

# Was wissen wir heute über die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl vor 20 Jahren ?

von Joachim Grawe

e-mail [Joachim.Grawe@energie-fakten.de](mailto:Joachim.Grawe@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Am 26. 04. 1986 zerriss eine durch grobe Fahrlässigkeit der Bedienungsmannschaft herbeigeführte Leistungsexkursion den Block IV des sowjetischen Kernkraftwerks Tschernobyl (Ukraine). Sie löste einen mehrtägigen Graphitbrand aus. Das Ereignis war der mit Abstand größte Unfall in den bisher rd. 50 Jahren der zivilen Nukleartechnik. Eine radioaktive Wolke zog über Europa. Die Folgen des Unfalls sind besonders in einigen Gebieten der Ukraine, Weissrusslands und Russlands noch heute deutlich zu spüren.

Ein derartiger Unfall kann zwar in westlichen Leichtwasserreaktor-Kernkraftwerken nicht passieren. Die RBMK-Reaktoren sowjetischer Bauart wurden ihrerseits nachgerüstet mit dem Ziel, dass er sich auch bei ihnen nicht wiederholt. Dennoch ist das Studium der Auswirkungen von Tschernobyl wichtig. Die Ergebnisse erweitern die auf den Atombombenabwürfen von Hiroshima und Nagasaki (siehe dazu [„Biologische Wirkungen ionisierender Strahlung und die Befun-](#)

[de von Hiroshima und Nagasaki](#)“ sowie [„Wie groß ist das Risiko von Erbschäden durch ionisierende Strahlung ?“](#)) beruhenden Kenntnisse über die Wirkung größerer Strahlenbelastungen der Bevölkerung. Unabhängig von der Hilfe für die betroffenen Menschen, bei der sich gerade deutsche Initiativen stark engagieren, untersuchen deshalb Wissenschaftler aus aller Welt unter Koordination durch die zuständigen UNO-Organisationen WHO und IAEA die Folgen des Unglücks, bes. auch für die menschliche Gesundheit.

2005 haben die (im „Chernobyl Forum“ zusammengeschlossenen rd. 100) internationalen Experten einen umfangreichen Bericht über den aktuellen Stand der Erkenntnisse vorgelegt (2. überarbeitete Fassung vom April 2006) und auf einer Konferenz Schlussfolgerungen dazu verabschiedet. Die „Energie-Fakten.de“ haben in der Rubrik [„Hintergrund-Materialien“](#) den englischen Wortlaut des Berichts sowie eine Übersetzung der Pressemitteilung dazu veröffentlicht.

Wesentliche Passagen aus der Zusammenfassung („Executive Summary“) einer weiteren Veröffentlichung der OECD/NEA und die Schlussfolgerungen der Konferenz werden in diesem Beitrag auf Deutsch wiedergegeben und damit einer breiten Leserschaft zugänglich gemacht. Die Texte unterscheiden sich in ihrer wissenschaftlichen Nüchternheit wohltuend von subjektiven Darstellungen einzelner engagierter Beobachter.

Die wesentlichen Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkungen von Tschernobyl auf die Gesundheit der betroffenen Menschen in der früheren Sowjetunion lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es gab 31 Soforttote.
- Weitere rd. 20 Menschen dürften später an Strahleneinwirkungen gestorben sein.
- Insgesamt müssen etwa 4.000 der 600.000 mit höheren Strahlendosen beaufschlagten Personen (sog. Liquidatoren und spät umgesiedelte Bewohner einer 30-km-Schutzzone um den Reaktorstandort) mit einer Verkürzung

ihrer Lebensdauer rechnen.

- Bei mehreren tausend Kindern, bes. in der Region Gomel, trat infolge des Einatmens von radioaktivem Jod Schilddrüsenkrebs auf; mehr als 99 % davon konnten jedoch geheilt werden.
- Eine messbare („signifikante“) Zunahme der Erkrankungen an Krebs und Leukämie sowie von Fehlgeburten und Missbildungen Neugeborener (Anmerkung von mir: die ursprünglich befürchtet worden war) über das normale Maß hinaus wurde nicht festgestellt.
- Insbesondere viele aus der Schutzzone umgesiedelte Menschen sind psychisch stark belastet.

# Was wissen wir heute über die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl vor 20 Jahren ?

von Joachim Grawe

e-mail [Joachim.Grawe@energie-fakten.de](mailto:Joachim.Grawe@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - Langfassung

Zu verweisen ist zunächst auf die beiden Beiträge von Orth in den „Energie-Fakten“:

- [Welche Folgen hatte der Reaktorunfall von Tschernobyl ?](#)
- [Ist ein Reaktorunfall wie in Tschernobyl auch in Deutschland möglich ?](#)

Der Beitrag über die Folgen beruht auf dem Kenntnisstand von 1996. Damals – zehn Jahre nach dem Unglück – gab es eine groß angelegte internationale Untersuchung.

Im September 2005 haben acht UN-Organisationen, darunter IAEO, WHO, UNEP, FAO und UNDP, sowie die Regierungen der drei betroffenen Staaten Russland, Ukraine und Weissrussland einen neuen umfassenden Bericht „[Chernobyl 's Legacy: Health Environmental and Socio-Economic Impacts](#)“ (2. überarbeitete Fassung vom April 2006) veröffentlicht. Er basiert auf den früheren und weiteren Untersuchungen von rd. 100 Wissenschaftlern aus vielen Ländern in Zusammenarbeit mit den russischen, weissrussischen und ukrainischen Behörden sowie der

Auswertung der vorhandenen wissenschaftlichen Studien. Der Bericht ist in der Rubrik „Hintergrund-Materialien“ der „Energie-Fakten“ in vollem Wortlaut in der englischen Originalfassung wiedergegeben.

Im August 2005 war bereits der Teilbericht „Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience“ der Expertengruppe „Umwelt“ des von den gleichen Organisationen gebildeten Tschernobyl-Forums erschienen. Eine inoffizielle Schweizer Übersetzung der aus Anlass dieser Veröffentlichung herausgegebenen Presseerklärung findet sich ebenfalls unter „[Hintergrund-Materialien](#)“.

Die Nuclear Energy Agency hatte schon 2002 den Bericht „[Chernobyl - Assessment of Radiological and Health Impacts - 2002. Update of Chernobyl: Ten Years on](#)“ herausgegeben.

Um unseren Lesern die Information und die Urteilsbildung weiter zu erleichtern, sind im Folgenden wesentliche Abschnitte der Zusammenfassung („Execu-

tive Summary“) des Berichts „Ten Years on“ von 2002 in einer von mir angefertigten Übersetzung abgedruckt. An den Berichten wurde von Seiten einiger die Kernenergie ablehnender Wissenschaftler und Organisationen Kritik geübt. Er mache das Ausmaß der Katastrophe nicht genügend deutlich. Aber auch Befürworter der Kernenergie haben Lücken festgestellt. So werde nicht gesagt, dass Schilddrüsenkrebs bei Kindern in aller Regel heilbar ist und dass ein derartiger Unfall nur in der – späten – Sowjetunion passieren konnte (technische Rückständigkeit, schlecht ausgebildetes Reaktorpersonal, Produktion „über alles“, keine Sicherheitskultur). Es kann jedoch dahin stehen, ob einzelne Teile Schwächen oder Lücken aufweisen. Die Kritik trifft jedenfalls nicht den Kern und ändert am Gesamtergebnis nichts.

Einzelne deutsche Beobachter beziehen sich auch auf eigene Feststellungen über Krankheiten in Regionen, die von dem Unfall bzw. von den radioaktiven Niederschlägen besonders betroffen

## LANGFASSUNG

waren. Solche subjektiven Beobachtungen lassen sich aber regelmäßig nicht verallgemeinern.

Abgedruckt ist ferner eine ebenfalls von mir angefertigte inoffizielle Übersetzung der Abschlusserklärung der Internationalen Konferenz der IAEO zu der Thematik vom 06./07. September 2005.

Beide Dokumente ergeben zusammen mit den unter [Hintergrund-Materialien](#) abgedruckten den heutigen Stand der Erkenntnis über die Folgen des Reaktorunfalls.

## Übersetzung

### **Tschernobyl - Abschätzung und Bewertung der radiologischen und gesundheitlichen Auswirkungen Fortschreibung 2002 von „Tschernobyl - zehn Jahre danach“**

Aus der Zusammenfassung („Executive Summary“)

... Nach der Sammlung dosimetrischer Daten mehrerer Jahre aus allen verfügbaren Quellen und der Berechnung von Dosen<sup>\*)</sup>, die sich auf Daten über die Kontamination der Umwelt und mathematische Modelle stützen, ist es jetzt möglich, zu einer vernünftigen, wenn auch nicht völlig exakten Bemessung der Bandbreite der Dosen zu gelangen, denen die verschiedenen Bevölkerungsgruppen durch den Unfall ausgesetzt waren.

Die wichtigsten besorgniserregenden Dosen waren diejenigen der Schilddrüse bei Kindern und Kleinkindern während der Unfallzeit, die durch externe Bestrahlung, Einatmung und Aufnahme von Isotopen des radioaktiven Jods (<sup>131</sup>I und kurzlebige Radionuklide) mit der Nahrung, sowie die Ganzkörperdosen, die durch externe Bestrahlung und Aufnahme von radioaktivem Caesium-Isotopen (<sup>134</sup>Cs und <sup>137</sup>Cs) mit der Nahrung zustande gekommen ist. Gemäß den weitestgehend anerkannten Abschätzungen stellt sich die Situation für die verschiedenen Bevölkerungsgruppen wie folgt dar:

#### **Evakuierte:**

Während der ersten Woche nach dem Reaktorunfall wurden mehr als 100.000 Personen evakuiert, die meisten aus dem Gebiet im Umkreis von 30 km um den Reaktorstandort. Diese Menschen erhielten beachtliche Dosen sowohl für den ganzen Körper wie für die Schilddrüse. Jedoch variiert die Dosisverteilung sehr stark unter ihnen je nach der Entfernung ihres Aufenthaltsortes vom Reaktorstandort und der Verzögerung ihrer Evakuierung.

Die Dosen für die Schilddrüse bewegen sich von 70 Millisievert (mSv)<sup>\*\*)</sup> für Erwachsene bis zu 1.000 mSv, also 1 Sv, für kleine

Kinder. Es wurde abgeschätzt, dass diese Bevölkerungsgruppe vor ihrer Evakuierung eine durchschnittliche Ganzkörper-Individualdosis von 15 mSv empfangen hat. Viele von ihnen waren auch weiterhin, also nach ihrer Evakuierung aus der 30-km-Zone, ionisierender Strahlung ausgesetzt, wenn auch in geringerem Maße, je nach der Entfernung ihres neuen Aufenthaltsortes

#### **Liquidatoren**

Hunderttausende von Arbeitern, schätzungsweise 600.000, eingeschlossen eine große Anzahl von Militärpersonen, waren an den Notfallmaßnahmen während des Unfalls am Reaktorstandort und an den anschließenden Aufräummaßnahmen beteiligt, die einige Jahre andauerten. Diese Arbeiter wurden als „Liquidatoren“ bezeichnet.

Eine begrenzte Anzahl in der Größenordnung von 400 Menschen, darunter die Kraftwerksmannschaft, Feuerwehrleute und medizinisches Hilfspersonal, befanden sich während des Unfalls und unmittelbar danach am Reaktorstandort und erhielten sehr hohe Dosen aus einer Vielzahl von Strahlenquellen und über verschiedene Expositionspfade. Unter ihnen waren alle diejenigen, die Symptome der akuten Strahlenkrankheit entwickelten und eine medizinische Notfallbehandlung benötigten. Die

\*) „Dosis“ bzw. „Dosen“ bezeichnet in diesem Text immer die Strahlendosis/Strahlendosen Zum Vergleich seien einige Daten über Strahlenexpositionen der Bevölkerung in Deutschland genannt: natürliche Strahlenexposition 2,4 mSv, Strahlenexposition durch medizinische Anwendungen 1,5 mSv, Strahlenexposition durch Kernwaffenversuche, Kernkraftwerke und Tschernobyl 0,01 mSv bzw. 0,01 mSv bzw. 0,02 mSv.

\*\*) 1 Millisievert entspricht 1 Tausendstel Sievert

\*\*\*) Gray ist das Maß der Energiedosis. Zur Ermittlung der Belastung des Menschen (und anderer Lebewesen) muss der Wert in Gray mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert werden. Das ergibt die „Äquivalentdosis“ in Sievert.

## LANGFASSUNG

Dosen dieser Menschen bewegten sich von wenigen Gray<sup>\*\*\*</sup>) bis zum Mehrfachen von 10 Gray für den Ganzkörper durch äussere Bestrahlung und vergleichbaren oder sogar höheren internen Dosen für die Schilddrüse aus der Inkorporation von Radionukliden. Eine Anzahl von Wissenschaftlern, die in periodischen Abständen technische Maßnahmen in dem zerstörten Reaktor während mehrerer Jahre durchführten, akkumulierten im Laufe der Zeit Dosen ähnlicher Größenordnung.

Die größte Gruppe der Liquidatoren nahm mit unterschiedlichen Einsatzdauern an den Aufräumarbeiten während einer Reihe von Jahren nach dem Unfall teil. Obwohl sie nicht länger unter Notfallbedingungen arbeiteten und auch Kontrollen sowie Dosisbegrenzungen unterworfen waren, empfingen sie signifikante Dosen zwischen zehn und Hunderten von mSv.

### **Menschen, die in kontaminierten Gebieten der früheren Sowjetunion leben**

Ungefähr 270.000 Menschen leben weiterhin in kontaminierten Gebieten mit der Ablagerung von radioaktivem Caesium in Höhe von mehr als 555 Kilobecquerel (kBq<sup>\*)</sup>) pro Quadratmeter. Dort sind Schutzmaßnahmen notwendig. Dabei kamen in den ersten Wochen nach dem Unfall hauptsächlich auf den Verzehr von Kuhmilch, die mit radioaktivem Jod kontaminiert war, zurückzuführende erhebliche Schilddrüsendosen zustande.

Kinder in der weissrussischen Region Gomel scheinen dabei die höchsten Schilddrüsendosen erhalten zu haben. Diese rangieren von einer vernachlässigbaren Höhe bis zu 40 Sv. Im Durchschnitt betragen sie etwa ein Sv für Kinder von unter ein bis sieben Jahren. Dank der Lebensmittel-Kontrolle in diesen Gebieten ist der größte Teil der Strahlenexposition seit dem Sommer 1986 zurückzuführen auf die äussere Bestrahlung durch radioaktives Caesium, das sich auf dem Erdboden abgelagert hat. Die Ganzkörperdosen für den Zeitraum 1986-89 werden auf fünf bis 250 mSv geschätzt mit einem Durchschnittswert von 40 mSv.

### **Bevölkerung ausserhalb der früheren Sowjetunion**

Die während des Unfalls freigesetzten flüchtigen radioaktiven Substanzen wie Jod und Caesium verbreiteten sich in der ganzen nördlichen Hemisphäre. Die Dosen, die die Menschen ausserhalb der früheren Sowjetunion erhielten, waren verhältnismässig gering. Sie zeigen starke Unterschiede von Land zu Land in Abhängigkeit hauptsächlich davon, ob es während des Durchzugs der radioaktiven Wolke regnete. Diese Dosen reichten von wenigen Mikrosievert<sup>\*\*</sup>) oder einigen Dutzend Mikrosievert ausserhalb Europas bis zu einem oberen Extremwert von ein oder zwei mSv in einigen besonders betroffenen Gebieten einzelner europäischer Länder.

### **Gesundheitliche Auswirkungen**

Die gesundheitlichen Auswirkungen können beschrieben werden als

- akute Gesundheitseffekte (Todeschwere Gesundheitsschäden)
- Spätfolgen (Krebs) und
- Soziale Folgen, die Auswirkungen auf die Gesundheit haben können.

Die akuten Gesundheitseffekte traten bei der Kraftwerksmannschaft auf sowie bei den Personen, die in der Notfallphase das Feuer bekämpften, medizinische Hilfe leisteten oder unmittelbare Aufräumarbeiten erledigten. Insgesamt 31 Menschen starben infolge des Unfalls. Rd. 140 Menschen erlitten verschiedene Grade der Strahlenkrankheit und trugen akute Gesundheitsschäden davon. Diese Art von Auswirkungen trafen niemanden in der allgemeinen Bevölkerung.

Was Spätfolgen betrifft, insbesondere den möglichen Anstieg von Krebserkrankungen, so hat es seit dem Unfall eine reale und bedeutsame Erhöhung von Schilddrüsenkrebs unter den Kindern und Kleinkindern gegeben, die während der Zeit des Unfalls in den kontaminierten Gebieten der früheren Sowjetunion der Strahlung ausgesetzt waren. Dies sollte bis zum etwaigen Beweis des Gegenteils dem Unfall zugerechnet werden. Es mag auch einen leichten Anstieg von Schilddrüsenkrebs bei in diesen Gebieten lebenden Erwachsenen gegeben haben. Nach dem bisher beobachteten Trend des Anstiegs der

\*) Becquerel ist die Einheit der Radioaktivität. Für die Strahlenbelastung hat die Angabe in Becquerel unmittelbar keine Aussagekraft  
\*\*) 1 Millisievert entspricht 1 Tausenstel Sievert, 1 Mikrosievert 1 Millionstel Sievert

## LANGFASSUNG

Erkrankungen an Schilddrüsenkrebs ist zu erwarten, dass der Höhepunkt noch nicht erreicht ist und dass diese Krebsart für einige Zeit in diesen Gebieten eine Erhöhung über die natürliche Auftretensrate zeigen wird.

Andererseits hat die wissenschaftliche und medizinische Beobachtung der betroffenen Bevölkerung bis heute keinen signifikanten Anstieg anderer Krebsarten, von Leukämie, angeborenen Missbildungen, Fehlgeburten oder irgendeiner anderen durch Strahlung ausgelösten Krankheit ergeben, die auf den Unfall von Tschernobyl zurückgeführt werden könnte. Diese Beobachtung gilt für die gesamte Bevölkerung sowohl innerhalb wie ausserhalb der früheren Sowjetunion. Derzeit werden breite wissenschaftliche und epidemiologische Forschungsprogramme durchgeführt. Einige davon werden von internationalen Organisationen wie der WHO und der EU gefördert. Sie sollen weiteren Aufschluss über mögliche künftige gesundheitliche Auswirkungen verschaffen. Jedoch erlauben es die allgemein anerkannten Dosisabschätzungen vorherzusagen, dass es – mit Ausnahme des Schilddrüsenkrebses – unwahrscheinlich ist, dass die Strahlenexposition zu Strahlenfolgen in der allgemeinen Bevölkerung führen wird, die sich von dem Hintergrund des natürlichen Auftretens derselben Krankheiten unterscheiden lassen. Im Falle der Liquidatoren ist bislang kein Anstieg der Krebserkrankungen beobachtet worden. Aber ein spezifisches und detailliertes follow-up dieser besonde-

ren Gruppe würde Trends zum Anstieg besser enthüllen, sollten sie existieren.

Eine bedeutsame Auswirkung des Unfalls, die einen Bezug zur Gesundheit hat, ist das Auftreten eines weit verbreiteten Zustands des psychologischen Stresses in der betroffenen Bevölkerung. Die Schwere dieser Erscheinung, die hauptsächlich in den kontaminierten Regionen der früheren Sowjetunion beobachtet wird, scheint die Befürchtungen in der Öffentlichkeit über alles widerzuspiegeln, was den Menschen an der Strahlung und ihren Auswirkungen unbekannt ist, ebenso wie das Misstrauen gegenüber den staatlichen Institutionen. Sie ist sicherlich verschlimmert worden durch den Zerfall der sozialen Netzwerke und der traditionellen Lebensweise, die durch den Unfall und seine langfristigen Konsequenzen bewirkt wurden.

Die mit dem Unfall zusammenhängenden Auswirkungen haben zu einer allgemeinen Verschlechterung des Gesundheitszustands der Bevölkerung in den kontaminierten Gebieten geführt. Krankheiten, die hier beobachtet wurden, sind nicht typischerweise verbunden mit Strahlenexposition. Die Untersuchung dieser Auswirkungen sollte fortgesetzt werden.

### **Auswirkungen auf die Landwirtschaft und die Umwelt**

Die Auswirkung des Unfalls auf die landwirtschaftliche Praxis, die Erzeugung von Nahrungsmitteln und andere Umweltaspekte war weiter verbreitet als die direkte Auswirkung auf die menschliche

Gesundheit und ist es weiterhin.

Verschiedene Techniken der Behandlung des Erdbodens und der Dekontamination zur Verringerung der Anreicherung von Radioaktivität in landwirtschaftlichen Produkten und Kuhmilch sowie Fleisch wurden mit positiven Ergebnissen in einigen Fällen getestet. Nichtsdestotrotz sind innerhalb der früheren Sowjetunion weite Gebiete landwirtschaftlich genutzter Flächen noch von der Nutzung ausgeschlossen. Es ist zu erwarten, dass das noch für lange Zeit so bleibt. In einem wesentlich größeren Gebiet darf zwar Landwirtschaft und Milchproduktion betrieben werden. Die erzeugten Lebensmittel werden aber strengen Kontrollen sowie ggf. Verboten ihrer Verteilung und Verwendung unterworfen.

Das Niveau der Kontamination wies einige Zeit nach dem Unfall einen rückläufigen Trend auf. Inzwischen scheint es mehr und mehr so, dass eine ökologische Stabilität erreicht ist. Das trifft in besonderem Maße zu für Waldgebiete. Der Rückgang scheint nunmehr der Zerfallsperiode von Cs137 zu folgen, das eine Halbwertszeit von 30 Jahren hat. Sollte dieser Trend anhalten, würde die Kontamination in diesen Gebieten ungefähr zehn Halbwertszeiten oder 300 Jahre lang messbar sein.

Ähnliche Probleme der Kontrolle und der Verwendungsbeschränkungen wurden, allerdings in weit geringerer Strenge, in einigen europäischen Ländern ausserhalb der früheren Sowjetunion festgestellt. Dort wurde die Erzeugung von Feldfrüchten und



## LANGFASSUNG

Tierprodukten für unterschiedliche Zeitdauern nach dem Unfall Beschränkungen unterworfen. Die meisten dieser Restriktionen wurden schon vor einiger Zeit aufgehoben. Jedoch gibt es immer noch einige Gebiete in Europa, wo Einschränkungen für das Schlachten und den Vertrieb von Tieren immer noch in Kraft sind. Dies betrifft zum Beispiel mehrere hunderttausend Schafe im Vereinigten Königreich und große Zahlen von Schafen und Rentieren in einigen nordischen Ländern.

Der Wald ist ein besonderes Umweltmilieu, wo Probleme existieren. Wegen der hohen Filtercharakteristiken von Bäumen war die Ablagerung in den Wäldern oft höher als in anderen Gebieten. Ein Extremfall war der sog. Rote Wald nahe Tschernobyl. Dort war die Strahlung so hoch, dass sie Bäume abtötete. Diese mussten als radioaktiver Abfall beseitigt werden. Allgemeiner ausgedrückt, geben Wälder als Quelle für Holz, Wild, Beeren und Pilze sowie als Ort der Arbeit und der Erholung in einigen Gebieten weiterhin Anlass zur Besorgnis. Es ist zu erwarten, dass sie für lange Zeit ein radiologisches Problem darstellen.

Gewässer wie Flüsse, Seen und Wasserreservoirs können, wenn sie kontaminiert sind, eine bedeutsame Quelle für die Strahlenexposition von Menschen sein wegen ihrer Nutzung für Trinkwasser und Fischfang sowie zur Erholung. Im Fall von Tschernobyl hat dieser Umweltbereich nicht signifikant zu der gesamten Strahlenexposition der

Bevölkerung beigetragen. Der Beitrag der Gewässer und ihrer Produkte zu der Individual- und Kollektivdosis übersteigt nach Abschätzungen nicht ein oder zwei Prozent der gesamten von dem Unfall her rührenden Exposition. Seit dem Unfall wurde festgestellt, dass die Kontamination des Gewässersystems während des letzten Jahrzehnts kein Problem für die öffentliche Gesundheit dargestellt hat. Jedoch wird angesichts der großen Mengen an Radioaktivität, die in dem Einzugsgebiet der Gewässer in der kontaminierten Region um Tschernobyl abgelagert wurden, noch für lange Zeit ein sorgfältiges Überwachungssystem notwendig sein, damit sichergestellt wird, dass ausgewaschene Substanzen aus dem Einzugsgebiet nicht Trinkwasserversorgungen kontaminieren.

Ausserhalb der früheren Sowjetunion wurden hinsichtlich des Radioaktivitätsniveaus im Trinkwasser zu keiner Zeit Besorgnisse erklärt. Andererseits gibt es in der Schweiz und in den nordischen Ländern Seen, für die Beschränkungen in Bezug auf den Verzehr von Fischen notwendig waren. Diese Beschränkungen existieren z. B. noch in Schweden. Dort enthalten Tausende von Seen Fische mit einem Gehalt an Radioaktivität, der immer noch höher ist als die Grenzen, die die Behörden für den Verkauf auf dem Markt festgelegt haben.

**Mögliche verbleibende Risiken**  
Innerhalb von sieben Monaten nach dem Unfall wurde der zerstörte Reaktor eingebettet in ein

massives Betongehäuse, das als der „Sarkophag“ bekannt ist. Damit sollen der beschädigte Kernbrennstoff und die zerstörte Einrichtung eingeschlossen und die Wahrscheinlichkeit weiterer Freisetzungen von Radioaktivität in die Umgebung verringert werden. Diese Struktur war jedoch nicht als dauerhafter Einschluss gedacht, vielmehr als provisorische Barriere, bis eine grundlegende Lösung für die Beseitigung des zerstörten Reaktors und die sichere Endlagerung der hoch aktiven Materialien getroffen wird.

Jahre nach seiner Errichtung weckt die Sarkophag-Struktur, obwohl sie weiterhin standhält, Besorgnisse hinsichtlich ihrer langfristigen Widerstandsfähigkeit. Sie stellt ein ständiges potentiell Risiko dar. Insbesondere zeigte das Dach der Struktur lange Zeit zahlreiche Risse mit der Folge einer Beeinträchtigung der Leckdichtigkeit und des Eindringens großer Mengen von Regenwasser, das jetzt hoch radioaktiv ist. Dies führt auch zu hoher Feuchtigkeit, die die metallischen Strukturen korrodieren lässt, die zur Stützung des Sarkophags beitragen. Darüber hinaus sind einige massive Betonstrukturen, die durch die Reaktorexlosion beschädigt oder verschoben wurden, instabil. Ihr Versagen als Folge weiterer Verschlechterung oder durch externe Ereignisse könnte einen Einsturz des Daches und von Teilen des Gebäudes auslösen.

Gemäß verschiedenen Analysen lässt sich eine Anzahl möglicher Unfallszenarien vorstellen. Diese schließen eine Kritikalitäts-

## LANGFASSUNG

exkursion als Folge einer Veränderung in der Konfiguration der geschmolzenen Massen des Kernbrennstoffs in der Gegenwart von Wasser ein, das vom Dach herunter geleckt ist, eine Wiederaufwirbelung von radioaktivem Staub, hervorgerufen durch den Zusammenbruch der Einschließung, und die langfristige Wanderung von Radionukliden aus der Umschließung heraus in das Grundwasser. Die beiden ersten Unfallszenarien würden zu einer Freisetzung von Radionukliden in die Atmosphäre führen, die eine erneute Kontamination der Umgebung mit einem Radius von einigen zehn Kilometern nach sich ziehen würde. Es wird jedoch nicht erwartet, dass solche Unfälle ernsthafte radiologische Folgen in weiterer Entfernung haben könnten.

Käme es zu einem Auswaschen von Radionukliden aus dem Brennstoff durch Wasser in der Umschließung und ihrer Wanderung in das Grundwasser, so würde diese Wanderung sehr langsam vonstatten gehen. Man hat abgeschätzt, dass es z. B. 45 bis 90 Jahre dauern würde, bis bestimmte Radionuklide wie etwa Strontium-90 das Einzugsgebiet des Flusses Pripjat erreichen würden. Die erwartete radiologische Bedeutung dieses Phänomens ist nicht sicher bekannt. Über lange Zeit muss eine sorgfältige Überwachung der sich entwickelnden Situation des Grundwassers vorgenommen werden.

Die Unfallbekämpfungs- und Aufräum-Maßnahmen haben zum Entstehen großer Mengen radioaktiver Abfälle und konta-

minierter Gerätschaften geführt, die gegenwärtig an rd. 800 Standorten innerhalb und ausserhalb der 30-km-Zone um den Reaktor gelagert werden. Diese Abfälle und diese Gerätschaften sind teilweise in Gräben vergraben und teilweise in Containern aufbewahrt, isoliert vom Grundwasser durch Ton oder Betonwände. Doch wird auch eine große Anzahl kontaminierter Gerätschaften, Maschinen und Fahrzeuge unter freiem Himmel gelagert.

Alle diese Abfälle stellen eine mögliche Quelle der Kontamination des Grundwassers dar. Sie erfordern eine enge Überwachung, bis eine sichere Endlagerung an einem geeigneten Standort geschaffen ist. ...

## Übersetzung

### **Main Conclusions of the Chernobyl Forum**

Wichtigste Schlussfolgerungen des Tschernobyl Forums [Abschluss-Statement der Internationale Konferenz vom 05./06. September 2005 in Wien]

1. Der Unfall von Tschernobyl 1986 war der schwerste nukleare Unfall in der Geschichte der weltweiten Kernenergiewirtschaft. Auf Grund der umfangreichen Freisetzung von Radionukliden wurde er auch der bedeutsamste radiologische Unfall. Jedoch sind nach einer Reihe von Jahren - mit dem Rückgang der Strahlenbelastung und der Anhäufung humanitärer Wirkungen - eine schwere soziale und wirtschaftliche Wirtschaftskrise der betroffenen weissrussischen, russischen und ukraini-

schen Regionen und die mit ihr verbundenen ernsthaften psychologischen Probleme der allgemeinen Bevölkerung und der für Notmaßnahmen eingesetzten Arbeiter das gewichtigste Problem geworden.

2. Die Mehrzahl der mehr als 700.000 für die Notfall- und Wiederherstellungs-Maßnahmen eingesetzten Arbeiter sowie fünf Millionen Bewohner der kontaminierten Gebiete in Weissrussland, Russland und der Ukraine erhielt verhältnismäßig geringe Strahlendosen, vergleichbar derjenigen durch die natürliche Hintergrundstrahlung; die Strahlenexposition in dieser Höhe hat nicht zu irgendwelchen beobachtbaren strahlenbedingten Gesundheits-Effekten geführt.

Eine Ausnahme bildet eine „Kohorte“ von mehreren hundert Notfall- und Wiederherstellungs-Arbeitern, die hohe Strahlendosen erhielten; von ihnen starben etwa 50 an der Strahlenkrankheit und ihren Folgen. Insgesamt wird erwartet, dass die Strahlung den vorzeitigen Tod von 4.000 der 600.000 durch den Unfall von Tschernobyl mit höheren Strahlendosen beaufschlagten Menschen [z. T. Arbeiter, z. T. Angehörige der Bevölkerung in den besonders betroffenen Regionen: Der Übersetzer] verursacht hat oder verursachen wird.

Eine weitere „Kohorte“, die von der Strahlung beeinträchtigt wurde, sind Kinder und Jugendliche, deren Schilddrüse 1986 durch den Verzehr



## LANGFASSUNG

mit Radiojod kontaminierter Milch erhebliche Strahlendosen erhielt. Insgesamt wurden in dieser „Kohorte“ 1992 bis 2003 bisher rd. 4.000 Fälle von Schilddrüsenkrebs entdeckt. Mehr als 99 % davon wurden erfolgreich behandelt.

3. Auf Grund natürlicher Prozesse und von Gegenmaßnahmen hat sich das Niveau der Radioaktivität in der Umwelt seit 1986 um mehrere hundert Größenordnungen verringert. Daher ist nunmehr der größte Teil des Landes, das zuvor durch Radionuklide kontaminiert war, jetzt für das Leben und wirtschaftliche Aktivitäten sicher. Jedoch sollten in der Ausschlusszone um Tschernobyl und in einigen begrenzten Gebieten Weissrusslands, Russlands und der Ukraine einige Beschränkungen der Landnutzung noch mehrere Jahrzehnte lang aufrechterhalten werden.
4. Die Gegenmaßnahmen, mit denen die Regierungen die Folgen des Unfalls bekämpft haben, waren im wesentlichen zeitgerecht und angemessen. Jedoch zeigt die moderne Forschung, dass die Zielrichtung dieser Anstrengungen geändert werden muss. Die soziale und wirt-

schaftliche Wiederherstellung der betroffenen Regionen Weissrusslands, Russlands und der Ukraine müssen ebenso wie die Beseitigung der psychologischen Belastung der allgemeinen Öffentlichkeit und der Notfall-Arbeiter eine Priorität bekommen.

Eine weitere Priorität für die Ukraine sollten der Abriss des zerstörten Blocks 4 von Tschernobyl und das sichere Management des radioaktiven Abfalls in der Ausschlusszone um Tschernobyl sowie deren schrittweise Sanierung sein.

5. Die zielgerichtete Forschung über die langfristigen Konsequenzen des Unfalls von Tschernobyl für die Umwelt, die Gesundheit und die sozialen Verhältnisse sollte noch einige Jahrzehnte fortgesetzt werden. Die Erhaltung der Kenntnisse in der Milderung der Konsequenzen des Unfalls ist wesentlich.
6. Dieser Bericht [gemeint ist der eingangs dieses Beitrags genannte Bericht vom August 2005, der der Konferenz vorlag: Der Übersetzer] ist der vollständigste über den Unfall von Tschernobyl, weil er die Fragen der Umgebungsstrahlung, der Folgen für die

menschliche Gesundheit und die sozio-ökonomischen Konsequenzen umfasst. Etwa 100 anerkannte Fachleute auf dem Gebiet der Tschernobyl-bezogenen Forschung aus vielen Ländern, darunter Experten aus Weissrussland, Russland und der Ukraine, haben daran mitgewirkt. Der Bericht gibt zugleich die einvernehmliche Sicht der acht damit befassten UN-Organisationen und der drei betroffenen Länder wieder. ■