

29 Jahre nach Tschernobyl

Die Lage am Standort – keine Lösung in Sicht und ein Wettlauf mit der Zeit

Stand: 04.2015

Dipl. Phys. Oda Becker im Auftrag von Greenpeace e.V.



November 2011, Strahlenmessung in Tschernobyl © Jan Grarup/Greenpeace

Die Lage am AKW Tschernobyl

Anlässlich des 29. Jahrestages des katastrophalen Unfalls beschreibt und bewertet der vorliegende Bericht die Situation am havarierten Reaktorblock 4 des AKW Tschernobyl.

1. Der Reaktorunfall

26. April 1986 – im Reaktorblock 4 des AKW Tschernobyl kommt es zum Super-GAU. Das Unglück ereignet sich in einem russischen Reaktor vom Typ RBMK, einem graphitmoderierten, wassergekühlten Siedewasser-Druckröhrenreaktor. Zur Zeit des Unfalls sind 14 RBMK-Reaktoren in Betrieb, vier davon in Tschernobyl. Heute werden noch immer elf – sicherheitstechnisch nachgerüstete – RBMK-Reaktoren an drei Standorten (Kursk, Leningrad und Smolensk) in Russland betrieben.ⁱ Sicherheitsbedenken bezüglich dieses veralteten Reaktortyps bestehen jedoch weiterhin.ⁱⁱ

Bedienungsfehler, kombiniert mit der fehlerhaften technischen Auslegung des Reaktortyps, und eine unzureichende Sicherheitskultur führen zur Havarie. Zwei Explosionen zerstören den Reaktor; der Graphitblock fängt Feuer und brennt zehn Tage lang. Radioaktives Material wird in die Atmosphäre geschleudert und verteilt sich weiträumig. Innerhalb eines halben Jahres wird unter

schwierigen Bedingungen eine Abdeckung für die Ruine gebaut. Dieser „Sarkophag“ ist gedacht als Schutz für 20 bis 30 Jahre.ⁱⁱⁱ Bisher ist weder die genaue Menge der in die Umwelt freigesetzten radioaktiven Stoffe (ca. $2 \cdot 10^{18}$ Bq Jod-131 und ca. $1 \cdot 10^{17}$ Bq Cäsium-137)^{iv} noch die der im Reaktor verbliebenen Stoffe vollständig bekannt. Unstrittig ist jedoch, dass durch den katastrophalen Reaktorunfall große Mengen Radioaktivität in die Umwelt gelangten. Millionen Menschen leiden noch heute unter den Folgen der Katastrophe. Aus den erhobenen Daten lässt sich zudem schließen, dass sich noch große Mengen radioaktiver Stoffe im havarierten Reaktor befinden. Diese stellen eine erhebliche Gefahr für die Umwelt dar und dürfen nicht sich selbst überlassen werden.^v

2. Der Shelter Implementation Plan (SIP)

In den zehn Jahren nach dem Unfall wurde keine wirtschaftlich und technisch akzeptierte Gesamtlösung für den Umgang mit dem zerstörten Reaktor gefunden, daher einigte man sich auf ein Vorgehen in mehreren Stufen. Seit 1997 ist der so genannte Shelter Implementation Plan (SIP) Grundlage der internationalen Zusammenarbeit. Seine Zielsetzung ist es, die Ruine mittelfristig sicherer zu machen – damit Zeit gewonnen wird, eine langfristige Lösung zu entwickeln.

Wesentlich für die Umsetzung des mittelfristigen Ziels ist die Errichtung eines neuen Einschlusses für den zerstörten Reaktor. Als neue Schutzhülle soll eine den Reaktor überspannende Stahlkonstruktion in Bogenform gebaut werden, das New Safe Confinement (NSC). Das französische Konsortium Novarka erhielt 2007 den Auftrag zum Bau dieser neuen Sicherheitshülle.^{vi}

Aufgrund des hohen Strahlenniveaus ist der Bau direkt über dem Sarkophag nicht möglich. Die neue Sicherheitshülle – eine freitragende Hallenkonstruktion mit einer Breite von ca. 260 Metern, einer Länge von ca. 165 Metern und einer Höhe von ca. 110 Metern – wird abseits des havarierten Reaktors in zwei Teilen gefertigt und soll dann über den havarierten Reaktor geschoben werden.^{vii}

Um den riesigen Errichtungsbereich vorzubereiten, müssen große Mengen an kontaminiertem Boden (55.000 m³) und hochradioaktiven Materialien weggeschafft und eine 90.000 m² große Betonfläche zur Versiegelung des Bodens erstellt werden.^{viii} Zudem wurde zum Schutz der Beschäftigten vor Strahlung eine 30 Meter hohe Betonwand zwischen dem Reaktor und dem Baugelände hochgezogen.^{ix} Als weitere umfangreiche Vorbereitungsmaßnahme wird der alte Abluftkamin des zerstörten Reaktors demontiert und durch einen kleineren ersetzt.^x

Die Umsetzung des SIP gestaltete sich deutlich schwieriger als erwartet. Der Zeitplan musste immer wieder revidiert werden. Zu Beginn (1997) wurde für die Realisierung des SIP ein Zeitraum von acht bis neun Jahren angenommen; das wäre eine Fertigstellung bis 2005/2006 gewesen.^{xi}

Erst im April 2012 begann der Bau der gigantischen Struktur. Anfang April 2014 war die östliche Teilkonstruktion mit einer Höhe von 112,5 Metern fertig montiert und wurde in ein Wartereal geschoben; die Montage der zweiten – westlichen – Teilkonstruktion begann.^{xii}

Trotz der Unruhen im Osten der Ukraine geht der Bau der neuen Schutzhülle voran.^{xiii} Beide Hälften wurden 2014 jeweils auf ihre komplette Höhe zusammengesetzt und auf der Montageplattform zusammengebaut.^{xiv} Zurzeit werden die beiden Bauhälften des NSC miteinander verbunden.^{xv}

In 2015 soll zudem die Struktur mit einer doppelwandigen Außenhaut abgedichtet und innen mit einer Krananlage ausgestattet werden.^{xvi} Dann beginnt der schwierigste Teil: Die gesamte Struktur, etwa 31.000 Tonnen schwer, soll mit Hilfe von hydraulischen Hebeeinrichtungen in einer dreitägigen Aktion über den havarierten Reaktor geschoben werden. Abschließend sollen die Stirnwände, die sich den jeweils vorhandenen Baustrukturen anpassen, durch flexible Kunststoffmembrane abgedichtet werden.^{xvii}

Zu Beginn der Arbeiten im April 2012 war eine Fertigstellung des NSC für Oktober 2015 anvisiert. Der Bau des neuen Sarkophags für die Ruine des Atomkraftwerks Tschernobyl kommt aber langsamer voran als geplant. Zurzeit wird die Fertigstellung im November 2017 erwartet.^{xviii}

Die neue Schutzhülle ist keine passive Struktur, sondern enthält aktive Systeme (Heizungs-, Lüftungs- und Klimasysteme).^{xix} Normalerweise müssten Stahlkonstruktionen alle zehn bis 15 Jahre einen neuen Korrosionsschutz erhalten. Bei der neuen Schutzhülle ist dies aufgrund der hohen Strahlenwerte über der Ruine unmöglich. Daher soll mit Hilfe eines computergesteuerten Belüftungssystems die Haltbarkeit für 100 Jahre

gewährleistet werden. In dem Raum zwischen dem äußeren und dem inneren Mantel der Schutzhülle soll trockene Luft zirkulieren, so dass dort die Luftfeuchtigkeit nie über 40 Prozent steigt. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass die tragende Stahlkonstruktion rostet.^{xx} Da es keine Erfahrung mit der Inbetriebsetzung einer derartigen Struktur gibt, ist ein erneuter Zeitverzug nicht ausgeschlossen.

Auch die Kosten des SIP haben sich mehrfach drastisch erhöht, immer wieder – wie auch zurzeit – ist die Finanzierung fraglich. Die Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBRD) hat die administrative Leitung des SIP übernommen und richtete dafür 1997 den Chernobyl Shelter Fund (CSF) ein. Bis Ende 2014 zahlten die EU und 42 Länder insgesamt rund EUR 1,4 Mrd. in den CSF ein.^{xxi}

Nach einer neuen Ermittlung in 2014 werden die Gesamtkosten für den SIP zurzeit auf EUR 2,15 Mrd. (3,09 Mrd. US Dollar) geschätzt; allein das NSC verursacht Kosten in Höhe von EUR 1,5 Mrd.^{xxii} 2012 lagen die kalkulierten Kosten noch bei EUR 1,54 Mrd. (rund 2,1 Mrd. US Dollar).^{xxiii} Die zu Beginn des SIP geschätzten Kosten (768 Mio. US Dollar) haben sich bereits verdreifacht.^{xxiv}

Damit ergibt sich gegenüber der vorherigen Schätzung eine immense Finanzierungslücke von EUR 615 Mio. Die EBRD hat inzwischen EUR 350 Mio. zugesagt, in Erwartung eines Beitrags von EUR 165 Mio. von der G7/EU. Am 29. April 2015 wird auf einer weiteren Geber-Konferenz, die von Staatssekretär Flasbarth im Rahmen der deutschen G7-Präsidentschaft geleitet wird, über diesen Betrag verhandelt.^{xxv} Die restlichen EUR 100 Mio. sollen von Nicht-G7/EU-Staaten aufgebracht werden, ansonsten werden sie ebenfalls von der EBRD übernommen.^{xxvi}

Bei der letzten Finanzierungsrunde vor drei Jahren stellte die internationale Staatengemeinschaft über eine halbe Milliarde Euro für den neuen Schutzmantel bereit. Die EU übernahm mit EUR 110 Mio. den größten Beitrag, gefolgt von den USA (EUR 87 Mio.), Frankreich (EUR 47 Mio.), Russland (EUR 45 Mio.) und Deutschland (EUR 42 Mio.).^{xxvii}

Laut EBRD hat die Ukraine bisher den vereinbarten Beitrag in den CSF eingezahlt. Dieses sei aber aufgrund der aktuellen politischen Situation in der Ukraine zukünftig nicht mehr vorauszusetzen.^{xxviii} Am 15. Mai 2014 bestätigte jedoch das Parlament der Ukraine eine Erhöhung des Beitrags in den CSF (um 63,40 Mio. auf 167.56 Mio. US Dollar). Dieser Betrag soll insbesondere die Kosten für die Rekonstruktion der alten Gebäude decken, die eine Funktion für den neuen NSC haben.^{xxix}

Erschütternd im Vergleich zu den immensen Kosten ist die beschränkte Zielsetzung, die mit dem Bau des NSC verfolgt wird: Für einen Zeitraum von 100 Jahren soll das Eindringen von Wasser in den Sarkophag sowie die Freisetzung von radioaktivem Staub nach außen verhindert werden. Die Schutzhülle soll die Bergung der brennstoffhaltigen Massen zu einem späteren Zeitpunkt ermöglichen. Dieser wichtige Vorgang ist aber nicht Gegenstand des internationalen Plans. Finanzielle Mittel dafür sind im SIP nicht vorgesehen. Eine langfristige Abwendung der Gefahr, die vom havarierten Reaktorblock ausgeht, wird durch die neue Schutzhülle nicht erreicht.

3. Gefahren durch den explodierten Reaktor

Das Konsortium „Stabilization“ führte von 2004 bis 2008 dringend erforderliche Stabilisierungsarbeiten am maroden Sarkophag aus. Die Zielsetzung ist eine Stabilisierung des Sarkophags für die nächsten 15 Jahre, also bis 2023. Die errechnete Wahrscheinlichkeit für einen Zusammenbruch des Sarkophags soll durch die Stabilisierungsmaßnahmen von rund 0,1 pro Jahr auf 0,001 pro Jahr verringert werden. Es zeigt sich allerdings, dass die Überreste an einigen Stellen extrem instabil sind. Daher ist anzuzweifeln, dass dieses Ziel erreicht wird.^{xxx}

Am 12. Februar 2013 brachen – völlig unerwartet – Wand- und Dachstücke des an den Sarkophag angrenzenden Maschinenhauses zusammen. Eine ca. 600 m² große Öffnung entstand. Dieser Teil des Maschinenhauses soll von dem NSC umschlossen werden.^{xxxi}

Durch den Einsturz des Maschinenhauses wurden radioaktive Substanzen freigesetzt, die Dosisleistung blieb jedoch unterhalb der Grenzwerte.^{xxxii} Als Maßnahme gegen eine Freisetzung im Falle eines erneuten Einsturzes wurde ein Staubunterdrückungssystem im Maschinenhaus installiert.^{xxxiii} Ein dreidimensionaler Block, der mit einem Schwerkran hochgehoben wurde, sollte die Öffnung verschließen.^{xxxiv} Im Juli 2014 wurden die Arbeiten zum Verschluss der entstandenen Öffnungen am Maschinenhaus durchgeführt.^{xxxv}

Als Grund für den Einsturz wurde eine Kombination mehrerer Ursachen ermittelt: Die Explosion im Jahr 1986 beschädigte die baulichen Strukturen stark. Die nach dem Unfall durchgeführten Arbeiten am Gebäude konnten aufgrund der Strahlungssituation nicht wie geplant durchgeführt werden. Der Zustand des Bauwerks hat sich durch Alterung und Korrosion weiter verschlechtert. Aufgrund der Unzugänglichkeit wurden durch den Unfall vorgeschädigte Strukturen (z. B. Risse) erst jetzt entdeckt. Die Überwachungsmaßnahmen der Bauwerke sind nicht ausreichend. Anders als zunächst vermutet, waren die heftigen Schneefälle und die damit verbundenen Schneelasten nicht allein Ursache des Einsturzes.^{xxxvi}

Grundsätzlich kann ein Einsturz des Sarkophags, der zu einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung des Standorts führen würde, nicht ausgeschlossen werden.^{xxxvii} Der unvorhergesehene Zusammenbruch des Maschinenhauses und insbesondere die Ursachen dafür verdeutlichen, wie real eine Einsturzgefahr für den Sarkophag ist.

Die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) kam nach umfangreicher Bewertung der Ursachen zu dem Ergebnis, dass aufgrund der Verzögerung bei der Umsetzung des SIP und der Konstruktion des NSC das ursprüngliche Konzept – rechtzeitiger Abbau der instabilen Strukturen unter dem NSC – gefährdet ist. Weitere Einstürze während der Realisierung des Projekts, die wiederum zu weiteren Verzögerungen bei der Fertigstellung des neuen Einschusses führen würden, sind möglich.^{xxxviii}

Mit dem NSC sollen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass der Rückbau des alten Sarkophags beginnen kann. Unter der Bogenkonstruktion ist dazu eine große Krananlage angebracht, mit der die einsturzgefährdeten Teile des Sarkophags demontiert werden können.^{xxxix} Ob dieses gelingt, bleibt abzuwarten.

Im Inneren der Ruine befinden sich mehr als 1,5 Tonnen radioaktiver Staub. Ein Einsturz des Sarkophags würde dementsprechend zu einer hohen radioaktiven Freisetzung führen. Dabei würden relevante Strahlenbelastungen bis in Entfernungen von 50 Kilometern auftreten.

Ein Einsturz des Sarkophags würde vor allem das Leben der Beschäftigten am Standort massiv gefährden.^{xi} Allein am New Safe Confinement (NSC) sind bis zu 1200 Menschen aus mehr als 27 Ländern beschäftigt.^{xii} Mehr als 3000 Menschen arbeiten auf dem gesamten Kraftwerksgelände.^{xiii}

Aufgrund der bestehenden Gefahr fand am 7. Juli 2014 eine Notfallübung am Standort statt. Ziel war es, eine schnelle Evakuierung der Personen, die am Sarkophag und am Errichtungsbereich des NSC arbeiten, in einer Unfallsituation zu trainieren.^{xiiii}

Eine Gefährdung für den Sarkophag resultiert u.a. aus extremen Wetterereignissen (z. B. orkanartigen Stürmen), Erdbeben oder einem Brand. Im Inneren des Sarkophags befinden sich fast 2.000 Tonnen brennbare Materialien. Durch die Hitzeentwicklung im Falle eines Brandes wären – auch ohne Einsturz – hohe Freisetzungen der staubförmigen Partikel zu befürchten.^{xlv}

Die militärischen Auseinandersetzungen im Osten der Ukraine bedrohen – wenn auch nicht unmittelbar – auch die rund 100 Kilometer nördlich von Kiew gelegene Ruine. Die am 5. Dezember 2014 anonym gemeldete Minenwarnung stellte sich aber als falsch heraus.^{xlv} Die Einfahrt in die innere Sperrzone und die Eingänge zu den Baustellen werden verstärkt gesichert.^{xlvi}

Die Arbeiten am Standort werden auch ohne Unfall oder Angriff durch die bestehende radiologische Situation in den nächsten Jahren risikoreicher. Seit Oktober 2014 befindet sich daher am Standort ein Labor für die Untersuchung von medizinischen Proben. Es ist aufgrund des Umfangs der Arbeit im Rahmen des SIP-Projekts und der wachsenden Zahl der am Sarkophag Beschäftigten erforderlich.^{xlvii}

Aus den Öffnungen des Sarkophags werden kontinuierlich kleine Mengen an radioaktivem Staub freigesetzt. Vor allem aber dringen durch die Öffnungen Wasser und Feuchtigkeit in den Sarkophag ein, die einen weiteren Verfall der Gebäudestruktur beschleunigen. Während des Unfalls 1986 ist ein Großteil des Kernbrennstoffs mit Graphit und Betontrümmern zu einer Art „Lava“ verschmolzen. Die glasartige Oberfläche der brennstoffhaltigen Massen wird durch das Wasser zerstört. Anders als früher angenommen, entsteht somit (trotz Staubunterdrückungssystem) nach und nach immer mehr leicht freisetzbarer radioaktiver Staub. Zudem werden langlebige Radionuklide in Wasser gelöst und eine radioaktive Flüssigkeit bildet sich. Etwa 20.000 m³ Wasser befinden sich im Inneren des Reaktors. Jährlich dringen etwa 2400 m³ durch Gebäuderisse (rund die

Hälfte der Gesamtmenge) ein, entstehen durch Kondensation und durch den Betrieb des Staubunterdrückungssystems.^{xlviii}

In den unteren Räumen des Sarkophags befinden sich Tausende Kubikmeter kontaminiertes Wasser. Studien wiesen inzwischen nach, dass ein Teil dieses Wassers in den Boden unterhalb der Ruine einsickert.^{xlix} Um den Fluss Prypjat zu schützen, wurde ein unterirdischer Wall aus Lehm von etwa 13 Kilometern Länge errichtet, dessen Nutzen aber nicht erwiesen ist.

Eindringendes Wasser könnte theoretisch auch zum Wiederaufflackern der Kettenreaktion in den Brennstoffresten im Inneren der Ruine führen. Dieses wird allerdings inzwischen als sehr unwahrscheinlich angesehen.ⁱ

Ob durch die neue Schutzhülle die jetzt fehlende Barriere für die Ausbreitung der radioaktiven Stoffe in der Umwelt geschaffen wird, muss sich zeigen. Es ist allerdings schon heute klar, dass diese Schutzhülle nur für die nächsten 100 Jahre ausgelegt ist.

Ein Schutz für 100 Jahre ist aber nur dann gewährleistet, wenn die Kosten für Betrieb und Instandhaltung der aufwendigen Systeme aufgebracht werden. Seit dem Unfall 1986 fehlen dem Betreiber SSE ChNPP immer wieder die finanziellen Mittel, um die erforderlichen Instandhaltungsarbeiten am alten Sarkophag durchzuführen. Gleiches ist auch für den NSC zu erwarten, der alles andere als ein passiver Schutz ist und mehrere aktive Systeme benötigt.

Nach Abschluss des SIP Ende 2017 ist dann die Ukraine für das New Safe Confinement mit hohen Betriebs- und Instandhaltungskosten verantwortlich. Schätzungen über die laufend anfallenden Kosten sind bisher nicht bekannt.

Langfristig möchte die Ukraine den gesamten noch im Reaktor befindlichen Brennstoff bergen und ihn fachgerecht entsorgen.

Die Ukraine verabschiedete am 12. März 2001 den Plan, den havarierten Reaktor in drei Phasen in ein ökologisch sicheres System zu überführen. Die erste Phase, die Stabilisierung der existierenden Strukturen, ist abgeschlossen. Dieses jedoch mit sehr begrenztem Erfolg, wie sich inzwischen zeigte.

Zurzeit läuft die zweite Phase. Zu dieser gehört nicht nur die Errichtung einer neuen Schutzhülle (Teil des SIP), sondern auch die Entwicklung von Techniken zur Bergung der brennstoffhaltigen Massen und die Errichtung der erforderlichen Anlagen. Erst in der dritten Phase ist geplant, die brennstoffhaltigen Massen zu bergen, entsprechend den gesetzlichen Anforderungen nach ihrem Aktivitätsinventar zu sortieren, zu konditionieren und zu lagern.ⁱⁱ

Um die letzte Stufe der Strategie zu erreichen, muss ein geologisches Endlager für die brennstoffhaltigen Massen errichtet werden. Geeignete Standorte müssen ausgewählt werden. Im Jahr 2011 wurde dafür das Jahr 2017 anvisiert. Auf dieser Basis wird nach optimistischen Schätzungen ein Beginn der Entladung der FCM für 2030 erwartet. Inwieweit sich dieser Zeitplan geändert hat, ist nicht bekannt. Klar ist jedoch, dass dieses nur eine sehr theoretische Planung ist.

Nicht nur ein geeignetes Endlager muss zur Verfügung stehen, vor Beginn der Bergung ist noch ein erheblicher Forschungsaufwand erforderlich. Untersuchungen zeigen z. B., dass chemische Umwandlungsprozesse der Lava stattfanden. Während des Unfalls 1986 traten Temperaturen über 2600°C auf, sodass es zu Wechselwirkungen zwischen Brennstoff und Hüllrohrmaterial kam. Sehr wahrscheinlich laufen diese chemischen Prozesse weiterhin ab. Voraussetzung der Bergung ist aber laut IAEA eine gute Kenntnis der dann aktuellen Eigenschaften der brennstoffhaltigen Massen.ⁱⁱⁱ

Die international betriebene „Shelter Safety Status Database“ enthält detaillierte Informationen zum Sarkophag, zu dessen Sicherheitszustand und zu seiner unmittelbaren Umgebung.ⁱⁱⁱⁱ Weitere Daten müssen aber erhoben werden. Zudem wird seit Anfang 2014 ein von der NATO unterstütztes Forschungsvorhaben zur Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Freisetzungen im NSC, an dem auch die GRS teilnimmt, durchgeführt.^{lv} Die Bergung der brennstoffhaltigen Massen wird größtenteils ferngesteuert erfolgen müssen, da aufgrund des hohen Anteils von langlebigen radioaktiven Stoffen die Dosisleistung im Sarkophag in den nächsten Jahrzehnten

kaum abnehmen wird. Selbst wenn die Entwicklung einer Bergungsstrategie gelingt, bleibt die Finanzierung dieses neuen Projekts ein Problem.

Das internationale Projekt der SIP endet im Jahr 2017 mit der technischen Abnahme des New Safe Confinement. Danach ist nicht mehr die EBRD, sondern die Ukraine finanziell für die weiteren Arbeiten verantwortlich.^{lv}

Zurzeit existiert keine zuverlässige Kostenschätzung für die Überführung des havarierten Reaktors in ein ökologisch sicheres System. Der Betreiber des AKW Tschernobyl (SSE ChNPP) nannte auf einer IAEA-Tagung als dafür erforderliche Summe einen Betrag von mehreren zehn Milliarden US Dollar.^{lvi}

Aus heutiger Sicht ist nicht vorstellbar, dass der explodierte Reaktor jemals in ein ökologisch sicheres System überführt wird und so keine Gefahr mehr von ihm ausgeht.

4. Der AKW-Standort Tschernobyl

Am Standort befinden sich, zusätzlich zum havarierten Reaktorblock 4, die Reaktorblöcke 1 bis 3. Betreiber des AKW Tschernobyl ist die State Specialized Enterprise "Chernobyl NPP" (SSE ChNPP). Erst Ende 2000 ging mit der endgültigen Abschaltung von Block 3 das gesamte AKW Tschernobyl vom Netz.

Im Februar 2014 hat die ukrainische Aufsichtsbehörde das Stilllegungsprojekt der Blöcke 1 bis 3 genehmigt. Die drei Reaktorblöcke sollen in den Zustand des „sicheren Einschlusses“ überführt werden. Zwischen 2028 und 2046 sollen die am stärksten kontaminierten Anlagenteile ausgebaut und bis 2064 die Reaktoren selbst abgebaut werden.^{lvii} Am 9. April 2015 erhielt das AKW Tschernobyl die Genehmigung für die erste Phase der Stilllegung. Die erwarteten Kosten liegen bei 43 Mio. US Dollar.^{lviii}

Bevor die Stilllegung beginnen kann, müssen alle Brennelemente aus den Reaktorblöcken entladen sein. Am 28. September 2013 wurde die Entladung der letzten intakten Brennelemente abgeschlossen, jedoch steht die Entladung der beschädigten Brennelemente den Lagerbecken der Blöcke 1 und 2 noch aus.^{lix}

1999 wurde Framatome (jetzt Areva) mit der Errichtung eines neuen Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente (ISF-2) bis zum Jahr 2003 beauftragt. Das Lagerkonzept der Firma stellte sich aber als ungeeignet heraus. Nach jahrelangem Disput löste man den Vertrag mit Areva NP Anfang 2007 „freundschaftlich“ auf. Im September 2007 erhielt die amerikanische Firma Holtec International den Auftrag zur Fertigstellung des Zwischenlagers.^{lx} Es ist eine langfristige Trockenlagerung von mehr als 20.000 Brennelementen vorgesehen.^{lxi} Erst Anfang Oktober 2014 begannen die Arbeiten. Die ukrainischen Unternehmen „UTEM-Engineering“ und „Ukrtransbud“ übernahmen Installationsarbeiten. Ende 2014 wurde das vorhandene Equipment, das vor Jahren von AREVA installiert wurde, überprüft. Aufgrund der Sicherheitsanforderungen der ukrainischen Aufsichtsbehörde waren Änderungen erforderlich. Die gesamte Brennelementhandhabung soll voll automatisch erfolgen.^{lxii} Die Inbetriebnahme des Zwischenlagers wird zurzeit für Ende 2016 erwartet.^{lxiii} Der Bau des Zwischenlagers wird aus dem Nuclear Safety Account (NSA) finanziert, der ebenfalls von der EBRD verwaltet wird.^{lxiv}

Mangels eines neuen Zwischenlagers begann der Betreiber (SSE ChNPP) Ende 2005 mit der Umladung der Brennelemente aus den Blöcken 1 bis 3 in das am Standort vorhandene Zwischenlager. Es handelt sich um das 1986 in Betrieb gegangene russische Nasslager (ISF-1), das nicht modernen Sicherheitsstandards entspricht. Da von diesem Lager eine erhebliche Gefahr ausgeht, sollen die Brennelemente möglichst rasch nach dessen Fertigstellung in das neue Zwischenlager (ISF-2) überführt werden. Im Januar 2014 erreichten die für den Transport erforderlichen Waggons den Standort.^{lxv}

Ein westliches Konsortium (Belgatom, SGN und Ansaldo) sollte bis 2001 eine Anlage zur Verarbeitung der Flüssigkeitsabfälle (LRTP) aus Betrieb und Stilllegung der Blöcke 1 bis 3 errichten. Jahrelang befand sich die Anlage im Zustand der „unvollständigen Errichtung“ – der Vertrag mit dem Konsortium wurde 2006 aufgelöst. Der Betreiber des AKW Tschernobyl, SSE ChNPP, stellte die Anlage mit einigen Änderungen selbst fertig. Auch die flüssigen Abfälle aus dem Betrieb des Sarkophags sollten nun dort behandelt werden.^{lxvi} Nach der Konditionierung wurden die Abfälle in das oberflächennahe Endlager gebracht. Anfang April 2014 startete die Testphase der Anlage.^{lxvii} Im Januar 2015 erhielt der Betreiber nun eine (spezielle) Betriebsgenehmigung.^{lxviii}

Das deutsche Unternehmen Nukem wurde im Frühjahr 2001 mit der Errichtung eines Zentrums zur Behandlung und Lagerung fester radioaktiver Abfälle aus den Blöcken 1 bis 3 beauftragt (ICSRM). Die Fertigstellung war für Mitte 2005 vorgesehen, erfolgte aber erst im April 2009.^{lxix} Im März 2015 wurde die zweite Stufe der

Inbetriebnahme abgeschlossen. Die konditionierten Abfälle wurden in das oberflächennahe Endlager (ENSDF) für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in dem 17 km vom Standort entfernten Atommülllagerkomplex VEKTOR gebracht, das zum Abfallzentrum ICSRM gehört. Die Übergabe dieser Anlage an den Betreiber erfolgte Ende 2007. Laut Gutachterorganisationen hat das Endlager (gemessen an westlichen Standards) erhebliche Defizite.^{lxxx}

Trotz des politischen Ausnahmezustands in der Ukraine führte die ukrainische Aufsichtsbehörde (SNRIU) vom 17.-20. März 2014 Kontrollen im Rahmen der Inbetriebnahme der beiden o.g. Abfallanlagen (LRTP und ICSRM) durch.^{lxxxi}

Die bei den Abfallanlagen aufgetretenen Schwierigkeiten weisen darauf hin, dass sich offenbar die westlichen Firmen die Durchführung der Projekte am AKW Tschernobyl deutlich einfacher vorgestellt haben. Es zeigt sich auch, dass die von den westlichen Unternehmen errichteten Anlagen nicht den erforderlichen Sicherheitsstandards entsprechen. Zudem wird deutlich, wie kompliziert und langwierig der – ohnehin schwierige und teure – Umgang mit den radioaktiven Abfällen an einem Unfallstandort ist.

Noch steht die Errichtung von Anlagen für die Behandlung und Lagerung der unfallbedingten radioaktiven Stoffe aus. Nach Angaben der ukrainischen Atomaufsichtsbehörde befinden sich im und am havarierten Reaktorblock etwa 400.000 bis 1.740.000 m³ radioaktive Abfälle, davon 440.000 m³ langlebige. Zusätzlich enthalten die Erdschichten um den Sarkophag etwa 15.000 m³ radioaktiven Abfall (kontaminierte Erde, Betonstücke, etc.).^{lxxxii}

Ein weiteres Problem am Standort stellt der riesige, künstlich angelegte Kühlteich des AKW Tschernobyl dar. Er hat eine Fläche von 22,9 km² und ein Volumen von 160 Mio. m³. Seine Wasseroberfläche befindet sich sieben Meter oberhalb des Flusses Prypjat und ist nur durch einen Damm von den Fluss getrennt.^{lxxxiii} Auf seinem Boden haben sich radioaktive Partikel mit einer geschätzten Gesamtaktivität von 0,2 *10¹⁵ Bq abgelagert.^{lxxxiv} Am 22. April 2013 mussten aufgrund des hohen Wasserstands des Prypjats Schutzmaßnahmen durchgeführt werden. Diese sollten verhindern, dass der Damm am Kühlteich bricht und kontaminiertes Wasser in den Fluss gelangt.^{lxxxv} Seit Jahren wird mit internationaler Unterstützung an einem Konzept für die Stilllegung des Kühlteichs gearbeitet. Allerdings ist mit der Stilllegung die Gefahr einer unkontrollierten Verbreitung von radioaktiven Stoffen verbunden.^{lxxxvi}

5. Situation in der „Verbotenen Zone“

Eine 30-Kilometer-Zone um den explodierten Reaktor wurde nach dem Unfall aufgrund der hohen Kontaminationen vollständig evakuiert und zur „Verbotenen Zone“ erklärt. Jedoch wohnen dort geduldet wieder rund 150 Menschen.^{lxxxvii}

Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl rasch zusammengesammelt wurden, werden derzeit unkonditioniert am Standort Buryakovka gelagert. Dieses 90 Hektar große Endlager befindet sich etwa 13 km vom Kraftwerksstandort entfernt. Bis heute wurden mehr als 886.000 m³ Abfälle mit einer Aktivität von rund 2,51x10¹⁵ Bq in 30 oberflächennahe Gruben gefüllt und mit Erdboden bedeckt. Die Kapazitäten sollen erweitert werden, um dort schwachaktive Abfälle aus dem Betrieb des AKW Tschernobyl einzulagern.^{lxxxviii}

Neben diesem Endlager existiert in der „Verbotenen Zone“ eine Vielzahl von Deponien mit radioaktiven Materialien aus den Aufräumarbeiten nach dem Unfall. Für diese Abfalldeponien fehlen Dokumentationen über die Auslegung und die Art der gelagerten radioaktiven Abfälle.^{lxxxix}

Heute (und noch für viele Jahrhunderte) gibt es in der „Verbotenen Zone“ viele offene „Quellen“ für die Ausbreitung der Radionuklide. Sie können den abgesperrten Bereich zum Beispiel mit dem Wind, dem Oberflächen- oder dem Grundwasser verlassen. Bei Hochwasser besteht die Gefahr, dass die Radionuklide aus diesen „Depots“ in den Fluss Prypjat gelangen.^{lxxx}

Konzepte für eine risikoärmere Lagerung der unfallbedingten radioaktiven Abfälle in der „Verbotenen Zone“ werden in der Ukraine erarbeitet.^{lxxxi} Wann diese umgesetzt und wie diese finanziert werden, ist nicht nur angesichts der aktuellen Entwicklungen in der Ukraine fraglich.

Im August 2012 verabschiedete die ukrainische Regierung zudem einen Entwicklungsplan für die Zone. Zielsetzung ist die Verringerung der ökologischen Gefahren, aber auch ihre wirtschaftliche Nutzung.^{lxxxii} 2012 wurde die „Verbotene Zone“ für den Tourismus geöffnet.^{lxxxiii} Auch zurzeit werden Touren zum havarierten

Reaktor beworben. Obwohl noch immer Gefahr vom zerstörten Reaktorblock 4 ausgeht, ist er zu einer Attraktion für abenteuerlustige Touristen geworden.^{lxxxiv}

Während des Unfalls wurden rund 100 PBq Cäsium in die Atmosphäre freigesetzt. Forscher sind der Auffassung, dass davon 2 bis 8 PBq noch in Boden und Wäldern in der Umgebung des Standorts liegen. Eine neue Studie bestätigte die Befürchtung, dass durch Waldbrände die radioaktiven Stoffe erneut in die Atmosphäre gelangen könnten. Modellrechnungen anhand der vorhandenen Cäsiumkontamination zeigen, dass Waldbrände radioaktive Stoffe durch Osteuropa, insbesondere durch die Ukraine, Russland und Weißrussland transportieren könnten; Spuren von Cäsium könnten, je nach Windrichtung, bis in die Türkei oder nach Italien bzw. Skandinavien gelangen. Der Klimawandel erhöht die Gefahr für Waldbrände. Die Forscher wollen mit der Studie nicht Panik verbreiten, sondern darauf aufmerksam machen, wie langsam die Kontamination abnimmt. Lange nach der unfallbedingten Freisetzung können sich radioaktive Stoffe auf neuen Wegen in der Umwelt verbreiten. Auch in Fukushima ist ein großer Teil des kontaminierten Gebiets Wald.^{lxxxv}

Laut einer Meta-Studie der Leuphana Universität in Lüneburg (2012) sind nach atomaren Katastrophen die Langzeitschäden der betroffenen Ökosysteme größer als bisher angenommen. Es zeigt sich, dass selbst geringe Strahlendosen Pflanzen und Tiere schädigen können. Zudem bleiben in einigen Organismen die Aktivitätskonzentrationen sehr hoch – anders, als früher einmal erwartet wurde.^{lxxxvi}

Insgesamt ist festzustellen, dass es eine große Diskrepanz zwischen den Forschungsergebnissen zu den Folgen der Strahlenbelastung einerseits und dem Umgang mit einer kontaminierten Region andererseits gibt. Immer deutlicher wird, wie schwierig ein langfristiger Umgang mit einem Gebiet ist, das für viele Generationen als unbewohnbar gilt.

6. Schlussfolgerung und Ausblick

Ein Vorteil des beschlossenen Shelter Implementation Plans (SIP) ist zunächst gewesen, ohne ein bestehendes technisches Gesamtkonzept für den explodierten Reaktor sofort mit den dringlichsten Arbeiten beginnen zu können. Die Zielsetzung, mit einer mittelfristigen Lösung (neue Schutzhülle) Zeit zu gewinnen, um eine langfristige Lösung zu suchen, schien erst einmal vernünftig.

Die Umsetzung der mittelfristigen Lösung erweist sich aber als extrem schwierig. Die Kosten haben sich bereits verdreifacht und werden vermutlich weiter steigen, da das größte Projekt (Errichtung des New Safe Confinement) erst teilweise umgesetzt ist. Schon jetzt ist die Umsetzung rund zwölf Jahre hinter dem Zeitplan zurück – und das bei einem ursprünglichen Gesamtzeitrahmen von acht bis neun Jahren.

Das größte Manko des SIP ist jedoch, dass die Bergung der brennstoffhaltigen Massen nicht Teil des Projekts ist, obwohl die Gefährdung der Umwelt gerade von diesen brennstoffhaltigen, hoch radioaktiven Stoffen ausgeht. Ein langfristiger Abbau der Gefahr, die vom havarierten Reaktorblock ausgeht, wird durch das New Safe Confinement nicht erreicht.

Völlig ungeklärt ist die Finanzierung der Bergung der brennstoffhaltigen Massen, denn dazu müssen erneut zig Milliarden von der internationalen Gemeinschaft aufgebracht werden. Bevor mit der Bergung der radioaktiven Stoffe begonnen werden kann, müssen zudem eine Infrastruktur für den Umgang mit den rückgebauten Teilen und entladenen Brennstäben sowie ausreichende Zwischen- und Endlagermöglichkeiten geschaffen werden. Die bisher am AKW-Standort Tschernobyl aufgetretenen Probleme bei der Errichtung der Abfallanlagen lassen erahnen, wie problematisch dieses Vorhaben werden wird.

Die auslegungsgemäße Stabilisierung des Sarkophags erfolgt nur für einen verhältnismäßig kurzen Zeitraum von 15 Jahren, also bis 2023. Falls es bis dahin gelingen wird, die neue, gigantische Schutzstruktur fertigzustellen und über den Reaktor zu schieben, bleibt nur extrem wenig Zeit, die einsturzgefährdeten Bauteile zu entfernen und/oder zu stabilisieren. Der Einsturz des benachbarten Maschinenhauses im Februar 2013 und insbesondere die folgenden Untersuchungen zeigen, wie real die Einsturzgefahr ist. Brüche der havarierte Reaktor unter der neuen Schutzhülle zusammen, wäre eine Bergung ungleich schwieriger. Vor allem aber ist das Leben der am Sarkophag beschäftigten Arbeiter bei einem Einsturz bedroht.

Die gefährlichste Phase des Baus des New Safe Confinement (NSC) steht noch bevor. Sowohl unfallbedingte Freisetzungen durch Einstürze der Struktur als auch die hohen Strahlungswerte bedrohen die dort Beschäftigten.

Problematisch ist auch, dass die Ukraine für die teuren Betriebs- und Instandhaltungskosten des NSC aufkommen muss.

Trotz spektakulärer Bilder der gigantischen Struktur der neuen Schutzhülle zeichnet sich ein Scheitern des SIP immer mehr ab. Insgesamt macht es wenig Sinn, mit einem derart hohen finanziellen Aufwand (mehr als 2,1 Mrd. Euro) eine zweite – wieder temporäre – Hülle um den zerstörten Reaktorblock zu bauen. Die Gefahr wird damit nicht langfristig beseitigt, eine Lösung des eigentlichen Sicherheitsproblems wird nur verschoben. Es ist nicht akzeptabel, diese Last späteren Generationen zu überlassen. Hinzu kommt, dass aus heutiger Sicht nicht absehbar ist, wann der explodierte Reaktor in ein ökologisch sicheres System überführt werden kann, damit langfristig keine Gefahr mehr von ihm ausgeht. Unter den gegebenen technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen ist zu bezweifeln, dass dieses überhaupt erfolgen wird bzw. kann. Das gilt auch für den AKW-Standort Tschernobyl und die „Verbotene Zone“ mit den großen Mengen an unfallbedingten radioaktiven Abfällen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass auch 29 Jahre nach dem Super-GAU eine Gefahr vom havarierten Reaktor ausgeht. Eine wirkliche Lösung dieser Situation ist nicht in Sicht.

Anmerkung: Der Europäische Stresstest, ein Sicherheitscheck der europäischen Atomkraftwerke nach dem schweren Unfall im japanischen AKW Fukushima, legte zahlreiche Schwachpunkte der Reaktoren offen und vergegenwärtigte erneut, dass in jedem dieser Reaktoren ein schwerer Unfall mit erheblichen Freisetzungen möglich ist.

V.i.S.d.P. Tobias Riedl

Greenpeace e. V.
Hongkongstraße 10
20457 Hamburg
Deutschland
Tel. +49 40 306 18-0

- ⁱ World Nuclear News: Restored RBMK back on line, 02 December 2013; <http://www.world-nuclear-news.org/RS-Restored-RBMK-back-on-line-0212137.html>; PRIS - Power Reactor Information System, IAEA, Country Report, Russian Federation: gesehen 19.04.2015; <http://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU>
- ⁱⁱ Belona: Emergency shut-off at Leningrad nuclear power plant picks cab on environmental concern, June 16 2014; <http://bellona.org/news/nuclear-issues/nuclear-russia/2014-06-emergency-shut-leiningrad-nuclear-plant-picks-scabs-environmental-concern>
- ⁱⁱⁱ **Becker 2012**; 26 Jahre nach Tschernobyl; Die Lage am Standort – keine Lösung in Sicht; Dipl. Phys. Oda Becker, Bericht im Auftrag von Greenpeace Deutschland, Hannover, April 2012; <http://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/20120430-was-geschieht-mit-Tschernobyl-26-Jahre-spaeter.pdf>
- ^{iv} Fairlie, I.; Sumner, D.: Torch (The Other Report Chernobyl); Bericht im Auftrag von Rebecca Herms, MEP Greens/EFA in the EP, April 2006
- ^v Becker 2012, s. o.
- ^{vi} **WNN 2012a**: World Nuclear News: New Chernobyl cover takes shape, 29 November 2012; <http://www.world-nuclear-news.org/WR-New-Chernobyl-cover-takes-shape-2911124.html>
- ^{vii} WNN 2012a, s. o.; **EBRD 2015**: European Bank for Reconstruction and Development: Transforming Chernobyl; March 2015; <http://www.ebrd.com/documents/comms-and-bis/transforming-chernobyl.pdf>
- ^{viii} WNN 2012a, s. o.
- ^{ix} **DLF 2015**: Deutschlandfunk: Tschernobyl - Neue Hülle für den Sarkophag von Block 4; 21.03.2015; http://www.deutschlandfunk.de/tschernobyl-neue-huelle-fuer-den-sarkophag-von-block-4.1773.de.html?dram:article_id=314899
- ^x World Nuclear News: Chernobyl ventilation stack removed, 10 January 2014 <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Chernobyl-ventilation-stack-removed-1001144.html>
- ^{xi} Becker 2012, s. o.
- ^{xii} Nuklear Forum Schweiz: Erste Teilkonstruktion der Tschernobyl-Sicherheitshülle zusammengebaut, 08.04.2014; <http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/erste-teilkonstruktion-der-tschernobyl-sicherheitshuelle-zusammengebaut>
- ^{xiii} DLF 2015, s. o.
- ^{xiv} **GRS 2015**: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): 29 Jahre nach dem Unfall: Was passiert heute am Standort Tschernobyl? 17.04.2015 <http://www.grs.de/29-Jahre-Unfall-Tschernobyl>
- ^{xv} IWR: Tschernobyl: Zur Finanzierung des gigantischen Sarkophags fehlen 600 Millionen Euro; 20.03.2015; <http://www.iwr.de/news.php?id=28456>
- ^{xvi} EBRD 2015, s. o.
- ^{xvii} **WNN 2013a**: World Nuclear News: Second arch section for Chernobyl cover, 12 June 2013; http://www.world-nuclear-news.org/RS_Second_arch_section_for_Chernobyl_cover_1206131.html; GRS 2015, s. o.
- ^{xviii} EBRD 2015, s. o.
- ^{xix} NEI 2014, s. o.
- ^{xx} **NZZ 2015**, Neue Zürcher Zeitung: Dauerhafte Abschottung einer Atomruine, 1.4. 2015; <http://www.nzz.ch/wissenschaft/technik/dauerhafte-abschottung-einer-atomruine-1.18514028>
- ^{xxi} EBRD 2015, s. o.
- ^{xxii} **WNN 2015**: World Nuclear News: Chernobyl Confinement reaches final stage, but funds need boost; 17 March 2015; <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Chernobyl-Confinement-reaches-final-stage-but-funds-need-boost-17031502.html>
- ^{xxiii} Nuklear Forum Schweiz: Tschernobyl: Meilenstein beim Schutzhüllenbau erreicht, 30.11.2012; <http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/tschernobyl-meilenstein-beim-schutzhuellenbau-erreicht>
- ^{xxiv} Becker 2012, s. o.
- ^{xxv} IWR: Tschernobyl: Zur Finanzierung des gigantischen Sarkophags fehlen 600 Millionen Euro; 20.03.2015; <http://www.iwr.de/news.php?id=28456>
- ^{xxvi} WNN 2015, s. o.
- ^{xxvii} tagesanzeiger.ch: Machtkämpfe auf Kosten der AKW-Sicherheit, 22.05.2014, <http://www.tagesanzeiger.ch/ausland/europa/Machtkaempfe-auf-Kosten-der-AKWSicherheit/story/25356763b>
- ^{xxviii} **NEI 2014**: Nuclear Engineering International: Work on Chernobyl cover continues despite funding concerns – updated, 2 April 2014; <http://www.neimagazine.com/news/newswork-on-chernobyl-cover-continues-despite-funding-concerns-4204932>
- ^{xxix} SSE ChNPP: Verkhovna Rada of Ukraine ratified the Agreement on increasing of contribution into Chernobyl Shelter Fund; News 16 May 2014; <http://chnpp.gov.ua/en/news/1484-verkhovna-rada-ukrajini-ratifikuvala-ugodu-pro-zbilshennya-en>
- ^{xxx} Becker 2012, s. o.
- ^{xxxi} **BMU 2013**: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bericht zu Neuschäden im KKW Tschernobyl, 28. März 2013
- ^{xxxii} **IAEA 2013**: International Atomic Energy Agency: IAEA MISSION ON PARTIAL COLLAPSE OF TURBINE HALL ROOF OF UNIT 4, Chernobyl NPP, Ukraine, 03–07 June 2013 Mission Report; 13 June 2013
- ^{xxxiii} SSE ChNPP: Dust-Suppression Installation Testing Commenced, News 03.07.2013; <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{xxxiv} SSE ChNPP: Works on Pre-Assembling of Heavy Lift Crane commenced within the Shelter Object Zone; News 27.02.2014; <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{xxxv} SSE ChNPP: Works on closing the abnormal opening of Unit 4 Turbine Hall were performed at Chernobyl industrial site on July 24-27; News 25 July 2014; <http://chnpp.gov.ua/en/news/1575-24-27-ivulya-na-promyshlennoj-ploshchadke-chernobylskoj-aes-byli-provedeny-raboty-po-zakrytiu-avarijnogo-proema-mashzala-4-bloka-en>
- ^{xxxvi} BMU 2013, s. o.
- ^{xxxvii} BMU 2013, s. o.
- ^{xxxviii} IAEA 2013, s. o.
- ^{xxxix} GRS 2015, s. o.
- ^{xl} Becker 2012, s. o.
- ^{xli} DLF 2015, s. o.
- ^{xlii} SZ 2015: Atomruine von Tschernobyl Ein Käfig für die Bestie; 27. März 2015; <http://www.sueddeutsche.de/wissen/atomruine-von-tschernobyl-ein-kaefig-fuer-die-bestie-1.2413900-2>
- ^{xliii} SSE ChNPP: An emergency response Training took place at Chernobyl NPP, News 08 Juli 2014; <http://chnpp.gov.ua/en/news/1552-na-chaes-emex-en>
- ^{xliv} Becker 2012, s. o.
- ^{xlv} SSE ChNPP: On ChNPP physical protection; News 8 December 2014; <http://chnpp.gov.ua/en/news/1718-pro-okhoronu-chornobilskoj-aes-en>
- ^{xlvi} DLF 2015, s. o.

-
- ^{xlvii} SSE ChNPP: A Radiation Protection Institute laboratory is established at the Chernobyl NPP, News 10 October 2014, <http://chnpp.gov.ua/en/news/1659-na-chornobilskij-aes-vidkrilasya-laboratoriya-ndi-radiatsijnogo-en>
- ^{xlviii} **IAEA 2014**: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY: EXPERIENCES AND LESSONS LEARNED WORLDWIDE IN THE CLEANUP AND DECOMMISSIONING OF NUCLEAR FACILITIES IN THE AFTERMATH OF ACCIDENTS; IAEA NUCLEAR ENERGY SERIES No. NW-T-2.7; VIENNA, 2014; http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1644_web.pdf
- ^{xlix} Becker 2012, s. o.; IAEA 2014, s. o.
- ^l Becker 2012, s. o.
- ^{li} SSE ChNPP: Shelter object transformation into ecologically safe system; www.chnpp.gov.ua/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=46&Itemid=40&lang=en
- ^{lii} IAEA 2014, s. o.
- ^{liii} GRS 2015, s. o.
- ^{liiv} GRS 2015, s. o.
- ^{liv} NZZ 2015, s. o.
- ^{lvi} Remediation of Chernobyl NPP Site, Vladimir Kholosha, Valeriy Seyda, Ukraine, Vienna, 28-31 January, 2013, IAEA
- ^{lvii} World Nuclear News: Decommissioning of Chernobyl units approaches, 19 February 2014; <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Decommissioning-of-Chernobyl-units-approches-1902144.html>
- ^{lviii} World Nuclear News: Chernobyl 1-3 enter Decommissioning phase; 13 April 2015; <http://www.world-nuclear-news.org/RS-Chernobyl-1-3-enter-decommissioning-phase-13041501.html>
- ^{lix} Nuklear Forum Schweiz: Tschernobyl-Reaktoren entladen, 28.10.2013 <http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/tschernobyl-reaktoren-entladen>
- ^{lx} Becker 2012, s. o.
- ^{lxi} World Nuclear News: New licence for Chernobyl used fuel facility, 28 March 2013; <http://www.world-nuclear-news.org/WR-New-licence-for-Chernobyl-spent-fuel-facility-2803137.html>
- ^{lxii} SSE ChNPP: Construction and assembly works are restarted at ISF-2 construction site, News 09 October 2014; <http://chnpp.gov.ua/en/news/1653-construction-and-assembly-works-are-restarted-at-isf-2-construction-site>
- ^{lxiii} EBRD 2015, s. o.
- ^{lxiv} Nuklear Forum Schweiz: Nächste Phase für Langzeit-Zwischenlager in Tschernobyl, 15.04.2013 <http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/naechste-phase-fuer-langzeit-zwischenlager-tschernobyl>
- ^{lxv} SSE ChNPP: The first components of wagon-container for Spent Nuclear Fuel transportation are delivered at Chernobyl NPP, 15.01.2014; <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{lxvi} Becker 2012, s. o.
- ^{lxvii} SSE ChNPP: Comprehensive “active” tests (commissioning stage) are in progress at Liquid Radioactive Waste Treatment Plant (LRTP). News 15.04.2014; <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{lxviii} SSE ChNPP: SSE Chernobyl NPP obtained a special permission for LRTP operation; News 16 January 2015; <http://chnpp.gov.ua/en/news/1775-sse-chernobyl-npp-obtained-a-special-permission-for-lrtp-operation>
- ^{lxix} Becker 2012, s. o.
- ^{lxx} Becker 2012, s. o.
- ^{lxxi} SSE ChNPP: State Nuclear Regulation Inspectorate of Ukraine conducts inspection at SSE ChNPP News 18.03.2014, <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{lxxii} **SNRIU 2012**: State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine: Chernobyl accident Radioactive Waste management from Past to Future; Tetiana Kilochytsk; IAEA Consultant Meeting on large amount of waste management after the accident; October 1 -3, 2012; Vienna, Austria
- ^{lxxiii} Becker 2012, s. o.
- ^{lxxiv} SNRIU 2012, s. o.
- ^{lxxv} SSE ChNPP: Flood-Protection Activities introduced at Chernobyl NPP , News 22.04.2013; <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{lxxvi} SSE ChNPP: Cooling Pond Workshop, News 02.10.2013; <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{lxxvii} NZZ 2015, s. o.
- ^{lxxviii} GRS 2014: Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit: 28 Jahre nach Tschernobyl: Entsorgung von radioaktiven Abfällen in der Ukraine; 14.04.2014; <http://www.grs.de/content/28-jahre-nach-tschernobyl-entsorgung-von-radioaktiven-abfaellen-der-ukraine>; GRS 2015, s. o.
- ^{lxxix} SNRIU 2012, s. o.
- ^{lxxx} Becker 2012, s. o.
- ^{lxxxi} SNRIU 2012, s. o.
- ^{lxxxii} SSE ChNPP: The Government of Ukraine approves the development concept of activity within the Chernobyl Zone, News 10.08.2012; <http://www.chnpp.gov.ua>
- ^{lxxxiii} Chernobyl Tours, eingesehen am 20.April 2014; <https://www.chernobyl-tour.com/english/130-current-situation-in-ukraine.html>
- ^{lxxxiv} N
- ^{lxxxv} Z 2015, s. o.
- Wildfires in Ukraine could revive Chernobyl’s radiation, February 9, 2015 http://www.upi.com/Science_News/2015/02/09/Wildfires-in-Ukraine-could-revive-Chernobyls-radiation/9311423493119/
- ^{lxxxvi} Becker 2012, s. o.