fn. 10].

<sup>17</sup> U.S. General Accounting Office, Nuclear Regulatory Commission: Oversight of Security at Commercial Nuclear Power Plants Needs to Be Strengthened, Washington, D.C. 2003, S. 13–19.

<sup>18</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)/Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), EUROSAFE Forum for Nuclear Safety, Berlin 2002, Seminar 5 on Nuclear Material Security; zu finden unter der Internetadresse <<http://www.eurosafe-forum.org>>.

<sup>19</sup> Bunn/Braun/Steinhäusler, Nuclear Terrorist Potential [wie Fn. 10]; Braun/Steinhäusler/Zaitseva, International Terrorists' Threat [wie Fn. 10].

<sup>20</sup> Héctor A. Múnera/María B. Canal/Mauricio Muñoz, Risk Associated with Transportation of Spent Nuclear Fuel under Demanding Security Constraints: The Colombian Experience,

Ähnliches gilt für Industrie- und Forschungsanlagen sowie medizinische Einrichtungen, in denen zwar nicht spaltbares, aber doch zum Teil hochradioaktives Material verarbeitet wird. Der »Vorteil« aus Sicht eines Terroristen liegt hier zunächst in der oben skizzierten vergleichsweise leichten Zugänglichkeit dieser Materialien aufgrund ihrer großen Verbreitung, ihrer zivilen Nutzung und der uneinheitlichen Qualität der Kontrollen. Von elementarer sicherheitspolitischer Bedeutung ist weiterhin, daß sich nicht nur die Kernspaltung, sondern auch natürliche radioaktive Verfallsprozesse zu Waffenwirkungen nutzen lassen.<sup>21</sup> Ähnlich wie bei Terrorangriffen auf Kernkraftwerke würde der Einsatz radiologischer Waffen auf die Freisetzung von Radioaktivität, die Verseuchung der Umwelt und die Furcht vor Strahlenschäden abzielen. Hierzu genügen konventionelle Sprengladungen – etwa von der Art der Autobomben –, die mit radioaktivem Material in möglichst pulverisierter Form vermischt oder darin verpackt sind. Beim Zünden einer solchen Sprengladung an öffentlich zugänglichen Orten wird strahlungsaktives Material in der Umwelt und Atmosphäre verteilt. Dabei muß mit Toten und Verletzten in unmittelbarer Nähe der Detonationsstelle gerechnet werden, ansonsten ist jedoch die akute Lebensgefahr für die Bevölkerung begrenzt. Radiologische Waffen sind keine Massenvernichtungswaffen.

Entsprechend liegt das Gefährdungspotential »schmutziger Bomben« hauptsächlich darin, daß sie bei der großen Verbreitung radioaktiver Substanzen verhältnismäßig einfach und ohne besonderes technisches Know-how herzustellen sind. Da einige Tätergruppen zunehmend bereit sind, Selbstmordattentate zu verüben, bildet für sie nicht einmal die Gefahr eine Hürde, beim Bau einer schmutzigen Bombe einer erheblichen Strahlendosis ausgesetzt zu sein oder radioaktive Partikel zu inhalieren. Im übrigen kann sich ein todesbereiter Attentäter sicher sein, daß er sich mit der Zündung seiner radioaktiv verseuchten Sprengladung längst selbst getötet hat, bevor er irgendwelche Strahlenschäden davonträgt, die ihn an der Ausübung seiner Tat hindern könnten.

in: Risk Analysis, 17 (1997) 3, S. 381–389; James D. Ballard, Asymmetrical Sabotage Tactics, Nuclear Facilities/Materials and Vulnerability Analysis, in: ÖMZ, Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection, S. 26–30.

<sup>21</sup> Kelly/Levi, Schmutzige Bomben [wie Fn. 1]; Geiger, Die »schmutzige Bombe« [wie Fn. 1].

## Auswirkungen radiologischer Terrorakte

Das tatsächliche Schadensausmaß radiologischer Terrorakte hängt zunächst von der Strahlungsart und -intensität sowie von der Menge und Halbwertszeit des freigesetzten Materials ab. Diese Faktoren beeinflussen Grad und Dauer der radioaktiven Verseuchung. Ausgestreutes Material mit hohen Strahlungsintensitäten verbunden mit Verfallszeiten von Jahren oder gar Jahrzehnten, wie sie beispielsweise für die Metalle Kobalt 60 und die Cäsiumisotope<sup>22</sup> 134 und 137 typisch sind, kann ein Gebiet auf absehbare Zeit erheblich verseuchen, in Extremfällen dauerhaft unbewohnbar machen. Kobalt und Cäsium, die zu zivilen (medizinischen, technischen) Zwecken genutzt werden, aber auch andere radioaktive Elemente wie Jod 131 und Strontium 89 und 90 lagern sich in der Schilddrüse, in der Lunge oder im Magen-Darm-Trakt ab, wo sie als Dauerbelastung mit erheblichem Krebsrisiko wirken.

Andere Einflußfaktoren der radiologischen Waffenwirkung sind die Bevölkerungsdichte in der Umgebung, die Tageszeit und die jeweils herrschenden Witterungsbedingungen wie Regen, Windrichtung und Windstärke. Der von einer Bombe aufgewirbelte radioaktive Staub würde in Windrichtung verteilt, vom Regen verstärkt ausgewaschen und bliebe lange an Gebäuden und auf den Straßen haften. Mit noch massiveren Auswirkungen ähnlicher Art wäre bei einem erfolgreichen Attentat auf ein Kernkraftwerk oder eine Wiederaufbereitungsanlage zu rechnen. Umgekehrt würde eine Verteilung der radioaktiven Staubwolke über ein weites Gebiet die lokale Kontamination vermindern. Einige radioaktive Substanzen verbinden sich chemisch mit Baumaterialien wie Beton, Glas und Asphalt, was die Reinigung von Straßen und Gebäuden nach einem Zwischenfall erheblich erschweren würde. Das Einatmen des aufgewirbelten radioaktiven Staubs und Aerosols birgt wegen der damit verbundenen deutlich erhöhten Krebsgefahr das größte Risiko für die Bevölkerung.

Der mögliche Schaden eines Terrorakts wird oft durch Vergleiche mit den Folgen radiologischer Unfälle abgeschätzt.<sup>23</sup> Man muß jedoch unterstellen, daß

<sup>22</sup> »Isotope« heißen die Varianten ein und desselben chemischen Elementes mit unterschiedlicher Anzahl an Neutronen im Atomkern.

<sup>23</sup> Siehe hierzu die Panel Discussion 3 »Planning the Response to Radiological Emergencies Arising from the Malevolent Use of Sources« der IAEA-Konferenz »Security of Radioactive Sources« in Wien, März 2003, wiedergegeben in IAEA, Security [wie Fn. 5], S. 347–402.

intelligente, planmäßig agierende Attentäter die physikalischen, geographischen und meteorologischen Umstände (Sprengstoff, radioaktives Material, Ort, Zeitpunkt, Witterungsbedingungen usw.) nicht nur wohlbedacht wählen werden, sondern gezielt zu manipulieren versuchen, um die Waffenwirkung zu steigern. Die sicherheitspolitischen Gefährdungsdimensionen radiologischer Waffen reichen daher weit über die gesundheitlichen Risiken der betroffenen Bevölkerung hinaus und umfassen:

- ▶ die Lähmung weiter Bereiche des öffentlichen Lebens, die sich in internationalen Krisen und Konflikten besonders nachteilig auf die politische Handlungsfähigkeit des Staates auswirken muß,
- ▶ die zu erwartende öffentliche Panik,
- ▶ die Unbewohnbarkeit verseuchter Gebiete,
- ▶ den enormen technischen und finanziellen Aufwand bei der Dekontamination sowie
- ▶ die langfristigen wirtschaftlichen Folgen.

Eine auf einem öffentlichen, belebten Platz in einem zentral gelegenen Großstadtviertel bei starkem Wind gezündete »schmutzige Bombe« kann mit vergleichsweise bescheidenen Mitteln viel bewirken – im äußersten Fall kann sie die Grundlagen des gesamten öffentlichen Lebens und der Wirtschaft lokal oder regional erschüttern. Daher liegt, sicherheitspolitisch gesehen, ihr entscheidendes Gefährdungspotential darin, daß das günstige Kosten-Nutzen-Verhältnis eines Angriffs möglichen Tätern einen besonderen Anreiz bietet, sich bei ihrem Vorhaben der Mittel und Methoden radiologischen Terrors zu bedienen – welcher Art und politischen Zielsetzung dieses Vorhaben im einzelnen auch sein mag.

Zur Erläuterung folgende Beispiele: In ihrer Novemberausgabe 2002 veröffentlichte die Zeitschrift *Scientific American*<sup>24</sup> Berechnungen über die möglichen Gesundheits- und Umweltschäden samt den volkswirtschaftlichen Folgekosten eines terroristischen Attentats, bei dem Cäsium 137 in einer Großstadt in größeren Mengen freigesetzt wird. Ebenso hat man an der U.S. National Defense University (NDU) versucht, akute Todesfälle, langfristige Strahlenschäden und die Fläche verseuchter Gebiete in Abhängigkeit von der Größe und Strahlungsintensität radiologischer Waffen abzuschätzen.<sup>25</sup> Die Berechnungen ergaben eine Wirkungsfläche von bis zu einigen hundert Quadratkilometern, die derart verseucht würde, daß sie nach den geltenden Richtlinien der amerikanischen Umwelt-

schutzbehörde (Environmental Protection Agency, EPA) nicht mehr bewohnt werden dürfte. Nach den Richtwerten der Internationalen Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP) müßte in einer Großstadt wie New York ein Gebiet von 15 Quadratkilometern unverzüglich evakuiert werden. Der Katalog der erforderlichen Dekontaminierungsmaßnahmen nach einem solchen Anschlag ist lang und eindrucksvoll:

»Für die Dekontaminierung solch großer Areale in einem Stadtgebiet gibt es keinen Präzedenzfall. [...] Zunächst müßten die Reinigungstrupps radioaktive Staubteilchen von Oberflächen oder aus Spalten und Rissen entfernen. Dies könnte mit relativ kostengünstigen mechanischen Verfahren wie Absaugen und Absprühen geschehen. Dort, wo Radioaktivität in poröse Materialien eingedrungen ist, müßte die Oberfläche durch Sandstrahlen oder ähnlich aufwendige und teure Verfahren abgetragen werden. In manchen Fällen müßte der Belag von Bürgersteigen und Straßen gänzlich entfernt und entsorgt werden, ebenso wie die oberste Erdschicht aus Grünanlagen und Gärten. Ein Großteil der Vegetation wäre wegzuschneiden. Mit Hilfe von Säuren und anderen Chemikalien müßten Rost und mineralische Ablagerungen entfernt werden, in die radioaktive Partikel eingedrungen sind«, Der mögliche materielle Schaden wird insgesamt auf Milliarden von US-Dollar geschätzt.<sup>26</sup>

Daß es sich hierbei um realistische Schätzungen handelt, zeigt der Vergleichsfall der brasilianischen Stadt Goiania, wo 1987 Müllhändler auf dem Gelände einer aufgelassenen radiologischen Klinik einen Bleibehälter fanden, der mit hochradioaktivem Cäsium 137 gefüllt war. Neugierig ließen die ahnungslosen Anwohner des Klinikgeländes den Inhalt des Behälters tagelang von Haus zu Haus gehen, bis der größte Zwischenfall in der zivilen Nutzung der Kernenergie nach Tschernobyl offenkundig wurde: Es kam zu vier akuten Todesfällen und fast 250 teils erheblichen strahlungsbedingten Erkrankungen. 112 000 der damals rund 800 000 Einwohner der Stadt mußten auf Strahlenschäden untersucht werden, ein ganzer Stadtteil wurde radioaktiv verseucht, 85 Gebäude waren erheblich kontaminiert, viele davon wurden abgetragen.<sup>27</sup>

<sup>24</sup> Kelly/Levi, Schmutzige Bomben [wie Fn. 1].

<sup>25</sup> Zimmerman/Loeb, Dirty Bombs [wie Fn. 1].

<sup>26</sup> Kelly/Levi, Schmutzige Bomben [wie Fn. 1], S. 33.

<sup>27</sup> L. A. Vinhas, Overview of the Radiological Accident in Goiania, in: International Atomic Energy Agency (Hg.), Security of Radioactive Sources, Wien 2003, S. 347–355.

## Dimensionen der radiologischen Sicherheit

Der Begriff der radiologischen Sicherheit hat im wesentlichen zwei Bedeutungen, die bei sicherheitspolitischen Untersuchungen tunlichst zu unterscheiden sind: einmal die Störfall- oder Unfallsicherheit, die sich gegen Möglichkeiten des technischen und menschlichen Versagens und der Unwissenheit im Umgang mit radioaktiven Quellen richtet, zum anderen die Bedrohungssicherheit, die im Zusammenhang mit intelligenten, planmäßig agierenden Tätern eine Rolle spielt, die mit radiologischen Mitteln einen möglichst großen öffentlichen Schaden anrichten wollen.<sup>28</sup> Die Unterscheidung ist im Hinblick auf (technische, betriebliche, behördliche, medizinische) Sicherheitsmaßnahmen wesentlich, da der absichtliche Mißbrauch der Radioaktivität meist ganz andere Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Folgen hat als Stör- und Unfälle und daher auch anderer Gegenmaßnahmen bedarf. Ähnliches gilt für sicherheitspolitische Aufgaben in diesem Bereich, die im wesentlichen solche der Bedrohungssicherheit sind, aber auch unter technischen Gesichtspunkten betrachtet werden müssen, weil sie oft sehr spezifische technische Lösungen erfordern. Hierunter fällt insbesondere der physische Schutz radioaktiver Quellen und nuklearer Anlagen vor Mißbrauch bzw. terroristischen Angriffen.

### Physischer Schutz nuklearer Anlagen und radioaktiver Quellen

Seitdem in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts Krebs und andere Gesundheitsrisiken zunehmend als Schadensfolgen der Radioaktivität erkannt wurden, hat sich neben dem Katastrophen- und medizinischen Strahlenschutz auch ein wirksamer – wenngleich nicht lückenloser – physischer Schutz vor dem gezielten Mißbrauch radioaktiver Materialien entwickelt. Im Mittelpunkt der physischen Sicherheit stehen zunächst geeignete Technologien und organisatorische Maßnahmen, darunter hauptsächlich

- ▶ Meß- und Detektionsgeräte für Strahlung und »Radionuklide« (strahlungsaktive Partikel und Substanzen);
- ▶ Gebäudeschutz und Umzäunung;
- ▶ bruch- und diebstahlsichere Aufbewahrungs- und Transportbehälter;
- ▶ Überwachungssysteme (Sensoren, Monitore);
- ▶ Alarmanlagen, Notfallkommunikation (Funk u.a.);
- ▶ Bewachungspersonal (Ausbildung, Schulung sowie gegebenenfalls Bewaffnung).

Der physische Schutz nuklearer Anlagen und radioaktiver Quellen stützt sich aber auch auf die Gesetzgebung im Bereich der technischen Sicherheit, auf behördliche Sicherheitsvorschriften, regelmäßige Inspektionen sowie internationale Abmachungen und Kooperationen.

Eine erhebliche Lücke im physischen Schutz radiologischer Materialien und Technologien besteht jedoch darin, daß die hochentwickelte nukleare Branche sich bis vor wenigen Jahren weder von terroristischen Angriffen bedroht wähnte noch Antiterrormaßnahmen überhaupt für technisch und wirtschaftlich sinnvoll hielt. So zitiert ein Beitrag zur EU-Konferenz über den physischen Schutz nuklearer Materialien (NUMAT-Konferenz, Salzburg, 2002) die amerikanische NRC mit Feststellungen wie »Reaktoren lassen sich nicht wirksam gegen solche Angriffe schützen, ohne daß man sie zu sehr viel höheren Kosten in faktisch uneinnehmbare Festungen verwandelt.«<sup>29</sup> Radiologische Waffen sind über ein ganzes Jahrzehnt hinweg erst allmählich als Problem der internationalen Sicherheit erkannt worden, der Durchbruch kam schließlich mit den Attentaten vom 11. September 2001.<sup>30</sup> Seither hat der physische Schutz nuklearer Anlagen und radioaktiver Quellen einen Innovationsschub auf all jenen technisch-organisatorischen Aufgabengebieten erfahren, die oben aufgelistet sind. Einen Überblick über technische Einzelheiten geben die EU- und IAEA-Konferenzen zu diesem Thema, die in den Jahren 2002 und 2003 statt-

<sup>29</sup> Braun/Steinhäusler/Zaitseva, International Terrorists' Threat [wie Fn. 10], S. 22.

<sup>30</sup> IAEA, Historical Background Regarding Radioactive Source Safety and Security Activities, in: IAEA, Security [wie Fn. 5], S. 449–454.

<sup>28</sup> Im englischen Sprachgebrauch der internationalen sicherheitswissenschaftlichen Forschung entspricht diese Unterscheidung den beiden Begriffen *safety* und *security*.

gefunden haben und deren Ergebnisse im Druck vorliegen.<sup>31</sup> Viele dieser technischen Neuerungen müssen in der Praxis aber erst noch durchgesetzt werden.

## Zivil- und Katastrophenschutz

Zivil- und Katastrophenschutz sind zunächst mit dem Schutz und der technischen und medizinischen Notversorgung der Bevölkerung im nuklearen Katastrophenfall befaßt (Atomkrieg, Kernkraftwerksunfall mit Freisetzung von Radioaktivität). In Anbetracht der aktuellen Dimension internationaler terroristischer Bedrohungen zögert man in Deutschland wie in zahlreichen anderen Ländern inzwischen nicht mehr, den Schutz vor terroristischen Angriffen mit Massenvernichtungswaffen in den Aufgabenkatalog des Zivil- und Katastrophenschutzes aufzunehmen. Die Neuordnung dieses Sektors durch Bund und Länder seit 2001 bietet hierfür einen geeigneten Rahmen. Ob dabei auch die Probleme einer radiologischen terroristischen Bedrohung, die sich nicht notwendig auf Nuklearwaffen zu stützen braucht, im erforderlichen Umfang und auf eine angemessene Weise berücksichtigt werden, bleibt abzuwarten.

In groben Zügen ließen sich terroristische Operationen mit radiologischen Waffen bei der Neuordnung des Zivil- und Katastrophenschutzes wie folgt systematisch berücksichtigen. Die zu skizzierende Verfahrensweise lehnt sich an den internationalen sicherheitswissenschaftlichen und sicherheitspolitischen Forschungsstand an, wie er in den zitierten IAEA-Veröffentlichungen dokumentiert ist.<sup>32</sup>

1. Da akute radiologische Zwischenfälle terroristischer Art bisher nicht vorgekommen sind und man auch nicht mit »scharfer Munition« experimentieren kann, um für die Abwehr und Vorsorge das notwendige Erfahrungswissen zu sammeln, sind Szenarien und Simulationen etwa nach dem Muster

<sup>31</sup> GRS/IRSN, EUROS SAFE Forum 2002 [wie Fn. 18]; ÖMZ, Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection; IAEA, Security [wie Fn. 5].

<sup>32</sup> Eine enge Anknüpfung an die internationalen Standards würde die radiologische Sicherheit im neugeordneten deutschen Zivil- und Katastrophenschutz in wesentlichen Punkten mit der Sicherheitspolitik von Bündnis- und Partnerländern interoperabel machen. Vgl. hierzu die EU-Aktivitäten auf dem Gebiet des Zivil- und Katastrophenschutzes, die bei den Gipfeltreffen der Staats- und Regierungschefs am 19. Oktober 2001 in Gent und am 14. und 15. Dezember 2001 in Laeken beschlossen wurden.

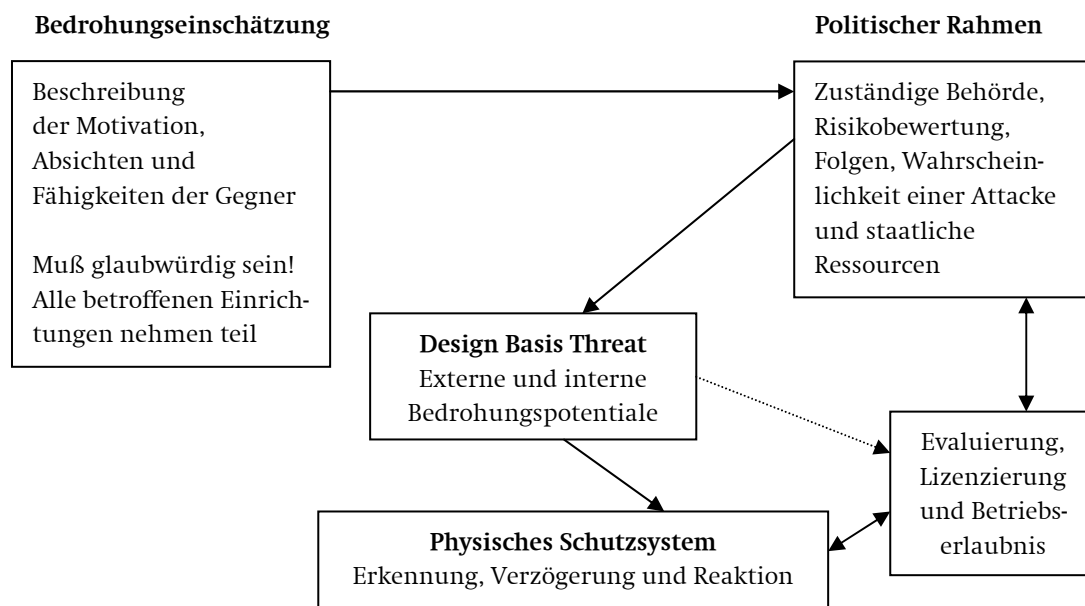
der NRC-Scheinangriffe auf amerikanische kern-technische Anlagen unentbehrliche methodische Hilfsmittel und Erfahrungsquellen zur Konzipierung geeigneter Zivil- und Katastrophenschutzvorkehrungen. Entsprechend sind die möglichen Rahmenbedingungen und das Wirkungsspektrum radiologischer Attentate mit den Methoden der modernen Systemwissenschaft und Planspieltechnik zu simulieren.<sup>33</sup> Planungsansätze, die hiervon systematisch Gebrauch machen, bieten über den bestehenden ABC-Schutz hinaus den Vorteil, daß sie die strategischen Besonderheiten radiologischer Terrorangriffe zu berücksichtigen vermögen.

2. Weiterhin muß die Konzipierung geeigneter Szenarien zu Analyse- und Planungszwecken typische, elementare, möglichst realistische Merkmale terroristischer Operationen erfassen, an denen sich Vorsorge-, Abwehr- und Schutzmaßnahmen im Sinne minimaler Anforderungen orientierten sollten. Bedrohungsszenarien dieser Art werden als »Design Basis Threats« (DBT) bezeichnet.<sup>34</sup> Angefangen bei den technischen und organisatorischen Merkmalen der angegriffenen Systeme bis hin zu Annahmen über das Verhalten, die Absichten und die Organisation der Angreifer erfassen sie jenes Maß an Bedrohung, von dem die Sicherheitsbehörden annehmen, daß es im Rahmen des technisch, organisatorisch und finanziell Machbaren noch bewältigt werden kann (Abbildung 5). Alle anderen Aspekte

<sup>33</sup> Diese Verfahrensweise ist in der nuklearen Störfallvorsorge in Deutschland, in vielen NVV-Staaten und auch in anderen, nichtnuklearen Anwendungsbereichen Standard, beispielsweise bei der Analyse komplexer Risiken des globalen Klimawechsels (siehe etwa Hans-Joachim Schellnhuber/Volker Wenzel [Hg.], *Earth System Analysis – Integrating Science for Sustainability*, Berlin 1998). Die Bundesrepublik Deutschland ist an der internationalen Systemforschung auf diesem Gebiet mit mehreren großen Forschungseinrichtungen beteiligt und treibt dafür einen beträchtlichen wissenschaftlichen und finanziellen Aufwand. Warum wissenschaftliche Erkenntnis dieser Qualität nur in der Klimaschutzpolitik, aber nicht auch zur Analyse und Abwehr anderer (sicherheitspolitischer) Gefährdungen herangezogen wird, hat offenbar sachfremde Gründe.

<sup>34</sup> IAEA, *The Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities* (INFCIRC/225/Rev. 4 [Corrected]), Wien 1999; Joachim B. Fechner, *Physical Protection of Nuclear Installations after 11 September 2001*, in: GRS/IRSN, EUROS SAFE Forum 2002 [wie Fn. 18]; Axel Hagemann, *Training of Guard Forces for the Physical Protection of Nuclear Facilities*, in: GRS/IRSN, EUROS SAFE Forum 2002 [wie Fn. 18]; Jim Blankenship, *International Standard for Design Basis Threat*, in: ÖMZ, Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection, S. 62–64.

**Abbildung 5**  
**„Design Basis Threats“-Prozeß**



Quelle: Jim Blankenship, International Standard for Design Basis Threat, in: ÖMZ, Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection, S. 63.

**Abbildung 6**  
**Design Basis Threat Matrix**

|                                               | Externe Bedrohung |            |             |             |            |
|-----------------------------------------------|-------------------|------------|-------------|-------------|------------|
|                                               | Demonstranten     | Aktivisten | Extremisten | Terroristen | Kriminelle |
| Motivation                                    |                   |            |             |             |            |
| Absichten                                     |                   |            |             |             |            |
| Diebstahl oder Sabotage                       |                   |            |             |             |            |
| Charakteristika                               |                   |            |             |             |            |
| Anzahl                                        |                   |            |             |             |            |
| Waffen                                        |                   |            |             |             |            |
| Sprengstoff                                   |                   |            |             |             |            |
| Typ and Menge                                 |                   |            |             |             |            |
| Werkzeuge mit Energieantrieb oder Handbetrieb |                   |            |             |             |            |
| Transport                                     |                   |            |             |             |            |
| Boden Luft Wasser                             |                   |            |             |             |            |
| Technische Fähigkeiten                        |                   |            |             |             |            |
| Finanzierung                                  |                   |            |             |             |            |
| Insider-Absprachen                            |                   |            |             |             |            |
| Infrastruktur                                 |                   |            |             |             |            |
| Anderes                                       |                   |            |             |             |            |

Quelle: Jim Blankenship, International Standard for Design Basis Threat, in: ÖMZ, Sonderheft 2003: Nuclear Material Protection, S. 64.

eines Angriffs und seiner Folgen bleiben notgedrungen als Restrisiken unberücksichtigt.

3. Die Folgen terroristischer Zwischenfälle können im Rahmen solcher Szenarien mit den üblichen Methoden des *Operations Research* wie etwa »Fehler-« und »Ereignisbaum-Analysen« im einzelnen dargestellt, untersucht und schließlich bewertet werden (Abbildung 6, S. 21).<sup>35</sup> In einem letzten Schritt werden dann die Szenarien und die Befunde der Konsequenzanalysen als Grundlagen zur Planung von Katastrophen- und Zivilschutzmaßnahmen systematisch herangezogen. Auf diese Weise wird nicht nur ein umfassendes, zielgerechtes Risiko- und Sicherheitsmanagement möglich, es lassen sich auch der Bedarf, die Eignung und die Wirksamkeit von Antiterrormaßnahmen standardmäßig überprüfen und bewerten.
4. Schließlich ist im Rahmen eines solchen Ansatzes eine systematische Analyse und Bewertung des Restrisikos möglich, das mit der Annahme eines DBT immer verbunden ist. Auf diesem Wege läßt sich insbesondere prüfen, ob ein DBT nichtakzeptable Restrisiken enthält – etwa ob bei einem Zwischenfall zulässige Grenzwerte der Strahlenbelastung überschritten werden –, so daß gegebenenfalls der Bedarf für verbesserte Vorsorge-, Abwehr- oder Schutzmaßnahmen erkennbar wird.

Zur Erläuterung der besonderen Problematik radiologischer Waffen für den Zivilschutz ein konkretes Beispiel: Die Opfer einer »schmutzigen Bombe« benötigen je nach Art ihrer Verletzung geeignete Arzneimittel sowie Verbandszeug und weiteres medizinisches und technisches Hilfsmaterial, das nach Art und Menge vom Alltagsbedarf abweicht (Schutzbekleidung, Atemschutzgeräte u.a.). Es ist daher notwendig, Vorräte wichtiger Hilfsgüter zur Behandlung von Terroropfern in ausreichenden Mengen anzulegen, wie dies verstärkt in anderen Ländern, so etwa in den USA im Zuge der »Homeland Defense«, bereits geschieht. Im Vergleich hierzu stützt sich in Deutschland die Planung oft auf die vorhandenen Mittel zur Bewältigung der radiologischen Folgen von Kernkraftwerksunfällen, droht aber dabei die spezifischen Gefährdungen durch »schmutzige Bomben« zu vernachlässigen.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Peter Bedford/Roger Cooke, *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods*, Cambridge 2001.

<sup>36</sup> Siehe hierzu auch die amerikanische Debatte über die Frage, ob und inwieweit geplante Antiterrormaßnahmen der Bedrohung angemessen sind: Zimmerman/Loeb, *Dirty Bombs* [wie Fn. 1].

So gibt es zum Beispiel nach den Richtlinien der deutschen Strahlenschutzkommission Lagerbestände an Tabletten mit hochdosiertem nichtradioaktivem Kaliumjodid, das bei rechtzeitiger Einnahme nach einem kerntechnischen Unfall die Ablagerung des freigesetzten radioaktiven Jods in der Schilddrüse verhindert (»Jodblockade« zur Minderung des Schilddrüsenkrebsrisikos). Aufgrund ihrer weitverbreiteten medizinischen und industriellen Nutzung ist es jedoch nicht unwahrscheinlich, daß eher Materialien wie Cäsium und das giftige, radioaktive Thallium zum Bau von »schmutzigen Bomben« verwendet werden, gegen die eine Jodtherapie wirkungslos bleibt. Wesentlich besser geeignet, die Ablagerung von Thallium und Cäsium im Organismus zu verhindern, ist der Farbstoff Preußischblau. Er wurde bereits erfolgreich zur Behandlung der Strahlungsoffer in Goiania eingesetzt. Soweit bekannt, ist jedoch in Deutschland eine Bevorratung dieses Mittels zum Schutz der Zivilbevölkerung bisher nicht vorgesehen.

Andere Beispiele dieser Art lassen sich im Hinblick auf Versorgungslücken, »Warnlücken« und Ausbildungslücken<sup>37</sup> im Strahlenschutz und bei der physischen Sicherheit von Strahlungsquellen aufführen. Selbst wenn die Neuordnung der Notfallvorsorge in der Bundesrepublik diese Defizite beseitigen würde,<sup>38</sup> könnten sich die Maßnahmen dennoch als unzureichend erweisen, solange sie nicht den radiologischen »Ernstfall« angemessen berücksichtigen.

Eine Erklärung für das Fehlen spezifischer Programme im Bereich radiologischer Waffen, die den Programmen anderer Länder vergleichbar wären, mag man einer Mitteilung auf der Internetseite des Bundesamtes für Strahlenschutz<sup>39</sup> entnehmen, in der »schmutzige Bomben« als eine derzeit rein »hypothe-

<sup>37</sup> Schutzkommission beim Bundesminister des Innern (Hg.), *Zweiter Gefahrenbericht der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern*, Berlin 2001, S. 6; *Deutsche Gesellschaft für Katastrophenmedizin e.V.*, Darstellung der Defizite der Katastrophenbewältigung aus der Sicht der Katastrophenmedizin und Forderungen für eine Verbesserung, in: Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Katastrophenmedizin, November 2002, S. 7–9.

<sup>38</sup> Beispielsweise mit dem deutschen Notfallvorsorge-Informationssystem (deNIS) oder dem Versuch, ein staatliches, funkgestütztes Alarmsystem zur flächendeckenden Warnung der Bevölkerung im Katastrophenfall zu testen und zu errichten. Vgl. hierzu Bundesverwaltungsamt/Zentralstelle für Zivilschutz, Bevölkerungswarnung mit der Funk-Alarmuhr – Forschungsvorhaben und Feldversuch, Bonn, 1.10.2003.

<sup>39</sup> Unter <[http://www.bfs.de/ion/papiere/schmutzige\\_bombe.html](http://www.bfs.de/ion/papiere/schmutzige_bombe.html)>.

tische« Bedrohung der Bundesrepublik Deutschland hingestellt werden.<sup>40</sup> Diese Einschätzung mag als solche zutreffen, geht insofern aber an der sicherheitspolitischen Problemlage vorbei, als Hypothesen ja sehr realistisch sein können. Eine reale Bedrohung der Bundesrepublik ergibt sich bereits daraus, daß planmäßig handelnden Tätern der Gebrauch einer bestimmten (Terror-) Waffe aufgrund ihrer »günstigen« Verwendungsbedingungen einen Vorteil verschafft und genau hierin für sie der Anreiz liegt, sich dieser Waffe auch zu bedienen. Dieser Anreiz besteht als solcher ganz unabhängig davon, ob ihn sich überhaupt jemand jemals zunutze macht. Selbst wenn es heute noch keine Tätergruppe gibt, die dem radiologischen Terrorismus zuzuordnen ist, muß man damit rechnen, daß das morgen schon ganz anders sein kann, sofern Attentäter nur Zugang zu radioaktivem Material erhalten. Sich darauf zu verlassen, daß dieser Fall nicht eintritt, wäre allerdings abenteuerlich.<sup>41</sup>

## Internationale Kontrollen

Die Politik der Nichtverbreitung nuklearer und radiologischer Waffen stützt sich im Kern auf zwei Arten von Sicherheitsvorkehrungen: einmal auf den erwähnten physischen Schutz von Anlagen und Material, zum anderen auf die lückenlose Überwachung und Bilanzierung des Materialflusses. Alle anderen internationalen Bemühungen wie die, den Export von Material und Gerät zu kontrollieren sowie deren Schmuggel oder illegalen Handel zu unterbinden, machen hiervon in wesentlichen Punkten Gebrauch. Dies wird an dem NVV und seiner »Spaltflußkontrolle« (Buchführung über den Verbleib spaltbaren nuklearen Materials weltweit), seinen Überwachungsmaßnahmen (*safeguards*) und seinem Inspektions- und Verifikationsregime besonders deutlich.<sup>42</sup>

Um kriminelle und terroristische Gefährdungen der internationalen Sicherheit durch radiologische

Waffen abzuwehren, sind nicht weniger als ein weltweit wirksamer physischer Schutz und die Aufsicht über die zivile Nutzung der Radioaktivität in allen ihren weitverzweigten Anwendungen erforderlich. IAEA-Generaldirektor ElBaradei rief daher kürzlich alle Staaten und internationalen Organisationen dazu auf, den gesamten Herstellungs- und Nutzungszyklus radioaktiver Quellen »von der Wiege bis zur Bahre« einheitlichen, lückenlosen Kontrollen zu unterwerfen (»cradle-to-grave«-Ansatz der IAEA). Jedoch machen es verschiedene schwerwiegende Umstände praktisch unmöglich, auch das nicht waffenfähige radioaktive Material nach den Maßgaben des NVV weltweit zu überwachen. Zunächst erweist sich die zivile Nutzung radioaktiver Quellen in fast allen öffentlichen Lebensbereichen als sehr viel stärker und breiter aufgefächert als die des spaltbaren, waffenfähigen Materials. Eine wirksame, weltweite Überwachung durch eine zentrale Organisation nach dem Vorbild der IAEA erscheint daher unrealistisch. Noch mehr fällt ins Gewicht, daß der physische Schutz nuklearer Anlagen und radioaktiver Quellen sowie Gesetzgebung und behördliche Kontrollen uneingeschränkt in die Zuständigkeit jedes einzelnen Staates fallen. Die Staaten sind ihrerseits oft nicht bereit, Kompetenzen bei der Aufsicht über nukleare und radiologische Technologien an internationale Organisationen abzugeben, weil sie angesichts des ausgeprägten »dual-use«-Charakters dieser Technologien befürchten, daß bei internationalen Inspektionen von Forschungs- und Industrieanlagen friedliche zivile Entwicklungen vor Industriespionage nicht sicher sind.

Alle Bemühungen der IAEA und ihrer Mitgliedstaaten richten sich insofern darauf, die internationale Zusammenarbeit zwischen den Staaten in den Belangen der radiologischen Sicherheit und Terrorismusabwehr zu stärken, ohne den Vertraulichkeitsschutz für zivile Nutzungen der Radioaktivität zu gefährden. Dies bedeutet konkret:

- ▶ Anreiz für einzelne Staaten, ihre Sicherheits- und Technologiepolitik den steigenden Anforderungen an die radiologische Sicherheit anzupassen;
- ▶ Internationale Vereinheitlichung und Koordination staatlicher Maßnahmen bei:
  - ▶ Gesetzgebung,
  - ▶ Exportkontrollen,
  - ▶ Standardisierung der Anwendung von Sicherheitsnormen,
  - ▶ physischer Schutz und behördliche Kontrolle radioaktiver Quellen;

<sup>40</sup> Diese Mitteilung deckt sich mit einem Bericht des Bundesumweltministeriums, in dem terroristische Anschläge auf nukleare Anlagen in Deutschland »nicht als wahrscheinliche Ereignisse eingeschätzt« werden. Der Bericht ist anscheinend nicht veröffentlicht. Hier zitiert nach *Fechner*, *Physical Protection* [wie Fn. 34], S. 1.

<sup>41</sup> Vgl. hierzu das Interview »Ein Atomkrieg rückt näher« mit IAEA-Generaldirektor Mohamed ElBaradei in: *Der Spiegel*, (26.1.2004) 5, S. 104–105.

<sup>42</sup> *UN Department for Disarmament Affairs* (Hg.), *Review Conference of the Parties to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*, 14.4.–19.5.2000, New York 2000.

- ▶ Verstärkte internationale Kooperation bei:
  - ▶ Exportkontrollen,
  - ▶ Datenaustausch, gemeinsamen Datenbanken,
  - ▶ Entsorgung, Transport, Endlagerung radioaktiver Abfälle,
  - ▶ Kooperation der Zoll- und Polizeibehörden,
  - ▶ wissenschaftlich-technischer Zusammenarbeit,
  - ▶ internationalen Abkommen hierzu;
- ▶ Förderprogramme, wissenschaftlich-technische Beratung und Hilfe für mittellose Staaten mit besonderen Gefährdungspotentialen (Entwicklungsländer, ehemaliger Ostblock).

Ein älteres Rahmenwerk zur Stärkung der internationalen Kooperation ist die oben erwähnte CPPNM aus dem Jahre 1980, die aber beträchtliche Regelungslücken aufweist und in vielerlei Hinsicht veraltet und anpassungsbedürftig ist. Direktorium und Generalversammlung der IAEA beschlossen daher 1999 einen »Aktionsplan« (Action Plan on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Material)<sup>43</sup> samt umfangreichen Empfehlungen zum physischen Materialschutz (The Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities<sup>44</sup>). In den folgenden Jahren hat die IAEA weitere Dokumente in der Absicht vorgelegt,<sup>45</sup> in ihren Mitgliedstaaten die Sicherheitsinfrastrukturen auszubauen, zu standardisieren und internationale Regeln der sicheren Handhabung (Gebrauch, Lagerung, Entsorgung, Transport) radioaktiver Materialien durchzusetzen. Allerdings berücksichtigen diese Ansätze noch nicht die spezifischen Anforderungen einer wirksamen Terrorismusabwehr und sie sind auch nicht als gemeinsames sicherheitspolitisches Aktionsprogramm der IAEA-Mitgliedstaaten für diesen Zweck gedacht.

Ein sicherheitspolitisch wirksames Programm, *Global Partnership* genannt, haben die G-8-Staaten im Jahre 2002 beschlossen, um die Ausbreitung von Massenvernichtungswaffen zu unterbinden. Sie verpflichteten sich unter anderem dazu, Terroristen und Staaten, die den internationalen Terrorismus unterstützen, am Erwerb von Kernwaffen und radioaktivem Material aus Kernwaffenbeständen zu hindern. Insgesamt sind im Rahmen der Globalen Partnerschaft in den Jahren bis 2010 Ausgaben in Höhe von 20 Milliar-

den US-Dollar vorgesehen, die teilweise zur Abrüstung und Sicherung nuklearer Waffen und Materialien in Rußland verwendet werden.

Die Bundesrepublik Deutschland ist an der Globalen Partnerschaft unter anderem im Kernwaffenbereich mit verschiedenen Vorhaben der bilateralen Kooperation mit Rußland beteiligt, für die bis etwa 2010 fast eine halbe Milliarde Euro veranschlagt sind. Russische Lagerstätten enthalten große Mengen an waffenfähigem Kernmaterial und hochradioaktiver Abfälle aus der Waffenproduktion und Wiederaufbereitung von Kernbrennstoffen. Bislang sind sie nur unzureichend abgesichert, und der zumeist flüssige Abfall eignet sich gut zur Herstellung radiologischer Bomben, da bereits kleine Mengen stark strahlen und zudem hochgradig toxisch wirken. Die Bundesrepublik unterstützt Rußland beim physischen Schutz dieses Materials gegen Sabotage bzw. Diebstahl. Es sind bis zu 17 Teilprojekte geplant, die unter anderem die Erstellung von Sicherungskonzepten und Lieferungen von spezieller Sicherungstechnik (Überwachungskameras, Monitore, elektronische Kontrollen für den Zugang zu Lagerstätten, Schutzzäune usw.) umfassen. Der finanzielle Bedarf wird von der russischen Seite auf ca. 300 bis 400 Millionen Euro geschätzt. Deutschland wird im Laufe der Jahre rund 170 Millionen beisteuern. Ein ähnlich umfangreiches Vorhaben im Rahmen der Globalen Partnerschaft betreiben derzeit das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit und das russische Atomministerium mit dem Ziel der sicheren Entsorgung von 120 außer Dienst gestellten nuklear getriebenen U-Booten in der Bucht von Murmansk. Hier beläuft sich der deutsche Kostenbeitrag voraussichtlich auf insgesamt 300 Millionen Euro.<sup>46</sup>

Ähnliche Kooperationsprogramme haben die USA, andere G-8-Staaten und die EU aufgelegt. Art, Umfang und Dauer der Vorhaben vermitteln einen Eindruck von den beträchtlichen, kaum mehr vorstellbaren Dimensionen einer wirksamen internationalen radiologischen Materialkontrolle.

<sup>43</sup> IAEA-Dokument GOV/1999/46-GC(43)/10, Attachment 2.

<sup>44</sup> IAEA-Dokument INFCIRC/225/Rev.4 (corrected).

<sup>45</sup> Darunter der wichtige *Code of Conduct*, 2003 vorgelegt unter dem Titel »Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation and Transport Safety and Waste Management: Revision of the Code of Conduct« (GOV/2003/49-GC(47)/9, Annex 1).

<sup>46</sup> *Auswärtiges Amt*, Der deutsche Beitrag zur G-8-Globalen Partnerschaft gegen die Verbreitung von Massenvernichtungswaffen und -materialien – Hintergrundpapier für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Berlin, 4.6.2003.

## Forschung und Entwicklung – ungelöste Aufgaben

Die nukleare Störfallsicherheit hat bereits eine beachtliche technisch-wissenschaftliche Entwicklung zurückgelegt. Dennoch zwingt die Gefahr terroristischen Mißbrauchs Forschung und Entwicklung dazu, sich neuen, bisher ungelösten Aufgaben zu stellen.

Vordringlich ist das Grundlagenproblem der qualitativen und quantitativen Einschätzung von Bedrohungsrisiken, die mit den herkömmlichen Methoden der Statistik und Quantifizierung von Störfallrisiken<sup>47</sup> nicht zu erfassen sind. Quantitative Methoden zur Abschätzung von Bedrohungsrisiken sind aber insofern wesentlich, als sie zur Bestimmung der (Kosten-) Wirksamkeit des Risikomanagements, zur Einschätzung von Restrisiken und zur internationalen Standardisierung und Zertifizierung von technischen Geräten und Sicherheitsinfrastrukturen nuklearer Anlagen benötigt werden.<sup>48</sup>

Die EU-Konferenz über den physischen Schutz nuklearer Materialien (NUMAT-Konferenz, Salzburg, 2002) hat einen ganzen Katalog weiterer ungelöster Aufgaben der technisch-wissenschaftlichen Entwicklung im Bereich der Materialsisicherheit vorgelegt. Schwerpunkte finden sich im Bereich der Sensortechnik, Detektion und Messung von Radionukliden bzw. hochenergetischer Strahlung, verbesserter Methoden zur rechnergestützten Modellierung und Simulation der Strahlenexposition von Menschen und Systemen im Falle radiologischer Angriffe, aber auch neuer Methoden der Risikoforschung und des Sicherheitsmanagements.<sup>49</sup>

Unter dem Eindruck terroristischer Bedrohungen der internationalen Sicherheit plant inzwischen auch die EU ein eigenes sicherheitswissenschaftliches Forschungsprogramm. Hierzu sind zusätzlich zum

laufenden 6. Rahmenprogramm 2002–2006 Forschungsmittel in Höhe von 65 Millionen Euro für den Zeitraum von 2004 bis 2006 vorgesehen. Aufgeschreckt durch die gewaltigen Forschungsanstrengungen, die das neugegründete amerikanische Ministerium für Zivilschutz (Department of Homeland Defense) unternimmt,<sup>50</sup> möchte die EU-Kommission angesichts der mageren Ausgaben aller EU-Länder für Verteidigungsforschung die hochentwickelten europäischen Industrie- und Forschungskapazitäten besser nutzen, um eine europäische Sicherheitspolitik zu betreiben. Die Schwerpunkte des neuen Programms sollen unter anderem auf folgenden Gebieten liegen:

- ▶ Krisenmanagement, einschließlich Evakuierung, Hilfs- und Rettungsmaßnahmen;
- ▶ Schutz und Sicherheit öffentlicher Infrastrukturen;
- ▶ Bevölkerungsschutz bei Zwischenfällen mit biochemischen und anderen (auch strahlungsaktiven) Materialien;
- ▶ Strategien und Technologien der Überwachung und Sicherung von Grenzen, Infrastrukturen und öffentlichen Räumen;
- ▶ Mittel zur Terrorismusabwehr.

Bereits in seiner Konzeptionsphase läßt das EU-Forschungsprogramm erkennen, daß es sich für wissenschaftlich-technische Entwicklungen im Bereich der radiologischen Sicherheit besonders gut eignet. Perspektiven einer langfristigen europäischen Sicherheitsforschung über 2006 hinaus zeichnen sich ab.<sup>51</sup>

<sup>47</sup> Zu ihrer Entwicklung hatte einst die Reaktortechnik bahnbrechende Beiträge geleistet. Siehe Norman J. McCormick, *Reliability and Risk Analysis: Methods and Nuclear Power Applications*, New York 1981.

<sup>48</sup> Gebhard Geiger/Anselm Schaefer, *Approaches to Quantitative Risk Assessment with Applications to Physical Protection*. Beitrag zu International Conference on Physical Protection: Strengthening Practices for Protecting Nuclear Material, Salzburg, 8.–13.9.2002; Druckfassung in: *Journal of Physical Security*, (2004) 1, im Erscheinen.

<sup>49</sup> Strategic Training and Technology Plan for Strengthening Physical Protection and for Countering Illicit Trafficking in Nuclear and Other Radioactive Material: Recommendations by the NUMAT Group of Experts, Universität Salzburg, Institut für Physik und Biophysik, 8.10.2002.

<sup>50</sup> 669 Millionen US-Dollar im Jahre 2003, die 2004 auf nicht weniger als 1 Milliarde US-Dollar aufgestockt werden.

<sup>51</sup> Europäische Kommission, European Industry Leaders and EU Policy Makers Meet to Plan for Security Research, Pressemitteilung, Brüssel, 7.10.2003.

## Sicherheitspolitische Ansätze

Obgleich sich die skizzierten Beiträge der IAEA und der Globalen Partnerschaft zur radiologischen Sicherheit in zentralen Fragen sowohl überschneiden als auch ergänzen, lassen sie noch viele Aufgaben unberücksichtigt, von ihrer Lösung ganz zu schweigen. Das ist angesichts der komplexen, nahezu uferlosen technischen wie sicherheitspolitischen Problematik nicht weiter erstaunlich, darf aber auch nicht übersehen werden. Die wichtigsten offenen Punkte lassen sich wie folgt zusammenfassen.<sup>52</sup> Wo die deutsche Sicherheitspolitik im eigenen Interesse eine zentrale Rolle bei Lösungsversuchen übernehmen kann, wird dies besonders hervorgehoben:

► Unter praktischen Gesichtspunkten ist es erforderlich, eine Prioritätenliste für die Aufgaben des physischen Schutzes von Material und Anlagen aufzustellen und sie jedem koordinierten internationalen Vorgehen zugrunde zu legen. Zwei pragmatische Überlegungen stehen hinter dieser Forderung. Einmal ist es sinnvoll, die folgenreichsten Gefährdungen zuerst zu bekämpfen und die Lösung nachgeordneter Probleme angesichts knapper Ressourcen zurückzustellen. Zum anderen verzichten die bestehenden IAEA-Empfehlungen vom Juni 1999<sup>53</sup> darauf, eine Rangordnung der Dringlichkeit physischer Sicherheitsmaßnahmen festzulegen. Eine solche Rangordnung ist jedoch wünschenswert für radiologisches Material, das von der IAEA nicht im engeren Sinn als »nuklear« (spaltbar, kernwaffenfähig) eingestuft wird, das aber im Hinblick auf terroristischen Mißbrauch ein mehr oder weniger großes Schadenspotential aufweist. Wie oben im einzelnen bereits hervorgehoben, eignet sich Material mit hoher radiologischer Waffenwirksamkeit auch besonders gut für terroristische Zwecke und ist zudem in aller Regel leichter zu beschaffen und zu handhaben als spaltbares Material. Wesentliche Elemente einer wünschenswerten Prioritätenliste<sup>54</sup> sind in der Dringlichkeitsreihenfolge:

- Bewachung und physischer Schutz von stark radioaktiven Quellen nach dem jeweils neuesten Stand der Technik, anstelle bloßer Aufbewahrung unter Verschuß,
  - ununterbrochene Aufsicht über die Lagerung auch von Quellen mittlerer Strahlungsaktivität statt bloßer Aufbewahrung unter Verschuß,
  - Materialbuchführung, die den gesamten Verwendungszyklus stark radioaktiver und mittlerer Quellen erfaßt,
  - die Pflicht, Verlust und Diebstahl den staatlichen Aufsichts- und Fahndungsbehörden zu melden,
  - Exportkontrollen,
  - Grenzkontrollen auf dem jeweils neuesten Stand der radiologischen Meßtechnik,
  - international koordinierte Fahndung nach verlorener und gestohlenem Material.
- Unterhalb der globalen Kooperationsebene der IAEA wäre eine regionale Zusammenarbeit der Länder bei der Durchsetzung von Sicherheitsstandards vorteilhaft. Die Erfahrung zeigt, daß diese Standards, ihre gesetzlichen Grundlagen und ihre praktische Handhabung im allgemeinen von einem Land zum anderen stark variieren. Ihre wechselseitige Angleichung auf einem ausreichenden gemeinsamen Sicherheitsniveau ist regional schneller und wirksamer zu erreichen als im Rahmen weltweiter IAEA-Initiativen. Diese Überlegung beruht auf der Annahme, daß die regionalen Voraussetzungen für ein gemeinsames Vorgehen der Länder günstiger (ähnlicher, homogener) sind als im Weltmaßstab. In Europa gilt dies beispielsweise für EURATOM: die Gemeinschaft stützt sich auf einen ähnlichen technischen Entwicklungsstand, vergleichbares wirtschaftliches Potential und eine jahrzehntelange Kooperation der Mitgliedsländer in Fragen der Sicherheit der Nukleartechnik. Für die Bundesrepublik empfiehlt es sich, in diesem Kontext die Initiative zu ergreifen und eine tragende (treibende?) Rolle bei dem Bemühen zu übernehmen, die bestehende EURATOM-Sicherheitskooperation um zentrale Aufgaben der radiologischen Sicherheit zu erweitern.
- Angesichts der weltweiten Terrorismusproblematik ist es nicht sinnvoll, die Globale Partnerschaftsinitia-

<sup>52</sup> Steinhäusler/Bunn, Protecting the Source [wie Fn. 12].

<sup>53</sup> IAEA-Dokument INFCIRC/225/Rev.4 (corrected).

<sup>54</sup> Vgl. auch Bunn/Bunn, Reducing the Threat [wie Fn. 3], S. 7–12.

tive der G-8-Staaten zur Sicherung nuklearer und radiologischer Materialien vor Proliferation und terroristischem Mißbrauch auf Rußland zu begrenzen. Eine gemeinsame IAEA-G-8-Initiative würde weiterführen. Sie wäre offen für Kooperationspartner (Geldgeber?) außerhalb der G 8 und für die künftige Unterstützung anderer Länder, denen es ebenfalls an den technischen und finanziellen Mitteln fehlt, ihre radioaktiven Quellen angemessen zu schützen. Will man eine dauerhafte globale Terrorismusabwehr erreichen, werden die Industrieländer früher oder später an Hilfs- und Kooperationsprogrammen zugunsten kerntechnischer Einrichtungen in der Dritten Welt (Brasilien, Kolumbien, einige afrikanische Staaten) nicht vorbeikommen.

► Wie oben dargestellt, lassen die globale Verbreitung und intensive zivile Nutzung radioaktiver Quellen eine Materialflußkontrolle nach dem NVV-Schema praktisch nicht zu. Im Sinne einer Mindestanforderung ist aber anzustreben, daß alle Länder einer weitgehenden freiwilligen Kontrolle des Materials ohne internationale Inspektionen zustimmen und daran mitwirken. Als Koordinationszentrale kommt ein internationales Institut unter dem Dach der IAEA in Frage, das weltweit Material bestimmter Gefährdungsklassen erfaßt und über dessen Verbleib Buch führt. Ob auf diesem Wege eine vollständige Überwachung »von der Wiege bis zur Bahre« zu erzielen ist, wie sich die IAEA das wünscht, bleibt zweifelhaft. Doch reicht es unter Umständen aus, die Hürden für eine illegale Verbreitung des Materials dadurch anzuheben, daß der physische Schutz mit einer internationalen Liste radioaktiver Quellen kombiniert wird. Eine solche Kombination könnte zudem die Funktion eines Alarmsystems übernehmen: Verschwindet registriertes Material, löst der ungeklärte Verbleib eine internationale Suchaktion aus. Verläuft die Suche erfolglos, bleibt es jedem Staat vorbehalten, im Falle einer wahrgenommenen Bedrohung mit den Mitteln zu reagieren, die ihm angemessen erscheinen. Da die Einrichtung eines »International Radioactive Material Tracking Centre« im Umfeld der IAEA bereits erörtert wird,<sup>55</sup> bietet sich für die deutsche Sicherheitspolitik eine Chance, durch aktive Unterstützung dieses Vorhabens den Sitz einer internationalen Einrichtung nach Deutschland (an eine der großen Forschungseinrichtungen?) zu holen und damit die deutsche sicherheitspolitische und sicherheitstechnische Infrastruktur zu stärken.

► Als Exekutivorgan zum Aufspüren von gestohlenem Material und von Schmuggelware kann eine spezielle Einsatzgruppe (*Task Force*) dienen. Ihre Aufgabe wäre es nicht, Anlagen und Lagerstätten nach dem Muster der IAEA-Inspektionen zu besichtigen, sondern die Zusammenarbeit zwischen Regulierungsbehörden, den Aufklärungsbehörden der IAEA-Mitglieder und den Sicherheitskräften zu koordinieren. Gegenstand dieser Zusammenarbeit wären insbesondere das Sammeln und die Analyse von Informationen über den illegalen Handel mit radioaktivem Material, die Weitergabe von geheimdienstlicher Information im Sinne einer Frühwarnung vor terroristischen Angriffen und das Aufspüren von Kontakten zwischen Terrorgruppen und internationaler organisierter Kriminalität. Zu nennen sind schließlich Ausbildung und gemeinsames Training von Sicherheits- und Einsatzkräften und deren grenzübergreifende Zusammenarbeit.

► Schließlich ist im Hinblick auf die skizzierten Aufgaben von Forschung und Entwicklung hervorzuheben, daß eine möglichst breite Beteiligung deutscher wissenschaftlicher Einrichtungen und Industrieunternehmen an der neuen sicherheitspolitischen Forschungsinitiative der EU erforderlich ist. Deutschland kann insbesondere sein großes wissenschaftlich-industrielles Potential nutzen, über das es bei der Entwicklung und Vermarktung leistungsfähiger Sicherheitstechnik verfügt (elektronische Sensorik, Überwachungs- und Alarmsysteme, automatisierte Erhebung und Auswertung von Meß- und Beobachtungsdaten). Hiervon können nicht nur Wissenschaft und Technik als solche profitieren, sondern auch die deutsche und europäische Sicherheit insgesamt angesichts wachsender terroristischer Herausforderungen.

Die abschließend aufgezeigten Handlungsmöglichkeiten sollen nicht suggerieren, daß mit technischer Hilfe und geeigneten sicherheitspolitischen Entscheidungen radiologische Sicherheit – im hier skizzierten Sinne – vollständig oder auch nur nahezu vollständig gewährleistet werden kann. Vielmehr kann und soll die Analyse deutlich machen, daß es sinnvolle, sich wechselseitig unterstützende und ergänzende sicherheitspolitische Handlungsalternativen und sicherheitstechnische Entwicklungen gibt, die geeignet sind, die Hürden für den Erfolg eines Terrorismus mit radiologischen Waffen möglichst hoch zu setzen sowie das Schadenspotential der verbleibenden Restrisiken zu reduzieren (Zivilschutz). Allein in diesen technisch

<sup>55</sup> Steinhäusler/Bunn, Protecting the Source [wie Fn. 12].

möglichen und politisch machbaren – wie auch immer begrenzten und relativen – Verbesserungen des Schutzes liegen die Aufgaben der radiologischen Sicherheit und die aufgezeigten konkreten Ansätze zu ihrer Verwirklichung.

## Abkürzungen

|         |                                                                             |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| ABC     | Atomar, Biologisch, Chemisch                                                |
| CPPNM   | Convention on the Physical Protection of Nuclear Material                   |
| DBT     | Design Basis Threats                                                        |
| EPA     | Environmental Protection Agency                                             |
| EU      | Europäische Union                                                           |
| EURATOM | European Atomic Energy Community                                            |
| G 8     | Gruppe der Acht (die sieben führenden westlichen Industrieländer + Rußland) |
| GRS     | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit                             |
| IAEA    | International Atomic Energy Agency                                          |
| ICRP    | International Commission on Radiological Protection                         |
| IRSN    | Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire                          |
| mSv     | Millisievert                                                                |
| NDU     | National Defense University                                                 |
| NRC     | Nuclear Regulatory Commission                                               |
| NSG     | Nuclear Suppliers Group                                                     |
| NVV     | (Nuklearer) Nichtverbreitungsvertrag                                        |
| ÖMZ     | Österreichische Militärische Zeitschrift                                    |
| Sv      | Sievert                                                                     |