

**GREENPEACE**



# **Tschernobyl**

**Sanierung des Sarkophags – Wettlauf mit der Zeit**

Autoren: Oda Becker, Helmut Hirsch

Hannover, April 2004

V.i.S.d.P. Thomas Breuer, Greenpeace e.V., Große Elbstraße 39, 22767 Hamburg

# Tschernobyl

## Sanierung des Sarkophags – Wettlauf mit der Zeit

Autoren: Oda Becker, Helmut Hirsch

Hannover, April 2004

<u>1</u>	<u>Einleitung</u> .....	3
<u>2</u>	<u>Kontaminierte Flächen und Kosten von Tschernobyl</u> .....	5
<u>2.1</u>	<u>Weißrussland</u> .....	5
<u>2.2</u>	<u>Ukraine</u> .....	6
<u>2.3</u>	<u>Russische Föderation</u> .....	6
<u>2.4</u>	<u>Westeuropäische Staaten</u> .....	6
<u>3</u>	<u>Die Folgen für die betroffenen Menschen</u> .....	8
<u>3.1</u>	<u>Schilddrüsenkrebs</u> .....	9
<u>3.2</u>	<u>Andere Erkrankungen der Bevölkerung</u> .....	10
<u>3.3</u>	<u>Folgen bei den „Liquidatoren“</u> .....	13
<u>3.4</u>	<u>Fortbestehende Gefahren radioaktiver Verstrahlung</u> .....	14
<u>3.5</u>	<u>Psychosoziale Folgen</u> .....	16
<u>3.6</u>	<u>Gesundheitsfolgen in Westeuropa</u> .....	18
<u>4</u>	<u>Die Lage am Standort – der „Sarkophag“</u> .....	19
<u>4.1</u>	<u>Der Zustand des Sarkophags</u> .....	19
<u>4.2</u>	<u>Der Shelter Implementation Plan</u> .....	20
<u>4.3</u>	<u>Gefährdung durch den Sarkophag</u> .....	26
<u>4.4</u>	<u>Weitere Aktivitäten am Standort</u> .....	29

# 1 Einleitung

*Millionen Menschen sind weiterhin direkt von den Konsequenzen dieses Unglücks betroffen. Ich bleibe tief betrübt über ihre Notlage. Es ist besonders beunruhigend, dass nur wenige Menschen die Vielzahl von Problemen, die mit dem Ereignis und seinen Nachwirkungen verbunden sind, realisieren.*

Kofi A. Annan, Generalsekretär der Vereinten Nationen bei einem Besuch in Tschernobyl im Juni 2002

Tschernobyl scheint nicht mehr aktuell zu sein. In Mittel- und Osteuropa werden neue Atomprojekte vorangetrieben. Das tschechische Atomkraftwerk Temelín ist im Jahr 2000, trotz heftiger Proteste, in Betrieb gegangen.

Mit dem Votum des finnischen Parlaments für ein neues (fünftes) Atomkraftwerk im Mai 2002 fiel die erste Entscheidung für den Neubau eines Atomkraftwerks in Europa seit rund 10 Jahren. Im Jahr 2003 entschied sich der finnische Kraftwerksbetreiber für den Bau des neu entwickelten „Europäischen Druckwasserreaktors“ (EPR), der von dem französisch/deutschen Konsortium *Framatome ANP / Siemens* angeboten wird. An der Ausschreibung hatten sich auch das amerikanische Unternehmen *General Electric* und das russische Unternehmen *Atomstroyexport* beteiligt<sup>1</sup>.

Selbst der Tschernobyl-Reaktortyp RBMK soll nach dem Willen der russischen Nuklearindustrie wieder salonfähig werden. Russland verweigert die Mitarbeit in der Arbeitsgruppe für Nukleare Sicherheit der G7-Staaten, solange die G7 an der Forderung festhält, dass zumindest die älteren RBMK stillgelegt werden müssen<sup>2</sup>.

Gleichzeitig stehen nicht genügend Mittel für Studien über die Folgen der Reaktorkatastrophe zur Verfügung. Wichtige Untersuchungen laufen erst jetzt an. Die Sanierungs- und Stilllegungsmaßnahmen am Standort Tschernobyl schleppen sich mit jahrelangen Verzögerungen dahin.

Für über sieben Millionen Menschen ist der Atomunfall von Tschernobyl 1986 nach wie vor hochaktuell. Sie leiden jeden Tag unter den Folgen der Katastrophe. Dabei ist bisher nur die Spitze des Eisbergs sichtbar geworden. Das vorangestellte Zitat des Generalsekretärs der Vereinten Nationen umreißt die aktuelle Situation treffend. Während Ausmaß und vor allem Vielzahl der Probleme immer deutlichere Konturen annehmen, nimmt das öffentliche Interesse und die Bereitschaft für Hilfsmaßnahmen ab.

Ein Bericht an die Vereinten Nationen, der Anfang 2002 veröffentlicht wurde, stellt fest, dass in den nächsten Jahrzehnten mit einer Zunahme von Krebserkrankungen zu rechnen ist. Zudem wird in diesem Bericht darauf hingewiesen, dass die jährliche Strahlenbelastung der am stärksten exponierten Bevölkerungsgruppen trotz Abnahme der Kontamination in Zukunft unter Umständen noch zunehmen wird, da die Effektivität der Schutzmaßnahmen sinkt und Armut die Menschen zwingt, zunehmend lokale, in kontaminierten Gebieten hergestellte Lebensmittel zu verzehren. Viele Umwelt- und Gesundheitsprobleme seien noch ungelöst, weitere Untersuchungen erforderlich<sup>3</sup>. Im Jahr 2003 zeigten UNDP-Untersuchungen große Informationslücken zu den Folgen der Katastrophe bei der Bevölkerung der verstrahlten Gebiete auf. Darin wird einer der Hauptgründe gesehen, warum die Betroffenen kaum präventive Maßnahmen in ihrem täglichen Leben treffen<sup>4</sup>.

Die Verstrahlung großer Gebiete in der Ukraine und in Russland nimmt nur sehr langsam ab. In Weißrussland, dem am stärksten betroffenen Land, wird die mit mehr als 37.000 Bq/m<sup>2</sup> Cäsium-137 verstrahlte Fläche in den 60 Jahren von 1986 bis 2046 um 58 % abnehmen. Mit

rund 20.000 km<sup>2</sup> wird sie dann immer noch so groß sein wie das deutsche Bundesland Sachsen-Anhalt.

Mangels systematischer Studien und Aufzeichnungen, vor allem in den ersten Jahren nach 1986, kann ein Teil der Auswirkungen nicht mehr genau erfasst werden. Da der Großteil der Folgen für Leben und Gesundheit von Menschen noch in der Zukunft liegt, wird es frühestens im Jahre 2016 möglich sein, die Gesamtzahl der Opfer ungefähr zu überschauen<sup>5</sup>.

In den letzten Jahren erfahren neben den Gesundheitsfolgen auch die psycho-sozialen Folgen des Unfalls erhöhte Aufmerksamkeit. Dies ist zu begrüßen, solange es nicht mit dem Versuch verbunden ist, gesundheitliche Konsequenzen zu bagatellisieren und das Problem auf „irrationale“ Strahlenangst zu reduzieren. Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenbelastung nach einem schweren Reaktorunfall haben ihren Preis – Stress, Entwurzelung von Menschen, Fatalismus und Selbstaufgabe müssen ebenso zu den Unfallfolgen gezählt werden wie Krebs und andere organische Erkrankungen.

Auch wenn es unterschiedliche Bewertungen der Strahlenfolgen für die Gesundheit der Menschen gibt – darüber, dass der Gesundheitszustand der betroffenen Bevölkerung schlecht ist, herrscht bei Befürwortern und Kritikern der Atomenergie Einigkeit. Nur die Ursachenzuschreibung differiert.

18 Jahre nach dem Unfall fehlt es noch immer an medizinischen Geräten und Medikamenten für die Versorgung der Opfer. Auf einen Teil der möglichen medizinischen Betreuung und Untersuchungen<sup>6</sup> sowie die vorgesehene Ausdehnung der psycho-sozialen Betreuung musste bereits verzichtet werden.

Im April 2003 – unmittelbar vor dem 17. Jahrestag des Reaktorunfalls – wurden vom Sicherheitsdienst der Ukraine bis dahin geheime Papiere aus dem Archiv des KGB veröffentlicht, die die Arbeiten am Atomkraftwerk Tschernobyl in Jahren 1971 bis 1988 dokumentieren. Sie zeigten, dass schon vor der Katastrophe 1986 Probleme mit dem 3. und 4. Reaktorblock des AKW Tschernobyl auftraten, bzw. Mängel bekannt waren. Im Jahr 1982 zum Beispiel kam es bei einem Störfall zu geringen radioaktiven Freisetzungen<sup>7</sup>.

Nach wie vor geht vom Standort Tschernobyl eine Gefahr aus. Der im Jahr 1997 begonnene „Shelter Implementation Plan“ zur Sanierung des zerstörten Reaktorblocks-4 hat daran bisher wenig geändert. Eine sachgerechte Entsorgung der großen Mengen an radioaktiven Stoffen aus dem geborstenen Reaktorblock ist noch immer nicht in Sicht.

Die in diesem Jahr beginnenden Stabilisierungsmaßnahmen am baufälligen Sarkophag drohen zu einem riskanten Wettlauf mit der Zeit zu werden. Im Falle eines Einsturzes droht die Freisetzung einer radioaktiven Staubwolke in die Umgebung. Die gravierenden Probleme, die beim Bau des Brennelementlagers auf dem Gelände des AKW Tschernobyl auftraten, lassen schlimmste Befürchtungen aufkommen.

Aber auch die radioaktiven Stoffe, die bereits in die Umwelt gelangt sind, können zu neuen Risiken führen, wenn sie sich weiter ausbreiten. Nicht zuletzt leidet auch die Wirtschaft der betroffenen Länder unter den Folgen der Katastrophe. Noch für viele Jahre stellen die erforderlichen Aufwendungen eine erhebliche finanzielle Last dar.

Fehlende finanzielle Mittel für Schutzmaßnahmen am zerstörten Reaktorblock-4 ließen in den Jahre 2002/2003 in der Ukraine sogar Diskussionen über ein mögliches Wiederaufstarten des im Dezember 2000 stillgelegten Reaktorblocks-3 des Atomkraftwerks Tschernobyl aufkommen.

## 2 Kontaminierte Flächen und Kosten von Tschernobyl

Von den Auswirkungen des Tschernobyl-Unfalls sind vor allem die Länder Weißrussland, Ukraine und Russland betroffen. Mit Abstand die schlimmsten Folgen erlitt dabei das kleine Weißrussland, auf dessen Staatsgebiet etwa 70 % der gesamten in die Atmosphäre freigesetzten Radioaktivität niederging. Die wirtschaftlichen Folgen in westeuropäischen Ländern, etwa in Deutschland, sind erheblich geringer, jedoch keineswegs zu vernachlässigen.

In Weißrussland wurden 7000 km<sup>2</sup> zur Sperrzone und Zone strikter Kontrolle erklärt; in der Ukraine waren es 1000 km<sup>2</sup> und in Russland 2000 km<sup>2</sup>. Eine einigermaßen zuverlässige Kartierung der kontaminierten Gebiete gibt es seit 1989. Erst 1991/1992 wurde ein Gebiet so groß wie Baden-Württemberg, rund 140 km von Tschernobyl entfernt, evakuiert<sup>8</sup>.

Weißrussland und die Ukraine erheben für ihre Aufwendungen zur Bewältigung der Katastrophe eine zusätzliche Steuer. In Russland wurden die Aufwendungen des Staats mit Staatsanleihen finanziert.

Am 26. April 2003, dem 17. Jahrestag der Katastrophe, protestierten rund 3000 Demonstranten gegen die Kürzung der Ausgleichszahlungen an Opfer der Katastrophe<sup>9</sup>. Bereits einige Tage zuvor protestierten auch in Kiew rund 5000 Opfer der Tschernobyl Katastrophe gegen ausbleibende Entschädigungszahlungen und für bessere medizinische Versorgung<sup>10</sup>.

### 2.1 Weißrussland

Etwa 23 % des Staatsgebiets von Weißrussland, insgesamt 46.450 km<sup>2</sup>, wurden durch den Unfall mit mehr als 37.000 Bq/m<sup>2</sup> Cäsium-137 belastet. Dazu kommt die Verstrahlung mit weiteren Radionukliden wie beispielsweise Strontium-90<sup>11</sup>. (Der Wert von 37.000 Bq/m<sup>2</sup> entspricht etwa dem Zehnfachen des durchschnittlichen Eintrags durch atmosphärische Atomtests in den Jahrzehnten nach dem Zweiten Weltkrieg<sup>12</sup>.)

Zu dem kontaminierten Gebiet gehören 40 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Weißrussland. Eine Fläche von über 2.640 km<sup>2</sup> an fruchtbarem Land kann landwirtschaftlich überhaupt nicht mehr genutzt werden<sup>13</sup>. Etwa 135.000 Menschen<sup>14</sup> mussten umgesiedelt werden. Zum Zeitpunkt des Unglücks lebten in den verstrahlten Gebieten des Landes 2,2 Millionen Menschen. Heute leben dort noch 1,5 Millionen Menschen. (Weißrussland hat insgesamt rund 10,3 Millionen Einwohner.) Das Gebiet mit der höchsten radioaktiven Belastung liegt rund um die Bezirkshauptstadt Gomel<sup>15</sup>.

Der wirtschaftliche Schaden durch den Unfall wird unter der Annahme, dass die Folgen innerhalb von 30 Jahren (bis 2015) bereinigt werden können, auf insgesamt 235 Milliarden US\$ geschätzt<sup>16</sup>. Das ist mehr als das Zehnfache des Bruttosozialprodukts von 1997 und etwa das Sechzigfache des jährlichen Staatsbudgets<sup>17</sup>.

Die tatsächlich aufgebrauchten Mittel stellen nur einen Bruchteil des Erforderlichen dar, belasten den Staatshaushalt aber dennoch sehr. Die Regierung gab bis zu 20 % des Staatsbudgets für Entschädigungszahlungen für materiellen Schaden, die Behandlung der zunehmenden Zahl der Krebsopfer sowie die psychologische Rehabilitation der Bevölkerung aus<sup>18</sup>. In den letzten Jahren sank dieser Anteil auf 5 - 6 %.

Der Hauptanteil der staatlichen Mittel floss zunächst in die Umsiedlungs- und Infrastrukturprogramme. Seit 1995 verlagerte sich dieser Schwerpunkt: Inzwischen fließt der größte Anteil staatlicher Gelder in soziale und medizinische Hilfsprogramme.

Die wirtschaftliche Lage in Weißrussland ist nach wie vor schwierig. Ein knappes Viertel der Bevölkerung lebt nach Angaben der Weltbank unterhalb der Armutsgrenze. Deshalb treffen die Folgen von Tschernobyl das Land besonders hart<sup>19</sup>. In Weißrussland liegt die durchschnittliche Lebenserwartung mit 63 Jahren für Männer und 75 Jahren für Frauen rund 10 Jahre tiefer als in westeuropäischen Ländern. In Deutschland z. B. liegt die Lebenserwartung bei 76 Jahren für Männer und 82 Jahren für Frauen<sup>20</sup>.

## 2.2 Ukraine

Vom Staatsgebiet der Ukraine sind etwa 5 %, über 30.000 km<sup>2</sup>, mit mehr als 37.000 Bq/m<sup>2</sup> Cäsium-137 belastet. Über 160.000 Menschen wurden aus diesem Gebiet umgesiedelt<sup>21</sup>. Die Bevölkerungszahl verringerte sich in den kontaminierten Gebieten von 2,6 auf 2,29 Millionen Menschen<sup>22</sup>.

Ukrainische Experten schätzen den wirtschaftlichen Schaden für ihr Land bis zum Jahr 2015 auf 201 Milliarden US\$. Das Bruttoinlandsprodukt der Ukraine betrug im Vergleich dazu für das Jahr 2003 rund 48,7 Milliarden US\$. Die Ukraine gab 1992 etwa 15 % ihres Staatshaushalts für die Bewältigung der Katastrophe aus. Aufgrund andauernder, wenn auch langsam abnehmender, wirtschaftlicher Schwierigkeiten kann den Opfern der Katastrophe nicht die notwendige Hilfe zukommen, obwohl noch im Jahr 2003 rund 6 % des Staatshaushalts für die Beseitigung der Schäden ausgegeben wurde<sup>23</sup>.

Die erforderlichen Ressourcen stiegen von Jahr zu Jahr. Gleichzeitig konnte der Staat für längere Zeit angesichts einer lang andauernden Wirtschaftskrise und eines sinkenden Bruttoinlandsprodukts immer weniger Mittel aufwenden. Entschädigungszahlungen verzögerten sich. Im April 1999 schuldete der ukrainische Staat den Opfern Beträge in Höhe von etwa 140 Millionen US\$<sup>24</sup>.

Die einzige Hoffnung für eine Verbesserung liegt in einem dauerhaften wirtschaftlichen Aufschwung, für den es seit einigen Jahren deutliche Anzeichen gibt. Im Gegensatz zum kleinen Nachbarn Weißrussland ist die Wirtschaft der Ukraine auf Wachstumskurs. Das Bruttoinlandsprodukt wuchs im Jahr 2003 um 8,5 %<sup>25</sup>.

## 2.3 Russische Föderation

Von den insgesamt 17 Millionen km<sup>2</sup> der Russischen Föderation sind 1,5 % der Landesfläche durch den Unfall von Tschernobyl kontaminiert. In diesem Gebiet lebten zum Zeitpunkt des Unfalls rund 2,7 Millionen Menschen. Heute leben dort ca. 1,8 Millionen Menschen<sup>26</sup>. Über 50 000 Menschen wurden evakuiert<sup>27</sup>.

Den russischen Staatshaushalt haben die Folgekosten des Reaktorunglücks zwischen 1992 und 1998 mit rund 3,8 Milliarden US\$ belastet. Davon entfielen allein 3 Milliarden US\$ auf Kompensationszahlungen für Helfer und Opfer<sup>28</sup>.

## 2.4 Westeuropäische Staaten

In Deutschland wurden bis Anfang 1989 Entschädigungen in Höhe von (umgerechnet) etwa 159 Millionen Euro ausgezahlt, überwiegend an Erzeuger und Händler von Milch und Gemüse<sup>29</sup>. Für die Entsorgung radioaktiver Molke in Bayern fielen Kosten von etwa 35,8 Millionen Euro an<sup>30</sup>. Auch im zweiten Jahrzehnt nach der Katastrophe werden in Deutschland nach wie vor Entschädigungen ausgezahlt. Jägern wurde zwischen 1995 und 2001 mehr als 77.000 Euro als Ausgleich für Wild, das über die Grenzwerte verstrahlt war, erstattet<sup>31</sup>. Insgesamt kann

– unter Berücksichtigung von Schäden in der ehemaligen DDR – angenommen werden, dass die finanziellen Schäden in Deutschland bei mehr als einer Viertel Milliarde Euro liegen.

Die Konzentration von Cäsium-137 in Früchten, Pilzen und Wild aus den deutschen Wäldern geht nur sehr langsam zurück. Im Jahre 1999 zeigte eine Studie der Bundesanstalt für Fleischforschung, bei der 30 % der bayerischen Waldflächen (die am stärksten belasteten Gebiete) erfasst wurden, hohe Cäsium-Werte in Wild: 280 von 1409 Rehen und 418 von 630 Wildschweinen wiesen eine Belastung von über 600 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) auf, lagen also über dem (vergleichsweise hohen) EU-Grenzwert für die radioaktive Belastung von Lebensmitteln und waren somit für den Verzehr nicht geeignet. 2,1 % der Wildschweine wiesen sogar Konzentrationen über 20.000 Bq/kg auf<sup>32</sup>. Noch Ende der 90er Jahre wurden auf den Alpengipfeln hohe Konzentrationen radioaktiver Schadstoffe gemessen<sup>33</sup>.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) teilte noch im Jahr 2002 mit, dass Wild und bestimmte Pilzarten immer noch hoch belastet sind<sup>34</sup>. Auch 17 Jahre nach Tschernobyl waren Auswirkungen der Reaktorkatastrophe in Deutschland zu beobachten. Nach Aussage des bayerischen Umweltministeriums hatte auch im Jahr 2003 eine beliebte Pilzart (Maronenröhrling) noch Cäsiumwerte in der Nähe des EU-Einfuhr Grenzwerts (600 Bq /kg)<sup>35</sup>.

Auch in der Schweiz wurden 17 Jahre nach dem Unfall (2003) in einheimischen Wildpilzen und Wildschweinen Cäsium-Werte oberhalb der Grenzwerte gemessen. Die Cäsium-Belastungen traten im Tessin auf, dort hatte es beim Durchzug der radioaktiven Wolke geregnet<sup>36</sup>.

Auch die Länder Großbritannien und Skandinavien sind teilweise hohen Cäsium-Kontaminationen ausgesetzt, wobei die Belastung im Laufe der Jahre nur langsam abnimmt. Dies wurde in den letzten Jahren bei Messungen an Pflanzen und Süßwasser-Fischen festgestellt. Es ist zu befürchten, dass Einschränkungen beim Verzehr von Lebensmitteln in Großbritannien bis zum Jahr 2010 oder 2015 aufrechterhalten werden müssen<sup>37</sup>.

Im Jahre 1994 lag der jährliche Schaden durch Verstrahlung von Lebensmitteln in Norwegen bei 2,3 Millionen Euro<sup>38</sup>.

In Schweden war vor allem Rentierfleisch stark betroffen. Im Jahre 1993 mussten davon 200 t vernichtet werden<sup>39</sup>. Weiterhin warnte in diesem Land das staatliche Strahlenschutzinstitut noch im April 2001 vor dem Verzehr von Elchen und Pilzen. Der Cäsium-Gehalt dieser Nahrungsmittel könne immer noch über den Grenzwerten liegen<sup>40</sup>.

Nach Warnung der finnischen Behörde für Strahlenschutz und Reaktorsicherheit (STUK) überstiegen im Jahr 2003 in Finnland Rentierfleisch und Pilze den EU-Grenzwert von 600 Bq/kg<sup>41</sup>.

Im Jahr 2003 zeigten Tests der finnischen Behörde für Strahlenschutz und Reaktorsicherheit (STUK) bei Bewohnern der Region Padasjoki im Körper einen durchschnittlichen Cäsium-137-Wert in Höhe von 3.100 Bq. Bei einem Einwohner wurden 15.000 Bq nachgewiesen. (Die durchschnittliche Cäsiumbelastung der finnischen Großstadtbevölkerung liegt bei 200 Bq). Die Gegend Padasjoki erhielt den größten Fallout nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Die höchsten Werte wurden bei Menschen gemessen, die sich vor allem von lokalem Fleisch und Fisch ernährten. Die finnische Behörde warnte die Bevölkerung auch vor dem Verzehr bestimmter Fische aus kleinen Seen nordwestlich von Helsinki. Ihre Cäsium-Belastung war „überraschend“ gestiegen. Ebenso wiesen Barsche eine hohe Cäsium-Belastung (8.000 Bq) auf<sup>42</sup>.

In Frankreich dauert die Kontroverse über das Ausmaß der Verstrahlung nach dem Tschernobyl-Unfall bis heute an. Messwerte offizieller Stellen wurden erst 1998 veröffentlicht; dabei handelte es sich lediglich um ausgewählte Mittelwerte, die in einem von der Europäischen Kommission herausgegebenen Kontaminations-Atlas aufgenommen wurden. Die unabhängige Fachorganisation Criirad (Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité) legte danach eigene Messergebnisse vor, die sehr viel höhere Kontaminationen zeigten. So wurden beispielsweise in Korsika Werte von bis zu ca. 37.000 Bq/m<sup>2</sup> Cäsium-137 ermittelt, die im offiziellen Kontaminations-Atlas nicht erschienen. An verschiedenen Orten in Ostfrankreich lagen die Messwerte von Criirad zehn- bis dreißigmal höher als die im Atlas angegebenen Werte. Auf einer öffentlichen Anhörung in Ajaccio, Korsika, musste die stellvertretende Leiterin des staatlichen Instituts für Strahlenschutz und Nukleare Sicherheit (IPSN), einräumen, dass die von französischer Seite für den Atlas der Europäischen Kommission zur Verfügung gestellten Daten „falsch, weil unvollständig“ gewesen seien<sup>43</sup>.

### **3 Die Folgen für die betroffenen Menschen**

Die Zahl der Menschen, die bisher aufgrund der Katastrophe von Tschernobyl starben oder gesundheitlich geschädigt wurden, geht vermutlich in die Hunderttausende. Der Großteil der Opfer ist jedoch erst in den nächsten Jahrzehnten zu erwarten. Ein Ende der Katastrophe zeichnet sich auch 18 Jahre nach dem Unfall nicht ab, von den bisherigen Opfern wurde bis heute nur ein Teil erfasst. Epidemiologische Studien in den betroffenen Ländern waren und sind durch unzureichende finanzielle Mittel und eine mangelhafte Infrastruktur behindert<sup>44</sup>.

Insgesamt reichen nach Aussage des Generalsekretärs der Vereinten Nationen die verfügbaren Mittel nicht einmal für die kritischsten Bedürfnisse. Wichtige epidemiologische und medizinische Untersuchungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind hinter dem Zeitplan zurückgeblieben und stehen in Gefahr, ganz aufgegeben zu werden<sup>45</sup>.

In einem Bericht an die Vereinten Nationen, der Anfang 2002 veröffentlicht wurde, wird hervorgehoben, dass bezüglich der biologischen Wirkung ionisierender Strahlung immer noch sehr große Wissenslücken bestehen. Die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen wird betont; viele wichtige Fragen können erst im Laufe der Zeit beantwortet werden<sup>46</sup>.

Berichte über den Gesundheitszustand der betroffenen Bevölkerung stehen im Widerspruch zu den bisher unzureichenden Studien. Nach Aussage des ukrainischen Gesundheitsministeriums verschlechterte sich der Gesundheitszustand bei allen vom Tschernobyl-Unfall betroffenen Bevölkerungsgruppen gravierend. Der Anteil der als krank anerkannten Menschen stieg von 37,5 % im Jahr 1987 auf 85 % im Jahr 2002<sup>47</sup>.

Aus offiziellen Angaben weißrussischer Ärzte in den Jahren 1999 und 2000 geht hervor, dass bis zur Tschernobyl-Katastrophe 85 % der Kinder als gesund galten, in den betroffenen Bezirken jetzt aber nur noch 5 bis 15 %<sup>48</sup>.

Nach Schätzungen der WHO wurden in den ersten Tagen nach der Katastrophe rund 2 Millionen Kinder mit radioaktivem Jod verseucht. Ein Drittel der Kinder aus den betroffenen Gebieten, die zum Zeitpunkt der Kernschmelze bis zu 4 Jahren alt waren, wird im Laufe des Lebens vermutlich Schilddrüsenkrebs bekommen. Aber auch die Kinder und Erwachsenen, die nicht in der unmittelbaren Umgebung von Tschernobyl der Strahlung ausgesetzt waren, sind von Krankheiten und von genetischen Veränderungen bedroht. Nach wie vor kommen Lebensmittel aus radioaktiv verseuchten Gegenden in den Nahrungskreislauf. Die Menschen, welche bereits vor 18 Jahren einem hohen Strahlungsrisiko ausgesetzt waren, nehmen Tag für Tag kontaminierte Nahrung zu sich.



Bei Erwachsenen ist inzwischen die Erkrankungsrate von Schilddrüsenkrebs, aber auch bei anderen Krankheiten wie Diabetes, Lungen- und Magenkrebs und bösartigen Bluterkrankungen, signifikant gestiegen. Missbildungen bei Neugeborenen und eine Schwäche der Immunabwehr insbesondere bei Kindern – das sog. Tschernobyl-Aids – treten deutlich häufiger auf. In den nächsten Jahrzehnten wird mit einem erheblichen Anstieg chronischer Erkrankungen sowie Krebserkrankungen gerechnet.

Die gesundheitlichen Auswirkungen fast zwei Jahrzehnte nach dem Reaktorunfall werden jedoch in einigen Veröffentlichungen als weniger gravierend als vorausgesagt bewertet. Wenn auch eine Verschlechterung des Gesundheitszustands der Bevölkerung in den betroffenen Regionen der Ukraine und Weißrusslands unstrittig ist, wird der Grund hierfür allerdings vor allem in den vielschichtigen und bedrohlichen indirekten Auswirkungen der Bodenkontamination, den wirtschaftlichen Verlusten, den soziologischen Entwicklungen und psychologischen Belastungen gesehen<sup>49</sup>. Auch die Evakuierung wird als Ursache für zusätzliche Belastungen und Krankheiten angenommen, da viele Menschen Mühe gehabt haben, sich anzupassen und unter erhöhtem Stress, Arbeitslosigkeit und einem Gefühl der Ohnmacht litten.

Im Zusammenhang mit der Radioaktivität gelten nur das Auftreten akuter deterministischer Gesundheitsschäden und das gehäufte Auftreten von Schilddrüsenkrebs bei Kindern gesichert. Unumstritten sind auch die negativen ökonomischen und gesundheitlichen Entwicklungen, die im Anschluss an den Unfall und den zeitgleichen Zerfall der Sowjetunion entstanden sind. UNCEAR bewertet die Situation so, dass unabhängig von der Kontamination gesundheitliche Veränderungen nachgewiesen wurden, aber bis heute kein Zusammenhang zwischen Strahlung und angeborenen Missbildungen, negativem Schwangerschaftsausgang oder anderen (mit Ausnahme der Schilddrüsenkrebs) Krebserkrankungen herzustellen ist<sup>50</sup>.

Weder für die Kranken noch für die Gesundheitssysteme der betreffenden Länder ist der Ausgang der internationalen Kontroverse darüber, welche Gesundheitsauswirkungen von der Strahlenbelastung verursacht werden, entscheidend. Die Fragen und Antworten sind aber für die Einschätzung der Auswirkungen einer derartigen Katastrophe und damit der Risiken der Atomenergie von großem Interesse<sup>51</sup>.

Unabhängig davon, wie viele Menschen an den direkten Folgen der Strahlung starben oder leiden, wurde in jedem Fall bisher überdeutlich, dass ein atomarer Unfall Kosten in Milliarden Höhe verursacht, Hunderte oder Tausende tötet, die Gesundheit von Millionen Menschen einträchtigt und die betroffenen Staaten in eine ökonomische und ökologische Katastrophe stürzt<sup>52</sup>.

### **3.1 Schilddrüsenkrebs**

In den betroffenen Gebieten ist eine dramatische und alarmierende Zunahme von Schilddrüsenkrebs bei Kindern eingetreten. Dieser Befund ist unbestritten und wird von sämtlichen Wissenschaftlern und Organisationen, die sich mit den Strahlenfolgen von Tschernobyl beschäftigen, anerkannt. Im Juli 1998 verwiesen die Fachleute der WHO darauf, dass die ungewöhnlich hohe Zahl der bisher in der Folge der Tschernobyl-Katastrophe aufgetretenen Schilddrüsenkarzinome mit den bisher verwendeten Risikofaktoren (aus der Untersuchung der Atombombenüberlebenden von Hiroshima und Nagasaki) für das Schilddrüsenkarzinom nicht erklärbar sei<sup>53</sup>. Die Gefahr, durch Strahlung Schilddrüsenkrebs zu bekommen, wurde demnach bisher stark unterschätzt. Nach neuesten Erkenntnissen liegt die bis heute beobachtete Zahl der Fälle bei mehr als dem Zehnfachen dessen, was bis 1996 auf der Basis früherer Beobachtungen an anderen Populationen vorhergesagt wurde.

In Weißrussland, der Ukraine und Russland sind bis Ende 1998 mindestens 1.800 durch Strahlung verursachte Krebsfälle bei Personen, die während des Unfalls jünger als 18 Jahre alt waren, aufgetreten. Bei den etwa 2000 Fällen von Schilddrüsenkrebs bei Kindern in der Ukraine und Weißrusslands kam es bisher zu 4 Todesfällen<sup>54</sup>. In manchen Dörfern in der Region Gomel (Weißrussland) erreichte die Häufigkeit von Schilddrüsenkrebs das 200-fache der ohne Bestrahlung zu erwartenden, sporadischen Häufigkeit<sup>55</sup>.

Diese Zahlen werden sich aller Voraussicht nach in den nächsten Jahrzehnten vervielfachen. Schätzungen der Gesamtzahl der zu erwartenden Fälle reichen von insgesamt 6000 - 8000 bis zu rund 66.000 allein in Weißrussland<sup>56</sup>. Bei den niedrigeren Zahlen ist Skepsis angebracht. Selbst in der Studie, in der die niedrigeren Werte angegeben werden, wird darauf hingewiesen, dass radioaktives Jod sich unter Umständen auch über Gebiete ausgebreitet hat, die bisher als unkontaminiert galten. Es kann also Fälle geben, die noch nicht erfasst wurden. Ebenso wird betont, dass diese Zahlen sich bisher lediglich auf jene Personen beziehen, die zur Zeit des Unfalls Kinder waren.

Der Anstieg der Neuerkrankungen an Schilddrüsenkrebs in Weißrussland ist noch nicht vorbei. Es zeigte sich, dass nicht nur Kinder, die während des Unfalls jünger als 14 Jahre alt waren, erkrankten, sondern auch Menschen, die zurzeit des Unfalls Jugendliche oder Erwachsene waren<sup>57</sup>. Zu einem extremen Anstieg von Schilddrüsenkrebs in Weißrussland ist es nicht nur bei Kindern, sondern inzwischen auch bei Erwachsenen bis zum 64. Lebensjahr gekommen<sup>58</sup>. Auf der Basis der WHO-Prognosen und unter Berücksichtigung aller Altersgruppen ist zu erwarten, dass allein in der weißrussischen Region Gomel künftig mehr als 100.000 Menschen an Schilddrüsenkrebs erkranken werden<sup>59</sup>.

Nach Datenerhebung des Französischen Instituts für Strahlenschutz und Reaktorsicherheit (IRSN) steigt Schilddrüsenkrebs bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl. Seit 1999 kommt es bei der Altersgruppe der 15-29 Jährigen zu 140-180 Neu-Erkrankungen im Jahr<sup>60</sup>.

### **3.2 Andere Erkrankungen der Bevölkerung**

Die Projekte, in deren Rahmen die Häufigkeit von Krebs und anderen Erkrankungen nach dem Tschernobyl-Unfall untersucht wurde, liefern z. T. widersprüchliche Ergebnisse. Es ist auch zu berücksichtigen, dass die meisten Krebsarten eine längere Latenzzeit haben als Schilddrüsenkrebs (15 bis 20 Jahre).

Dennoch liegen bereits Erkenntnisse vor, die zweifelsfrei zeigen, dass der Unfall von Tschernobyl in den betroffenen Ländern nicht nur zur Zunahme von Schilddrüsenkrebs geführt hat. Ein Bericht der Vereinten Nationen aus dem Jahr 2000 stellt fest, dass auch Erkrankungen von Lunge, Herz und Nieren auf die freigesetzte Radioaktivität zurückzuführen sind. Dieser Bericht weist ferner auf schwerwiegende psychologische Effekte bei Millionen von Menschen hin<sup>61</sup>.

Eine Vielzahl unterschiedlicher Krankheitsbilder wird im Zusammenhang mit Strahlenschäden in der Folge des katastrophalen Unfalls diskutiert:

Ukrainische und amerikanische Wissenschaftler untersuchten das Auftreten von Leukämie bei Kindern, die im Jahr 1986 geboren wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen den Schluss nahe, dass ein erhöhtes Risiko, an Leukämie zu erkranken, für die im Jahre 1986 geborenen und danach weiter in radioaktiv belasteten Gebieten lebenden Kinder aus dem Tschernobyl-Fallout resultiert<sup>62</sup>.

Eine im Jahr 2003 veröffentlichte Studie der GRS fand keinen Anstieg der Leukämieerkrankungen bei Kindern in den betroffenen Regionen. Erfasst wurden insgesamt 1.619 Leukämiefälle, die zwischen 1982 und 1998 auftraten. Nach dieser Studie unterscheiden sich die Anzahl der Erkrankungen in den belasteten Gebieten nicht von denen in den unbelasteten Gebieten. Dies schließt nach Meinung der Autoren jedoch nicht aus, dass einzelne zusätzliche Fälle in hochkontaminierten Gebieten in den Daten für die größeren Regionen verborgen bleiben. Eine regional beschränkte Erhöhung der Leukämierate dürfte jedoch auf Grund der sehr geringen Fallzahlen in kleinen Gebieten statistisch kaum zu identifizieren sein. Ein Nachweis wäre nur im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie denkbar<sup>63</sup>.

Eine Fall-Kontroll-Studie eines Forscherteams der Kiewer National Universität auf Basis zweier Regionen zeigte einen Zusammenhang von Leukämieerkrankungen und dem Reaktorunfall. Nach Aussage der IRSN ist diese Studie international bisher nicht anerkannt<sup>64</sup>.

Schon vor einigen Jahren wurde von einer Zunahme der Leukämieerkrankungen im Gebiet von Rowno, einem besonders stark verstrahlten Teil der Ukraine, berichtet<sup>65</sup>. Nach den Angaben der zuständigen Kliniken im Bezirk Gomel ist sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen ein Anstieg der Leukämiefälle um etwa 50 % zu beobachten<sup>66</sup>.

Bei Männern wird eine drastische Zunahme von Lungen-, Magen-, Haut- und Prostatakrebs registriert, bei Frauen vor allem von Brust-, Gebärmutter-, Magen- und Hautkrebs. Die Zahl der Brustkrebserkrankungen bei Frauen hatte sich bis Ende 1999 im Vergleich zum Jahr 1988 im Bezirk Gomel verdoppelt<sup>67</sup>. Eine bereits im Jahr 1996 veröffentlichte Untersuchung stellte bei den Evakuierten in Weißrussland einen Anstieg der Krebshäufigkeit um insgesamt 24,1 % bei Männern und um 22,5 % bei Frauen fest.<sup>68</sup>

In Weißrussland wurde festgestellt, dass bei den Evakuierten aus den am stärksten betroffenen Gebieten Erkrankungen von Lunge und Bronchien, Kreislauf, Verdauungssystem, Nervensystem und Drüsen um das Zwei- bis Zehnfache zunahm<sup>69</sup>.

In zwei Städten der russischen Brjansk-Region wurde ein Anstieg von Symptomen der Immunschwäche beobachtet. Dieser Anstieg liegt weit über anderen russischen Vergleichsgebieten, die durch nicht radioaktive Umweltschadstoffe belastet sind<sup>70</sup>. Ärzte beobachten in Gomel die Verbreitung einer Immunschwäche, dem so genannten "Tschernobyl-Aids"<sup>71</sup>.

In manchen Gebieten wird ein erhöhtes Auftreten von Diabetes bei Kindern beobachtet<sup>72</sup>. Im Gebiet Gomel ist die Jugenddiabetes im Vergleich zu der Zeit vor der Katastrophe um das Dreifache angestiegen<sup>73</sup>.

Erhöhte Strahlenbelastung der Augen kann zum Auftreten von grauem Star führen. Eine Studie in der Region Gomel zeigte 1997, dass ein Viertel der Kinder zwischen 13 und 15 Jahren unter dieser Krankheit litt<sup>74</sup>.

Die Säuglingssterblichkeit nahm in den Gebieten Weißrusslands und der Ukraine um Tschernobyl – nach einem ersten Anstieg 1987 – im Jahr 1989 erneut zu. Ein deutscher Wissenschaftler fand dafür eine Korrelation mit der Strontiumbelastung schwangerer Frauen. Nach seinen Ergebnissen blieb der Effekt von radioaktivem Cäsium auf die Säuglingssterblichkeit auf das Jahr 1987 begrenzt, der Strontium-Effekt blieb bis Ende des Untersuchungszeitraums (1998) nachweisbar. Die für 1987 gefundene Zunahme der Säuglingssterblichkeit konnte der Cäsiumbelastung schwangerer Frauen zugeordnet werden<sup>75</sup>.

Die Folgen von radioaktiver Strahlung auf das menschliche Erbgut und mögliche Missbildungen werden kontrovers diskutiert. Eine Studie kam 2001 zu dem Fazit, dass es bislang keine eindeutigen Beweise dafür gäbe, dass die radioaktive Strahlung von Tschernobyl Missbildungen

gen verursache<sup>76</sup>. Diesem Urteil stehen jedoch eine Reihe von Studien gegenüber, die auf eine Zunahme der Missbildungen, zumindest aber auf Veränderungen des Erbgutes durch den Reaktorunfall hinweisen. In den hoch belasteten Regionen der Ukraine haben verschiedene Pathologien im Zeitraum 1986 - 1990 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1982 - 1985 deutlich zugenommen: Absterben der Frucht (1,5-fach erhöht), Fehlgeburten (1,7-fach erhöht), Frühgeburten (3-fach erhöht), Totgeburten (1,5-fach erhöht), Fehlbildungen und Entwicklungsanomalien (3-fach erhöht), Fortpflanzungsstörungen bei Männern (3-fach erhöht), genetische Störungen und Chromosomenaberrationen: (15-fach erhöht)<sup>77</sup>.

Ein weißrussischer Genetiker fand bei einem Vergleich der häufigsten erblich bedingten Missbildungen bei Neugeborenen in Weißrussland vor (1982 - 1987) und nach dem Reaktorunglück (1987 - 1993) heraus, dass die Missbildungsrate proportional zu der radioaktiven Belastung der Gebiete anstieg<sup>78</sup>.

Erste Ergebnisse einer Studie zu intellektuellen Fähigkeiten von Kindern, die vor der Geburt einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt waren, zeigt eine Tendenz zu niedrigen IQ-Werten mit anwachsenden Strahlendosen<sup>79</sup>.

In der Diskussion der gesundheitlichen Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl spielt das Thema Niedrigstrahlung eine wichtige Rolle. Ob radioaktive Strahlung schon in geringen Dosen das Erbgut verändern und Krankheiten auslösen kann, ist nach wie vor umstritten. Die Frage ist jedoch von Bedeutung, da Millionen von Menschen noch auf Jahrzehnte hinaus solchen und höheren Strahlenbelastungen als Folge von Tschernobyl ausgesetzt sein werden.

Eine aktuelle Empfehlung der Europäischen Kommission für Strahlenrisiken weist auf den gesundheitlichen Effekt von ionisierenden Strahlenbelastungen bei niedrigen Dosen hin. Sie stellt ein neues Modell zur Bewertung dieser Gefahren auf. Dabei beruft sie sich besonders auf zwei kürzlich erschienene Studien im Zusammenhang zum Tschernobyl-Unfall, die den eindeutigen Beweis eines Schadens bei interner Exposition durch Niedrigstrahlung zeigen<sup>80</sup>.

Eine aktuelle Studie des deutschen Wissenschaftlers Dr. A. Körblein, Umweltinstitut München, zeigt einen Anstieg der Säuglingssterblichkeit mit der natürlichen Hintergrundstrahlung in Bayern. Körblein stellt damit die Existenz einer Schwellendosis für Schäden während der Embryonalentwicklung in Frage<sup>81</sup>. In der Diskussion um die Wirkung niedriger Strahlendosen auf die menschliche Gesundheit wird meist mit der natürlichen Strahlung argumentiert: Wenn Niedrigdosisstrahlung die Säuglingssterblichkeit erhöhe, dann müsste sich in Gegenden erhöhter natürlicher Strahlung ebenfalls ein Effekt zeigen.

Die Wirkungen radioaktiver Strahlung auf Menschen lassen sich grundsätzlich über drei Wege quantifizieren, die allerdings alle mit Schwierigkeiten verbunden sind:

- Ein vollständiges Verständnis der Wechselwirkung ionisierenden Strahlen mit den Zellen ist nicht absehbar.
- Untersuchungen zur Auswirkung von radioaktiven Strahlen auf Tiere sind nur eingeschränkt durchführbar und eine Übertragbarkeit nur bedingt möglich.
- Wesentlichste Erkenntnisse werden aus den gesundheitlichen Auswirkungen der Strahlung für Bevölkerungsgruppen, die Strahlung ausgesetzt wurde, gewonnen. Doch auch da verbleiben, insbesondere im Bereich niedriger Strahlenbelastung, Unsicherheiten. Probleme bestehen u. a. in der Interpretation von Daten aufgrund von variierenden Umgebungsfaktoren und damit nicht vorliegender einheitlicher Voraussetzungen zur Bewertung und Extrapolation in den Niedrigdosen-Bereich<sup>82</sup>.

Viele der genannten Ergebnisse der Strahlenwirkung auf die Gesundheit sind umstritten. Dabei besteht ein weitgehender Konsens darin, dass in den betroffenen Gebieten tatsächlich ein verstärktes Auftreten von Krankheiten, wie beispielsweise Leukämie, zu beobachten ist. Die Bedeutung dieser Tatsache wird aber international kontrovers diskutiert. So wird beispielsweise darauf hingewiesen, dass die Leukämie-Erkrankungen zwar ansteigen, die Erkrankungsraten jedoch nicht über dem westeuropäischen Niveau liegen<sup>83</sup>.

Zumindest teilweise könnte die erhöhte Häufigkeit von Erkrankungen auch darauf zurückzuführen sein, dass die betroffene Bevölkerung nach 1986 erheblich intensiver medizinisch überprüft und betreut wurde als vorher<sup>84</sup>. Dieser Einflussfaktor sollte jedoch nicht überschätzt werden. Die ehemalige Sowjetunion verfügte durchaus über ein leistungsfähiges Gesundheitssystem. Außerdem wurde durch das Fehlen bzw. den späten Beginn systematischer epidemiologischer Untersuchungen sicherlich ein großer Spielraum für falsche Interpretationen einzelner Untersuchungsergebnisse geschaffen; dies kann jedoch ebenso zu Unter- wie zu Überschätzungen der tatsächlichen Gefahren führen.

### **3.3 Folgen bei den „Liquidatoren“**

Nach dem Unfall von Tschernobyl wurden insgesamt etwa 860.000 Personen zu Räumungs- und Dekontaminationsarbeiten eingesetzt. Der größte Teil dieser Menschen, etwa 550.000, kam aus der Ukraine, rund 200.000 aus Russland und rund 110.000 aus Weißrussland<sup>85</sup>. Die Anzahl der eingesetzten Katastrophenhelfer, die im sowjetischen Sprachgebrauch „Liquidatoren“ heißen, wurde nie genau ermittelt<sup>86</sup>.

Belastbare Zahlen über die Unfallfolgen bei diesem Personenkreis liegen – u. a. wegen der geographischen Verteilung der Liquidatoren – kaum vor. Erschwert wird die Abschätzung dadurch, dass die angegebenen Zahlen von Krankheits- und Todesfällen meist auch die unabhängig von der Strahleneinwirkung eingetretenen, natürlichen Schadensfälle mit einschließen.

Eine Untersuchung der Weltgesundheitsorganisation WHO hat jedoch bei Liquidatoren in der Russischen Föderation eine statistisch signifikante Zunahme von bösartigen Tumoren, Bluterkrankungen, Drüsenerkrankungen und Erkrankungen des Nervensystems sowie einen signifikanten Trend bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Erkrankungen im Magen-Darm-Bereich, Infektionen und parasitischen Erkrankungen festgestellt<sup>87</sup>. Bei jenen russischen Liquidatoren, die 1986 und 1987 am Standort Tschernobyl eingesetzt waren, wurde eine statistisch signifikante Erhöhung der Leukämieerkrankungen festgestellt<sup>88</sup>. Bei den russischen Liquidatoren trat ferner eine stark überhöhte Selbstmordrate auf<sup>89</sup>.

Russischen Angaben zufolge sind heute ein großer Teil der Liquidatoren Invaliden und leiden u. a. an Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Problemen, Lungenkrebs, Entzündungen des Magen-darmbereichs, Tumoren und Leukämie<sup>90</sup>.

Nach im Jahr 2002 veröffentlichten Daten des ukrainischen Gesundheitsministeriums stieg der Anteil der als krank anerkannten Liquidatoren von 1987 bis 2002 von 21,8 % auf 92,7 %<sup>91</sup>. Nach Angaben der ukrainischen Gesundheitsbehörde sind bereits ca. 15.000 Liquidatoren gestorben (dies schließt eine überdurchschnittlich hohe Zahl an Selbstmorden ein). Andere Schätzungen gehen davon aus, dass bis Ende 1999 mehr als 50.000 Liquidatoren an Strahlenschäden bzw. Suizid gestorben waren.

Auch bei den Liquidatoren in Weißrussland wurden erhöhte Sterblichkeitsraten sowie eine erhöhte Anfälligkeit für verschiedene Krankheiten festgestellt<sup>92</sup>.

Bei den Kindern von Liquidatoren stellte eine im Jahr 2001 veröffentlichte Studie eine deutlich erhöhte Mutationsrate fest. Im Erbgut der Kinder von Tschernobyl-Katastrophenhelfern sind ungewöhnlich viele Mutationen gefunden worden. Diese Mutationen gehen zwar noch nicht mit schweren Krankheiten einher, die Häufung von Veränderungen am Erbgut zeigte jedoch, dass sie an die Nachkommen weitergegeben werden<sup>93</sup>. Eine andere Untersuchung im gleichen Jahr fand keine Zunahme dieser Mutationsrate<sup>94</sup>.

Zehntausende von Liquidatoren leiden möglicherweise unter verminderten Hirnfunktionen, berichteten im Jahr 2003 russische Ärztinnen und Ärzte auf dem "18. Internationalen Cancer Congress" in Oslo. Die Liquidatoren klagen hiernach über vermindertes Sprechvermögen, Depressionen, Gedächtnisstörungen und Konzentrationsprobleme<sup>95</sup>.

### **3.4 Fortbestehende Gefahren radioaktiver Verstrahlung**

Die Folgen für die betroffenen Menschen können in den kommenden Jahren noch schlimmer werden, wenn bereits freigesetzte radioaktive Stoffe weiter in der Umwelt verbreitet werden. Der Bericht der Vereinten Nationen nennt folgende Haupt-Gefahrenmomente<sup>96</sup>:

Wenn die Ebene, in der sich das Atomkraftwerk Tschernobyl befindet, überflutet wird, werden Radionuklide aus dem Boden ausgewaschen. Sie gelangen dann in die Flüsse Pripjat und Dnjepr, aus denen Millionen Menschen ihr Trinkwasser beziehen. Eine andere Gefahr für die Wasserversorgung liegt darin, dass im Raum Tschernobyl an vielen Stellen Atommüll vergraben wurde, der bei Reinigungsarbeiten angefallen ist. Diese Deponien sind nicht ausreichend sicher. Radioaktive Stoffe können ausgewaschen werden und in Grund- und Oberflächenwasser gelangen.

Dieser Gefahrenfaktor wird auch in einem neueren Bericht vor allem im Hinblick auf tiefe Grundwasserleiter hervorgehoben und als Langzeit-Problem eingeschätzt, das weitere Beachtung verdient<sup>97</sup>. Im Jahr 2001 wurde bekannt, dass aus dem zerstörten Block 4 Tritium in den Boden einsickert<sup>98</sup>. Die Gefahr einer Überschwemmung hat nach der Hochwasserkatastrophe in einigen Gebieten Europas im Jahr 2002 eine neue Dimension bekommen.

Überdies sind große Waldgebiete stark radioaktiv verstrahlt. Bei Waldbränden werden die radioaktiven Stoffe freigesetzt und durch den Wind verbreitet.

Die Verschlechterung der Gesundheit der weißrussischen Kinder ist nach Meinung vieler Wissenschaftler auf den stetigen Konsum lokal gewonnener Nahrungsmittel mit einem hohen Gehalt an Radionukliden zurückzuführen. Die Nahrungsmittel aus der örtlichen Produktion führen zu beträchtlichen Akkumulationen von Radionukliden im Organismus der Bevölkerung der Tschernobyl-Zonen, und sie stellen eine beträchtliche Gefahr – vor allem für die Gesundheit von 500.000 Kindern – dar. Messungen des Instituts für Strahlenschutz „Belrad“ zeigten, dass in den Jahren 1998 - 2000 Nahrungsmittel höher mit dem radioaktiven Cäsium-137 belastet waren als vom staatlichen Grenzwert festgelegt, und zwar mit steigender Tendenz<sup>99</sup>.

Das 1990 als eine unabhängige nichtstaatliche Organisation von Prof. Nesterenko gegründete Institut für Strahlensicherheit „Belrad“ betreibt 85 Messstellen. Durch die Messungen erfahren die Menschen, welche Lebensmittel weniger belastet sind, wo sie Pilze mit geringerer Belastung finden und welche Wiese bevorzugt für die Viehbewirtschaftung genutzt werden sollte. Die Kontamination schwankt auf kleinem Raum oft beträchtlich. Ausgangspunkt der Arbeit von Belrad ist, dass die fast 2 Millionen auf belastetem weißrussischem Gebiet lebenden Menschen nicht das Geld haben, saubere Nahrungsmittel einzukaufen, sondern sich davon ernähren, was sie selber anbauen, im Wald sammeln und auf dem örtlichen Markt einkau-

fen. Durch diese Lebensmittel gelangt täglich neue Strahlenbelastung in den Körper. Die mobilen Messstationen von Belrad registrierten die Radioaktivität in der Nahrung sowie die von mehr als 150.000 Kindern individuell aufgenommenen und inkorporierten Cäsium-137 Mengen. Die Mehrheit der Kinder wies Werte von 20 Bq/kg auf, maximal Werte lagen bei 1000 Bq/kg auf<sup>100</sup>.

Belrad informiert weiterhin darüber, wie die Strahlenbelastung in der Nahrung reduziert werden kann, z. B. durch eine strahlenvermindernde Weiterverarbeitung der Milch mit Hilfe eines so genannten Separators<sup>101</sup>.

Nach einer anderen Studie besteht nur bei Personen mit „extremen Verzehr- und Lebensgewohnheiten“ (vor allem Pilzverzehr und Aufenthalt im Wald) Gefahr der Exposition durch Cäsium-137. Dieses könnte nach Meinung der Autoren durch eine gezielte Aufklärungsarbeit verhindert werden. Die gesellschaftlichen Probleme, die mit dem Zerfall der Sowjetunion und der wirtschaftlichen Rezession in ihren Nachfolgestaaten bis in die Gegenwart einhergehen, hätten einen weitaus größeren Stellenwert<sup>102</sup>. Auch wenn die Notwendigkeit einer gezielten Aufklärungsarbeit unbestritten ist, erscheint es aber als unrealistisch, die Menschen unter den gegebenen Umständen durch Aufklärungsarbeit von „extremen Lebens- und Verzehrsgewohnheiten“ fernzuhalten.

Da vielfach die sozialen Probleme überwiegen, gerät der Reaktorunfall langsam in Vergessenheit, und es stellt sich ein leichtfertiger Umgang mit der Kontamination ein. Daneben ist die Informationspolitik der Behörden mangelhaft<sup>103</sup>. Im Jahr 2003 wurden in der Ukraine Untersuchungen zum Informationsstand der Menschen, die in den verstrahlten Gebieten leben, durchgeführt. Die Untersuchungen zeigten, dass die betroffene Bevölkerung nie genügend klare Informationen über die Auswirkungen der Katastrophe auf ihre Gesundheit und die Umwelt erhielt. Laut Untersuchung fehlt in der Region ein funktionierendes Tschernobyl-Informationssystem. Offizielle, durch staatliche Medien verbreitete Informationen sind spärlich und für die Bevölkerung oft nur schwer verständlich. Gleichzeitig vertrauen die Leute sehr stark auf Informationen aus inoffiziellen Quellen. Die Informationslücke ist einer der Hauptgründe für die große Besorgnis und die Ängste der Bevölkerung. Deshalb sind die Betroffenen nicht in der Lage, aktive präventive Maßnahmen in ihrem täglichen Leben zu treffen<sup>104</sup>.

Ein Indiz für einen sorglosen Umgang mit der Kontamination und somit für die andauernden Gefahren ist der Schwarzhandel mit kontaminierten Materialien aus den Tschernobyl-Zonen. Die Aufräumarbeiten in der verseuchten Zone laufen, Absperrungen und Kontrollen des Geländes sind offensichtlich lückenhaft, so dass ein schwunghafter Schwarzhandel floriert. So wird in lokalen Medien berichtet, dass tonnenweise Material aus der "heißen Zone" herausgeschmuggelt und weiterverkauft werde. Arbeiter hatten 315 Tonnen Rohre aus dem Gelände transportiert und in unbelasteten Gebieten eingesetzt. Dies, befürchtete der Generalstaatsanwalt, sei kein Einzelfall. Dadurch seien Millionen Menschen gefährdet, erhöhten Strahlendosen ausgesetzt zu sein. Auch im Oktober 2003 wurden wieder Plünderer mit radioaktiv verseuchtem Material festgenommen. Die zulässigen Grenzwerte wurden um das 500-fache überschritten. Nach Angaben einer ukrainischen Umweltschutz- und Menschenrechtsorganisation blüht seit Dezember 2000 ein schwunghafter Handel mit radioaktiv verseuchtem Material aus der – eigentlichen gesperrten – Tschernobyl-Zone<sup>105</sup>.

Kritisiert wurde auch der Umstand, dass es viel zu wenig Lagerstätten für radioaktiv kontaminiertes Material gebe. Außerdem seien die bestehenden Deponien in keinem guten Zustand. So seien Belastungen des Grund- und Trinkwassers – und damit auch eine Belastung der landwirtschaftlichen Produkte – nicht auszuschließen<sup>106</sup>.

Gefahren einer erneuten radioaktiven Verstrahlung der Bevölkerung, die vom zerstörten Reaktorblock 4 des Atomkraftwerks Tschernobyl ausgehen, können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden (siehe Kapitel 4.3).

### 3.5 Psychosoziale Folgen

In einem Bericht an die Vereinten Nationen werden die psychosozialen Effekte für die betroffenen Menschen hervorgehoben, die in den Jahren seit dem Unfall deutlich wurden und die, in Wechselwirkung mit den direkten Auswirkungen auf die Gesundheit, eine sehr wichtige Rolle spielen. Insbesondere wurden fünf Faktoren identifiziert<sup>107</sup>:

- Die sozio-psychologische Dimension, d.h. die Auswirkungen der Sorge vor möglichen Strahlenschäden, verschärft durch eine restriktive und unklare Informationspolitik der Behörden.
- Die sozio-kulturelle Dimension, also die Auswirkungen der Umsiedlungen und der Zerstörung von dörflichen Gemeinschaften.
- Allgemeine krankheitserregende Faktoren, wie die physiologischen Folgen von Stress und Folgen der erzwungenen Änderung der Lebens- und Essgewohnheiten.
- Die medizin-soziologische Dimension, d.h. eine geänderte Einstellung zu auftretenden Krankheiten, ein geändertes Verhalten von Kranken und auch von Medizinern (beispielsweise Fatalismus gegenüber Krankheiten, die durchaus behandelt werden könnten).
- Die sozio-ökonomische Dimension, bewirkt durch die großräumigen Auswirkungen des Unfalls, verbunden mit den wirtschaftlichen Umstellungen nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion.

Dabei ist nicht zu vergessen, dass die Sorge bzw. Angst vor Strahlenfolgen eine reale Angst darstellt, diese Probleme also nicht durch bloße Beschwichtigung und Verzicht auf durchgreifende Maßnahmen gelöst werden können. Somit sind die betroffenen Menschen zwischen den psychosozialen Folgen einerseits und den direkten Strahlenschäden andererseits einer doppelten Bedrohung ausgesetzt. Zweifellos kann durch Umsiedlung die Strahlenbelastung deutlich reduziert werden, aber nur um den Preis anderer Probleme und Schäden, die genauso gravierend sein können.

Die Konsequenzen der Umsiedlungen sind vielfältig. Geblieben oder auch illegal wieder zurückgekehrt sind in allen drei Staaten vor allem ältere Menschen, die ihre angestammten Dörfer nicht verlassen wollten, während unter denen, die ihre Dörfer freiwillig verlassen haben, die jungen Familien mit Kindern dominieren. Die Abwanderung der Jungen, kombiniert mit den negativen gesundheitlichen Effekten des Reaktorunfalls, hat die demografische Struktur in den verstrahlten Territorien negativ verändert: Die Zahl der Geburten sinkt, die relative Zahl der Sterbefälle steigt. Das Fehlen junger Menschen belastet die gesamte soziale und wirtschaftliche Entwicklung der radioaktiv belasteten Gebiete. Der Mangel an Lehrern und Medizinern führt zu einer qualitativen Verschlechterung des Ausbildungsniveaus und der ärztlichen Versorgung. Firmen und Farmen müssen schließen, weil sie keine Facharbeiter finden. Das führt wiederum dazu, dass sich noch mehr Familien zum Wegziehen entschließen. Seit Mitte der 90er Jahre versuchen die Regierungen von Weißrussland und der Ukraine, diesem negativen Trend durch gezielte regionale Wirtschaftsförderungsprogramme in den betroffenen Regionen entgegenzuwirken. Die Umsiedlungen verändern auch das soziale Gefüge in den Dörfern oder Stadtvierteln, die zur neuen Heimat werden sollen. Es kommt dort häufig zu Spannungen zwischen alten und neuen Bewohnern. Aufgrund des schlechten sozialen Klimas



und aufgrund der Anpassungsprobleme wollen immer mehr Umsiedler wieder in ihre alten Dörfer zurückkehren.

Bei der Planung von Evakuierungen und Umsiedlungsmaßnahmen ist daher eine sorgfältige Abwägung erforderlich, die nach dem Tschernobyl-Unfall nicht durchgängig erfolgt ist. Noch heute leben Hunderttausende Menschen in Gebieten, die nach den offiziellen Kriterien wegen starker Kontamination unbewohnbar sind. Andererseits gibt es Überlegungen, einen Teil der umgesiedelten Menschen, die an ihren neuen Wohnorten keine wirtschaftlichen und sozialen Lebensperspektiven haben, wieder in ihre Heimat zurückkehren zu lassen.

Die ukrainische Regierung plant für das Jahr 2004 ein neues Gesetz "über die richtige Behandlung der Territorien, welche eine radioaktive Verschmutzung aufgrund der Tschernobyl-Katastrophe erfahren haben". Danach soll es nicht mehr verboten sein, in der Tschernobyl-Zone zu leben. Das bisher geltende Gesetz war nicht eingehalten worden. Etwa 1.500 Familien leben illegal in dieser Zone, die dann zukünftig „Gebiet mit erhöhtem Risiko für das Leben“<sup>108</sup> genannt werden soll.

Mit dieser Gesetzesänderung wird die bisherige Praxis der Zwangs-Umsiedlung der Bevölkerung aufgehoben und die Praxis der freiwilligen Umsiedlung eingeführt. Das Gesetz geht mit einer Erneuerung der sozialen Infrastruktur einher. Die freiwilligen Umsiedlungen werden nicht mit ökonomischen und sozialen Maßnahmen gefördert. Ihr Ziel ist viel mehr, die sozialpsychologische Belastung der Zwangsumsiedlung zu verringern. Im Moment befindet sich die Gesetzesvorlage zur Prüfung beim Oberen Rat der Ukraine. Sie ist bereits von einem Großteil der Fraktionen gebilligt worden. Der Zeitpunkt der endgültigen Verabschiedung ist noch unklar<sup>109</sup>. Durch die Pläne der Regierung besteht die Gefahr, dass mehr radioaktive Stoffe aus der verbotenen Zone nach außen gelangen<sup>110</sup>.

Es bleibt eine offene Frage, inwieweit es in der Ausnahme- und Chaossituation, die ein schwerer Nuklearunfall zwangsläufig mit sich bringt, selbst bei bester Vorausplanung überhaupt möglich sein wird, eine optimale Strategie zwischen der Scylla der Strahlenschäden und der Charybdis der psycho-sozialen Folgen einer Umsiedlung zu finden. Jedenfalls müssen die Opfer psycho-sozialer Einflussfaktoren als ebenso reale Opfer eines Unfalls angesehen werden wie die Strahlenopfer.

Der eingangs genannte Bericht an die Vereinten Nationen fordert eine Veränderung der Hilfsmaßnahmen für die betroffene Bevölkerung: Neben den physischen Folgen sind auch die psychischen Folgen des Unfalls für die Menschen gravierend. Mit dem Ende der Sowjetunion brach überdies ein Staat zusammen, dessen Wohlfahrtssystem für Viele Sicherheit bedeutete. Diese Menschen fühlen sich nun als Opfer einer Entwicklung, auf die sie keinen Einfluss haben. Diese Opferhaltung wurde durch den Charakter der Hilfeleistungen des Staats und der internationalen Gemeinschaft in der Vergangenheit noch verstärkt. Soziale Privilegien und Vergünstigungen, die das erfahrene Leid und die gesundheitlichen Folgen erträglicher machen sollten, verstärkten in der Praxis oft die Hilflosigkeit der Menschen. Effiziente gesundheitliche Betreuung sei auch in Zukunft sehr wichtig. Darüber hinaus aber müssten Projekte so zugeschnitten sein, dass sie die Menschen ermutigen und begleiten. Ziel müsse es sein, durch "Hilfe zur Selbsthilfe" dem Leben der Menschen wieder eine Perspektive zu geben<sup>111</sup>.

Nach zusammenfassender Empfehlung der 4. internationalen Konferenz "Tschernobyl-Kinder – gesundheitliche Folgen und psychosoziale Rehabilitation" (2. - 6. Juni 2003) kann eine erfolgreiche und umfassende Erholung der Tschernobyl-Kinder nur durch die Anwendung von kombinierten medizinischen, psychosozialen, erzieherischen und kulturellen Rehabilitationen verwirklicht werden.<sup>112</sup>

### 3.6 Gesundheitsfolgen in Westeuropa

Die offiziellen Annahmen zum Gesundheitsrisiko durch „niedrige“ Strahlendosen würden nachweisbare Gesundheitsschäden durch Tschernobyl-Fallout in Westeuropa ausschließen. Mehrere Studien weisen allerdings in eine andere Richtung. Eine der ersten Beobachtungen nach der Reaktorkatastrophe war eine Zunahme kindlicher Fehlbildungen. In West-Berlin sowie in stärker kontaminierten Regionen in Schweden wurde ein verstärktes Auftreten des Down-Syndroms bei Kindern beobachtet. Das Berliner Institut für Humangenetik stellte fest, dass 9 Monate nach der Tschernobyl-Katastrophe in Berlin bei Neugeborenen die Zahl der Mongolismusfälle (Down-Syndrom) sprunghaft angestiegen ist. Entgegen der Prognose, dass bei niedrigen Dosen keine Schädigungen bei Ungeborenen auftreten, wurden in Deutschland und anderen Ländern in der näheren und weiteren Umgebung von Tschernobyl Anstiege strahlentypischer Fehlbildungen beobachtet. Eine Übersicht über diese Befunde hat kürzlich ein deutscher Epidemiologe und Strahlenforscher vorgelegt<sup>113</sup>.

In Deutschland wurden im Jahre 2000 schon länger vorliegende Ergebnisse einer Studie der Gesellschaft für Strahlenforschung, (GSF) veröffentlicht, die eindeutig belegen, dass die perinatale Sterblichkeit (d.h. die Häufigkeit von Totgeburten und frühem Säuglingstod) nach Tschernobyl angestiegen ist. In ganz Deutschland war 1987 die Zahl der perinatalen Todesfälle gegenüber dem langjährigen Trend um 4,8 % höher – ein statistisch ganz klar signifikantes Ergebnis. In den am stärksten betroffenen Gebieten lag der Zuwachs bei 8,2 % (ehem. DDR einschl. West-Berlin) bzw. bei 8,5 % (Bayern)<sup>114</sup>.

Nach der Auswertung der offiziellen Sterbestatistik durch das Umweltinstitut München starben allein in Deutschland im Jahre 1987 vermutlich mehr als 300 Neugeborene in Folge von Tschernobyl. Die Studie zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen der auf offiziellen Messdaten beruhenden Belastung der Embryonen durch radioaktives Cäsium und der Perinatalsterblichkeit 7 Monate nach dem Unfall. Daten der Säuglingssterblichkeit aus Polen und Kiew bestätigen die deutschen Befunde. Eine Zunahme der frühen Säuglingssterblichkeit wurde der Cäsiumbelastung schwangerer Frauen zugeordnet<sup>115</sup>. Das Umweltinstitut München wies außerdem eine Zunahme angeborener Missbildungen, in Gebieten in denen die Cäsium-137 Kontaminationen besonders hoch waren, nach<sup>116</sup>.

Ein britischer Wissenschaftler vermutet nach einer Untersuchung der Statistiken von Gesundheitsbehörden in England und Wales, dass es dort zu einer zusätzlichen Säuglingssterblichkeit (200) und zusätzlichen Fehlbildungen bei Neugeborenen (600) in den drei auf Tschernobyl folgenden Jahren gekommen ist<sup>117</sup>.

Studien lieferten bereits vor einigen Jahren erste Hinweise auf einen Anstieg kindlicher Leukämien. Aus Schweden und Finnland wurde über ein gering erhöhtes Risiko berichtet. In Griechenland wurde ein erhöhtes Risiko für Leukämie bei jenen Kindern gefunden, die zur Zeit des höchsten Fallouts im Mutterleib exponiert wurden<sup>118</sup>.

Eine Anfang 2002 erschienene Studie hat die Vermutung bestätigt, dass der Unfall von Tschernobyl in verschiedenen europäischen Ländern zu zusätzlichen Leukämiefällen geführt hat. So wurden bei Kindern, die im Mutterleib der Strahlung ausgesetzt waren, in Griechenland und Deutschland jeweils elf zusätzliche (d.h. über die ohne Strahlenbelastung zu erwartende Zahl hinausgehende) Fälle von Leukämie festgestellt. Aufgrund systematischer Fehler in bisherigen Untersuchungen, wie mangelhafter Erfassung von Leukämiefällen, sind diese Zahlen wahrscheinlich noch zu niedrig. Angesichts dieser Ergebnisse ist auch ein erhöhtes Auftreten anderer Krebsarten bei Kindern und Erwachsenen in verschiedenen europäischen Ländern zu erwarten<sup>119</sup>.

In Tschechien zeigte sich bereits wenige Jahre nach der Reaktorkatastrophe ein signifikanter Anstieg an Schilddrüsenkrebsfällen. In Bayern ist deshalb ebenfalls ein Anstieg zu vermuten. Untersuchungen über ein verstärktes Auftreten von Schilddrüsenkrebs nach Tschernobyl sind in Deutschland jedoch schwierig, da es kein flächendeckendes Krebsregister gibt<sup>120</sup>.

In den letzten Jahren wurde in Frankreich ein erhöhtes Auftreten von Schilddrüsenkrebs beobachtet. 300 Personen<sup>121</sup> erhoben bis April 2002 Anklage. Ein Gerichtsverfahren wurde eröffnet, in dem geklärt werden soll, ob französische Politiker und Beamte nach dem Tschernobyl-Unfall den Schutz der Bevölkerung vernachlässigt haben<sup>122</sup>. In Frankreich hatte es – im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern – keine staatlichen Präventivmaßnahmen (z.B. zum Konsum von Milch, Käse und Gemüse) gegeben.

## **4 Die Lage am Standort – der „Sarkophag“**

### **4.1 Der Zustand des Sarkophags**

Nach dem Unfall wurde hastig eine Umhüllung um den Katastrophenreaktor von Tschernobyl errichtet – der so genannte Sarkophag. Der Sarkophag wurde unter sehr schwierigen Randbedingungen (starke Strahlung verhinderte eine genaue Untersuchung der Standfestigkeit der bestehenden und weiter genutzten Baustrukturen und erlaubte i. W. nur ein fern bedientes Hantieren beim Bau) auf den stehen gebliebenen Resten des alten Reaktorblocks errichtet<sup>123</sup>. Etwa 300.000 Menschen waren an der Konstruktion beteiligt<sup>124</sup>. Weder bautechnische Vorschriften noch kerntechnische Normen und Sicherheitsanforderungen konnten zufrieden stellend umgesetzt werden. So war dieser Sarkophag von Anfang an nicht als dauerhafte Lösung vorgesehen, sondern auf eine maximale Lebensdauer von 20 bis 25 Jahren ausgelegt<sup>125</sup>. Andere Quellen geben für die ursprünglich geplante Standzeit 30 Jahren an<sup>126</sup>.

Diese Ummantelung des zerstörten Reaktorblocks ist seit Jahren und trotz Durchführung einiger Stabilisierungsmaßnahmen baufällig und undicht. Regenwasser dringt ein; radioaktive Stoffe gelangen nach außen und Tiere können in den Sarkophag gelangen<sup>127</sup>. Bis Mitte 1999 waren bereits ungefähr 3.000 Kubikmeter Wasser in den Sarkophag eingedrungen, die radioaktive Stoffe aufgelöst haben und im unteren Bereich des Sarkophags einen Tümpel von flüssigen radioaktiven Abfällen bilden<sup>128</sup>. Diese Flüssigkeit ist als hochradioaktiver Abfall zu betrachten<sup>129</sup>. Nach Angaben im Jahr 2003 sollen sich je nach Jahreszeit 400-1000 Kubikmeter Wasser im Gebäude befinden<sup>130</sup>. Ein Grund für die Differenz zu den Angaben aus dem Jahr 1999 konnte nicht ermittelt werden. Die unterschiedlichen Angaben scheinen vielmehr ein Beispiel dafür zu sein, wie unklar die Situation im zerstörten Reaktorblock ist und wie weit die Expertenmeinungen auseinander liegen.

Die Probleme des Umgangs mit den Überresten des Reaktors werden insgesamt dadurch verschärft, dass die Situation im Inneren des Sarkophags nicht genau bekannt ist. Viele Experten nehmen an, dass sich ein großer Teil des hochradioaktiven Kernbrennstoffes im Inneren des Bauwerks befindet. Die Gesamtaktivität wird auf rund  $10^{18}$  Bq geschätzt<sup>131</sup>. Nach Angaben der deutschen Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit sollen von den insgesamt 190,2 Tonnen Kernbrennstoff mindestens 150 Tonnen, vermutlich aber rd. 180 Tonnen im Gebäude verblieben sein. Vieles davon ist zu geschmolzener „Lava“ geworden, zu einer Mischung von Brennstoff mit Graphit und Betontrümmern. Mehrere Tonnen Brennstoff sollen jedoch auch als leicht freisetzbarer Staub vorliegen. Es wird versucht, diesen Staub durch Besprühen mit Polymer-Lösungen zu binden. Andererseits entsteht durch Erosionsprozesse an den lava-artigen Massen laufend neuer Staub<sup>132</sup>.

Im Reaktorraum selbst wird kein Brennstoff mehr vermutet. Der größte Teil des im Gebäude befindlichen Brennstoffs soll sich unterhalb dieses Raumes befinden. Dabei dürfte es sich um eine Menge in der Größenordnung von 100 Tonnen handeln<sup>133</sup>.

Dagegen vertritt K. Tschetscherov, Physiker am renommierten Moskauer Kurtschatov-Institut, die Ansicht, der größte Teil des Kernbrennstoffs (bis zu 95 %) sei gar nicht im Sarkophag, sondern wäre im Verlaufe des Unfalls in die Umwelt geschleudert worden. Dieser Einschätzung zufolge wären die Bemühungen, den Sarkophag zu sanieren, völlig fehlgeleitet und lediglich eine Verschwendung von Mitteln, die anderweitig vernünftiger eingesetzt werden könnten<sup>134</sup>.

Die große Spannbreite der Expertenmeinungen bzw. -vermutungen erschwert(e) die Planung weiterer Maßnahmen in einer ohnehin schon komplexen und gefährlichen Situation noch mehr.

## 4.2 Der Shelter Implementation Plan

### Der Plan und seine Finanzierung:

In den Jahren 1992 bis 1996 wurden von russischer, ukrainischer und westlicher Seite mehrere Konzepte zur Sicherung des Blocks 4 entwickelt. Keiner dieser Vorschläge fand jedoch allgemeine Akzeptanz. Um die weiteren Aktivitäten auf eine von allen Seiten akzeptierte Basis zu stellen, wurde im Dezember 1995 zwischen den G7-Staaten und der Ukraine ein „Memorandum of Understanding“ (MoU) zur Schließung des Kernkraftwerks Tschernobyl vereinbart<sup>135</sup>.

Die Ergebnisse der ersten großen Studie (finanziert von der EU) zur Sicherung des Blocks 4 wurden international vor allem deshalb verworfen, weil die vorgeschlagene technische Lösung zu aufwendig und zu kostenintensiv war. Auf der Basis des „Memorandum of Understanding“ (MoU) wurden von einer internationalen Expertengruppe unter der Führung der Firma *Arcadis* Konzepte für kurz- und langfristige Maßnahmen erarbeitet<sup>136</sup>. Das Ziel – die Entwicklung einer wirtschaftlich und technisch optimalen Lösung zur Überführung des Reaktorblocks 4 in einen für die Umwelt nachhaltig sicheren Zustand – konnte keiner der untersuchten Lösungsansätze zufrieden stellend erfüllen.

Die Untersuchung empfahl daher ein Vorgehenskonzept in mehreren Stufen:

- Stabilisierung des Sarkophags und andere kurzfristige Maßnahmen,
- Vorbereitung der Überführung des Blocks 4 in einen langfristig sicheren Zustand und
- Überführung des Blocks 4 in einen für die Umwelt nachhaltig sicheren Zustand.

Dieses Konzept fand die Zustimmung der Verantwortlichen in der Ukraine und den G7-Staaten. Im Frühjahr 1997 wurde der Durchführungsplan für diesen Shelter Implementation Plan (SIP) erstellt. Als Hauptaufgabenbereiche des umfangreichen SIP gibt die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit allgemein gehalten an:

- Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Kollapses (geotechnische und seismische Untersuchungen, Stabilisierung, Abschirmung, Überwachung)
- Reduzierung der radiologischen Auswirkungen (Staubbehandlung, Notfallschutzmaßnahmen)

- Verbesserung der nuklearen Sicherheit, (Charakterisierung der brennstoffhaltigen Massen, Wasserbehandlung, Kritikalitäts-Verhinderung)
- Verbesserung der Sicherheit des Personals und der Umwelt, (Strahlenschutzprogramm, Arbeitsschutz, Brandschutz, Überwachungssysteme, Informationssystem)
- Strategie für langfristige Standortsanierung, (Strategie und Technologie zur Entfernung der brennstoffhaltigen Massen, neuer Einschluss und teilweiser Rückbau des Sarkophags)

Der Shelter Implementation Plan (SIP) gliedert sich in 22 Aufgaben mit insgesamt 248 Arbeitsschritten, ohne technische Lösungsvorschläge zu geben. Er definiert besonders vordringliche Aufgaben (Early Biddable Projects), die in den Jahren 1998 bis 2000 umgesetzt werden sollten. Die Phase I des SIP beinhaltete auch die Integration von geplanten, laufenden oder abgeschlossenen bilateralen und ukrainischen Projekten und die Optimierung des Genehmigungsprozesses.

Die im Jahre 2000 begonnene Phase II des SIP soll folgende Hauptzielrichtungen verfolgen:

- Planung und Umsetzung von Stabilisierungsmaßnahmen,
- Ausschreibung, Installation und Betrieb von Überwachungssystemen,
- Entwicklung von Techniken zum Umgang mit brennstoffhaltigen Massen,
- Entwicklung und Konstruktion eines neuen Sarkophags,
- Rückbau oder Stabilisierung instabiler Teile des jetzigen Sarkophags.

Die Ziele des Shelter Implementation Plan (SIP) zur Sanierung des Sarkophags sind pragmatisch und überwiegend von begrenzter Reichweite: Der Sarkophag soll mittelfristig sicherer gemacht werden, damit Zeit gewonnen wird, eine langfristige Lösung zu entwickeln, mit der Tschernobyl in einen „umweltsicheren Standort“ überführt werden kann<sup>137</sup>. Die Zielsetzung des SIP ist, zunächst einen stabilen Zustand für die nächsten 100 Jahre zu erreichen. Wesentlich für die Umsetzung dieses Ziel ist die Errichtung eines neuen Einschlusses des zerstörten Reaktors (Shelter).

Der Shelter Implementation Plan wurde im April 1997 von der Ukraine und den G7-Staaten unterzeichnet. Die G7-Konferenz im Juni 1997 stellte die ersten 300 Millionen US\$ bereit. Der "Chernobyl Shelter Fond" (CSF) wird bei der *Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBWE)* verwaltet. Die Gesamtkosten wurden zu Beginn des Projekts durch die EBWE auf 768 Millionen US\$ geschätzt. Ein Wissenschaftler des russischen Kernenergieinstituts vermutet hingegen, dass die Kosten 2,5 Milliarden US\$ erreichen könnten. Bis Juli 2000 hatten insgesamt 37 Länder 715 Millionen US\$ zum CSF beigesteuert. Der größte Teil des Gelds stammte von den G7-Staaten und der Europäische Union<sup>138</sup>. Die Ukraine verpflichtete sich zu materiellen Leistungen in Höhe von 50 Millionen US\$<sup>139</sup>. Im Jahr 2002 betrug der Beitrag der Ukraine zur Finanzierung des SIP 7,1 Millionen US\$. Insgesamt wurden bis 2002 120 Millionen US\$ aufgewendet<sup>140</sup>.

Nach offiziellen Angaben im Jahr 2002 lagen die Arbeiten noch im Rahmen des Budgets; und eine Überschreitung sollte auch nicht zu erwarten sein. Im August 2003 gab der ukrainische Energieminister bekannt, dass der „Shelter Implementation Plan“ mehr Geld als die veranschlagten 758 Millionen US\$ erfordere. Die erhöhten Kosten wurden Arbeitsschutzbestimmungen am zerstörten Reaktor und gestiegenen Finanzierungskosten zugeschrieben<sup>141</sup>. Inzwi-

schen werden die Kosten des SIP auf 978 Millionen US\$ geschätzt, das entspricht einer Kostensteigerung um fast 30 %<sup>142</sup>.

Die Geberländer treffen sich regelmäßig in der Gebersammlung und beaufsichtigen die Projektdurchführung durch die Bank. Im Juli 2000 fand eine Geberkonferenz unter deutscher Schirmherrschaft in Berlin statt. In diesem Zusammenhang wurde kritisiert, dass die Bundesrepublik Deutschland sich federführend (die Bundesregierung setzte sich als G7-Vorsitzland im Jahr 2000 für die Sicherstellung der Gesamtfinanzierung ein) an einem fragwürdigen technischen Projekt in Tschernobyl beteiligt, die medizinische und soziale Betreuung der hart getroffenen Bevölkerung in Russland, Ukraine und Weißrussland aber Privatinitiativen überlässt<sup>143</sup>.

#### Praktische Umsetzung:

Der Shelter Implementation Plan kam nur sehr langsam in Gang. Der dringendste erste Schritt bestand in der Stabilisierung von zwei Dachträgern, die in alarmierendem Zustand waren und deren Einsturz zur Zerstörung wesentlicher Teile des Daches, verbunden mit der Freisetzung von radioaktivem Staub, geführt hätte<sup>144</sup>. Die Maßnahme wurde im Dezember 1999 fertig gestellt<sup>145</sup>. Die Stabilisierung des Schornsteins zwischen den Blöcken 3 und 4 war eine weitere erste konkrete Umsetzung<sup>146</sup>. Keiner der beteiligten Arbeiter soll einer höheren Strahlendosis als 40 mSv ausgesetzt gewesen sein<sup>147</sup>.

Die bisher am Sarkophag durchgeführten Arbeiten waren nur die dringlichsten Notfallmaßnahmen zur Stabilisierung. Weitere Stabilisierungsmaßnahmen wurden über mehrere Jahre diskutiert<sup>148</sup>. Nach Beendigung der Design-Entwicklung der am wichtigsten eingestuften Stabilisierungsmaßnahmen, wurde im Juni 2003 ein Zeitplan für Stabilisierungsmaßnahmen aufgestellt. Danach sollen die Arbeiten im Juni 2004 beginnen und bis April 2006 andauern. Insgesamt sind ca. 1000 Maßnahmen geplant<sup>149</sup>. Am 9. Juli 2003 stimmte die EBWE der Bereitstellung von 75 Millionen US\$ für die Stabilisierung des alten Sarkophags zu<sup>150</sup>.

Die Vertragsunterzeichnung, kam mit geringer Verzögerung im Januar 2004 zu Stande. Das russische Unternehmen *Atomstroyexport (ASE)*, mit ukrainischen Unterauftragnehmern, erhielt den Zuschlag für den Auftrag<sup>151</sup>. Laut Pressemeldungen war dieses Konsortium der einzig qualifizierte Anbieter<sup>152</sup>. Insgesamt waren zwei Angebote für die Stabilisierungsarbeiten eingegangen<sup>153</sup>. Das zweite Angebot reichte ein Konsortium westlicher Unternehmen unter der Leitung des französischen Bauunternehmens *Vinci* ein. Diese Gruppe bot jedoch nur einen Teil der Arbeiten an<sup>154</sup>.

Sofort nach Abschluss der Stabilisierungsarbeiten am alten Sarkophag im April 2006 soll mit dem Bau des neuen Schutzes begonnen werden<sup>155</sup>. Die Entwurfsarbeiten für die neue Schutzhülle des Reaktorblocks-4 (Shelters) sehen eine Stahlkonstruktion in Form eines Bogens vor, die außerhalb des Sarkophags errichtet und dann über den Sarkophag geschoben werden soll. Ein internationales Konsortium unter der Leitung des Unternehmens *Bechtel* mit Sitz in San Francisco hat die Pläne für die möglicherweise größte, je gebaute bewegliche Struktur erstellt. Die dicke Stahlhülle ist etwa 20.000 Tonnen schwer und fast 125 Meter hoch (dies entspricht einem 35-stöckigen Haus). Die zerstörten Überreste des Reaktorblocks 4 und der Sarkophag sollen mit diesem passend gefertigten, wetterfesten Schild überdeckt werden. Eine Seite des Schutzes wird komplett verschlossen, die andere wird den Gebäuden des Reaktorblocks 3 genau angepasst. Aufgrund der teilweise tödlichen Strahlendosis ist ein Aufbau direkt über dem alten Sarkophag unmöglich. Daher wird die neue Konstruktion abseits der Anlage gefertigt und dann auf den Sarkophag geschoben. Für die „Schienen“ werden Pfähle in dichtem Abstand in den Boden gehauen und die Zwischenräume mit Beton ausgefüllt. Dann wird alles mit Platten aus rostfreiem Stahl bedeckt. Zum besseren Gleiten werden die Schienen mit ei-

nem Schmiermittel bestrichen, und unter der neuen Stahlkonstruktion werden Teflonplatten befestigt.

Der Schutz soll dazu ausgelegt werden, für einen Zeitraum von hundert Jahren Wasser außerhalb und Staub innerhalb der Hülle zu halten. Unter der neuen Schutzhülle können Roboterkräne und möglicherweise auch Arbeiter anfangen, die Ruine auseinander zu nehmen und die radioaktiven Stoffe zu entfernen<sup>156</sup>.

Der neue Shelter benötigt erhebliche Ressourcen. Nach Vorabschätzungen erfordern die Errichtungsarbeiten 4,3 Mio. Personen-Stunden. Etwa 300 Ingenieure sind mit den Arbeiten in ca. 1 Mio. Personen-Stunden beschäftigt<sup>157</sup>.

Laut gewordene Zweifel, ob der neue Shelter 100 Jahre unbeschadet überdauern könne, teilen die Konstrukteure nicht. Statt eine neue, möglicherweise unerprobte Technik anzuwenden, hätten sie sich für eine altbewährte Stahlkonstruktion entschieden. Gefährliche Reparatur- und Wartungsarbeiten sollen dadurch minimiert werden.

Ein so umfangreiches technisches Projekt wird sich jedoch nicht ohne technische Schwierigkeiten durchführen lassen. Darüber hinaus werden die Bedingungen vor Ort, es befinden sich z. B. Stücke des Reaktorkerns auf dem Gelände oder in Erdgräben, die Arbeit gefährlich und somit kompliziert machen.

Die im Rahmen der Deutsch-Französischen Initiative erstellte Datenbank mit Informationen zur bautechnischen und radiologischen Sicherheit des Sarkophags soll für die Sanierung des Sarkophags und vor allem zur Einhaltung der Strahlenschutzbestimmungen zur Verfügung stehen<sup>158</sup>. Eine fehlende Dokumentation der Aufräumarbeiten in den ersten Monaten und Unklarheiten über das Ausmaß und die Lage des Kernbrennstoffs innerhalb und außerhalb des Sarkophags werden allerdings auch mit einer Datenbank nicht geklärt werden können. Es ist nicht nur zu befürchten, dass es zu hohen Strahlenbelastungen der Arbeiter kommt, sondern auch, dass die Arbeiten erheblich länger dauern als veranschlagt.

#### Probleme bei der Umsetzung:

Die Umsetzung des Shelter Implementation Plans (SIP) und damit auch die Einhaltung des Zeitplans gestaltet sich bisher problematisch. Im Jahr 2002 kam die Umsetzung des SIP deutlich ins Stocken. Im März 2002 wurde von Verzögerungen berichtet<sup>159</sup>, deren mögliche Auswirkung auf Budget und Zeitplan von ukrainischer Seite heruntergespielt wurden<sup>160</sup>. Die Geberländer zogen im April 2002 diplomatische Schritte gegen die Ukraine in Erwägung. Internationale Partner hatten die geringe Bereitschaft des Regierungschefs *Kinakh* zur Klärung ausstehender Fragen beklagt. Auf internationalen Druck wies Staatschef *Kuchma* im Mai seine Regierung an, diese Probleme, die sowohl Steuerfragen und Genehmigungsschwierigkeiten als auch die geforderte „kontinuierliche organisatorische Aufmerksamkeit im komplexen Shelter Implementation Plan“ betrafen, zu lösen. Bei einem Treffen mit Vertretern der *EBWE* und der Geberländer machte *Kuchma* im Juni 2002 eine klare Zusage für eine weitere Zusammenarbeit<sup>161</sup>.

Nachdem die ukrainische Regierung in den letzten Jahren mehrfach wegen nicht rechtzeitiger Gesetzgebungen und Regierungsentscheidungen kritisiert worden war, sagte das Energie-Ministerium auf einem parlamentarischen Hearing im April 2003 zu, zukünftig den Tschernobyl-Fragen mehr Aufmerksamkeit zu schenken<sup>162</sup>. Augenscheinlich wurde dieses Versprechen eingelöst.

Zurück gehend auf Gespräche im Herbst 2002 wurde im April 2003 ein Gesetzentwurf zur Steuerbefreiung in Zusammenhang mit den internationalen und von der *EBWE* finanzierten Tschernobyl-Projekten vorgelegt<sup>163</sup>. Das Gesetz wurde im Mai verabschiedet<sup>164</sup>.

Das ukrainische Parlament beriet im Mai 2003 über die Einrichtung eines speziellen Ministeriums oder Amtes zur Bewältigung der Tschernobyl Fragen, da das Energieministerium diesen Fragen nicht genügend Aufmerksamkeit widmen könne. Außerdem seien in einigen Fällen Tschernobyl-Haushaltsmittel zur Finanzierung anderer Aufgaben verwendet worden<sup>165</sup>. Ende 2003 teilte der ukrainische Vizepremier mit, dass im Jahr 2004 die Zuständigkeit für das Atomkraftwerk Tschernobyl vom Energie-Ministerium an das Katastrophenschutz-Ministerium übergeben werden solle, das sich dann auch um den Bau des neuen Schutzmantels kümmern wird<sup>166</sup>.

Im Juni 2003 nahm das ukrainische Parlament ein Gesetz zur Festlegung allgemeiner Prinzipien für die Stilllegung des AKW Tschernobyl und den Schutz des Reaktorblocks 4 an. Das neue Gesetz legte ein Verfahren zur Finanzierung der Stilllegung, der Abfallbehandlung und des neuen Shelters sowie für den Schutz der betroffenen Bevölkerung fest. Darin wurde weiterhin eine jährliche Etatplanung festgelegt<sup>167</sup>. Das Gesetz wurde im Juli von Präsident Leonid *Kuchma* unterzeichnet<sup>168</sup>. Im August 2003 beschloss die Regierung ein neues Gesamtprogramm zur Abfallbehandlung und Stilllegung der Anlage und die Überführung des AKW in einen ökologisch sicheren Zustand. Das Programm legt langfristige Arbeitsfelder für Tschernobyl betreffende Aktivitäten und Finanzierungsmöglichkeiten fest. Vorher wurden die ukrainischen Tschernobyl-Aktivitäten in einzelnen, kurzzeitigen Projekten durchgeführt, die jährlich zusammen gebracht wurden<sup>169</sup>.

#### Weiterer Zeitplan, Ausblick:

Der mit dem SIP vereinbarte Zeitrahmen sah ursprünglich 8 bis 9 Jahre für die Umsetzung des Plans vor<sup>170</sup>. Das Ende des SIP war zunächst für 2005 geplant<sup>171</sup>. Im Jahr 2002 wurde von einem 10-Jahres-Plan gesprochen, dessen „fristgerechtes“ Ende mit dem Jahr 2007 terminiert wurde. Nach offiziellen Angaben wurde Ende 2002 immer noch „gehofft“, trotz bisheriger Verzögerungen, den Shelter Implementation Plan bis Ende des Jahres 2007 komplett umgesetzt zu haben<sup>172</sup>.

Ende April 2003 wies der stellvertretende Direktor des AKWs Tschernobyl darauf hin, dass der Zeitplan für die Errichtung des neuen Shelters korrigiert werden müsse. Die Konstruktion dauere 6 bis 7 Jahre. Selbst wenn bis 2004 ein Vertrag für den Bau unterschrieben werde, könne der neue Shelter nicht vor 2009 fertig gestellt werden. Er betonte weiterhin, dass selbst wenn der Bau einer großen Stahlstruktur keine neue Technologie sei, die Bedingungen am Standort umfangreiche Maßnahmen erfordern würden<sup>173</sup>.

Im Juni 2003 wurde ein überarbeiteter 5-Jahres-Plan für die Errichtung des neuen Shelters aufgestellt. Danach ist im September 2004 die Vertragsunterzeichnung mit dem Gewinner der Ausschreibung der Konstruktionsarbeiten geplant. Gleich nach Abschluss der Stabilisierungsarbeiten im April 2006 soll mit dem Bau des neuen Shelters begonnen werden<sup>174</sup>. Von April 2006 bis Mai 2007 soll das Fundament errichtet werden, der Zusammenbau der Stahlsegmente soll gleichzeitig beginnen und im Oktober 2007 abgeschlossen sein. Von Oktober 2007 bis Februar 2008 folgt dann die Installation von Kränen und erforderlichen Hilfsmitteln für das Zusammenfügen der vier einzelnen Stahlsegmente über den bestehenden Sarkophag. Letzteres ist für die letzten 10 Tage im Februar 2008 geplant<sup>175</sup>.



Die Voraussetzungen von Seiten der ukrainischen Regierung für die Umsetzung des SIP wurden im Jahr 2003 zwar geschaffen, das technische Konzept des neuen Shelters wurde jedoch Ende des Jahres 2003 in der Ukraine erneut in Frage gestellt. Eine nicht genannte Quelle äußerte, es gäbe eine Gruppe, die versuche, die Pläne für das geplante Konzept zu untergraben. Dabei wird ihnen wirtschaftliches Interesse unterstellt. Die von einem ukrainischen Professor geführte Gruppe agiere gegen die Pläne des SIP und verfechte stattdessen das „Monolith“-Konzept, das ein russisches Institut Jahre zuvor vorgeschlagen hatte. Die Gruppe hätte Verbündete unter den Parlamentariern, die den Behörden Misswirtschaft bei den gesamten Tschernobyl-Fragen vorwerfen und eine parlamentarische Untersuchung fordern<sup>176</sup>.

Ein Mitglied des Parlamentsausschusses für Energie-Fragen, Jurij Kostenko, vertrat im Dezember 2003 die Meinung, dass die Regierung das westliche Geld für unnötige Beratungsleistungen und für Planungen aussichtsloser Projekte ausgeben. Jurij Kostenkos Plan, die etwa 200 Tonnen radioaktiven Schutt aus dem Sarkophag zu entfernen, fand keine Unterstützung. Der Abgeordnete ist der Ansicht, dass, solange sich radioaktive Stoffe unter dem „Sarkophag“ befinden werden, Tschernobyl für die Umwelt eine Gefahr darstellen wird<sup>177</sup>.

Anfang März 2004 erörterte der ukrainische Präsident Leonid Kutschma, der ehemalige UN-Chefinspekteur im Irak, Hans Blix, der die Geberversammlung leitete, und weitere Vertreter der Geberländer, die Errichtung des neuen Shelters<sup>178</sup>. Nach diesen Gesprächen, auf denen einige Problempunkte besprochen wurden, wurde am 11. März 2004 auf der Internetseite der Bank die Ausschreibung für die Errichtung des neuen Einschlusses des zerstörten Reaktorblocks veröffentlicht. Das „New Safe Confinement“ (NSC) soll „einen festen Einschluss für die Überreste des Reaktors für mindestens 100 Jahre zur Verfügung stellen“.

In der Ausschreibung werden die Anbieter aufgefordert, „alternative technische Lösungen“, vorzuschlagen, vorausgesetzt, dass die Abweichungen oder Ausweichlösungen die grundlegenden Zielsetzungen des Projekts nicht ändern.“ Nach Aussage von Nowak sei damit aber nicht die Möglichkeit zum Verlassen des genehmigten „Arche Konzepts“ gegeben, sondern es sollen lediglich Verbesserungen oder Ausarbeitungen dieses Basiskonzepts ermöglicht werden.

Die Ausschreibung soll in zwei Etappen durchgeführt werden, die technischen Vorschläge sollen bis zum 29. Juni 2004 eingereicht werden. Nach Aussage von *Vince Novak*, Leiter der Abteilung Reaktorsicherheit der *EBWE*, ist die endgültige Vertragsvergabe im November 2004 vorgesehen.

Mindestens zwei von westlichen Unternehmen geführte Konsortien zeigten bisher Interesse am Bau des neuen Shelters. Eine Gruppe wird von der französischen Baufirma *Vinci* geleitet, die seit 14 Jahren in Zusammenhang mit dem Shelter tätig ist. *Vinci* war Teil des Konsortiums *Alliance*, das die Originalidee der Konstruktion eines neuen Shelters über dem Existierenden hatte<sup>179</sup>. Eingebunden sind in dieses Konsortium auch die deutschen Firmen *Hochtief* und *Nukem* sowie einige ukrainische Firmen. Als zweite Gruppe zeigte ein Konsortium unter der Leitung von *Framatome ANP Deutschland* Interesse<sup>180</sup>.

#### Ungelöste Bergung bzw. Endlagerung der radioaktiven Stoffe:

Neben den Schwierigkeiten bei der zeitlichen Umsetzung ist ein weiteres Problem mit dem „Shelter Implementation Plan“ verbunden. Im SIP ist nicht festgelegt, was mit den radioaktiven Stoffen im Inneren des zerstörten Reaktorblocks geschehen soll. Es scheint bisher weder geklärt zu sein, wann die radioaktiven Stoffe geborgen werden sollen, noch wie ein Konzept für eine Bergung überhaupt aussehen könnte. Zunächst schien noch nicht einmal geklärt zu sein, ob die Stoffe überhaupt geborgen werden sollen. Die GRS dazu: „Die radioaktiven

Stoffe sind bei Bedarf aus dem Innern zu entfernen und das alte Gebäude abzubauen“<sup>181</sup>. In einer anderen Quelle heißt es, der neue Shelter sei für 100 Jahre ausgelegt – oder für die Zeit, die es für die ukrainische Regierung erfordere, ein Endlager zu bestimmen und die knapp 200 Tonnen Uran und fast eine Tonne Plutonium zu entsorgen<sup>182</sup>.

Nach Aussage des Direktors des AKW Tschernobyl im April 2003 wird das Konzept für die Handhabung der verbleibenden Brennstoffe erst entworfen, wenn die Auslegung des Shelters fertig gestellt sei<sup>183</sup>. Ebenfalls im April 2003 äußert ein offizieller Vertreter der Ukraine, dass der Brennstoff von 2007 bis 2050 entladen werden soll<sup>184</sup>. In einer Fachzeitschrift ist hingegen zu lesen, dass die Bergung der radioaktiven Materialien erst in 40 bis 50 Jahren erfolgen soll<sup>185</sup>.

Auch in der Ukraine gab es Bemühungen, insbesondere seit ihrer Unabhängigkeit, ein Konzept zum definitiven sicheren Einschluss zu entwickeln (erste Ausschreibung der Ukraine im Jahr 1992). Ukrainische Wissenschaftler stellten im Jahr 1999 ein Konzept vor, das vorsah, den zerstörten Reaktor und den Sarkophag in einem 1.000 m tiefen Loch zu versenken und dieses anschließend aufzufüllen und zu versiegeln. Die Kosten für dieses Projekt – 1.5 Milliarden US\$ – würden geringer sein als der Aufwand für ein Verstärken und Ersetzen des alten Sarkophags. Das Projekt könnte außerdem mit Arbeitskräften aus der Ukraine ohne ausländische Experten ausgeführt werden<sup>186</sup>.

Ein Vertreter des Moskauer Kurtschatov-Instituts vertrat die Position, dass eine Minimierung der radioaktiven Freisetzungen aus dem zerstörten Block 4 am besten durch gezieltes, internes Verfüllen jener Bereiche, die das meiste radioaktive Material enthalten, erreicht werden könnte. Die derzeitigen Pläne stellten nicht die optimale Lösung dar<sup>187</sup>. Das jetzige Konzept der Sanierungsarbeiten ist keineswegs unumstritten. Auch das bautechnische Konzept für die Sanierung des alten Sarkophags ist umstritten<sup>188</sup>.

### 4.3 Gefährdung durch den Sarkophag

Der schleppende Fortgang der Sanierung steht in starkem Widerspruch zu den Gefahren, die von dem Sarkophag ausgehen. Beim Einsturz des Sarkophags droht in jedem Fall die Freisetzung einer radioaktiven Wolke, die in der Umgebung der Anlage zu erneuten Kontaminationen führen könnte.

Ein Teil der erforderlichen Stabilisierungsmaßnahmen wurde vor einigen Jahren durchgeführt, weitere Arbeiten stagnierten. Ende des Jahres 2002 bewertete ein offizieller Vertreter der Anlage den Zustand des Sarkophags kritisch, Überwachungssysteme, die den Zustand des Sarkophags überwachen sollen, würden wegen fehlender Mittel nicht instand gehalten<sup>189</sup>. Der Zustand des Sarkophags wurde im Jahr 2003 von der Internationalen Fachzeitschrift *Nuclear Engineering International* als „unakzeptabel“ beschrieben<sup>190</sup>. Der russische Energieminister Rumjanzew warnte im April 2003 vor dem Einsturz des Sarkophags. Auch wenn die Motive seiner Warnung kritisiert wurden, die Gefahr wächst – unbestritten von allen Fachleuten – von Jahr zu Jahr<sup>191</sup>.

Die offiziellen Angaben zur Auslegungsdauer der Baukonstruktion schwanken, wie schon erwähnt, von „20 bis 25“ bis „maximal 30“ Jahre (2006 bis 2016). Ein Ende der Auslegungszeit des Sarkophags ist in jedem Fall absehbar. Einer Meldung vom März 2003 zufolge läuft die Frist seines garantierten Betriebs in zwei Jahren ab, die Experten schlagen jedoch bereits jetzt Alarm. Die Wände des Sarkophags haben Spalten, die Decke senke sich herab<sup>192</sup>.

Staubexplosionen bzw. Brände im Inneren des Sarkophags oder äußere Einflüsse, wie ein Flugzeugabsturz, die die Struktur zum Einsturz bringen können, stellen weitere Risikofakto-

ren dar. Im Zusammenhang mit der Einsturzgefahr darf auch die Möglichkeit einer Zerstörung des Sarkophags durch Erdbeben nicht außer Acht gelassen werden<sup>193</sup>. Im Jahre 1990 war die Baukonstruktion bereits einem Erdbeben ausgesetzt (Stärke 6,8 Richterskala).

Nicht nur durch einen möglichen Gebäudeeinsturz, sondern auch durch die bereits vorhandenen Gebäudeöffnungen kann es zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung kommen. Sicherheitsanalysen im Jahr 2002 zeigten, dass Öffnungen von insgesamt ca. 1.000 m<sup>2</sup> im Dach und den Seiten vorhanden sind. Immer noch kann eine bedeutende Menge Wasser nach innen gelangen und sich mit radioaktivem Staub vermischen. Tiere (Eichhörnchen, Vögel und Insekten) können nach Belieben hinein und wieder heraus kommen und so auch Radioaktivität in der Umgebung verteilen<sup>194</sup>. Bei starken Winden können radioaktive Partikel aus dem Sarkophag gelangen. Der ehemalige Direktor der Schutzanlage sagte dazu bereits im April 2001: „Wenn wir die Radioaktivität sehen könnten, würde es eine Rauchwolke über dem Sarkophag geben“<sup>195</sup>.

Darüber hinaus besteht – unter der Annahme, dass sich der größte Teil des Kernbrennstoffs doch noch im zerstörten Reaktorgebäude befindet – die Gefahr, dass eindringendes Wasser zu einem Wiederaufflackern der Kettenreaktion im Brennstoff führt. Wasser wirkt als Neutronen-Bremse und unterstützt damit Kettenreaktionen, die durch langsame Neutronen sehr viel leichter in Gang kommen als durch schnelle Neutronen. Auch wenn eine heftige Explosion als unwahrscheinlich anzusehen ist, kann schon der intensive Neutronen-Schauer, der mit jeder Kettenreaktion verbunden ist, in der näheren Umgebung verheerende Wirkungen haben.

Dieses Gefahrenmoment besteht nicht nur in der Theorie. Messinstrumente im Inneren des Sarkophags haben bereits mehrmals einen erhöhten Neutronenfluss festgestellt, vermutlich im Zusammenhang damit, dass Wasser mit dem Kernbrennstoff in Berührung kam. Erstmals trat dies im Jahre 1990 auf, als zwischen dem 24. Juni und dem 1. Juli eine Zunahme der Neutronenstrahlung auf das bis zu Sechzigfache gemessen wurde<sup>196</sup>. Ähnliche Vorfälle ereigneten sich 1995<sup>197</sup>, sowie am 12. und 16. September 1996<sup>198</sup>. Am 8. Juli kam es erneut zu einem Alarm aufgrund einer gestiegenen Neutronenstrahlung innerhalb des Reaktors, allerdings war dieser höchstwahrscheinlich ein Fehl-Alarm<sup>199</sup>.

Diese Vorfälle waren in ihren Auswirkungen sehr begrenzt. Tendenziell bestätigen sie eher die Annahme, dass sich noch nennenswerte Mengen an Kernbrennstoff im Sarkophag befinden. Die deutsche Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit vertritt auf der Grundlage von Messungen und Berechnungen, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden, die Ansicht, dass ein Wiederaufleben der Kettenreaktion „sehr unwahrscheinlich“ sei. Die Belastbarkeit dieser Aussage erscheint allerdings als eingeschränkt. In der gleichen Stellungnahme weist diese Gesellschaft auch darauf hin, dass der Verbleib von 30 Tonnen Kernbrennstoff im Sarkophag nicht belegt und nur vermutet werden könne<sup>200</sup>. Angesichts derartiger Unsicherheiten bei der Lokalisierung des Brennstoffs können Aussagen zur Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Kettenreaktion lediglich den Charakter von Vermutungen haben.

Regenwasser im Inneren des Sarkophags kann nicht nur zur Gefahr der Kettenreaktionen beitragen. Weiterhin ist zu befürchten, dass dieses Wasser das Grundwasser erreichen wird. Es wird kritisiert, dass diese Gefahr im Shelter Implementation Plan nicht in Erwägung gezogen wird. Der Vorschlag, eine Betonplatte unter dem Reaktor zu installieren, wurde nicht in den Plan aufgenommen<sup>201</sup>.

Es gibt zwar erste Hinweise, dass Radionuklide über Undichtigkeiten in das Grundwasser gelangen; eine Kontamination durch radioaktive Flüssigkeiten aufgrund von Ableitungen durch mögliche Risse im Sarkophag konnte aber bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden. Bisher ist zum einen die während des Unfalls freigesetzte Radioaktivität im Boden und im

Grundwasser dominierend. Zum anderen kommen andere potenzielle Gefahrenquellen für eine Kontaminierung des Grundwassers in Frage. Im Bereich des Standorts Tschernobyl befinden sich Kernbrennstoffreste in Abfallgräben, und es hat sich während des Unfalls eine großflächige radioaktive Kontaminationsschicht gebildet. Diese Kontaminationsschicht befindet sich heute unter bis zu 3 m dicken Auffüllungen und etwa 5 m oberhalb des Grundwassers<sup>202</sup>.

Das eingedrungene Wasser beschleunigt in jedem Fall zusätzlich den Verfall der Gebäudestruktur<sup>203</sup>.

Eine genaue Einschätzung der oben genannten Risiken ist schwierig; sie hängen nicht zuletzt wesentlich davon ab, wie groß die Kernbrennstoffmengen tatsächlich sind, die sich im Gebäude befinden.

Die Sanierung des Sarkophags wird immer mehr zu einem Wettlauf mit der Zeit. Es bleibt zu hoffen, dass die Stabilisierungsmaßnahmen im Juni 2004 tatsächlich beginnen und wie geplant vorangehen. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die Arbeiten die Einsturzgefahr des Sarkophags erhöhen können.

Der Vorteil des Shelter Implementation Plans war darin zu sehen, sofort mit technischen Arbeiten beginnen zu können, ohne ein fertiges technisches Gesamtkonzept zu haben. Konzepte zur Behandlung der radioaktiven Wassermassen und zur Bindung des im Sarkophag befindlichen radioaktiven Staubs liegen inzwischen auch vor. Das wichtigste Konzept jedoch, das Konzept zur Bergung der brennstoffhaltigen Massen, ist bisher in keiner Weise erkennbar.

Ukrainische Behörden hatten vorgeschlagen, das im Reaktorblock-4 verbliebene radioaktive Material innerhalb des neuen Schutzes über die Jahre abzubauen und zu speichern. Der Shelter Implementation Plan schließt dieses nicht aus, sieht es aber auch nicht direkt vor. Es ist nicht auszuschließen, dass dafür keine finanziellen Mittel vorgesehen sind. Die Unklarheiten über die Bergung der brennstoffhaltigen Massen in dem zerstörten Reaktorblock-4 stehen im Widerspruch zu der Tatsache, dass die Gefährdungen nun aber gerade von diesen hochradioaktiven Materialien ausgehen. Ein deutlicher Schritt in Richtung einer Gefahrenabwendung ist daher noch nicht vollzogen. Die bisherigen Äußerungen lassen vermuten, dass bis heute weder technische noch zeitliche Konzepte entwickelt wurden.

Es macht also wenig Sinn, in den kommenden Jahren als mittelfristige Maßnahme mit hohem finanziellem Aufwand eine zweite Hülle um den zerstörten Reaktorblock zu bauen. Es ist zu befürchten, dass die Gefahren nicht beseitigt werden und eine Lösung des eigentlichen Problems nur verschoben wird.

Hinzu kommt, dass sich die Umsetzung des Shelter Implementation Plans, d.h. auch dringender Stabilisierungsmaßnahmen, immer wieder verzögert. Ob der Grund dafür in Unzulänglichkeiten bei der Umsetzungen des Plans zu suchen ist oder ob begründete Widerstände gegen das technische Konzept, das inzwischen fast 1 Milliarde US\$ teure Projekt immer wieder zum Stoppen bringen, ist nicht abschließend zu klären. Die Wirkung ist aber gleich: Vom Sarkophag geht auch 6 Jahre nach Beginn des Shelter Implementation Plans eine akute Gefahr für eine langfristige Kontaminierung weiträumiger Gebiete aus. Die geplante Aufhebung des Verbots des Lebens in der Tschernobyl-Zone wird die Gefahr für die Bevölkerung erhöhen.

Es bleibt zu hoffen, dass zumindest die geplanten Stabilisierungsmaßnahmen des alten Sarkophags eine Verringerung der akuten Einsturzgefahr nach sich ziehen.

## 4.4 Weitere Aktivitäten am Standort

### Situation Atomkraftwerk Tschernobyl:

Die Gefahren, die vom AKW Tschernobyl ausgingen, waren besonders groß, solange der Block 3 des Atomkraftwerks Tschernobyl, der dem Sarkophag direkt benachbart ist, noch betrieben wurde. Zumindest in diesem Punkt ist in den letzten Jahren ein Fortschritt eingetreten – der Reaktor Tschernobyl 3 wurde am 15. Dezember 2000 endgültig abgeschaltet<sup>204</sup>. Es dauerte nach dem Unfall in Block 4 mehr als vierzehneinhalb Jahre, bis dieser Schritt endlich erfolgte.

Zwei Jahre nach der Stilllegung des Reaktorblocks 3 wurde in der Ukraine über seine mögliche Wiedereröffnung diskutiert. Nach Meinung eines offiziellen Vertreters des ukrainischen Energieministeriums stellte das Atomkraftwerk Tschernobyl in abgeschaltetem Zustand eine größere Gefahr für die Ukraine dar. Die Befürworter argumentierten, dass die produzierte Energie die finanziellen Mittel liefern könnte, um die Schutzmaßnahmen am zerstörten Reaktorblock-4 durchführen zu können. Ein hoher Vertreter der Anlage sagte, dass die für das Jahr 2002 geplanten Maßnahmen hauptsächlich wegen einer Unterfinanzierung nicht umgesetzt werden konnten<sup>205</sup>. Der Direktor des AKW Tschernobyl revidierte im April 2003 seinen Wunsch zum Wiederaufstart des Reaktorblocks-3. Dieses sei aufgrund erforderlicher Nachrüstungen wesentlich teurer als die Stilllegung, seine Äußerung im Herbst 2002 sei eher „emotional“ motiviert gewesen<sup>206</sup>.

Im September 2003 forderte die kommunistische Partei der Ukraine in einer Resolution im Parlament ein Wiederaufstart des stillgelegten Reaktorblocks 3, da die Stilllegung – gegen das Interesse der Ukraine – vom „Westen diktiert“ wurde<sup>207</sup>.

Meldungen wiesen darauf hin, dass im Jahr 2002 die geplanten Arbeiten zur Stilllegung des Atomkraftwerks Tschernobyl nicht effektiv durchgeführt wurden. Es kam außerdem zu Arbeitssicherheits- und Strahlenschutzverstößen. Die geringe Finanzierung der staatlichen Projekte hätte zur Übertretung der Strahlenschutzbestimmungen am Standort Tschernobyl geführt<sup>208</sup>. Eine Verbesserung des Stilllegungs-Managements und eine Erhöhung des Verantwortungsbewusstseins derjenigen, die für die Sicherung des zerstörten Reaktorblocks zuständig sind, wurde gefordert<sup>209</sup>.

Im März 2003 wies das Management des Atomkraftwerks Tschernobyl die Vorwürfe der Regierung zurück. Die Hauptziele der Programme zur Stilllegung und Sicherung des Sarkophags seien erreicht worden. Die für die Stilllegung erforderliche Infrastruktur sei gebaut worden. Das Management gestand jedoch auch einige Versäumnisse und Schwierigkeiten ein. Die Belegschaft des Atomkraftwerks sei auf 4.174 Personen reduziert worden; das seien 887 weniger als vom Energieministerium empfohlen. Einige technische Projekte konnten wegen der fehlenden finanziellen Mittel nicht in Angriff genommen werden. Aufgrund der unregelmäßigen und ungenügenden Zahlungen konnte der Lohn nur unregelmäßig ausgezahlt werden. Dadurch kam es zu Spannungen innerhalb der Belegschaft und zu einem Streik. Zusätzlich sei mehrfach angedroht worden, die Strom- und Gasversorgung zu kappen.

Auch im Jahr 2001 war es schon zu Unregelmäßigkeiten gekommen. Anfang 2003 wurde ein Verfahren gegen Beamte des ehemaligen Atomkraftwerks Tschernobyl eröffnet. Die Beamten sind der Steuerhinterziehung und Missbrauchs der Amtsgewalt beschuldigt. Nach offiziellen Angaben enthüllten staatliche Kontrollen, dass das Management der Anlage im November und Dezember 2001 mehr als 5,5 Millionen US\$ falsch einsetzte<sup>210</sup>.

Die endgültige Stilllegung des Atomkraftwerks Tschernobyl, d.h. auch die Entnahme aller Brennelemente aus dem Reaktorkern und dem Lagerbecken des Blocks-3, ist erst für das Jahr 2008 geplant. Bis zu diesem Moment geht von dem Reaktorblock-3 eine nukleare Gefahr aus<sup>211</sup>. Auch aus Block-1 sind erst die Hälfte der Brennelemente entladen<sup>212</sup>. Zeitverzögerungen der geplanten Arbeiten sind zu befürchten, denn die Inbetriebnahme des neuen Brennelementlagers verzögert sich um zwei weitere Jahre. Die Fertigstellung dieses Brennelementlagers wird nicht vor 2007 möglich sein, geplant war Ende 2004.

#### Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle:

*Framatome ANP* hatte im Jahr 1999 den Zuschlag für die Errichtung der Anlage nach dem Nuhoms-Konzept erhalten. Das Lager wird ebenfalls mit Mittel der *EBWE* finanziert. Die Anlage soll alle Brennelemente aus den Tschernobyl Reaktoren in Kanister einlagern, die dann in Beton-Modulen aufbewahrt werden sollen. Das Brennelementlager ist für die Lagerung von 22.000 Brennelementen für den Zeitraum von 100 Jahren vorgesehen.

*Framatome ANP* wurde vorgeworfen, zu optimistische Annahmen bei der Auslegung getroffen zu haben. Es sei nicht realisiert worden, dass viele der Brennelemente beschädigt sind. Hinweisen zufolge sind die Brennelemente bei dem Transport aus den Lagerbecken der Reaktoren in das Nasslager beschädigt worden. Außerdem sei die Handhabung unterschätzt wurden; denn die tatsächliche Kontamination des Geländes sei wesentlich höher als erwartet, so dass fern bediente Wartung erforderlich wird. Dadurch muss die Anlage komplett neu ausgelegt werden. Die Mehrkosten in Höhe von mehreren Zehn-Millionen teilen sich die *EBWE* und *Framatome*, wobei *Framatome* den größeren Anteil übernimmt. Die abgebrannten Brennelemente werden zunächst weiterhin in den Lagerbecken der abgeschalteten Reaktorblöcke 1 und 3 und teilweise in den Reaktorkernen, sowie in dem separaten Nasslager, das im Jahr 1986 eingerichtet wurde und für 30 Jahre ausgelegt ist, verbleiben. Da aber auch dieses Nasslager unter den katastrophalen Bedingungen nach dem Reaktorunfall errichtet wurde, erfüllt es weder ukrainische noch internationale Sicherheitsanforderungen<sup>213</sup>. Der Plan war vorher schon einmal geändert worden. Es wurde innerhalb des Geländes des AKW Tschernobyl verlegt; die veranschlagten Kosten wurden erhöht<sup>214</sup>.

In den letzten Jahren begannen auch Aktivitäten zur Errichtung verschiedener Anlagen zum Umgang mit den radioaktiven Abfällen am Standort Tschernobyl. Die vorhandenen Anlagen genügen nicht den Anforderungen für eine sachgerechte Lagerung und Behandlung aller bei der Schließung des Kraftwerks anfallenden radioaktiven Abfälle. Zurzeit werden in Tschernobyl über 30.000 m<sup>3</sup> flüssige radioaktive Abfälle und rund 2.500 m<sup>3</sup> feste radioaktive Abfälle in unbehandelter Form gelagert. Im Rahmen der endgültigen Stilllegung werden weitere Abfallmengen dazukommen<sup>215</sup>. Die Gesamtkosten, inklusive Betrieb der Anlagen, belaufen sich auf ca. 640 Millionen US\$<sup>216</sup>.

Eine Anlage zur Verarbeitung von flüssigen radioaktiven Abfällen wurde bereits gebaut. Die Inbetriebnahme der Anlage verschob sich von Ende 2002 auf Mitte 2003. Die Anlage dient der Eindickung und Verarbeitung von radioaktiven Flüssigkeiten, die vor allem aus damaligen Löscharbeiten aus dem zerstörten Reaktor stammen. Damit sollen dann der Zugang zu den Gebäuden und gleichzeitig auch die Absicherungsarbeiten erleichtert werden<sup>217</sup>. Die Anlage soll etwa 35.000 m<sup>3</sup> Flüssigabfall in 10 Jahren aufarbeiten.

Am 11. November 2003 war Grundsteinlegung für das Abfallzentrum für feste radioaktive Abfälle, das das deutsche Unternehmen *RWE Nukem* im Auftrag der ukrainischen Atomkonzerns *Energoatom* errichtet. Finanziert wird das Projekt von der *EU*. 40 % der Arbeit waren bis dahin abgeschlossen. Die Fertigstellung ist bis Mitte des Jahres 2005 vorgesehen. Ukrainische Firmen sind an dem Bau beteiligt. In diesem Abfallzentrum (ICSRM= Industrial Com-

plex for Solid Radwaste Management) sollen feste Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Blöcke 1 bis 3 konditioniert werden. Die Verarbeitung soll in drei Schritte erfolgen: Zuerst sollen die zwischengelagerten festen radioaktiven Abfälle aus den Bunkern am Standort entnommen werden. Als nächstes sollen diese und die bei der Stilllegung der Reaktorblöcke 1 bis 3 angefallenen festen Abfälle in eine für die Endlagerung geeigneten Form verarbeitet werden. Hochaktive und langlebige Festabfälle werden aussortiert und sollen separat auf dem Gelände gelagert werden. Zum Schluss sollen die verarbeiteten Abfälle in Endlager-Container verbracht werden. Verarbeitet werden auch Abfälle, die aus dem Verarbeitungskomplex für flüssige Abfälle stammen. Das Endlager befindet sich 13 km vom Standort entfernt in der für die Bevölkerung gesperrten 30 km Zone<sup>218</sup>.

Das ukrainische Atomunternehmen *Energoatom* plant die Errichtung eines zentralen Brennelementlagers für abgebrannte Brennelemente aus den Atomkraftwerken Südukraine, Rovno und Khmelnytski. Ein Standort in der 30 km Zone um das AKW Tschernobyl ist im Gespräch. Das Lager soll für 300 Jahre ausgelegt werden. Bisher werden die meisten abgebrannten Brennelemente nach Russland gebracht. Das AKW Zaporozhye (6 WWER-1000 Reaktorblöcke) hat bereits ein eigenes Lager in Betrieb<sup>219</sup>.

Die umfangreichen und langwierigen Arbeiten zur Errichtung von Anlagen zur Abfallbehandlung sind notwendige Maßnahmen zur Stilllegung des Atomkraftwerks Tschernobyl. Der bisherige Ablauf der Arbeiten ist von vielfältigen Schwierigkeiten begleitet. Pressemeldungen zufolge sind im Jahr 2003 Verbesserungen gegenüber den teilweise katastrophalen Zuständen der letzten Jahre eingetreten. Es bleibt zu hoffen, dass diese Verbesserungen andauern. Die aufgetretenen Probleme beim Bau des Brennelementlagers werfen jedoch eine Menge Fragen auf. Die hinzukommenden Stabilisierungsmaßnahmen am baufälligen Sarkophag und der Bau des neuen Shelters wird die Lage auf der Großbaustelle am Standort Tschernobyl zusätzlich verkomplizieren. Ein reibungsloser Ablauf der geplanten Arbeiten ist nach den bisherigen Vorkommnissen kaum zu erwarten.

---

## Quellenangaben:

<sup>1</sup> International Journal for Nuclear Power, atw 49, Heft 2, Februar 2004

<sup>2</sup> Nucleonics Week, February 20, 2003

<sup>3</sup> The Human Consequences of the Chernobyl Nuclear Accident – A Strategy for Recovery; Report Commissioned by UNDP and UNICEF with the support of UNOCHA and WHO, January 25, 2002

<sup>4</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA): Tschernobyl Info, [www.chernobyl.info/de](http://www.chernobyl.info/de), eingesehen im März 2004

<sup>5</sup> Vorwort von Kofi Annan, Generalsekretär der Vereinten Nationen, zu der o. g. Studie der UNOCHA, 2000

<sup>6</sup> Neues Deutschland, 10.06.2003

<sup>7</sup> Strahlentelex Nr. 392-393, 2003

<sup>8</sup> E. Lengfelder, Chr. Frenzel: 15 Jahre nach Tschernobyl: Folgen und Lehren der Reaktorkatastrophe, OTTO Hug Strahleninstitut, September 2001

<sup>9</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA), 2004, s. o.

<sup>10</sup> WISE/NIRS Nuclear Monitor 586, 25. April 2003

- 
- <sup>11</sup> P. Hille et al.: Die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl für Mensch und Umwelt: Eine Bestandsaufnahme; Forum für Atomfragen (FAF), Wien, Dezember 1996
- <sup>12</sup> U. Fink et al.: Strahlung im Alltag II – die Qualität der Nahrungsmittel nach Tschernobyl; Zweitausendeins, Frankfurt/Main 1986
- <sup>13</sup> Communication of 10 September 1998 Received from the Permanent Mission of Belarus to the International Atomic Energy Agency; GC42/INF/9, IAEA, 1998
- <sup>14</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>15</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA): Tschernobyl Info, [www.chernobyl.info/de](http://www.chernobyl.info/de), eingesehen am 21.03.03
- <sup>16</sup> FAF 1996, s. o.
- <sup>17</sup> The World Factbook; CIA, [www.odci.gov](http://www.odci.gov), Stand März 2003; sowie: Jahrbuch Aktuell 2000; Harenberg, Dortmund 1999
- <sup>18</sup> IAEA 1998, s. o.
- <sup>19</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s. o.
- <sup>20</sup> Welt in Zahlen, [www.welt-in-zahlen.de](http://www.welt-in-zahlen.de); eingesehen im März 2004
- <sup>21</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>22</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2004, s. o
- <sup>23</sup> Neues Deutschland, 10.06.2003
- <sup>24</sup> Nucleonics Week, April 22, 1999
- <sup>25</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2004, s. o.
- <sup>26</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s. o.
- <sup>27</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>28</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s. o.
- <sup>29</sup> Strahlentelex Nr. 51, 1989
- <sup>30</sup> Deutscher Bundestag, Bundestag Heft 11, 19.06.1996
- <sup>31</sup> Dr. Werner Eich, Bundesverwaltungsamt, „The Compensation of Damage in Germany following the Chernobyl Accident“, OECD/NEA Tagung, Paris, November 2001
- <sup>32</sup> Umweltnachrichten 84, Umweltinstitut München, 1999
- <sup>33</sup> Strahlentelex Nr. 276-277, 1998
- <sup>34</sup> Strahlentelex Nr. 376-377, 2002
- <sup>35</sup> Bayr. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz; Pressemitteilung, München, 26. September 2003, [www.umweltministerium.bayern.de](http://www.umweltministerium.bayern.de), eingesehen im März 2004
- <sup>36</sup> VSE AES, 02.07.2003
- <sup>37</sup> J.T. Smith et al.: Pollution: Chernobyl's legacy in food and water; Nature 405, 141 (2000)
- <sup>38</sup> Strahlentelex Nr. 186-187, 1994
- <sup>39</sup> Strahlentelex Nr. 170-171, 1994
- <sup>40</sup> Meldung von dpa, Stockholm, 25.04.2001
- <sup>41</sup> Nuclear News Flashes, 08.07.2003



- 
- <sup>42</sup> Nuclear News Flashes, 08.07.2003
- <sup>43</sup> Nucleonics Week, February 28, 2002
- <sup>44</sup> The Chernobyl Accident and its Consequences; Nuclear Energy Institute, Washington, D.C., 1998
- <sup>45</sup> Action undertaken in 1998-1999 to study, mitigate and minimize the effects of the Chernobyl disaster – Report of the Secretary-General, U.N. General Assembly, A/54/449, 07.10.1999
- <sup>46</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>47</sup> Nucleonics Week, May 2, 2002
- <sup>48</sup> V. Nesterenko, Informationen des Institutes für Strahlenschutz –Belrad: Vortrag V. Internationalen Kongress "Die Welt nach Tschernobyl", Minsk 17.04 - 20.04.2001
- <sup>49</sup> J.T. Locher: Tschernobyl: eine Bilanz aus medizinischer Sicht; Schweizerische Ärztezeitung; Nr. 17, 2003
- <sup>50</sup> Strahlenschutz Praxis /2003: 17 Jahre nach Tschernobyl: Wahrheit und Mythos, 2003
- <sup>51</sup> IPPNW: Cernobyl – Factors influencing the assessment of chernobyl health consequences and the contribution of international nongovernmental organisations to research and treatment of thyroid pathologies in Belarus; 2003
- <sup>52</sup> WISE/NIRS Nuclear Monitor 594, 10.Oktober 2003
- <sup>53</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s. o.
- <sup>54</sup> J.T. Locher: Tschernobyl: eine Bilanz aus medizinischer Sicht; Schweizerische Ärztezeitung; Nr. 17, 2003
- <sup>55</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>56</sup> E. Cardis et al.: Observed and Predicted Thyroid Cancer Incidence Following the Chernobyl Accident – Evidence for Factors Influencing Susceptibility to Radiation Induced Thyroid Cancer; in: Radiation and Thyroid Cancer; World Scientific Publishing, Brussels-Luxembourg, 1999
- <sup>57</sup> Nucleonics Week, April 25, 2002
- <sup>58</sup> IPPNW, Presseinformation: 16 Jahre nach dem Tschernobyl-GAU, [www.ippnw.de](http://www.ippnw.de), eingesehen im März 2003
- <sup>59</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s. o.
- <sup>60</sup> Nuclear News Flashes, 25.04.2003
- <sup>61</sup> UNOCHA 2000, s. o.
- <sup>62</sup> Strahlentelex Nr. 408-409, Januar 2004
- <sup>63</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Entwicklung der Leukämieraten bei Kindern in den durch Tschernobyl radioaktiv belasteten Gebieten der ehemaligen Sowjetunion; Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-2003-615; 2003
- <sup>64</sup> Nuclear News Flashes, 25.04.2003
- <sup>65</sup> Y.I. Vygorskaja et al.: Epideomiology of Leukemia/Lymphoma in Rovno and Ivano-Frankirsk Region (Ukraine) before and after Chernobyl Accident, 1981-1994; in: Internationaler Kongreß ‚Die Wirkung niedriger Strahlendosen‘, Münster, 19.-21.03.1998
- <sup>66</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s. o.
- <sup>67</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s. o.
- <sup>68</sup> E.F. Konoplya et al. 1996, s. o.
- <sup>69</sup> E.F. Konoplya et al.: The Chernobyl Catastrophe – Consequences in the Republic of Weißrussland; National Report, Minsk, 1996
- <sup>70</sup> FAF 1996, s. o.

- 
- <sup>71</sup> International Physicians for the Prevention of Nuclear War (IPPNW): Die Folgen von Tschernobyl, [www.tschernobylfolgen.de](http://www.tschernobylfolgen.de), eingesehen am 21.03.03
- <sup>72</sup> FAF 1996, s. o.
- <sup>73</sup> IPPNW 2003, s. o.
- <sup>74</sup> Belarus: Facing the Disaster alone; Bericht im UNESCO-Courier, Oktober 2000, [www.unesco.org](http://www.unesco.org), eingesehen am 03.04.2002
- <sup>75</sup> Strahlentelex Nr. 398-399, 2003
- <sup>76</sup> United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR): Hereditary Effects of Radiation, New York, 2001
- <sup>77</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s. o.
- <sup>78</sup> Lazjuk, G.I. et. al.: Dynamik der angeborenen und vererbten Pathologien in Folge der Katastrophe von Tschernobyl, in: Die wichtigsten wissenschaftlichen Referate, International Congress "The World after Chernobyl", Minsk, 1996,
- <sup>79</sup> M. Tirmarche (IRSN) et al.: FGI - Programme 3: HEALTH, Eurosafe 2002
- <sup>80</sup> Recommendations of the European Committee on Radiation Risk: The Health Effects of Ionising Radiation Exposure at Low Doses for Radiation Protection Purposes. Regulators' Edition 2003
- <sup>81</sup> Strahlentelex Nr. 404-405, November 2003
- <sup>82</sup> W. Burkart, J. Hendry (IAEA): From Hiroshima to Chernobyl: Epidemiological Findings, Uncertainties and Perceptions; atw Heft 4, April 2003
- <sup>83</sup> Nach Angaben der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de](http://www.grs.de), eingesehen am 03.04.2002
- <sup>84</sup> Nucleonics Week, April 26, 2001
- <sup>85</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>86</sup> Nuclear Engineering International, May 2003
- <sup>87</sup> The Radiological Consequences of the Chernobyl Accident; European Commission and Belarus, Russian and Ukrainian Ministries on Chernobyl Affairs, Emergency Situation and Health, Report EUR 16544 EN, 1996
- <sup>88</sup> United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UNOCHA): 3rd International Conference – Health Effects of the Chernobyl Accident: Results of 15-Year Follow-Up Studies; Kiev, 4 to 8 June 2001, Conclusions
- <sup>89</sup> WISE News Communiqué 529, May 05, 2000
- <sup>90</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s. o.
- <sup>91</sup> Nucleonics Week, May 2, 2002
- <sup>92</sup> Konoplya 1996, s. o.
- <sup>93</sup> Strahlentelex Nr. 346-347, 2001
- <sup>94</sup> Nucleonics Week, May 17, 2001
- <sup>95</sup> Strahlentelex Nr. 374-375, 2002
- <sup>96</sup> UNOCHA 2000, s. o.
- <sup>97</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>98</sup> Nucleonics Week, April 26, 2001
- <sup>99</sup> Nesterenko 2001, s. o.

- 
- <sup>100</sup> Nuclear Engineering International, May 2003
- <sup>101</sup> Institut für Strahlensicherheit BELRAD: Tschernobyl – Neue Wege zu Selbsthilfe; Minsk, Februar 2003
- <sup>102</sup> Untersuchungen zur Strahlenexposition von Einwohnern kontaminierter Ortschaften der nördlichen Ukraine  
Dissertation, Wolfgang Botsch, Hannover 2001
- <sup>103</sup> D. Beltz et al.: Die Nachbarn von Tschernobyl, Physikalische Blätter 56, Heft 10, 2000
- <sup>104</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2004, s. o.
- <sup>105</sup> Yahoo Nachrichten Deutschland, 11.10.2003
- <sup>106</sup> Die Presse, 22. 1. 2003
- <sup>107</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>108</sup> Belarus News, Meldung vom 14.08.2004, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>109</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2004
- <sup>110</sup> Belarus News, Meldung vom 14.08.2004, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>111</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>112</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2004, s. o.
- <sup>113</sup> Strahlentelex Nr. 374-375, 2002
- <sup>114</sup> H. Scherb et al.: Regression Analyses of Time Trends in Perinatal Mortality; Environment Health Perspectives, 108, 159-165, 2000
- <sup>115</sup> Strahlentelex Nr. 398-399, August 2003
- <sup>116</sup> A. Nidecker, M. Fernex: Gesundheitsfolgen bei Kindern nach der Explosion des AKWs in Tschernobyl;  
Schweizerischen Ärztezeitung 84, Nr.4, 2003
- <sup>117</sup> WISE/NIRS Nuclear Monitor 570, 28.Juni 2002
- <sup>118</sup> W. Hoffmann: Hat der Tschernobyl-Fallout in Europa Leukämien bei Kindern oder andere Gesundheitsschäden verursacht? Eine Bestandsaufnahme epidemiologischer Ergebnisse; in: Internationaler Kongress Münster 1998, s. o.
- <sup>119</sup> W. Hoffmann: Has fallout from the Chernobyl accident caused childhood leukaemia in Europe?; European Journal of Public Health 12, 72-76, 2002
- <sup>120</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s. o.
- <sup>121</sup> WISE/NIRS Nuclear Monitor 566, 12.April 2002
- <sup>122</sup> Nucleonics Week, November 29, 2001
- <sup>123</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de](http://www.grs.de), eingesehen am 21.3.03
- <sup>124</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>125</sup> Die Umsetzung des „Memorandum of Understanding“ zur Schließung des Standortes Tschernobyl, Arcadis Trischler & Partner GmbH, 2000
- <sup>126</sup> D. Bachner et al.: Die Zukunft des Sarkophages in Tschernobyl, ein internationales Projekt; in: 21. GRS-Fachgespräch, Garching, 04. November 1997
- <sup>127</sup> Chernobyl Status; U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), [www.nrc.gov](http://www.nrc.gov), January 1999
- <sup>128</sup> Nucleonics Week, April 15, 1999
- <sup>129</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001

- 
- <sup>130</sup> Nuclear Engineering International, May 2003
- <sup>131</sup> Nuclear Engineering International, May 2003
- <sup>132</sup> Nach Angaben der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de](http://www.grs.de), eingesehen am 05.04.2002
- <sup>133</sup> RBMK-Report 1996; Physikerbüro Bremen im Auftrag von Greenpeace e.V., Hamburg 1996
- <sup>134</sup> Strahlentelex Nr. 362-363, 2002
- <sup>135</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s. o.
- <sup>136</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s. o.
- <sup>137</sup> Bachner 1997, s. o.
- <sup>138</sup> WISE News Communique, April 27, 2001
- <sup>139</sup> Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage "Dauerhafte Versiegelung des Reaktorsarkophags in Tschernobyl", 27.10.1999BT-Drucksache 14/1880, [www.bmu.de](http://www.bmu.de), eingesehen im März 2003
- <sup>140</sup> International Chornobyl Center for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology (ICC), News 01.04.2003, [www.chornobyl.net](http://www.chornobyl.net), eingesehen im März 2004
- <sup>141</sup> Nucleonics Week, August 28, 2003
- <sup>142</sup> Nucleonics Week, March 18, 2004
- <sup>143</sup> IPPNW, Presseinformation am 25.04.2002, [www.ippnw.de](http://www.ippnw.de), eingesehen am 21.03.03
- <sup>144</sup> Nucleonics Week, December 2, 1999
- <sup>145</sup> Nuclear Engineering International, June 2001
- <sup>146</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>147</sup> Nuclear Engineering International, June 2001
- <sup>148</sup> Gesellschaft für Reaktorsicherheit, [www.grs.de](http://www.grs.de), eingesehen am 21.03.03
- <sup>149</sup> ICC s. o., News13.06.2003
- <sup>150</sup> Nuclear News Flashes, 10.07.2003
- <sup>151</sup> Nucleonics Week, March 18, 2004
- <sup>152</sup> Nucleonics Week, December 4, 2003
- <sup>153</sup> Nucleonics Week, December 4, 2003
- <sup>154</sup> Nucleonics Week, December 4, 2003
- <sup>155</sup> Belarus News, Meldung vom 02.03.2004, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>156</sup> The Washington Post, 10. Jan. 2003
- <sup>157</sup> ICC, News13.06.2003
- <sup>158</sup> Gesellschaft für Reaktorsicherheit, [www.grs.de](http://www.grs.de), eingesehen am 21.03.03
- <sup>159</sup> Nucleonics Week, March 15, 2002
- <sup>160</sup> Nucleonics Week, March 15, 2002
- <sup>161</sup> Nucleonics Week, June 20, 2002
- <sup>162</sup> ICC, News 01.04.2003
- <sup>163</sup> ICC, News 01.04.2003

- 
- <sup>164</sup> ICC, News 22.05.2003
- <sup>165</sup> Nucleonics Week, May 22, 2003
- <sup>166</sup> Belarus News, Meldung vom 17.12.2003, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>167</sup> ICC, News 09.06.2003
- <sup>168</sup> ICC, News 25.07.2003
- <sup>169</sup> ICC, News 07.08.2003
- <sup>170</sup> Nucleonics Week, March 15, 2002
- <sup>171</sup> WISE News Communiqué, June 18, 1999
- <sup>172</sup> Nucleonics Week, June 20, 2002
- <sup>173</sup> ICC, News 26.04.2003
- <sup>174</sup> Belarus News, Meldung vom 02.03.2004, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>175</sup> ICC, News 13.06.2003
- <sup>176</sup> Nucleonics Week, December 4, 2003
- <sup>177</sup> Belarus News, Meldung vom 17.12.2003, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>178</sup> Belarus News, Meldung vom 02.03.2004, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>179</sup> Nucleonics Week, December 4, 2003
- <sup>180</sup> Nucleonics Week, March 18, 2004
- <sup>181</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de](http://www.grs.de), eingesehen am 21.3.03
- <sup>182</sup> The Washington Post, 10. Jan. 2003
- <sup>183</sup> ICC, News 26.04.2003
- <sup>184</sup> TruthNews 24.4.2003
- <sup>185</sup> Nuclear Engineering International, May 2003
- <sup>186</sup> Nuclear Engineering International, March 1999
- <sup>187</sup> Nucleonics Week, August 2, 2001
- <sup>188</sup> Nucleonics Week, March 15, 2001
- <sup>189</sup> Nuclear Engineering International, December 2002
- <sup>190</sup> Nuclear Engineering International, May 2003
- <sup>191</sup> TruthNews 24.4.2003
- <sup>192</sup> Belarus News, Meldung vom 02.03.2004, [www.belarusnews.de](http://www.belarusnews.de), eingesehen im März 2004
- <sup>193</sup> Bachner 1997, s. o.
- <sup>194</sup> The Washington Post, 10. Jan. 2003
- <sup>195</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>196</sup> A. Borovoy: Safety Aspects of the Object Shelter of the Chernobyl Nuclear Power Plant Unit 4; Kurchatov Institute Working Materials, IAEA, Vienna, 1995
- <sup>197</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001

- 
- <sup>198</sup> Strahlentelex Nr. 234-235, 1996, Strahlentelex Nr. 244-245, 1997
- <sup>199</sup> Nucleonics Week, July 17, 2003
- <sup>200</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de](http://www.grs.de), eingesehen am 05.04.2002
- <sup>201</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>202</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s. o.
- <sup>203</sup> Nuclear Engineering International, May 2003
- <sup>204</sup> Nucleonics Week, December 21, 2000
- <sup>205</sup> Nuclear Engineering International, December 2002
- <sup>206</sup> ICC, News 25.04.2003
- <sup>207</sup> Platts Nuclear News Flashes, 18.09.2003
- <sup>208</sup> Nucleonics Week, June 20, 2002
- <sup>209</sup> Baku today, 19.02.2003
- <sup>210</sup> VOA News 09.01.2003
- <sup>211</sup> Pravda 16.12.2002
- <sup>212</sup> Nuclear Engineering International, February 2003
- <sup>213</sup> Nucleonics Week, December 4, 2003
- <sup>214</sup> Nucleonics Week, January 8, 2004
- <sup>215</sup> G. Damette et al.: Support in licensing activities related to decommissioning of Chernobyl NPP; in: EURO-SAFE, Paris, 18. & 19. November 1999
- <sup>216</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s. o.
- <sup>217</sup> International Journal for Nuclear Power, atw 47, Heft 10, Oktober 2002
- <sup>218</sup> International Journal for Nuclear Power, atw 48, Heft 12, Dezember 2003
- <sup>219</sup> Nucleonics Week, December 11, 2003