



## **17 JAHRE NACH TSCHERNOBYL**

**VIELFÄLTIGE PROBLEME**

**HALBHERZIGE LÖSUNGEN**

**UNKLARE PERSPEKTIVEN**

Verfasser: Helmut Hirsch, Oda Becker

Hannover, im April 2003

# 17 Jahre nach Tschernobyl

VIELFÄLTIGE PROBLEME  
HALBHERZIGE LÖSUNGEN  
UNKLARE PERSPEKTIVEN

Verfasser: Helmut Hirsch, Oda Becker  
Hannover, im April 2003

<u>1 Einleitung</u> .....	3
<u>2 Kontaminierte Flächen und Kosten von Tschernobyl</u> .....	4
<u>2.1 Weißrussland</u> .....	5
<u>2.2 Ukraine</u> .....	5
<u>2.3 Russische Föderation</u> .....	6
<u>2.4 Westeuropäische Staaten</u> .....	6
<u>3 Die Folgen für die betroffenen Menschen</u> .....	7
<u>3.1 Schilddrüsenkrebs</u> .....	8
<u>3.2 Andere Erkrankungen der Bevölkerung</u> .....	9
<u>3.3 Folgen bei den „Liquidatoren“</u> .....	11
<u>3.4 Fortbestehende Gefahren radioaktiver Verstrahlung</u> .....	11
<u>3.5 Psychosoziale Folgen</u> .....	13
<u>3.6 Gesundheitsfolgen in Westeuropa</u> .....	14
<u>4 Die Lage am Standort – der „Sarkophag“</u> .....	16
<u>4.1 Der Zustand des Sarkophags</u> .....	16
<u>4.2 Der Shelter Implementation Plan</u> .....	17
<u>4.3 Gefährdung durch den Sarkophag</u> .....	21
<u>4.4 Weitere Aktivitäten am Standort</u> .....	23

# 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 des Museums in Tschernobyl im Juni 2002**

Tschernobyl scheint nicht mehr aktuell zu sein. In Mittel- und Osteuropa werden neue Atomprojekte vorangetrieben. Mit dem Votum des finnischen Parlaments für ein neues (fünftes) Atomkraftwerk im Mai 2002 fiel die erste Entscheidung für den Neubau eines Atomkraftwerkes in Europa seit rund 10 Jahren. Das tschechische Atomkraftwerk Temelín ist in den letzten Jahren, trotz heftiger Proteste, in Betrieb gegangen

Am 23. Februar 2001 ging in Russland der Reaktorblock Rostov-1 in Betrieb. Damit wurde in diesem Land der erste neue Atomstandort seit dem Tschernobyl-Unfall erschlossen<sup>1</sup>. Selbst der Tschernobyl-Reaktortyp RBMK soll nach dem Willen der russischen Nuklearindustrie wieder salonfähig werden. Russland wurde kürzlich eingeladen, in der Arbeitsgruppe für Nukleare Sicherheit der G7-Staaten mitzuarbeiten, verweigert jedoch diese Mitwirkung, 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 Sanierungsmaßnahmen am Standort Tschernobyl schleppen sich mit jahrelangen Verzögerungen dahin.

Für über sieben Millionen Menschen ist der Atomunfall von Tschernobyl 1986 jedoch nach wie vor hochaktuell. Sie leiden jeden Tag unter den Folgen der Katastrophe. Dabei ist bisher nur die Spitze des Eisberges 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 der Verringerung der Kontamination durch radioaktiven Zerfall 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>.

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. Und 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>4</sup>

In den letzten Jahren erfahren neben den Gesundheitsfolgen auch die psycho-sozialen Folgen des Unfalles, insbesondere der Umsiedlungen, 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 17 Jahre nach dem Unfall fehlt es noch immer an medizinischen Geräten und an Medikamenten für die Versorgung der Opfer. Die Internationale Hilfsorganisation IFRC beklagt das deutlich abnehmende Interesse von Geldgebern an ihren Tschernobyl-Programmen. Auf einen Teil der geplanten medizinischen Untersuchungen und die vorgesehene Ausdehnung der psycho-sozialen Betreuung musste bereits verzichtet werden, in der ersten Jahreshälfte 2002 kamen finanzielle Beiträge ausschließlich aus Großbritannien.

Nach wie vor gehen vom Standort Tschernobyl Gefahren aus. Auch der seit 1997 durchgeführte Shelter Implementation Plan zur Sanierung des zerstörten Reaktorblocks-4 änderte daran bisher wenig.

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 – allen voran Weißrussland – unter den Folgen der Katastrophe. Noch für viele Jahre stellen die erforderlichen Aufwendungen eine erhebliche finanzielle Last dar.

Im Ausgleich für die Stilllegung des letzten Reaktorblocks in Tschernobyl wurde eine Ko-Finanzierung der Fertigstellung zweier ukrainischer Atomkraftwerke (Khmelnitsky 2 und Rovno 4) durch die Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung vereinbart. Dieses Projekt war und ist sicherheitstechnisch außerordentlich umstritten. Nach jahrelangen wechselhaften Diskussionen um die Finanzierung (zu der auch EURATOM-Kredite beitragen sollen), hofft die Ukraine nun auf Fertigstellung und Inbetriebnahme der Reaktoren im Jahr 2004. Um die Finanzierung zu erleichtern, sollen die Kosten gesenkt werden<sup>5</sup>. Damit wären zwangsläufig weitere Abstriche bei der Sicherheit verbunden.

Ein Ausstieg der osteuropäischen Länder aus der Atomkraft zeichnet sich bisher - auch mittelfristig - nicht ab.

Fehlende finanzielle Mittel für Schutzmaßnahmen am zerstörten Reaktorblock-4 lassen in der Ukraine sogar Diskussionen über ein mögliches Wiederaufahren des im Dezember 2000 stillgelegten Reaktorblocks-3 des Atomkraftwerks Tschernobyl aufkommen.

## **2 Kontaminierte Flächen und Kosten von Tschernobyl**

Der Unfall von Tschernobyl hat hauptsächlich Weißrussland, die Ukraine sowie 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>6</sup>

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

## **2.1 Weißrussland**

Etwa 23 % des Staatsgebietes 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>7</sup>. (Der Wert von 37.000 Bq/m<sup>2</sup> entspricht etwa dem Zehnfachen des durchschnittlichen Eintrages durch atmosphärische Atomtests in den Jahrzehnten nach dem Zweiten Weltkrieg<sup>8</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>9</sup>. Etwa 135.000 Menschen<sup>10</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 rd. 10,3 Millionen Einwohner.) Das Gebiet mit der höchsten radioaktiven Belastung liegt rund um die Bezirkshauptstadt Gomel.<sup>11</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>12</sup>. Das ist mehr als das Zehnfache des Bruttosozialproduktes von 1997 und etwa das Sechzigfache des jährlichen Staatsbudgets<sup>13</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>14</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.

Das Wirtschaftswachstum war 2001 mit drei Prozent, verglichen mit anderen Ländern Osteuropas, bescheiden. Ein knappes Viertel der Bevölkerung lebt nach Angaben der Weltbank unterhalb der Armutsgrenze. Deshalb treffen die Folgen von Tschernobyl das Land besonders hart. In Weißrussland liegt die durchschnittliche Lebenserwartung mit 68,5 Jahren rund 10 Jahre tiefer als in westeuropäischen Ländern.<sup>15</sup>

## **2.2 Ukraine**

Vom Staatsgebiet der Ukraine sind etwa 5 %, über 30.000 km<sup>2</sup>, mit Cäsium belastet. Über 160.000 Menschen wurden aus diesem Gebiet umgesiedelt. Die verbleibende Bevölkerungszahl liegt bei über 1,1 Millionen Menschen<sup>16</sup>.

Ukrainische Experten schätzen den wirtschaftlichen Schaden für ihr Land bis zum Jahr 2015 auf 201 Milliarden US\$. Das Nationaleinkommen der Ukraine beträgt, im Vergleich dazu, für das Jahr 2001 rund 37 Milliarden US\$. Die Ukraine gab 1992 rund 15 Prozent ihres Staatshaushaltes für die Bewältigung der Katastrophe aus, 1996 waren es noch 6 Prozent. Heute liegt dieser Anteil bei 5 Prozent.<sup>17</sup>

Die erforderlichen Ressourcen steigen von Jahr zu Jahr. Gleichzeitig konnte der Staat für längere Zeit angesichts einer langandauernden Wirtschaftskrise und eines sinkenden

Bruttosozialprodukts immer weniger Mittel aufwenden. Entschädigungszahlungen verzögerten sich zunehmend. Im April 1999 schuldete der ukrainische Staat den Opfern Beträge in Höhe von etwa 140 Millionen US\$<sup>18</sup>.

Die einzige Hoffnung für eine Verbesserung liegt in einem dauerhaften wirtschaftlichen Aufschwung, für den es seit kurzem erste deutliche Anzeichen gibt. Im Gegensatz zum kleinen Nachbarn Weißrussland ist die Wirtschaft der Ukraine auf Wachstumskurs. Das Bruttoinlandsprodukt wuchs im Jahr 2001 um 9 Prozent, die Produktion der Industrie nahm im gleichen Zeitraum um 14,2 Prozent zu.<sup>19</sup>

### **2.3 Russische Föderation**

Von den insgesamt 17 Millionen km<sup>2</sup> der Russischen Föderation sind 1,5 Prozent der Landesfläche durch den Unfall von Tschernobyl kontaminiert. In diesem Gebiet lebten zum Zeitpunkt des Unfalls rund 2,7 Millionen Menschen. Heute leben dort rund 2 Millionen Menschen.<sup>20</sup> Über 50 000 Menschen wurden evakuiert.<sup>21</sup>

Den russischen Staatshaushalt haben die Folgekosten des Reaktorunglücks zwischen 1992 und 1998 mit rund 3,8 Milliarden Dollar belastet. Davon entfielen allein 3 Milliarden Dollar an Kompensationen für Helfer und Opfer.<sup>22</sup>

### **2.4 Westeuropäische Staaten**

In Deutschland wurden bis Anfang 1989 Entschädigungen in Höhe von etwa 159 Millionen € ausgezahlt, überwiegend an Erzeuger und Händler von Milch und Gemüse<sup>23</sup>. Für die Entsorgung radioaktiver Molke in Bayern fielen Kosten von etwa 35,8 Millionen € an<sup>24</sup>. Auch mehr als 15 Jahre nach der Katastrophe werden in Deutschland nach wie vor Entschädigungen ausgezahlt. Zwischen 1995 und 2001 wurden Jägern über 77.000 € als Ausgleich für Wild, das über die Grenzwerte verstrahlt war, erstattet<sup>25</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 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 Konzentration 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>26</sup>. Auch 16 Jahre nach Tschernobyl sind Auswirkungen der Reaktorkatastrophe in Deutschland zu beobachten. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) teilte im Jahr 2002 mit, dass Wild und bestimmte Pilzarten immer noch hoch belastet sind<sup>27</sup>. Hohe Konzentrationen radioaktiver Schadstoffe wurden noch Ende der 90er Jahre auf den Alpengipfeln gemessen<sup>28</sup>.

Auch 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>29</sup>

Im Jahre 1994 lag der jährliche Schaden durch Verstrahlung von Lebensmitteln in Norwegen bei 2,3 Millionen €<sup>30</sup>.

In Schweden war vor allem Rentierfleisch stark betroffen. Im Jahre 1993 mussten davon 200 t vernichtet werden<sup>31</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>32</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 Institutes für Strahlenschutz und Nukleare Sicherheit (IPSN), Sugier, einräumen, dass die von französischer Seite für den Atlas der Europäischen Kommission zur Verfügung gestellten Daten „falsch, weil unvollständig“ gewesen seien<sup>33</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 17 Jahre nach dem Unfall nicht ab, und 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>34</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>35</sup>.

Das systematische Studium von Leukämiefällen bei den ukrainischen Liquidatoren (s. unten) begann erst 1996 mit einer Pilotstudie. Die Hauptstudie läuft seit 2001<sup>36</sup>.

In einem Bericht an die Vereinten Nationen, der Anfang 2002 veröffentlicht wurde, wird hervorgehoben, dass bezüglich der biologischen Wirkungen ionisierender Strahlung immer noch sehr große Wissenslücken bestehen. Die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen wird betont; viele wichtige Fragen werden erst im Laufe der Zeit beantwortet werden können<sup>37</sup>.

Die aktuellen Berichte über den Gesundheitszustand der betroffenen Bevölkerung stehen im Widerspruch zu den bisher unzureichenden Studien. Nach Aussage des ukrainischen Gesundheitsministeriums verschlechtert 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 84,85 % im Jahr 2002<sup>38</sup>.

Aus offiziellen Angaben weißrussischer Ärzte in den Jahren 1999 und 2000 geht hervor, dass bis zur Tschernobyl-Katastrophe 85 % der Kinder praktisch gesund waren, jetzt aber diese Kennziffer in den betroffenen Bezirken nur noch 5 - 15 % beträgt<sup>39</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 seines 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 17 Jahren einem hohen Strahlungsrisiko ausgesetzt waren, nehmen Tag für Tag kontaminierte Nahrung zu sich.

Bei Erwachsenen ist inzwischen die Erkrankungsrate bei 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 weiterer chronischer Erkrankungen und von Krebsen der inneren Organe und des Skeletts gerechnet.

### **3.1 Schilddrüsenkrebs**

In den betroffenen Gebieten ist eine dramatische und alarmierende Zunahme der Fälle 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>40</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 von Kindern vorhergesagt wurde.

In Weißrussland, der Ukraine und Russland sind bis Ende 1998 mindestens 1800 durch Strahlung verursachte Krebsfälle bei Personen, die während des Unfalls jünger als 18 Jahre alt waren, aufgetreten. In manchen Dörfern in der Region Gomel (Weißrussland) erreichte die Häufigkeit von Schilddrüsenkrebs das 200fache der ohne Bestrahlung zu erwartenden, „sporadischen“ Häufigkeit<sup>41</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>42</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 Unfalles 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 zur Zeit des Unfalls Jugendliche oder Erwachsene waren.<sup>43</sup> Zu einem extremen Anstieg von Schilddrüsenkrebsfällen in Weißrussland ist es nicht nur bei Kindern, sondern inzwischen auch bei Erwachsenen bis zum



64. Lebensjahr gekommen<sup>44</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>45</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 Schilddrüsenenerkrankungen 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>46</sup>.

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

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 zunahmen<sup>47</sup>.

Schon vor einigen Jahren wurde von einer Zunahme der Blutkrebserkrankungen im Gebiet von Rowno berichtet, einem besonders stark verstrahlten Teil der Ukraine<sup>48</sup>. Nach den Angaben der zuständigen Kliniken im Bezirk Gomel ist sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen ein Anstieg bei der Leukämie um etwa 50 % zu beobachten<sup>49</sup>.

Bei Männern wird eine drastische Zunahme von Lungen-, Magen-, Haut- und Prostatakrebs registriert, bei den Frauen handelt es sich vor allem um Brust-, Gebärmutter-, Magen- und Hautkrebs. Bei Frauen im Bezirk Gomel hatte sich bis Ende 1999 die Zahl der Brustkrebserkrankungen im Vergleich zum Jahr 1988 verdoppelt<sup>50</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. Die Häufigkeit von Brustkrebs bei Frauen nahm um ca. 40 % zu<sup>51</sup>.

In zwei Städten der russischen Brjansk-Region wurde ein Ansteigen von Symptomen der Immunschwäche beobachtet. Dieser Anstieg liegt weit über dem in anderen russischen Vergleichsgebieten, die durch Umweltschadstoffe (jedoch nicht radioaktiv) belastet sind<sup>52</sup>. Ärzte beobachten in Gomel die Verbreitung einer Immunschwäche, dem sogenannten "Tschernobyl-Aids"<sup>53</sup>.

In manchen Gebieten wird ein erhöhtes Auftreten von Diabetes bei Kindern beobachtet<sup>54</sup>. Im Gebiet Gomel ist die Jugenddiabetes im Vergleich zu der Zeit vor der Katastrophe um das Dreifache angestiegen<sup>55</sup>.

Erhöhte Strahlenbelastung der Augen kann zum Auftreten von grauem Star führen. Eine Studie in der Region Gomel in Weißrussland zeigte 1997, dass ein Viertel der Kinder zwischen 13 und 15 Jahren unter dieser Krankheit litt<sup>56</sup>.

Dr. Bandadzhesky, eine Herzspezialistin, stellte einen Zusammenhang zwischen Cäsium-137 Werten und einer Erkrankung des Herzmuskels bei Kindern fest<sup>57</sup>.

Die Folgen von Strahlung radioaktiver Stoffe 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 verursache<sup>58</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 Bereich der Fortpflanzung 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>59</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>60</sup>.

Eine aktuelle Studie untersucht die intellektuellen Fähigkeiten von Kindern, die vor der Geburt einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt waren. Nach ersten Ergebnissen zeigt sich eine Tendenz zu niedrigen IQ-Werten mit anwachsenden Strahlendosen<sup>61</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 – im Bereich von Millionsteln Sievert – 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>62</sup>.

Viele der genannten Ergebnisse 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 west-europäischen Niveau liegen<sup>63</sup>.

Die Veränderung der Altersstruktur der Bevölkerung in den kontaminierten Gebieten kann das verstärkte Auftreten einiger Krankheiten beeinflussen.

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>64</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>65</sup>.

Diese Katastrophenhelfer wurden im sowjetischen Sprachgebrauch „Liquidatoren“ genannt. 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>66</sup>. Bei jenen russischen Liquidatoren, die 1986 und 1987 am Standort Tschernobyl eingesetzt waren, wurde eine statistisch signifikante Erhöhung des Auftretens von Leukämie festgestellt<sup>67</sup>. Bei den russischen Liquidatoren trat ferner eine stark überhöhte Selbstmordrate auf<sup>68</sup>.

Russischen Angaben zur Folge sind heute ein großer Teil der Liquidatoren Invaliden und leiden u.a. an Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Problemen, Lungenkrebs, Entzündungen des Magendarmbereichs, Tumoren und Leukämie.<sup>69</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>70</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>71</sup>.

Bei den Kindern von Liquidatoren stellte eine im Jahr 2001 veröffentlichte Studie eine deutlich erhöhte Mutationsrate fest. Im Erbgut der Kinder von Katastrophenhelfern von Tschernobyl sind ungewöhnlich viele Mutationen gefunden worden. Diese Mutationen gehen zwar noch nicht mit schweren Krankheiten einher, die Häufung von Erbveränderungen zeigte jedoch, dass sie an die Nachkommen weitergegeben werden<sup>72</sup>. Eine andere Untersuchung im gleichen Jahr fand keine Zunahme dieser Mutationsrate<sup>73</sup>.

Zehntausende von Liquidatoren leiden möglicherweise unter verminderten Hirnfunktionen, berichteten im letzten Jahr russische Ärztinnen und Ärzte auf dem 18. Internationalen Cancer Congress in Oslo. Die Liquidatoren klagen hiernach über vermindertes Sprechvermögen, Depressionen, Gedächtnisstörungen und Konzentrationsprobleme<sup>74</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>75</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>76</sup>. Im Jahr 2001 wurde überdies bekannt, dass aus dem zerstörten Block 4 Tritium in den Boden einsickert<sup>77</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 laut 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. Die Resultate der Messungen vom Institut für Strahlenschutz Belrad zeigen, dass in den Jahren 1998 - 2000 der Anteil der Nahrungsmittel mit einer radioaktiven Verstrahlung durch Cäsium-137 höher ist als der staatlich festgelegte Grenzwert, und zwar mit steigender Tendenz<sup>78</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>79</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 Verzehrgewohnheiten“ 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>80</sup>.

Ein Indiz für einen sorglosen Umgang mit der Kontamination und ein zusätzliches Moment für die andauernden Gefahren ist der Schwarzhandel mit kontaminierten Materialien aus den Tschernobyl-Zonen. Die Aufräumarbeiten in der verseuchten Zone laufen weiter. 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 haben 315 Tonnen Rohre aus dem Gelände transportiert und in unbelasteten Gebieten eingesetzt. Dies, befürchtet der Generalstaatsanwalt, sei kein Einzelfall. Dadurch seien Millionen Menschen gefährdet, erhöhten Strahlendosen ausgesetzt zu sein.

Der ukrainische Generalstaatsanwalt kritisierte auch den Umstand, dass es viel zu wenige Lagerstätten für radioaktiv kontaminiertes Material gebe. Außerdem seien die bestehenden

Deponien in keinem guten Zustand. So seien Belastungen des Grund- und Trinkwassers nicht auszuschließen - und damit auch eine Belastung der landwirtschaftlichen Produkte.<sup>81</sup>

Gefahren einer erneuten radioaktiven Verstrahlung der Bevölkerung, die vom zerstörten Reaktorblock 4 des Atomkraftwerkes 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 auf 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>82</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 Unfalles, 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.

Es ist 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 Unfalles angesehen werden wie die Strahlenopfer.

Der 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 Staates 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>83</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>84</sup>.

In Deutschland wurden im Jahre 2000 endlich schon länger vorliegende Ergebnisse aus einem Großforschungszentrum (Gesellschaft für Strahlenforschung, GSF) veröffentlicht, die eindeutig belegen, dass die perinatale Sterblichkeit (d.h. die Häufigkeit von Totgeburten und frühen Säuglingstoden) 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>85</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 sog. Perinatalsterblichkeit 7 Monate danach. Daten der Säuglingssterblichkeit aus Polen und Kiew bestätigen die deutschen Befunde.

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>86</sup>.

Studien zur Untersuchung kindlicher Leukämien lieferten bereits vor einigen Jahren erste Hinweise auf einen Anstieg. Aus Schweden und Finnland wurde über ein gering erhöhtes Risiko berichtet. Eine europaweite Studie zeigte insgesamt ein leicht erhöhtes Auftreten von Leukämie in den am meisten betroffenen Regionen, wobei das Risiko mit der geschätzten Strahlendosis anstieg. In Griechenland wurde ein erhöhtes Risiko für Leukämie bei jenen Kindern gefunden, die zur Zeit des höchsten Fallouts im Mutterleib exponiert wurden<sup>87</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>88</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>89</sup>.

In den letzten Jahren wurde in Frankreich ein erhöhtes Auftreten von Schilddrüsenkrebs beobachtet. 300 Personen<sup>90</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>91</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 sogenannte 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 fernbedientes Hantieren beim Bau des Sarkophags) auf bestehenden Resten des alten Reaktorblocks errichtet<sup>92</sup>. Etwa 300.000 Menschen waren an der Konstruktion beteiligt<sup>93</sup>. Weder bautechnische Vorschriften noch kerntechnische Normen und Sicherheitsanforderungen konnten zufriedenstellend 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>94</sup>. Andere Quellen geben für die ursprünglich geplante Standzeit 30 Jahren an<sup>95</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>96</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>97</sup>. Diese Flüssigkeit ist als hochradioaktiver Abfall zu betrachten<sup>98</sup>.

Die Probleme werden 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 Bauwerkes befindet. 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 als leicht freisetzbarer Staub vorliegen. Es wird versucht, diesen Staub durch Besprühen mit Polymer-Lösungen zu binden. Andererseits entsteht durch Erosionsprozesse an den lavaartigen Massen laufend neuer Staub<sup>99</sup>.

Im Reaktorraum selbst ist kein Brennstoff mehr. 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>100</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>101</sup>. Die große Spannweite 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

In den Jahren 1992 bis 1996 wurden von russischer, ukrainischer und westlicher Seite mehrere Konzepte zur Sicherung des Blockes 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 Kernkraftwerkes Tschernobyl vereinbart.<sup>102</sup>

Die Ergebnisse der ersten großen Studie (finanziert von der EU) zur Sicherung des Blockes 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>103</sup>. Das Ziel - die Entwicklung einer wirtschaftlich und technisch optimalen Lösung zur Überführung des Reaktorblockes 4 in einen für die Umwelt nachhaltig sicheren Zustand - konnte keiner der untersuchten Lösungsansätze zufriedenstellend erfüllen.

Die Untersuchung empfahl daher ein Vorgehenskonzept in mehrere Stufen:

- Stabilisierung des Sarkophags und andere kurzfristige Maßnahmen,
- Vorbereitung der Überführung des Blockes 4 in einen langfristig sicheren Zustand und
- Überführung des Blockes 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, Kritikalitätsverhinderung)
- 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 beinhaltet 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 Sarkophages.

Die Ziele des „Shelter Implementation Plan“ (SIP) zur Sanierung des Sarkophages 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>104</sup>.

Die Zielsetzung des SIP ist, zunächst einen stabilen Zustand für die nächsten 50 - 100 Jahre zu erreichen. Wesentlich für die Umsetzung dieses Ziel ist die Errichtung eines neuen Einschusses um den Sarkophag.

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 werden 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 Geldes stammte von den G7-Staaten und der Europäische Union<sup>105</sup>. Die Ukraine verpflichtete sich zu materiellen Leistungen in Höhe von 50 Mio. US\$<sup>106</sup>.

Die Geberländer treffen sich regelmäßig in der Gebersammlung und beaufsichtigen die Projektdurchführung durch die Bank. Geberkonferenzen fanden im November 1997 in New York und im Juli 2000 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>107</sup>.

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>108</sup>. Die Maßnahme sollte ursprünglich im Juli 1999 abgeschlossen werden, verzögerte sich jedoch um etwa ein halbes Jahr<sup>109</sup> und wurde im Dezember 1999 fertiggestellt<sup>110</sup>. Die Stabilisierung des Schornsteins zwischen den Blöcken 3 und 4 war eine weitere erste konkrete Umsetzung<sup>111</sup>. Von den beteiligten Arbeitern soll keiner einer höheren Strahlendosis als 40 mSv ausgesetzt gewesen sein<sup>112</sup>.

Die bisher am Sarkophag durchgeführten Arbeiten waren nur die dringlichsten Notfallmaßnahmen zur Stabilisierung. Weitere Stabilisierungsmaßnahmen waren im April 2002 noch „in abschließender Diskussion“<sup>113</sup>.

Bis zum Sommer 2003 sollen die Entwurfsarbeiten für die neue Schutzhülle des Sarkophags beendet werden. Geplant ist eine Stahlkonstruktion in Form eines Bogens, die außerhalb des Sarkophags errichtet und dann über den Sarkophag geschoben werden soll.

Ein internationales Konsortium mit Sitz in San Francisco ist dabei, die Pläne für die möglicherweise größte, je gebaute bewegliche Struktur zu erstellen. Die 13 Meter 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 Strahlungsdosis 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 einem 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. Die erwarteten Kosten für den neuen Schutz betragen 250 Millionen US\$. Unter der neuen Schutzhülle können Roboterkräne und möglicherweise auch Arbeiter anfangen, die Ruine auseinander zu nehmen und die radioaktiven Stoffe zu entfernen<sup>114</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, nuklearen und radiologischen Sicherheit des Sarkophags soll für die Sanierung des Sarkophags und vor allem zur Einhaltung der Strahlenschutzbestimmungen zur Verfügung stehen<sup>115</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 zu befürchten, dass es zu hohen Strahlenbelastungen der Arbeiter kommt.

Nach offiziellen Angaben liegen die Arbeiten bisher noch im Rahmen des Budgets; eine Überschreitung soll nicht zu erwarten sein. Problematisch ist nach wie vor der Zeitplan des Projektes.

Im Jahr 2002 kam die Umsetzung des SIP deutlich ins Stocken. Im März 2002 wurde von Verzögerungen berichtet<sup>116</sup>, deren mögliche Auswirkung auf Budget und Zeitplan von ukrainischer Seite runtergespielt wurden<sup>117</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 Steuer- 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 eine klare Zusage für eine weitere Zusammenarbeit<sup>118</sup>.

Der mit dem SIP vereinbarte Zeitrahmen sah ursprünglich 8 bis 9 Jahre für die Umsetzung des Planes vor<sup>119</sup>. Das Ende des SIP war zunächst für 2005 geplant<sup>120</sup>. Inzwischen wird von einem 10-Jahres-Plan gesprochen, dessen „fristgerechtes“ Ende nun mit dem Jahr 2007 determiniert ist. Nach offiziellen Angaben wird immer noch „gehofft“, trotz bisheriger Verzögerungen den Shelter Implementation Plan bis Ende des Jahres 2007 komplett umgesetzt zu haben<sup>121</sup>.

Eine genaue Beurteilung zum Stand der Projektumsetzung ist nicht möglich. Ein Großteil der erforderlichen Planungsarbeiten wird zunächst nicht nach außen sichtbar. Es muss allerdings bezweifelt werden, dass sich alle bisherigen Verzögerungen im Laufe der nächsten Jahre aufholen lassen.

Neben den Schwierigkeiten bei der zeitlichen Umsetzung sind zwei weitere Problemfelder mit dem Shelter Implementation Plan verbunden.

Der Zeitraum für die mittelfristige Lösung, die vor allem der neue Shelter gewährleisten soll, ist nicht eindeutig definiert. Während in der offiziellen Projektbeschreibung der EBWE als Zielsetzung für den SIP definiert ist, den Shelter für einen Zeitraum von 50 Jahren umweltsicher auszulegen<sup>122</sup>, heißt es bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), dieser Shelter soll es ermöglichen, die radioaktiven Stoffe mindestens 100 Jahre sicher einzuschließen.

Im SIP ist nicht festgelegt, was mit den radioaktiven Stoffen in dieser Zeit beziehungsweise nach diesem Zeitraum geschehen soll. Es scheint bisher weder geklärt zu sein, ob der Kernbrennstoff innerhalb der nächsten 50-100 Jahre geborgen werden soll noch wie ein Konzept für eine Bergung überhaupt aussehen könnte. Die GRS dazu: „Die radioaktiven Stoffe sind bei Bedarf aus dem Innern zu entfernen und das alte Gebäude abzubauen“<sup>123</sup>. In einer anderen Stelle heißt es, der neue Shelter sei für 100 Jahre ausgelegt – oder für jene Zeit, die es erfordert, bis die ukrainische Regierung ein Endlager bestimmt hat und die 200 Tonnen Uran und fast eine Tonne Plutonium entsorgt hat<sup>124</sup>.

Auch in der Ukraine gab es Bemühungen, insbesondere seit ihrer Unabhängigkeit, ein Konzept zum 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>125</sup>.

Ein Vertreter des Moskauer Kurtschatov-Institutes 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>126</sup>.

Das jetzige Konzept der Sanierungsarbeiten ist keineswegs unumstritten ist. Wie schon erwähnt, wird von einem Experten des Moskauer Kurtschatov-Institutes die Ansicht vertreten, dass sich im Sarkophag nur noch ein relativ kleiner Teil der ursprünglichen Radioaktivität befindet. Auch das bautechnische Konzept für die Sanierung des alten Sarkophags ist umstritten<sup>127</sup>.

Aus Sicht der Bundesregierung gibt es keine Alternative zur bereits begonnen Umsetzung des SIP. Eine Abkehr vom derzeitigen Konzept hätte zur Folge, dass die bereits aufgebrauchten Millionen verloren wären<sup>128</sup>.

### **4.3 Gefährdung durch den Sarkophag**

Der schleppende Fortgang der Sanierung steht in krassem Gegensatz 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 stagnieren jedoch. Noch Ende des Jahres 2002 bewertete ein offizieller Vertreter der Anlage den Zustand des Sarkophags kritisch, da die Gebäude einstürzen könnten und sich immer noch Kernbrennstoff im Reaktorblock 4 befindet.. Die Überwachungssysteme, die den Zustand des Sarkophags überwachen sollen, würden wegen fehlender Mittel nicht instand gehalten<sup>129</sup>.

Die offiziellen Angaben zur Auslegungsdauer der Baukonstruktion schwanken, wie schon erwähnt, von „20 – 25“ bis „maximal 30“ Jahre (2006 - 2016). Ein Ende der Auslegungszeit des Sarkophags ist in jedem Fall absehbar. Staubexplosionen oder Brände im Inneren des Sarkophags oder äußere Einflüsse, wie ein Flugzeugabsturz, die die Struktur zum Einsturz bringen können, stellen weitere Risikofaktoren dar.

Im Zusammenhang mit der Einsturzgefahr darf auch die Möglichkeit einer Zerstörung des Sarkophags durch Erdbeben nicht außer Acht gelassen werden<sup>130</sup>. Im Jahre 1990 war die Baukonstruktion bereits einem Erdbeben ausgesetzt (Epizentrum im Karpatenbogen, 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. Aktuelle Sicherheitsanalysen zeigen, dass nach wie vor 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>131</sup>. Bei starken Winden können radioaktive Partikel aus dem Sarkophag gelangen. Der ehemaliger Direktor der Schutzanlage sagte dazu bereits im April 2001: „Wenn wir die Radioaktivität sehen könnten, würde es eine Rauchwolke über dem Sarkophag geben“<sup>132</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>133</sup>. Ähnliche Vorfälle ereigneten sich 1995<sup>134</sup> und am 12. und am 16. September 1996<sup>135</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>136</sup>. Angesichts derartiger Unsicherheiten bei der Lokalisierung des Brennstoffes können Aussagen zur Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Kettenreaktion lediglich den Charakter von Vermutungen haben.

Im letzten Jahr warnte ein Wissenschaftler der Technischen Universität Kiev vor der Gefahr erneuter nuklearer Störfälle im nächsten Jahrzehnt. Seine Begründung ist allerdings physikalisch nicht nachvollziehbar<sup>137</sup>.

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 wird 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>138</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 potentielle Gefahrenquellen für eine Kontaminierung des Grundwassers in Frage. Im Bereich des Standortes 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>139</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. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die Arbeiten am neuen Schutz die Einsturzgefahr des Sarkophags erhöhen können.

Der Vorteil des Shelter Implementation Plans lag immerhin darin, 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. Ein Konzept zur Bergung der brennstoffhaltigen Massen und der sonstigen radioaktiven Abfälle wurde im April 2002 allerdings „noch diskutiert“<sup>140</sup>.

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 (ausreichenden) 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.

Es macht also wenig Sinn, in den kommenden Jahren als mittelfristige Maßnahme mit hohem finanziellen Aufwand eine zweite Hülle um den Sarkophag und den zerstörten Reaktorblock zu bauen. Weder der Zeitraum noch die genaue Zielsetzung (der Shelter ist wetterfest, hält aber die Radioaktivität nicht zurück) dieser mittelfristigen „Lösung“ sind definiert. Es ist zu befürchten, dass die Gefahren nicht beseitigt werden und eine Lösung des Problems nur verschoben ist.

Hinzu kommt, dass sich die Umsetzung des Shelter Implementation Planes, d.h. auch dringender Stabilisierungsmaßnahmen, immer wieder verzögert. Ob der Grund dafür in Unzulänglichkeiten innerhalb des Plans zu suchen ist oder ob die Umsetzungen dieses Planes an ukrainischen Realitäten vorbei geht, ist nicht abschließend zu klären. Die Wirkung ist aber gleich: Vom Sarkophag geht auch 5 Jahre nach Beginn des Shelter Implementation Plan eine akute Gefahr für eine langfristige Kontaminierung weiterräumiger Gebiete aus.

#### **4.4 Weitere Aktivitäten am Standort**

Die Gefahren waren besonders groß, solange der Block 3 des Atomkraftwerkes 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>141</sup>. Es dauerte nach dem Unfall in Block 4 über vierzehneinhalb Jahre, bis dieser Schritt endlich erfolgte.

Die endgültige Stilllegung des Atomkraftwerkes Tschernobyl jedoch, d.h. auch die Entnahme aller Brennelemente aus dem Reaktorkern und dem Lagerbecken, ist erst für 2008 geplant. Bis zu diesem Moment geht von dem Reaktor 3 eine nukleare Gefahr aus<sup>142</sup>.

Im Jahr 2002 traten in diesem Zusammenhang erhebliche Finanzierungsschwierigkeiten bei Aufrechterhaltung der Sicherheit im Atomkraftwerk auf. Von Januar bis Oktober wurden nur 66 % (23,7 Millionen US\$) der erforderlichen Mittel erhalten. Anfang 2003 war auch aus Block 1 erst die Hälfte der Brennelemente entladen. Das Brennelementlager befand sich im Februar 2003 noch im Bau<sup>143</sup>.

Zwei Jahre nach der Stilllegung des Reaktorblocks 3 wurde in der Ukraine über eine mögliche Wiedereröffnung diskutiert. Nach Meinung eines offiziellen Vertreters des ukrainischen Energieministeriums stellt das Atomkraftwerk Tschernobyl jetzt (in abgeschaltetem Zustand) eine größere Gefahr für die Ukraine dar. Die Befürworter argumentieren, dass die produzierte Energie die finanziellen Mittel liefern könnte, um die Schutzmaßnahmen am zerstörten Block 4 durchführen zu können. Ein hoher Vertreter der Anlage sagte, dass das Programm für das Jahr 2002 hauptsächlich wegen einer Unterfinanzierung nicht umgesetzt werden konnte<sup>144</sup>. Bei einem Regierungstreffen kritisierte auch Staatschef Kuchma die geringe Finanzierung der staatlichen Projekte, die zur Übertretung der Strahlenschutzbestimmungen am Standort Tschernobyl geführt hatten<sup>145</sup>.

Im Jahr 2002 wurden nicht alle Maßnahmen ergriffen, um die geplanten Arbeiten zur Stilllegung des Atomkraftwerkes Tschernobyl effektiv durchzuführen. Es kam außerdem zu Arbeitssicherheits- und Strahlenschutzverstößen. Daher forderte Vize-Premierminister Gaiduk im Februar 2003 das Energieministerium auf, die Gründe hierfür zu klären und die erforderlichen Maßnahmen im Jahr 2003 sofort umzusetzen. Eine Verbesserung des

Stilllegungs-Managements und eine Erhöhung des Verantwortungsbewusstseins derjenigen, die für Sicherung des zerstörten Reaktorblock zuständig sind, wurde gefordert<sup>146</sup>.

Im März 2003 wies das Management des Atomkraftwerks Tschernobyl die Vorwürfe der Regierung zurück. Den Angaben des Managements zur Folge konnten - trotz ungenügender und unregelmäßiger Finanzierung - die Hauptziele der von der Ukraine finanzierten Programme zur Stilllegung und Sicherung des Sarkophags erreicht werden. Im Gegensatz zum Jahr 2001 wurden alle zugewiesenen Mittel verwendet; weiterhin fand eine Neuorganisation des Managements statt. 29,9 Millionen US\$ und 23,2 Millionen € aus internationalen Projekten wären in die Stilllegung der Anlage geflossen. Die für die Stilllegung erforderliche Infrastruktur sei gebaut worden

Das Management gestand jedoch auch einige Versäumnisse und Schwierigkeiten ein. Die Belegschaft des Atomkraftwerkes 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. Aufgrund dieser Vorkommnisse hätte die Regierung die zuständigen Ministerien angewiesen, in Zukunft eine rechtzeitige und vollständige Finanzierung sicherzustellen. In diesem Jahr seien die Zahlungen bisher planmäßig erfolgt<sup>147</sup>.

Wie jetzt bekannt wurde, kam es auch im Jahr 2001 schon zu Unregelmäßigkeiten. Anfang 2003 wurde ein Verfahren gegen Beamte des ehemaligen Atomkraftwerks Tschernobyl eröffnet. Die Beamten sind der Steuerhinterziehung und des 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>148</sup>.

In den letzten Jahren begannen auch Aktivitäten zur Errichtung verschiedener Anlagen zur Lagerung und Behandlung radioaktiver Abfälle am Standort Tschernobyl. Die vorhandenen Anlagen genügen nicht den Anforderungen für eine sachgerechte Lagerung und Behandlung aller bei der Schließung des Kraftwerkes 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>149</sup>. Die Gesamtkosten, inklusive Betrieb der Anlagen, belaufen sich auf ca. 640 Millionen US\$<sup>150</sup>.

Eine Anlage zur Verarbeitung von flüssigen radioaktiven Abfällen wurde 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>151</sup>. Die Anlage soll etwa 35.000 m<sup>3</sup> Flüssigabfall in 10 Jahren aufarbeiten.

Die Vorbereitungen für den Bau eines Industriekomplexes zur Verarbeitung von festen radioaktiven Abfällen haben begonnen. Die Inbetriebnahme dieser Anlage ist voraussichtlich Ende des Jahres 2005<sup>152</sup>. Das ukrainische Energieministerium stimmte Ende 2002 einer Machbarkeitsstudie für die Einrichtung eines zentralen Zwischenlagers für Brennelemente am Standort Tschernobyl zu<sup>153</sup>.

Die umfangreichen und langwierigen Arbeiten zur Abfallbehandlung sind notwendige Maßnahmen zur Stilllegung des Atomkraftwerks Tschernobyl. Der bisherige Ablauf der Arbeiten ist von vielfältigen Schwierigkeiten begleitet. Pressemeldungen zur Folge sind in



diesem Jahr Verbesserungen gegenüber den teilweise katastrophalen Zuständen des letzten Jahres eingetreten. Es bleibt zu hoffen, dass diese Verbesserungen andauern. Der hinzukommende Bau des neuen Shelters wird die Lage auf der Großbaustelle am Standort Tschernobyl zusätzlich verkomplizieren.

---

## Quellenangaben

- <sup>1</sup> Nucleonics Week, March 1, 2001
- <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> Vorwort von Kofi Annan, Generalsekretär der Vereinten Nationen, zu der o.g. Studie der UNOCHA, 2000
- <sup>5</sup> Nucleonics Week, March 20, 2003
- <sup>6</sup> E. Lengfelder, Chr. Frenzel: 15 Jahre nach Tschernobyl: Folgen und Lehren der Reaktorkatastrophe, OTTO Hug Strahleninstitut, September 2001
- <sup>7</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>8</sup> U. Fink et al.: Strahlung im Alltag II – die Qualität der Nahrungsmittel nach Tschernobyl; Zweitausendeins, Frankfurt/Main 1986
- <sup>9</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>10</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>11</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA): Tschernobyl Info, [www.chemobyl.info/de](http://www.chemobyl.info/de), eingesehen am 21.03.03
- <sup>12</sup> FAF 1996, s.o.
- <sup>13</sup> The World Factbook; CIA, [www.odci.gov](http://www.odci.gov), Stand März 2003; sowie: Jahrbuch Aktuell 2000; Harenberg, Dortmund 1999
- <sup>14</sup> IAEA 1997, s.o.
- <sup>15</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s.o.
- <sup>16</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>17</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s.o.
- <sup>18</sup> Nucleonics Week, April 22, 1999
- <sup>19</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s.o.
- <sup>20</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s.o.:
- <sup>21</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>22</sup> Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) 2003, s.o.
- <sup>23</sup> Strahlentelex, Nr. 51, 1989
- <sup>24</sup> Deutscher Bundestag, Bundestag Heft 11, 19.06.1996
- <sup>25</sup> Dr. Werner Eich, Bundesverwaltungsamt, „The Compensation of Damage in Germany following the Chernobyl Accident“, OECD/NEA Tagung, Paris, November 2001
- <sup>26</sup> Umweltnachrichten 84, Umweltinstitut München, 1999
- <sup>27</sup> Strahlentelex, Nr. 376-377, 2002
- <sup>28</sup> Strahlentelex, Nr. 276-277, 1998
- <sup>29</sup> J.T. Smith et al.: Pollution: Chernobyl's legacy in food and water; Nature 405, 141 (2000)
- <sup>30</sup> Strahlentelex, Nr. 186-187, 1994
- <sup>31</sup> Strahlentelex, Nr. 170-171, 1994
- <sup>32</sup> Meldung von dpa, Stockholm, 25.04.2001
- <sup>33</sup> Nucleonics Week, February 28, 2002
- <sup>34</sup> The Chernobyl Accident and its Consequences; Nuclear Energy Institute, Washington, D.C., 1998
- <sup>35</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>36</sup> Nach Angaben des U.S. Department of Energy, [tis.eh.doe.gov/health/ihp/chernobyl/chernobyl.html](http://tis.eh.doe.gov/health/ihp/chernobyl/chernobyl.html), eingesehen am 04.04.2002
- <sup>37</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>38</sup> Nucleonics Week, May 2, 2002
- <sup>39</sup> V. Nesterenko, Informationen des Institutes für Strahlenschutz –Begrad: Vortrag V. Internationalen Kongress "Die Welt nach Tschernobyl", Minsk 17.04 - 20.04.2001
- <sup>40</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s.o.
- <sup>41</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. oben
- <sup>42</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>43</sup> Nucleonics Week, April 25, 2002
- <sup>44</sup> IPPNW, *Presseinformation*: 16 Jahre nach dem Tschernobyl-GAU, <http://www.ippnw.de/presse/2002/020425tscherno.html>
- <sup>45</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s.o.
- <sup>46</sup> UNOCHA 2000, s. o.
- <sup>47</sup> E.F. Konoplya et al.: The Chernobyl Catastrophe – Consequences in the Republic of Weißrussland; National Report, Minsk, 1996
- <sup>48</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>49</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s.o.
- <sup>50</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s.o.
- <sup>51</sup> E.F. Konoplya et al. 1996, s.o.
- <sup>52</sup> FAF 1996, s.o.
- <sup>53</sup> International Physicians for the Prevention of Nuclear War (IPPNW): Die Folgen von Tschernobyl, [www.tschernobyl-folgen.de/erkrankungen.html](http://www.tschernobyl-folgen.de/erkrankungen.html), eingesehen am 21.03.03
- <sup>54</sup> FAF 1996, s.o.
- <sup>55</sup> IPPNW, s.o.
- <sup>56</sup> Belarus: facing the disaster alone; Bericht im UNESCO-Courier, Oktober 2000, [www.unesco.org/courier/2000\\_10/uk/planet2.html](http://www.unesco.org/courier/2000_10/uk/planet2.html) , eingesehen am 03.04.2002
- <sup>57</sup> Strahlentelex Nr. 388-389, 2003
- <sup>58</sup> United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR): Hereditary Effects of Radiation, New York, 2001,
- <sup>59</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s.o.
- <sup>60</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>61</sup> M. Tirmarche (IRSN) et al.: FGI - Programme 3: HEALTH, Eurosafe 2002
- <sup>62</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>63</sup> Nach Angaben der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de/cherheal.html](http://www.grs.de/cherheal.html), eingesehen am 03.04.2002
- <sup>64</sup> Nucleonics Week, April 26, 2001
- <sup>65</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>66</sup> The Radiological Consequences of the Chernobyl Accident; European Commission and Belarus, Russian und Ukrainian Ministries on Chernobyl Affairs, Emergency Situation and Health, Report EUR 16544 EN, 1996
- <sup>67</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>68</sup> wise Newscommuniqué, Nr. 529, 05.05.2000

- 
- <sup>69</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s.o.
- <sup>70</sup> Nucleonics Week, May 2, 2002
- <sup>71</sup> Konoplya 1996, s.o.
- <sup>72</sup> Strahlentelex 346-347, 2001
- <sup>73</sup> Nucleonics Week, May 17, 2001
- <sup>74</sup> Strahlentelex 374-375, 2002
- <sup>75</sup> UNOCHA 2000, s.o.
- <sup>76</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>77</sup> Nucleonics Week, April 26, 2001
- <sup>78</sup> Nesterenko 2001, s.o.
- <sup>79</sup> Untersuchungen zur Strahlenexposition von Einwohnern kontaminierter Ortschaften der nördlichen Ukraine Dissertation, Wolfgang Botsch, Hannover 2001
- <sup>80</sup> D. Beltz et al.: Die Nachbarn von Tschernobyl, Physikalische Blätter 56, Heft 10, 2000
- <sup>81</sup> Die Presse, 22. 1. 2003
- <sup>82</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>83</sup> UNDP/UNICEF 2002, s. o.
- <sup>84</sup> Strahlentelex 374-375, 2002
- <sup>85</sup> H. Scherb et al.: Regression Analyses of Time Trends in Perinatal Mortality; Environment Health Perspectives, 108, 159-165, 2000
- <sup>86</sup> WISE/NIRS Nuclear Monitor 570, 28 Juni 2002
- <sup>87</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>88</sup> W. Hoffmann: Has fallout from the Chernobyl accident caused childhood leukaemia in Europe?; European Journal of Public Health 12, 72-76, 2002
- <sup>89</sup> E. Lengfelder et. al 2001, s.o.
- <sup>90</sup> WISE/NIRS Nuclear Monitor 566, 12 April 2002
- <sup>91</sup> Nucleonics Week, November 29, 2001
- <sup>92</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl\\_FS.html](http://www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl_FS.html), eingesehen am 21.3.03
- <sup>93</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>94</sup> Die Umsetzung des „Memorandum of Understanding“ zur Schließung des Standortes Tschernobyl, Arcadis Trischler & Partner GmbH, 2000
- <sup>95</sup> D. Bachner et al.: Die Zukunft des Sarkophages in Tschernobyl, ein internationales Projekt; in: 21. GRS-Fachgespräch, Garching, 04. November 1997
- <sup>96</sup> Chernobyl Status; U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), [www.nrc.gov](http://www.nrc.gov) , January 1999
- <sup>97</sup> Nucleonics Week, April 15, 1999
- <sup>98</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>99</sup> Nach Angaben der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de/osteuropa/faq.html](http://www.grs.de/osteuropa/faq.html), eingesehen am 05.04.2002
- <sup>100</sup> RBMK-Report 1996; Physikerbüro Bremen im Auftrag von Greenpeace e.V., Hamburg 1996
- <sup>101</sup> Strahlentelex, Nr. 362-363, 2002
- <sup>102</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s.o.,
- <sup>103</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s.o.
- <sup>104</sup> Bachner 1997, s.o.
- <sup>105</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001

- 
- <sup>106</sup> Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage "Dauerhafte Versiegelung des Reaktorsarkophags in Tschernobyl", 27.10.1999BT-Drucksache 14/1880, [http://www.bmu.de/sachthemen/atomkraft/kl\\_anfrage.php](http://www.bmu.de/sachthemen/atomkraft/kl_anfrage.php)
- <sup>107</sup> IPPNW, Presseinformation am 25.04.2002, [www.ippnw.de](http://www.ippnw.de), eingesehen am 21.03.03
- <sup>108</sup> Nucleonics Week, December 2, 1999
- <sup>109</sup> Nucleonics Week, June 10, 1999 & January 13, 2000
- <sup>110</sup> Nuclear Engineering Int., June 2001
- <sup>111</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>112</sup> Nuclear Engineering Int., June 2001
- <sup>113</sup> Gesellschaft für Reaktorsicherheit, [www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl\\_FS.html](http://www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl_FS.html), eingesehen am 21.03.03
- <sup>114</sup> The Washington Post, 10. Jan. 2003
- <sup>115</sup> Gesellschaft für Reaktorsicherheit, [www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl\\_FS.html](http://www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl_FS.html), eingesehen am 21.03.03
- <sup>116</sup> Nucleonics Week, March 15, 2002
- <sup>117</sup> Nucleonics Week, March 15, 2002
- <sup>118</sup> Nucleonics Week, June 20, 2002
- <sup>119</sup> Nucleonics Week, March 15, 2002
- <sup>120</sup> WISE News Communiqué, June 18, 1999
- <sup>121</sup> Nucleonics Week, June 20, 2002
- <sup>122</sup> SIP project summary document, [www.ebrd.org](http://www.ebrd.org), eingesehen am 21.03.03
- <sup>123</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [http://www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl\\_FS.html](http://www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl_FS.html), eingesehen am 21.3.03
- <sup>124</sup> The Washington Post, 10. Jan. 2003
- <sup>125</sup> Nuclear Engineering International, March 1999
- <sup>126</sup> Nucleonics Week, August 2, 2001
- <sup>127</sup> Nucleonics Week, March 15, 2001
- <sup>128</sup> Bundesregierung.1999, s.o.
- <sup>129</sup> Nuclear engineering Int., December 2002
- <sup>130</sup> Bachner 1997, s.o.
- <sup>131</sup> The Washington Post, 10. Jan. 2003
- <sup>132</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>133</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>134</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>135</sup> Strahlentelex, Nr. 234-235, 1996 & Nr. 244-245, 1997
- <sup>136</sup> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, [www.grs.de/osteuropa/faq.html](http://www.grs.de/osteuropa/faq.html), eingesehen am 05.04.2002
- <sup>137</sup> Nucleonics Week, May 9, 2002
- <sup>138</sup> WISE News Communiqué, April 27, 2001
- <sup>139</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s.o.
- <sup>140</sup> Gesellschaft für Reaktorsicherheit, [www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl\\_FS.html](http://www.grs.de/osteuropa/Tschernobyl/Tschernobyl_FS.html), eingesehen am 21.3.03
- <sup>141</sup> Nucleonics Week, December 21, 2000
- <sup>142</sup> Pravda 16.12.2002
- <sup>143</sup> Nuclear engineering International, February 2003
- <sup>144</sup> Nuclear engineering International, December 2002
- <sup>145</sup> Nucleonics Week, June 20, 2002

---

<sup>146</sup> Baku today, 19.02.2003

<sup>147</sup> Interfax,, Kiew, 17.03.2003

<sup>148</sup> VOA News 09.01.2003

<sup>149</sup> G. Damette et al.: Support in licensing activities related to decommissioning of Chernobyl NPP; in: EUROSAFE, Paris, 18. & 19. November 1999

<sup>150</sup> Arcadis Trischler & Partner GmbH 2000, s.o.

<sup>151</sup> International Journal for Nuclear Power, atw 47, Heft 10, Oktober 2002

<sup>152</sup> Nuclear engineering International, February 2003

<sup>153</sup> Interfax, Kiew 12.10.2002