

40 Jahre Tschernobyl

Der Reaktorunfall von 1986 und seine Folgen



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN)
Arbeitsgruppe KS 2 Öffentlichkeitsarbeit, Soziale Medien, Bürgerkommunikation · 11055 Berlin
E-Mail: buergerinfo@bmukn.bund.de · Internet: www.bundesumweltministerium.de

Redaktion

BMUKN, Arbeitsgruppe S I 3 (Nationale und internationale Angelegenheiten der Reaktorsicherheit;
Regelwerke, Forschungsreaktoren, Stilllegung)

Gestaltung

wbv Media, Bielefeld, Christiane Zay

Bildnachweise

Titelseite: [istock.com/Helios8](https://www.istock.com/Helios8) (518026324)

Seite 4, 6, 10, 14, 20, 28, 32, 38: frei nach [fuzzylogickate/stock.adobe.com](https://www.fuzzylogickate.com/stock.adobe.com) (272603548)

Seite 5: [picture-alliance/dpa/epa](https://www.picture-alliance.com/dpa/epa) Tass (985673)

Seite 7, 8/9, 21, 23, 24, 27, 29, 31, 36, 40, 41: ChNPP

Seite 13: alles [istock.com/linke](https://www.istock.com/linke) Spalte von oben nach unten: Ihor Khomych (1213597539), Wirestock (1439457601), Wirestock (1439457875), diegograndi (1344641382)/mittlere Spalte von oben nach unten: Bronislav Bazant (1198494136), Olga Kostrova (1329046927), OlyaSolodenko (1499432665)/rechte Spalte von oben nach unten: DeSid (1155404942), temizyurek (1129864525), Ivan Murauyou (1196680378), Konoplytska (1358602623)

Seite 15: [picture-alliance/dpa-infografik](https://www.picture-alliance.com/dpa-infografik) (24095551)

Seite 17: Dieter Komp/GRS

Seite 18: Bundesamt für Strahlenschutz

Seite 19: Umweltbundesamt/Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene

Seite 22: UPI/Alamy (WOMHRN)

Seite 25: [picture-alliance/dpa-infografik](https://www.picture-alliance.com/dpa-infografik) (57895173) (bearbeitet)

Seite 33: [istock.com/DeSid](https://www.istock.com/DeSid) (1154960474)

Seite 35: BMUKN

Stand

April 2026

Download dieser Publikation

Internet: www.bundesumweltministerium.de/publikationen

Hinweis

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden. Mehr Informationen unter: www.bundesumweltministerium.de/publikationen

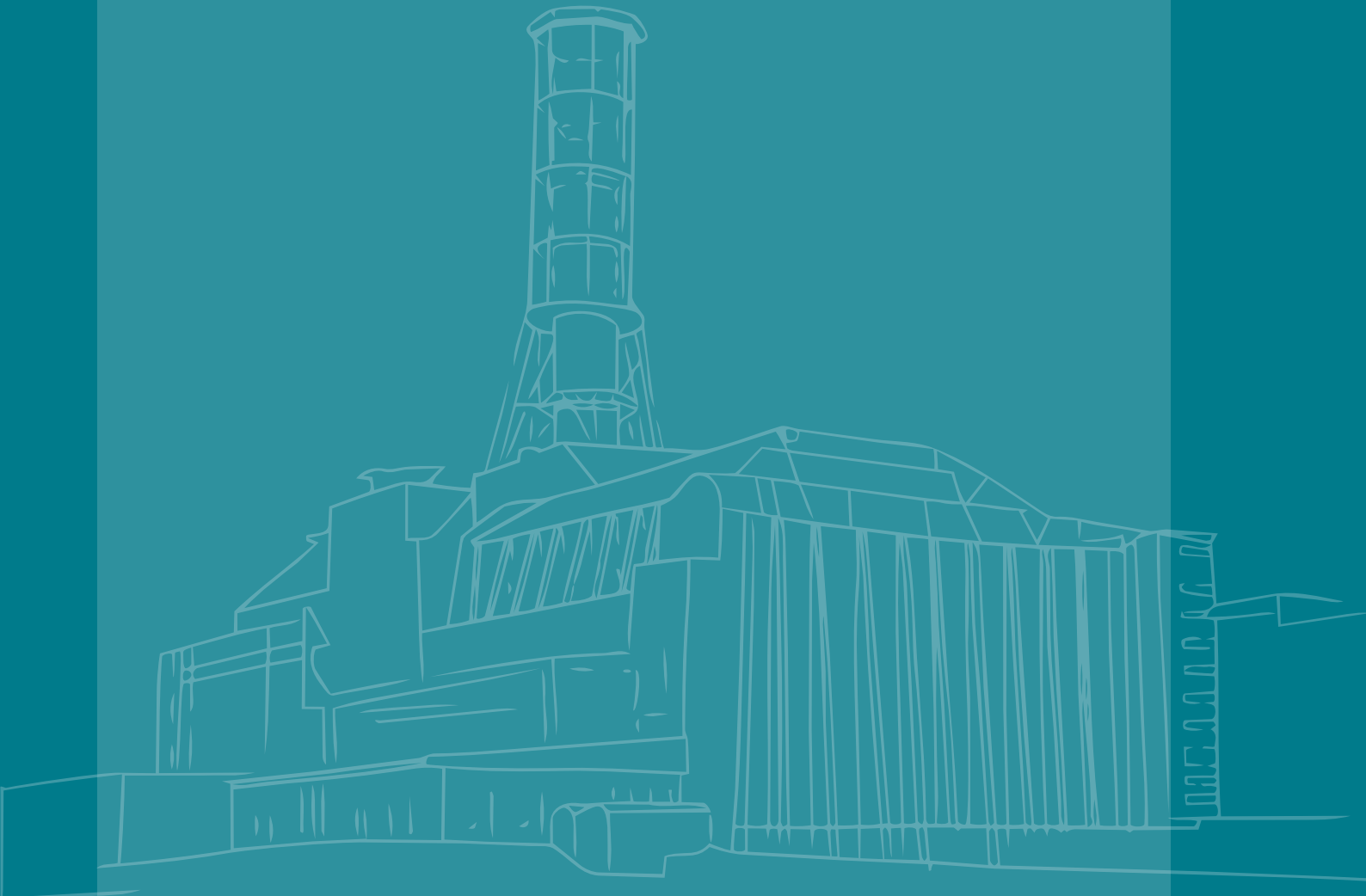
Inhalt

1. Einleitung	
40 Jahre Tschernobyl: gestern und heute	4
2. Unfall	
Ursachen und Ablauf des Reaktorunfalls	6
3. Leidensfrage	
Welches Leid hat das Unglück für die Menschen gebracht (und bringt es heute noch)?.....	10
4. Umweltauswirkungen	
Welche Auswirkungen hatte (und hat heute noch) der Unfall auf die Umwelt – auch in Deutschland?.....	14
5. Sanierung	
Welche Sanierungsmaßnahmen fanden und finden am Unglücksort statt?	20
6. Finanzierung	
Wie ist der Stand der internationalen finanziellen Unterstützung?	28
7. Perspektiven	
Wann sollen welche Arbeiten abgeschlossen sein und wie ist die Perspektive am Standort?	32
8. Kriegsauswirkungen	
Folgen des Kriegs in der Ukraine für das Kernkraftwerk Tschernobyl und die Sperrzone	38
Abkürzungsverzeichnis 42

1

Einleitung

40 Jahre Tschernobyl:
gestern und heute



Am 26. April 1986 ereignete sich im Kernkraftwerk Tschernobyl einer der schwersten Unfälle in der Geschichte der zivilen Nutzung der Kernenergie. Der Unfall hatte weitreichende Auswirkungen auf die Umwelt und die globale Energiepolitik. Anlässlich des 40. Jahrestages dieses Unfalls soll an die Ereignisse und ihre Folgen erinnert sowie auf die anstehenden Herausforderungen hingewiesen werden.

Der Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl war das Ergebnis einer Kombination aus konstruktiven Fehlern, unzureichenden Sicherheitsvorkehrungen und menschlichem Versagen. Die Explosion im Reaktorblock 4 setzte große Mengen an radioaktiven Stoffen frei, die sich über weite Teile Europas verteilten. Auch in Teilen Deutschlands kam es zu weitreichenden Kontaminationen der Umwelt, die bis heute in Flora und Fauna nachgewiesen werden können.

Um die radioaktive Belastung aus dem havarierten Reaktorblock einzugrenzen, wurde damals eilig eine provisorische Umhüllung aus Stahl und Beton errichtet. Dieser sogenannte Sarkophag wurde lediglich für

eine maximale Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren konstruiert. Da der Sarkophag gegen Ende seiner Lebensdauer zunehmend instabiler und durchlässiger wurde, errichtete man mithilfe der internationalen Staatengemeinschaft zunächst den Sarkophag stabilisierende Strukturen und schließlich eine neue Schutzhülle über dem havarierten Reaktorblock samt Sarkophag. Die neue Schutzhülle sollte die Umwelt für weitere 100 Jahre schützen und die Überführung des Standorts in ein ökologisch sicheres System ermöglichen.

40 Jahre nach dem Unfall steht der Standort Tschernobyl jedoch vor neuen Herausforderungen. Anfang 2025 wurde die neue Schutzhülle um den alten Sarkophag in Folge des Angriffskriegs von Russland auf die Ukraine stark beschädigt. Inwieweit eine Reparatur möglich sein wird, ist noch unklar. Die Zukunft des Rückbaus und die Beseitigung der strahlenden Hinterlassenschaften der Reaktorkatastrophe sind erneut ungewiss.

Die nachfolgenden Seiten sollen einen Überblick über die Geschehnisse am Standort Tschernobyl von damals bis heute vermitteln.

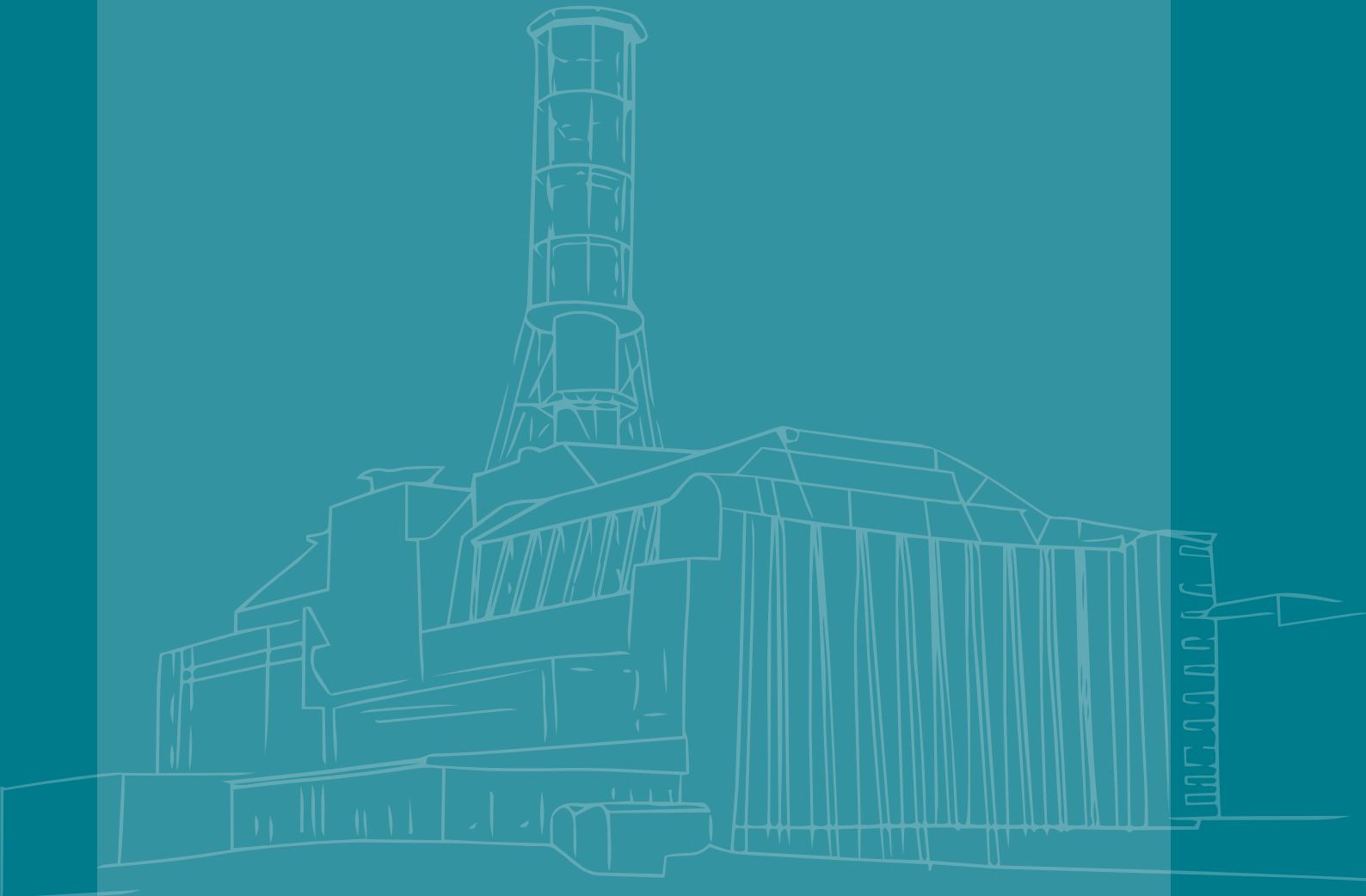


Arbeiten am havarierten Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl im Oktober 1986

2

Unfall

Ursachen und Ablauf
des Reaktorunfalls



Beim Kernkraftwerk (KKW) Tschernobyl handelt es sich um einen grafitmoderierten Siedewasser-Druckröhrenreaktor vom Typ RBMK („Reaktor Bolschoi Moschtschnosti Kanalnyi“). Dieser Reaktortyp wurde in der ehemaligen Sowjetunion entwickelt und dort an den Standorten Leningrad, Kursk, Smolensk, Ignalina und Tschernobyl errichtet und betrieben. Die Anlagen in Ignalina (Litauen) und Tschernobyl (Ukraine) sind inzwischen nicht mehr in Betrieb und befinden sich in der Stilllegung und teilweise im Abbau. Am Kernkraftwerksstandort Leningrad wurde im Dezember 2018 der Betrieb von Block 1 und im November 2020 der Betrieb von Block 2 eingestellt. Am Kernkraftwerksstandort Kursk endete im Dezember 2021 der Betrieb von Block 1 und im Januar 2024 von Block 2. Damit sind in Russland noch sieben Blöcke an drei Standorten am Netz, die mit Inbetriebnahme von entsprechenden Ersatzkapazitäten an den Standorten ebenfalls stillgelegt werden sollen. Weitere Anlagen der RBMK-Baureihe werden weder errichtet noch sind sie in Planung.

Der Reaktorkern mit einer Gesamthöhe von rund 7 Metern und einem Durchmesser von 11,8 Metern besteht aus etwa 2.500 Grafitsäulen, zusammengesetzt aus Blöcken unterschiedlicher Länge. In vertikalen Bohrungen in den Grafitsäulen sind über 1.600 Druckrohre, die Rohre für Regel- und Schutzsysteme sowie die Kerninstrumentierung untergebracht. In jedem Druckrohr befindet sich ein zylindrisches Brennelement, das wiederum aus zwei übereinander angeordneten Bauteilen besteht. Jedes Bauteil enthält 18 Brennstäbe mit einer Länge von rund 3,65 Metern. In den Brennstäben befinden sich Brennstofftabletten aus gesintertem Urandioxid. Im Gegensatz zu herkömmlichen Druckwasserreaktoren lassen sich die Brennelemente während des Reaktorbetriebs austauschen, da jedes einzelne Druckrohr durch Ventile vom Wasserkreislauf getrennt werden kann. Der Reaktorkern ist umgeben von einem zylinderförmigen Metallgehäuse, das zusammen mit der oberen und unteren Kernplatte den Reaktorbehälter bildet.

Bei der Katastrophe von Tschernobyl handelte es sich um einen Reaktorunfall, der durch gravierende menschliche Fehlhandlungen und durch die besonderen reaktorphysikalischen und sicherheitstechnischen Eigenschaften des RBMK bedingt war. Die Fehlhandlungen sowie die nicht beseitigten Auslegungsmängel basierten im Wesentlichen auf der zum damaligen Zeitpunkt unzureichenden Sicherheitskultur.



Blick in den Reaktorsaal eines RBMK

Die Katastrophe im Block 4 des KKW Tschernobyl am 26. April 1986 ereignete sich, als die Anlage für eine Revision abgefahren werden sollte. Während des Abfahrvorganges war vorgesehen, einen bis dahin noch nicht durchgeführten Versuch nachzuholen, um bestimmte Sicherheitseigenschaften für das Not- und Nachkühlssystem nachzuweisen. Der Versuch wurde – wie wir heute wissen fälschlicherweise – als rein konventioneller Versuch im Bereich der Elektrotechnik ohne Rückwirkung auf den nuklearen Teil angesehen.

Während der Versuchsdurchführung kam es am 26. April 1986 um 01:23 Uhr aufgrund nicht vorhergesehener unzulässiger Anlagenzustände zu einem Leistungsanstieg im Reaktor, der durch die Regelung nicht mehr kompensiert werden konnte. Die daraufhin eingeleitete Handabschaltung führte, bedingt durch die konstruktiven Besonderheiten der RBMK-Steuerstäbe, zu einer weiteren extremen Leistungssteigerung. Die damit verbundene massive Energiefreisetzung in den Brennelementen führte zur vollständigen Zerstörung des gesamten Reaktorkerns. Die im Reaktorkern in kürzester Zeit freigesetzte extreme Energiemenge sorgte dafür, dass das den Reaktorkern in den Druckröhren durchströmende Wasser (Kühlmittel) sofort verdampfte. Der so entstandene plötzliche extreme Druckanstieg im Reaktorbehälter führte zu dessen Explosion. Die Reaktorleistung erreichte dabei mehr als den 100-fachen Nominalwert. Durch die Explosion wurde auch die Reaktorhalle vollständig zerstört, wodurch eine ungehinderte massive Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt erfolgen konnte. Der Zerstörung des Reaktorkerns folgte die Entzündung des als Moderator eingesetzten Grafit, von dem geschätzt etwa 250 Tonnen verbrannten. Diese erste massive Freisetzungsphase dauerte zehn Tage. In der Literatur wird die unmittelbare Explosion teilweise unterschiedlich diskutiert, einschließlich der Möglichkeit eines nuklearen Verlaufs. Die überwiegende Mehrheit der Experten geht jedoch weiterhin vom dargestellten Ablauf aus.

Durch den Brand wurde radioaktives Material in sehr hohe Luftschichten getragen. Die Ausbreitung der kontaminierten Luftmassen wurde durch die vorherrschende Wetterlage (Luftströmungen) bestimmt, die sich aus der großräumigen Luftdruckverteilung, den Windverhältnissen und den Niederschlägen ergab. Während der ersten Freisetzungsphase gelangten die radioaktiven Stoffe durch den heißen Luftstrom des





Grafitbrandes bis in eine Höhe von 1.200 Metern und wurden nordwärts transportiert. In den weiteren Freisetzungsphasen nach Löschung des Brandes hatten die ausströmenden Gase eine niedrigere Temperatur, sodass der Auftrieb nur noch bis in Höhen von 200 bis 400 Metern erfolgte. Die Größe der aufgetretenen Kontamination am Boden resultiert aus der Intensität der Regenfälle (Auswaschen der Radioaktivität aus der Luft), sodass es lokal zu unterschiedlichen Kontaminationsverteilungen und -höhen kam.

Die Hauptursachen des Unfalls waren:

- gravierende Mängel der reaktor-physikalischen Auslegung und der Auslegung der Abschaltvorrichtungen
- ein politisches und organisatorisches System, das nicht in der Lage war, diese Mängel abzustellen, obwohl sie lange vor dem Unfall bekannt waren
- ein sicherheitstechnisch unzureichend durchdachtes und geprüftes Versuchsprogramm
- eine Betriebsführung und Bedienungseinrichtungen, die das Personal bei der Wahrnehmung seiner Verantwortung für die Sicherheit überforderten

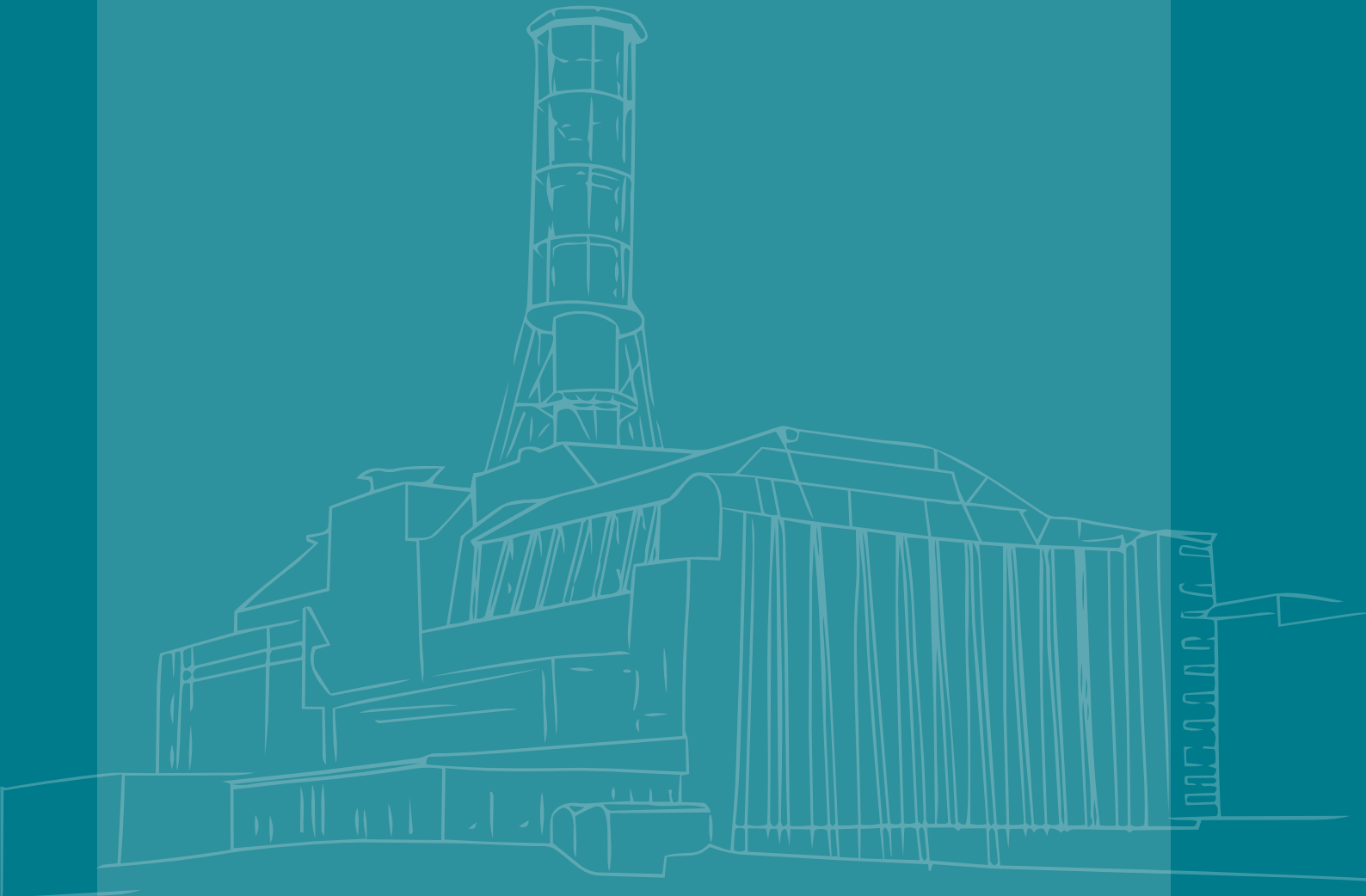
Nach dem Unfall wurden bei den noch in Betrieb befindlichen RBMK-Blöcken wichtige sicherheitstechnische Verbesserungen und Nachrüstungen durchgeführt, damit sich ein vergleichbarer Unfall nicht wiederholen kann.

Der zerstörte Block 4 (links im Bild auf Seite 8) und Block 3 (auf dieser Seite) des Kernkraftwerks Tschernobyl

3

Leidensfrage

Welches Leid hat das Unglück für die Menschen gebracht (und bringt es heute noch)?



Beim Tschernobyl-Unfall wurden große Mengen an radioaktiven Stoffen (Radionuklide; insbesondere Cäsium, Iod, Strontium und Plutonium) in die Umwelt freigesetzt. Diese führten zu Strahlenbelastungen von Menschen außer- und innerhalb ihres Körpers. Für einzelne Bevölkerungsgruppen sieht die Strahlenexposition unterschiedlich aus (siehe Tabelle 1). Zum Vergleich: Die jährliche durchschnittliche natürliche Strahlendosis in Deutschland beträgt 2 bis 3 Millisievert.

Zur unmittelbaren Bekämpfung des Grafitbrandes und zur Abdeckung des offenen Reaktorkerns von Block 4 wurden das Betriebspersonal des Reaktors, Feuerwehrleute sowie Armeeangehörige eingesetzt. Dieser Personenkreis erhielt sehr hohe und tödliche Strahlendosen.

An den späteren Aufräumarbeiten beteiligten sich nach unterschiedlichen Abschätzungen etwa 200.000 bis 600.000 sogenannte Liquidatoren. Die erhaltene Dosis, die teilweise nur mit einem Messgerät je Arbeitsgruppe ermittelt wurde und starke Unsicherheiten aufweist, lag zumeist zwischen 20 und 500 Millisievert, bezogen auf ein Jahr.

Neben den oben genannten akuten gesundheitlichen Strahlenschäden von Einsatzkräften, die zur Bekämpfung des Brandes und zur Abdeckung des Reaktorkerns eingesetzt wurden, besteht auch heute noch sowohl für die Einsatzkräfte als auch für die Bevölkerung ein – abhängig von der Höhe der Strahlenexposition durch radioaktive Stoffe – erhöhtes Risiko, an Krebs zu erkranken.

Zur Zahl der durch den Tschernobyl-Unfall eingetretenen und weiter zu erwartenden zusätzlichen Todesfälle infolge von Krebserkrankungen gibt es aufgrund von großen Unsicherheiten sehr unterschiedliche Schätzungen und eine bis heute andauernde Debatte.

1986 entschied eine medizinische Kommission über die Kriterien für die Evakuierungsmaßnahmen in der nach dem Störfall eingerichteten Sperrzone (im Umkreis von 30 Kilometern, auch Tschernobyl-Zone oder Exclusion Zone genannt). In den ersten Wochen der Evakuierung ging es primär darum, die Einwohner – insbesondere Kinder und Schwangere –, die in der unmittelbaren Umgebung des Kernkraftwerks

Tabelle 1: Dosisabschätzung für die wichtigsten exponierten Bevölkerungsgruppen, ohne Schilddrüsens dosis

Bevölkerungsgruppe	Durchschnittliche effektive Dosis 1986 bis 2005 in Millisievert
Liquidatoren ¹⁾	137
Evakuierte ²⁾	31
Bewohner kontaminierter Regionen ³⁾ in Belarus, Russland und der Ukraine ⁴⁾	9
Sonstige Bewohner in Belarus, Russland und der Ukraine ⁴⁾	1,3
Bewohner sonstiger europäischer Länder, ohne Türkei, Länder des Kaukasus, Andorra und San Marino ⁴⁾	0,3

¹⁾ Externe Dosis von 1986 bis 1990 durch unmittelbare Aufräumarbeiten

²⁾ Externe und interne Dosis 1986 bis zur Evakuierung

³⁾ Bodenkontamination durch Cs-137 größer 37.000 Becquerel pro Quadratmeter

⁴⁾ Externe und interne Dosis von 1986 bis 2005, die totale Dosis für die gesamte Lebenszeit wird etwa 25 Prozent höher liegen.

Quelle: UNSCEAR 2011

lebten, vor der ionisierenden Strahlung (umgangssprachlich auch als radioaktive Strahlung bezeichnet) zu schützen. Als Entscheidungskriterium für eine Evakuierung wurde in Tschernobyl die gemessene Ortsdosisleistung herangezogen. Gebiete, in denen für Personen der Bevölkerung eine zusätzliche Strahlendosis von über 5 Millisievert pro Jahr zu erwarten war, sollten zuerst evakuiert werden. Von der ersten kurzfristigen Evakuierung am 27. April 1986 waren etwa 116.000 Personen betroffen. Am 2. und 3. Mai 1986 folgte dann eine zweite Evakuierungsphase aus der 10-Kilometer-Zone um den Unglücksreaktor von rund 10.000 Personen.

Ab 4. und 5. Mai 1986 wurde auch die damals festgelegte 30-Kilometer-Sperrzone um den Reaktor evakuiert. Insgesamt wurden einem UN-Bericht zufolge rund 400.000 Menschen (150.000 in Belarus, 150.000 in der Ukraine und 75.000 in Russland) zwangsweise umgesiedelt oder zogen aus eigenem Antrieb fort.

Die evakuierten Personen waren schätzungsweise einer durchschnittlichen Jahresdosis von etwa 30 Millisievert ausgesetzt. Für die rund sechs Millionen Bewohner der kontaminierten Gebiete in Belarus, der Ukraine und in Russland lag die durchschnittliche Jahresdosis bei etwa 9 Millisievert.

Für Menschen in Nordeuropa betrug die berechnete Lebenszeitfolgedosis rund 1 Millisievert und für Westeuropa rund 0,15 Millisievert. Aufgrund der in Deutschland festgestellten Strahlenbelastungen durch den Tschernobyl-Unfall schließt das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) akute Strahlenschäden für Personen in Deutschland aus. (Zur Erinnerung: Die jährliche durchschnittliche natürliche Strahlenexposition in Deutschland beträgt 2 bis 3 Millisievert. Die durchschnittliche Dosis infolge des Reaktorunfalls in Tschernobyl betrug im Jahr 2021 weniger als 0,01 Millisievert.)

Insgesamt gibt es in Belarus, der Ukraine und in Russland rund sieben Millionen anerkannte „Tschernobyl-Betroffene“, davon in der Ukraine rund drei Millionen Menschen. „Tschernobyl-Betroffene“ sind Personen, die durch den Reaktorunfall einen gesundheitlichen oder finanziellen Nachteil erlitten haben. Sie werden je nach Schwere des Nachteils vier Kategorien zugeordnet.

Das BfS berichtete darüber, dass die vielen wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Spätfolgen nicht immer klar zeigen, ob und in welchem Umfang sich strahlenbedingte gesundheitliche Schäden auf den Tschernobyl-Unfall zurückführen lassen. Lediglich bei Schilddrüsenkrebserkrankungen sowie bei höher belasteten Liquidatoren (zum Beispiel erhöhte Leukämieraten, Katarakte) gibt es eine eindeutige Korrelation. Anerkannt als andere (nicht strahleninduzierte) Folgen des Unfalls sind bei den am meisten betroffenen Personen der Bevölkerung aber auch vermehrte Stresssymptome, Depressionen, allgemeine Angstzustände sowie medizinisch nicht erklärbare körperliche Krankheitssymptome.

Ein internationales Forum der HARVARD Kennedy School machte im März 2021 folgende zusammenfassende Feststellung: Die Gesamtauswirkungen einer Katastrophe wie Tschernobyl oder Fukushima sind nicht messbar. Diese Katastrophen haben das Leben von Hunderttausenden Menschen beeinflusst, enorme wirtschaftliche und ökologische Schäden verursacht und das Vertrauen der Öffentlichkeit nicht nur in die Kernenergie, sondern auch in staatliche Institutionen und Technologien zerstört.

Eindrücke aus der verlassenen Stadt Prypjat

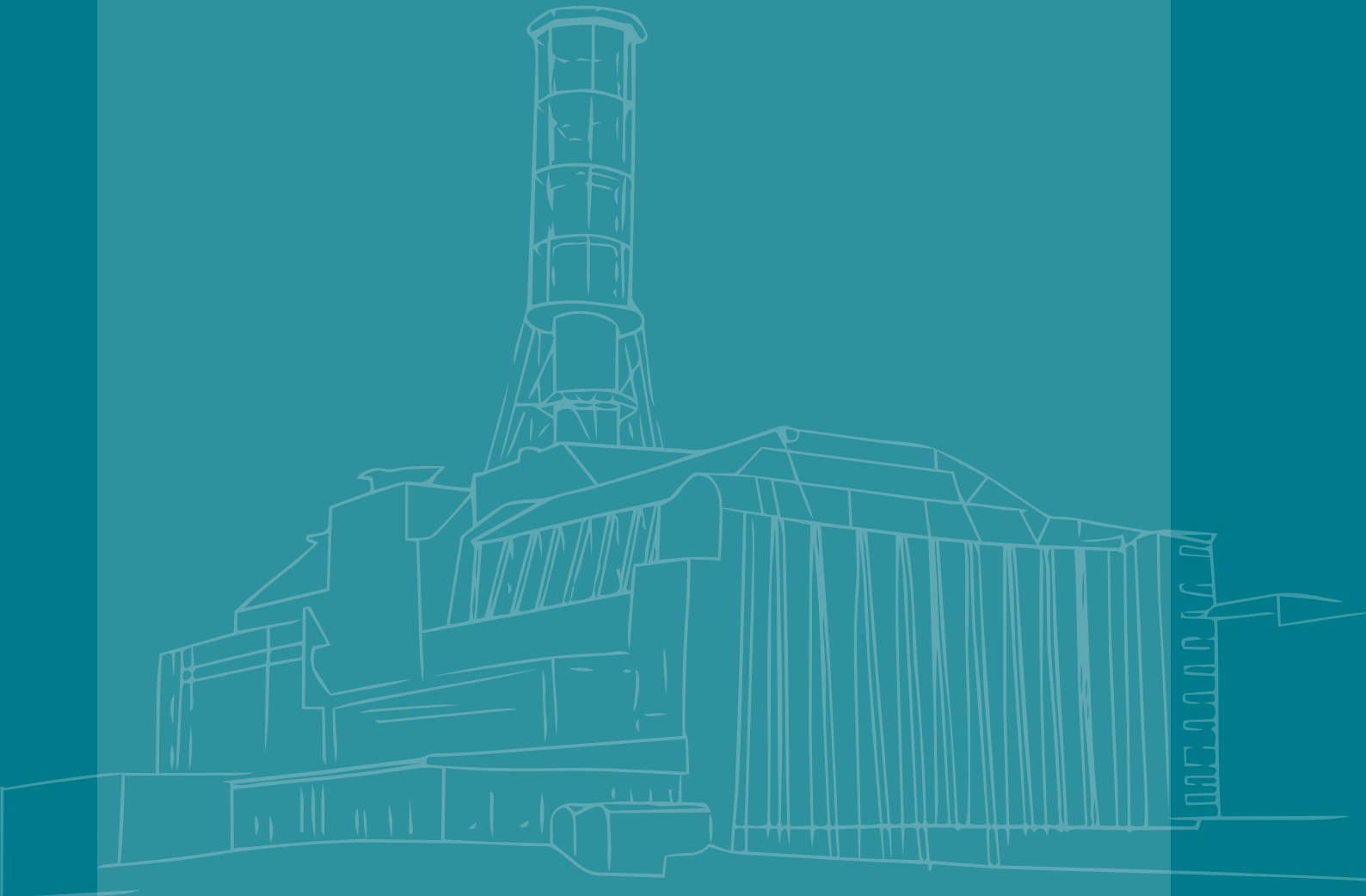
Prypjat wurde 1970 als Wohnort für die Belegschaft des nur vier Kilometer entfernten Kraftwerks Tschernobyl gegründet. Nach dem Reaktorunfall wurden in der ersten Welle am 27. April 1986 zunächst 116.000 Menschen aus der Stadt und der Umgebung evakuiert; später folgten weitere Evakuierungen. Insgesamt mussten rund 400.000 Menschen das Gebiet im Umkreis von 30 Kilometern rund um das Kraftwerk verlassen.



4

Umwelt- auswirkungen

Welche Auswirkungen hatte (und hat heute noch) der Unfall auf die Umwelt – auch in Deutschland?



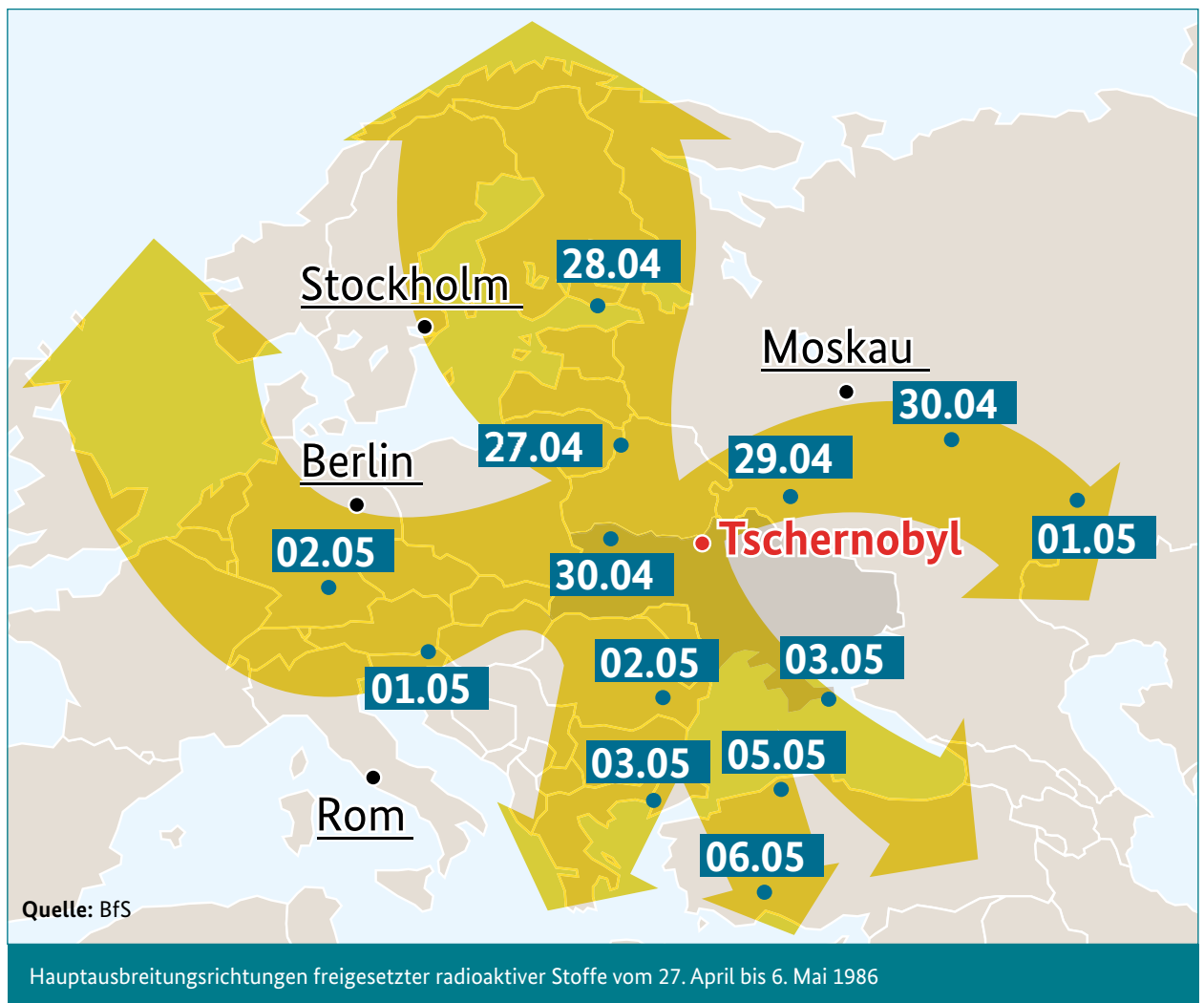
Ausbreitung radioaktiver Stoffe infolge der Katastrophe

Die Explosion des Reaktorkerns in Tschernobyl führte dazu, dass radioaktive Stoffe wie Plutonium-239 (Pu-239) und Strontium-90 (Sr-90) aus dem Reaktor in die Umgebung der Anlage geschleudert wurden. Der anschließende mehrtägige Brand des Grafit mit Temperaturen von weit über 2.000 Grad Celsius transportierte die leichter flüchtigen Radionuklide wie Iod und Cäsium in große Höhen der Atmosphäre; von dort aus breiteten sie sich mit Höhenwinden über große Gebiete bis nach Mittel- und Nordeuropa aus.

Die Nuklidzusammensetzung in den radioaktiven Wolken änderte sich mit der Entfernung zum Reaktor. In unmittelbarer Nähe wurden die weniger flüchtigen Elemente, wie Strontium (zum Beispiel Sr-90) oder

Plutonium (zum Beispiel Pu-239), abgelagert. Vor allem Cäsium- und Iod-Isotope wurden dagegen über weite Strecken transportiert.

Von den 190 Tonnen bestrahlten Kernbrennstoffs, der sich zur Zeit der Explosion im Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl befand, befinden sich schätzungsweise noch etwa 96 Prozent innerhalb des Reaktorgebäudes. Ein Teil wurde am Standort bis in rund 500 Meter Entfernung vom zerstörten Reaktorblock überwiegend als fein dispergierte Teilchen, aber auch als Trümmerstücke des Reaktorkerns verstreut. Ein weiterer Anteil befindet sich in Form von fein verteilten Teilchen in einem Umkreis von 80 Kilometern, der größte Teil davon jedoch in der nach der Katastrophe eingerichteten Sperrzone um das Kernkraftwerk Tschernobyl. Der restliche Teil wurde über noch weitere Entfernungen fortgetragen.



Außerhalb der Sperrzone um das Kraftwerk Tschernobyl wurden Gebiete in Russland, Belarus und der Ukraine mit einem erhöhten Cäsium-137-Aktivitätsniveau der obersten Bodenschicht (oberhalb 37 Kilobecquerel [kBq] pro Quadratmeter) als kontaminiert definiert und unterliegen seitdem der sogenannten radiologischen Kontrolle. Das betrifft nach offiziellen Angaben in Belarus eine Fläche von etwa 46.500 Quadratkilometern, in Russland von 57.000 Quadratkilometern und in der Ukraine von 41.800 Quadratkilometern (einschließlich Sperrzone).

Schutzhülle

Um das stark beschädigte Reaktorgebäude zu sichern und von der Umwelt zu isolieren, wurde 1986 der sogenannte Sarkophag errichtet. Die Umweltauswirkungen auf die unmittelbare Umgebung des zerstörten Reaktorblocks wurden durch die Errichtung des neuen sicheren Einschlusses, des sogenannten New Safe Confinements (NSC), um den alten Sarkophag und deren vollständige Inbetriebnahme im Jahr 2020 verändert.

Die auf dem Kraftwerksgelände an den dafür vorgesehenen Messstellen gemessenen Volumenaktivitätskonzentrationen radioaktiver Aerosole zeigen nach Abschluss der Bautätigkeiten zur Errichtung des NSC eine deutliche Beeinflussung zu kleineren Werten gegenüber den Werten vor der Errichtung des NSC. Dieser Effekt wird jedoch durch die weiterhin gegebenen Undichtigkeiten insbesondere an den äußeren Oberflächen der neuen Konstruktion und den konstruktionsbedingten Übergängen zwischen neuer und vorhandener Baustruktur beeinflusst. Wesentliche Einflussfaktoren sind die Windrichtung und -stärke. Die Ortsdosisleistung außerhalb des NSC verringerte sich um etwa den Faktor 10 nach Positionierung des NSC durch die Abschirmwirkung der verwendeten, den Sarkophag zusätzlich umschließenden Konstruktionsmaterialien.

Die Menge des nunmehr nur noch periodisch abgepumpten kontaminierten Wassers aus dem Sarkophag hat sich stark verringert. Ein Überströmen von Wasser aus dem vierten in den dritten Reaktorblock ist nicht mehr zu verzeichnen. Die Aktivitätskonzentrationen in den noch vorhandenen Wasseransammlungen, insbesondere in den unteren Teilen des Blocks, sind im Zusammenhang mit der Verringerung der Wasser-

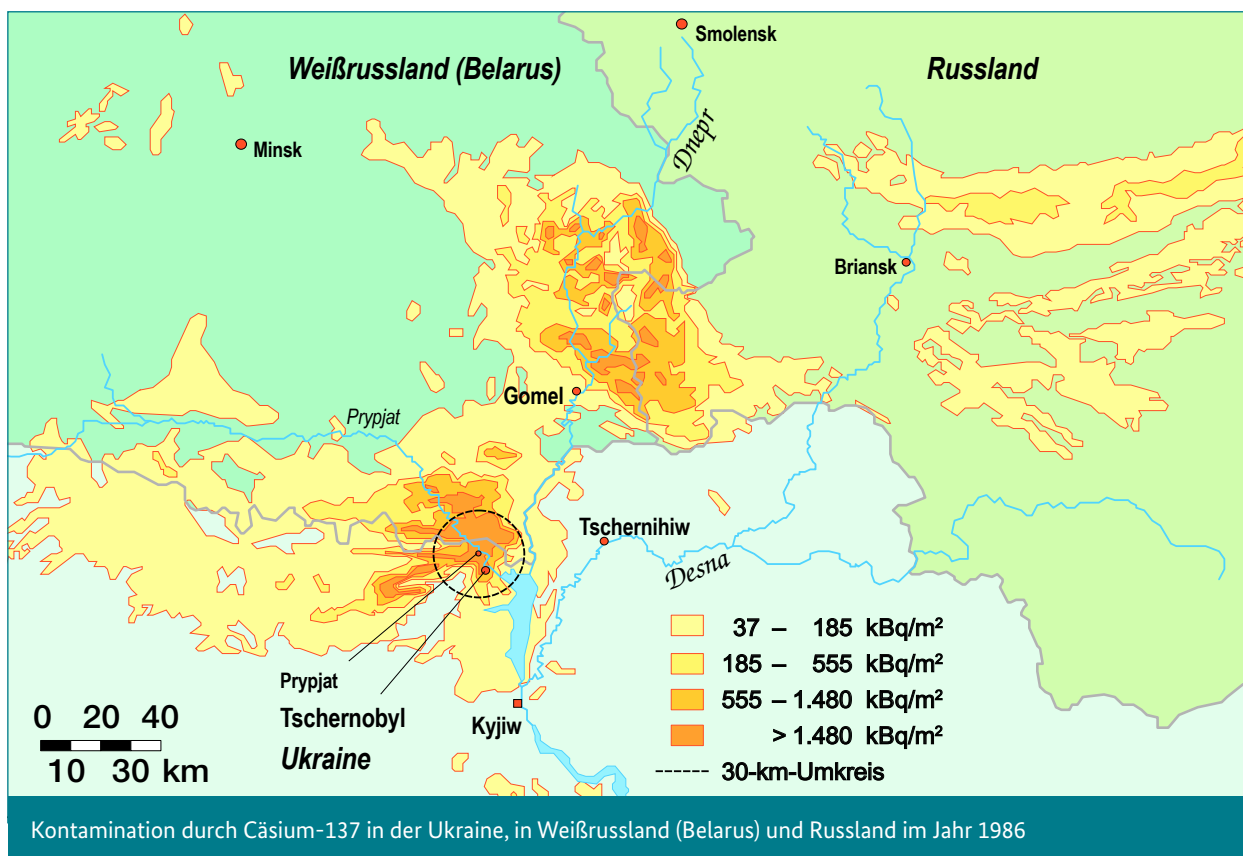
mengen angestiegen. Auswertungen der Aktivitäten im Grundwasser für die Grundwasserbeprobungsstellen im 5-Kilometer-Umkreis um den Standort des KKW Tschernobyl zeigen, dass nach einem zunächst beobachteten Trend zur Abnahme der Aktivitätskonzentration von Cäsium-137 im Grundwasser nach der Errichtung des NSC sich diese nach einer gewissen Zeit kaum weiter verändert hat. Im Vergleich dazu wurde eine ansteigende Strontium-90-Konzentration sowohl in der Nähe zum NSC als auch in Gebieten außerhalb des direkten Einflusses des NSC beobachtet. Der Grundwasserspiegel im Bereich des NSC hat sich nach der Außerbetriebnahme des Kühlteichs im Jahr 2014 seit 2020 praktisch nicht weiter abgesenkt. Der niedrige Grundwasserspiegel macht die Beprobung des Grundwassers zur Feststellung möglicher Kontaminationen schwierig. Es ist vorgesehen, neue und tiefere Brunnen zu bohren, um die Überwachung weiterhin zu gewährleisten.

Auswirkungen auf die Umwelt

Für die Auswirkungen von Strahlung auf Flora und Fauna sind die äußere Strahlenbelastung, die Aufnahme von Radionukliden in den Organismus sowie die sehr unterschiedlich ausgeprägte Strahlenempfindlichkeit der Organismen bestimmend.

In der Nähe des Kraftwerks wurden in angrenzenden Waldstücken große Mengen radioaktiver Partikel abgelagert. Dadurch wurde der betroffene Wald massiv geschädigt. Vor allem die Kiefern in der näheren Umgebung des Unfallortes starben in den Wochen und Monaten nach dem Unfall völlig ab (sogenannter Roter Wald). Für diesen Bereich wurden die höchsten Energiedosen (mehr als 10 Gray) abgeschätzt. Im weiteren Bereich, in dem die Energiedosen etwas niedriger (3 bis 10 Gray) lagen, gab es deutlich erkennbare Schäden an den Kiefern. Andere Baumarten, wie Espen, Birken und Eichen in der Nachbarschaft der geschädigten Kiefern, zeigten keine oder nur geringe Symptome. Viele der geschädigten Kiefern gingen in den folgenden Jahren ein. Krautige Pflanzen hingegen zeigten kaum sichtbare Schäden.

In Bezug auf den Transfer vom Boden in die Pflanze sind heute in der Sperrzone unter anderem die Nuklide Cäsium-137, Strontium-90 und Plutonium-239 zu betrachten, wobei Transurane nur einen sehr geringen



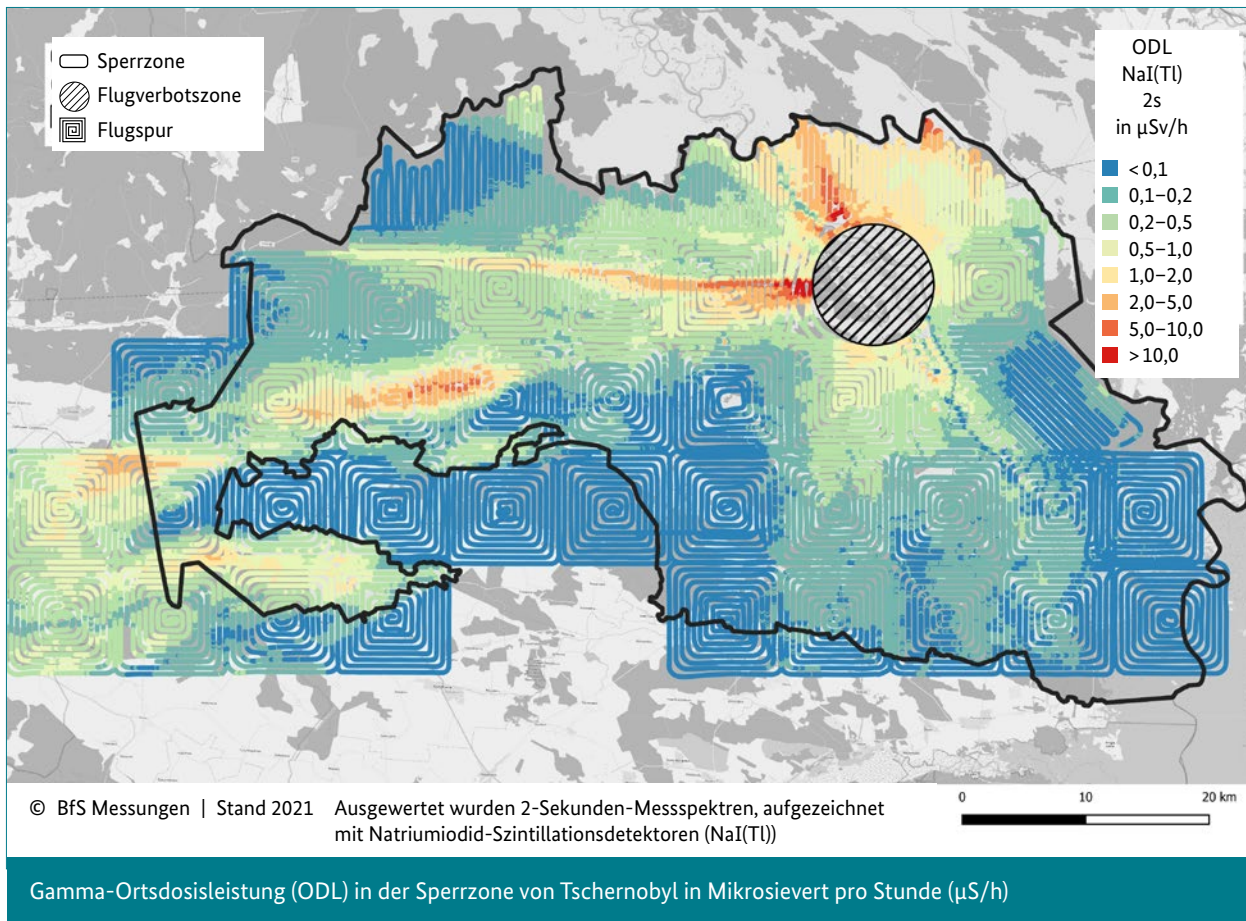
Transfer aufweisen. Für die Kontamination von Waldprodukten und landwirtschaftlichen Erzeugnissen außerhalb der Sperrzone ist heute hingegen hauptsächlich das langlebige Cäsium-137 von Bedeutung.

Durch Produktionsbeschränkungen oder -verbote in den höher kontaminierten Gebieten und unterschiedliche Maßnahmen bei der Agrarbewirtschaftung (darunter die Anwendung von Düngemitteln und Leitlinien für die Weidehaltung des Viehs, Herstellung von Silofutter aus Mais anstelle von Heu, Umstellung der Verarbeitung von Milch) konnte die Kontamination der erzeugten Lebensmittel in den betroffenen Gebieten der Ukraine und den am stärksten betroffenen Nachbarstaaten seit dem Unfall deutlich reduziert werden, sodass Nahrungsmittel in der Regel ohne große Einschränkungen produziert werden können. Im Einzelfall, insbesondere bei Nahrungsmitteln aus dem Wald und Wildprodukten (zum Beispiel Wildbret oder Waldpilze) aus diesen Regionen, ist jedoch das Auftreten von erhöhten Radioaktivitätswerten auch heute noch nicht auszuschließen. Für Importe in die Europäische Union aus Drittstaaten, die von den Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl betroffen waren, gelten daher Höchstwerte für die Akti-

vität von Cäsium-137 in Lebensmitteln, die eingehalten werden müssen. Diese Regelungen wurden zuletzt mit der Durchführungsverordnung (EU) 2024/256 der Kommission vom 17. Januar 2024 angepasst.

Wiederkehrend ereignen sich Vegetationsbrände in der Sperrzone. Die Brände treten in der Regel in trockenen Jahreszeiten auf. Die Gefahren solcher Brände bestehen in der Mobilisierung von Radionukliden während und auch nach den Bränden (durch Staubaufwirbelungen) und in der Beeinträchtigung der Sicherheit von nuklearen Anlagen. Die Gründe für die Feuer in der Tschernobyl-Zone sind verschieden, auch Fälle von Brandstiftung sind bekannt geworden.

Die Brände in radioaktiv kontaminierten Gebieten der Sperrzone und an deren Grenzen führen zu einer Verlagerung der radioaktiven Kontamination der Umwelt sowohl in der Sperrzone als auch außerhalb. Die Aktivitätskonzentration in der Luft und die damit verbundenen zusätzlichen Strahlendosen führen jedoch selbst in unmittelbar umliegenden Gebieten nur zu sehr geringen Strahlendosen in der Bevölkerung, die um mehrere Größenordnungen unterhalb des Grenzwerts



von 1 Millisievert pro Jahr für den Schutz der Bevölkerung liegen. Die Staatliche Agentur der Ukraine zur Verwaltung der Tschernobyl-Zone hat umfangreiche Maßnahmen getroffen, um die Wahrscheinlichkeit von Waldbränden zu senken und diese schneller erkennen und löschen zu können.

Die Ukraine und auch Belarus haben die Sperrzone von Tschernobyl in ihrer Ausdehnung seit den 1990er-Jahren nicht verändert. Es gab und gibt immer wieder diesbezügliche Diskussionen und Vorschläge, praktisch gibt es aber keine gemeinsam tragbare Strategie oder Pläne. Lediglich einzelnen älteren Personen wurde zwischenzeitlich aus humanitären Gründen gestattet, in die Zone zurückzukehren und dort zu verbleiben. Es gibt Vorschläge zur wirtschaftlichen Nutzung in der Zone sowie zur Errichtung eines Naturschutzgebietes.

Auf Einladung der Ukraine hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Zusammenarbeit mit der Bundespolizei und ukrainischen Partnerorganisationen im

Jahr 2021 Radioaktivitätsmessungen in der Sperrzone durchgeführt, unter anderem mittels Hubschrauber. Das Ergebnis war die erste zusammenhängende, flächendeckende radiologische Kartierung des Gebiets seit den 1990er-Jahren. Die in der Sperrzone von Tschernobyl ermittelte Gamma-Ortsdosisleistung liegt zwischen 0,06 Mikrosievert pro Stunde und etwa 100 Mikrosievert pro Stunde. Zum Vergleich: Die natürliche Ortsdosisleistung in Deutschland liegt üblicherweise zwischen 0,06 und 0,2 Mikrosievert pro Stunde.

Auswirkungen auf Deutschland

Die Auswirkungen auf Regionen in Deutschland wurden maßgeblich durch die während des Durchzugs der radioaktiven Luftmassen vorherrschenden meteorologischen Bedingungen beeinflusst. So wurden zum Beispiel die Regionen, in denen es während des Durchzugs der radioaktiven Luftmassen regnete, vergleichsweise hoch radioaktiv kontaminiert. Je nach Stärke der Regenfälle ergaben sich unterschiedlich hohe radioak-

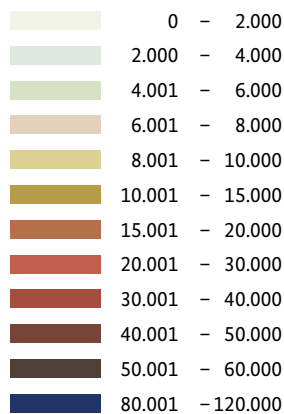
tive Kontaminationen, die sich insbesondere südlich der Donau sowie im und um den Bayerischen Wald konzentrierten. Diese radioaktiven Stoffe können auch heute noch nachgewiesen werden. Je nach Beschaffenheit und Eigenschaften der Bodenflächen kam und kommt es zu einer Verlagerung von radioaktiven Stoffen in tiefere Schichten sowie über die Wurzeln zu einer Aufnahme in die Vegetation. Landwirtschaftliche Kulturen sind in Deutschland davon nur in geringem Maße betroffen.

In einigen Gegenden Deutschlands ist die Kontamination von Wildfleisch und bestimmten wild wachsenden Pilzen, im Vergleich zu landwirtschaftlichen Produkten, durch die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl immer noch deutlich erhöht. Für diese Kontamination ist heute in Mitteleuropa nur noch das langlebige Cäsium-137 von Bedeutung. In den höher kontaminierten Gebieten im Süden Deutschlands – vor allem südlich der Donau sowie im und um den Bayerischen Wald – werden heute noch in verschiedenen wild wachsenden Speisepilzen Cäsium-137-Werte von einigen Hundert Becquerel pro Kilogramm

gefunden; in den letzten Jahren vereinzelt Aktivitätsgehalte von mehr als 1.000 Becquerel pro Kilogramm. In seinem Pilzbericht (www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/lebensmittel/pilze-wildbret/pilze-wildbret.html) veröffentlicht das BfS jährlich aktuelle Messwerte von Speisepilzen.

Die im Rahmen des bundesweiten Routinemessprogramms zur Überwachung der Umweltradioaktivität – Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS) erhobenen Daten erreichten für die Jahre 2020 bis 2023 im Fleisch von Wildschweinen einen Maximalwert von rund 1.200 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm. Messwerte des IMIS können den Jahresberichten des Bundesumweltministeriums über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung sowie dem Geoportal des BfS (www.bfs.de/geoportal) entnommen werden.

Für die Einfuhr von Lebensmitteln in die EU gilt ein Höchstwert von 600 Becquerel pro Kilogramm und für Milch und Säuglingsnahrung von 370 Becquerel pro Kilogramm. Liegt die Aktivität darüber, ist eine Vermarktung nicht zulässig.



Daten:

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Bundesamt für Strahlenschutz

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Technische Hochschule Aachen, Lehrgebiet Strahlenschutz in der Kerntechnik

Bodenkontamination mit Cäsium-137 im Jahr 1986 (Becquerel pro Quadratmeter)

5

Sanierung

Welche Sanierungsarbeiten fanden und finden am Unglücksort statt?



Sofortmaßnahmen, Dekontamination, Errichtung von Lagern für radioaktive Abfälle

Die benachbarten drei Blöcke des Kernkraftwerks (KKW) Tschernobyl, die sich zum Zeitpunkt des Unfalls im Block 4 in Betrieb befanden, wurden innerhalb von 24 Stunden zunächst abgeschaltet. Nach Ende der Aufräumarbeiten und Abschluss entsprechender Modernisierungsarbeiten und der Trennung der vormals gemeinsam genutzten Systeme der Blöcke 3 und 4 wurden alle drei noch funktionsfähigen Blöcke in den Jahren 1986 (Blöcke 1 und 2) und 1987 (Block 3) wieder angefahren. Die endgültige Außerbetriebnahme erfolgte dann später (Block 1: 1996, Block 2: 1993 und Block 3: im Dezember 2000). Aktuell befinden sich alle Blöcke in der Stilllegung und im Rückbau.

Zur Eindämmung der Folgen des Reaktorunfalls wurden unmittelbar nach dem Unfall Sofortmaßnahmen eingeleitet. Dazu zählte das Löschen von Bränden, insbesondere auf dem Dach des Maschinenhauses, da von hier die Gefahr einer Weiterverbreitung des Brandes in Richtung der benachbarten Blöcke 3 bis 1 ausging. Zur Verringerung der Freisetzung von radioaktiven Stoffen und zur Abdeckung des vollständig zerstörten Reaktorschachts wurden im Ketteneinsatz von über 30 Militärhubschraubern Materialien in das zerstörte Reaktorgebäude geworfen. Zu diesen Materialien gehörten etwa 40 Tonnen Borkarbid, um eine erneute Kettenreaktion zu verhindern, 800 Tonnen Dolomit zur Verringerung der Wärmeentwicklung und zum Ersticken des Grafitbrandes, 2.400 Tonnen Blei zur Verringerung der Wärmeentwicklung und zur Abschirmung der Gamma-Strahlung sowie 1.800 Tonnen Sand und Lehm als Filtermaterial für die freigesetzten radioaktiven Stoffe. Unterhalb der Reaktorgrube wurde ein Stickstoffkühlsystem installiert, wodurch sich die Temperatur und die Freisetzungen weiter verringerten. Als zusätzliche Sicherungsmaßnahme wurde unterhalb des Reaktorfundaments ein Wärmetauscher in einer horizontalen Betonplatte installiert. Die gesamte Masse an im Block 4 nach dem Unfall verbliebenem bestrahltem Kernbrennstoff aus der Kernbeladung, die ursprünglich aus 1.659 Brennelementen mit insgesamt 190 Tonnen Brennstoff bestand, wurde

auf etwa 96 Prozent, das heißt mehr als 180 Tonnen, geschätzt.

Die Umgebung des zerstörten Blocks 4 einschließlich der angrenzenden Gebäudestrukturen wurde von den zum Teil hoch radioaktiven herausgeworfenen Anlagenteilen und anderen Materialien gesäubert. Der Boden um den Block 4 wurde vollflächig etwa 5 bis 10 Zentimeter abgetragen, in Oberflächenlager transportiert und wird seit dieser Zeit dort gelagert. Danach erfolgte eine Aufschüttung mit sauberem Material (zum Beispiel mit Sand und Schotter) und es wurden um das zerstörte Reaktorgebäude Betonplatten verlegt oder die Bodenflächen wurden mit filmbildendem Material (zum Beispiel Polyvinylalkohol, Sulfatalkohol, Latex oder Ölschlamm) abgedeckt.

Es wurden drei Oberflächenlager für die radioaktiven Abfälle aus dem Unfall errichtet. Eines der drei Oberflächenlager ist das auch heute noch in Betrieb befindliche Endlager „Buriakivka“ (PZRO Buryakovka), das sich in größerer Entfernung zum Kernkraftwerk befindet. Zwei der drei Standorte, Pidlisnyi und Kompleksnyi, in der Nähe des Kraftwerks, wurden für die Lagerung von „höher“ radioaktivem Abfall ausgewählt, im Gegensatz zu den nur als „temporäre“ Lagereinrichtungen bezeichneten anderen Lagern für radioaktive Abfälle aus der Störfallbeseitigung in der gesamten Sperrzone. Zusammen mit den im Block 4 verbliebenen kernbrennstoffhaltigen Materialien sind die in den Oberflächenlagern gelagerten Abfälle



Sarkophag im Bau im Jahr 1986

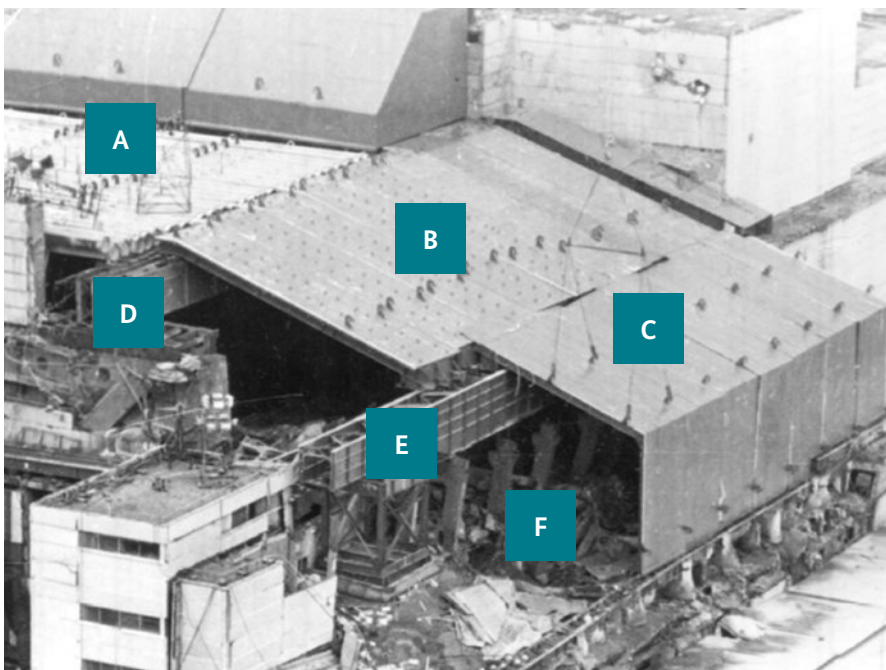
entsprechend ihrer Kategorisierung nach internationalen Standards (zum Beispiel der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEA) perspektivisch in einem entsprechenden geologischen Endlager sicher zu verwahren. Allerdings wurde zur Entsorgung dieser Abfälle noch keine endgültige Entscheidung getroffen. Mittlerweile gibt es weitergehende Planungsarbeiten zur Schaffung eines geologischen Endlagers in der Ukraine. Nach Angaben der ukrainischen atomrechtlichen Behörde SNRIU sollen für drei alternative vorrangige Gebiete – Veresnianska, Nowosilkowska und Schowtnewa – in oder nahe der Sperrzone weitere wissenschaftliche Erkundungsarbeiten zur Schaffung eines solchen Endlagers erfolgen.

Sarkophag

Um das stark beschädigte Gebäude von Block 4 zu sichern, von der Umwelt zu isolieren und damit den Weiterbetrieb der anderen Reaktorblöcke zu ermöglichen, wurde der sogenannte Sarkophag (Stahl/Beton-Konstruktion) um den zerstörten Block 4 errichtet. Dieser konnte nach knapp sechs Monaten Bauzeit am 30. November 1986 fertiggestellt werden. Ein ursprünglicher Entwurf sah die Verfüllung mit Beton vor, was aber nicht vollständig erfolgte.

Da aufgrund der besonderen Situation die Projektierung in kürzester Zeit erfolgte, konnte nicht auf genaue Kenntnisse der Situation vor Ort zurückgegriffen werden. Teile der neu errichteten Konstruktion stützen sich auf verbliebene Teile und Trümmer des zerstörten Blockes ab und mussten zum großen Teil fernbedient platziert und montiert werden, sodass sie nicht immer präzise auf die vorgesehenen Positionen abgesetzt werden konnten. Auch konnten einige wesentliche Bauteile nicht verschraubt oder verschweißt, sondern nur aufgesetzt werden. Die Konstruktion des Sarkophags besteht aus monolithischen Stahlbetonwänden von bis zu einigen Metern Dicke und einer Höhe von bis zu 60 Metern. Zwischen den Blöcken 3 und 4 wurde eine Trennwand errichtet. Auf der nördlichen Seite wurde eine Kaskadenschutzwand aus Beton gezogen, in die auch radioaktive Trümmer und Behälter mit radioaktiven Abfällen eingeschlossen wurden.

Der Sarkophag wurde als Sofortmaßnahme für eine begrenzte Standzeit von 20 bis 30 Jahren konzipiert. Der erreichte Endzustand des 1986 errichteten Sarkophags war ein nicht vollständig isolierendes Bauwerk. Die Konstruktion schloss zum Beispiel den zerstörten Block luftungstechnisch nicht hermetisch dicht ein. Auch war das Innere nicht vollständig gegen Einflüsse von außen, wie zum Beispiel gegen eindringende Niederschläge, geschützt. Die ursprünglich geplante vollständige Verfüllung der Konstruktion mit Beton wurde nicht realisiert.



Die Hauptkonstruktionsteile des Sarkophags sind:

- (A) Rohrkonstruktion
- (B) südliche Paneele
- (C) südliche „Hockey-Sticks“
- (D) B1/B2-Träger
- (E) Mammut-Träger
- (F) Oktopus-Träger



Stabilisierter Sarkophag



Stabilisierter Sarkophag 2008

Shelter Implementation Plan (SIP)

Kernpunkte eines mit internationaler Unterstützung entwickelten Maßnahmenplans, der als „Shelter Implementation Plan“ (SIP) bezeichnet wurde, waren unter anderem die Stabilisierung des Sarkophags und die Er-

richtung eines neuen Einschlussbauwerks, des „New Safe Confinement“ (NSC). Der SIP umfasst 22 Aufgaben, die fünf wesentlichen Zielen zugeordnet wurden. Übergeordnetes Ziel des SIP war es, die Ukraine bei der Schaffung eines „umwelttechnisch sicheren Einschlusses“ für den 1986 verunfallten Block 4 des KKW Tschernobyl zu unterstützen. Der Betrieb des NSC, der Rückbau des Sarkophags und die Bergung und Entsorgung der darin enthaltenen radioaktiven Abfälle und Materialien waren dagegen nicht Bestandteil des SIP. Am 16. Oktober 2020 wurde der zugehörige „Chernobyl Shelter Fund“ geschlossen. Damit werden keine weiteren Maßnahmen am Standort Tschernobyl mehr aus diesem Fonds finanziert. Die weitere, auch finanzielle Verantwortung wurde in die Hände der Ukraine gegeben. Zur Weiterführung der Unterstützung der Ukraine im Bereich des Umgangs mit radioaktiven Abfällen wurde jedoch 2020 auf Initiative der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBWE) und der Ukraine der „International Chernobyl Cooperation Account“ (ICCA) gegründet (siehe hierzu Kapitel 6 „Finanzierung“).

Stabilisierung

Um die bereits unmittelbar nach der Errichtung des Sarkophags offensichtlichen strukturellen Mängel teilweise zu beseitigen, wurden bis 2008 die als die wichtigsten zur Stabilisierung identifizierten Maßnahmen realisiert. Eine dieser Maßnahmen war die Stabilisierung der westlichen Auflage der Träger B1/B2 und eine Lastreduzierung der Dachkonstruktion auf der Westwand. Als eine der letzten Maßnahmen erfolgte die Reparatur der Dachkonstruktion des Sarkophags. Die ukrainische atomrechtliche Behörde SNRIU legte der Genehmigung des stabilisierten Sarkophags eine Betriebsdauer von 15 Jahren zugrunde. Nach Ablauf dieses Zeitraums sollten die nicht realisierten Stabilisierungsmaßnahmen nachgeholt werden oder die Demontage der am höchsten einsturzgefährdeten Teile erfolgen. Der Abbau dieser als „instabil“ bezeichneten Teile konnte jedoch bis Ende 2023 nicht realisiert werden und es wurden auch keine weiteren Stabilisierungsarbeiten durchgeführt. Einer Verlängerung der Betriebsdauer des stabilisierten Sarkophags bis 2029 wurde unter der Bedingung zugestimmt, dass die Entwicklung eines neuen Konzepts für den Rückbau der instabilen Teile bis 2025 erfolgt und deren Rückbau bis zum 31. Oktober 2029 abgeschlossen wird.

New Safe Confinement (NSC)

Das NSC stellt ein Schlüsselement des SIP mit einer Lebensdauer von mindestens 100 Jahren dar. Das bogenförmige NSC mit zwei senkrechten Wandteilen an der Ost- und Westseite ist etwa 260 Meter breit, insgesamt etwa 165 Meter lang und etwa 110 Meter hoch. Es besteht aus einer Bogenkonstruktion, die nach innen und außen abgedichtet wurde. Die jeweils äußeren Abdeckungen nach innen und außen bestehen aus sich überlappenden Edelstahlblechen. Die Montage des NSC erfolgte auf einer speziell dazu eingerichteten Montageplattform vor der Südwand des Sarkophags. Dadurch konnten die Anforderungen an den Strahlenschutz und die Zugangsregelungen vereinfacht werden.

Das NSC umschließt auf der Ost- und Westseite die bestehenden Baustrukturen des Sarkophags oder der Grenzstruktur zwischen den Reaktorblöcken 3 und 4. Diese Baustrukturen bilden zusammen mit dem NSC den äußeren Abschluss. Das NSC ermöglicht zum einen den sicheren Einschluss des zerstörten Blocks. Zum anderen sollten damit die Bedingungen für Demontage und Bergung der radioaktiven Abfälle und Materialien und die Umwandlung des Blockes in einen ökologisch sicheren Zustand geschaffen werden. Eine



NSC nach der Verschiebung und Positionierung über dem Block 4 – Blick aus östlicher Richtung

Neue Schutzhülle in Tschernobyl (schematische Darstellung)

Nach sechs Jahren Bauzeit wurde die neue Schutzhülle über den Reaktor gefahren. Die Hülle soll die Reaktor-Ruine für die nächsten 100 Jahre abdichten.

Reaktorblock 4 in Tschernobyl

Maroder **Beton-Sarkophag**, der nach der Katastrophe von 1986 errichtet wurde.

Bauplatz für die neue Schutzhülle

Einzelteile für die Hülle

1

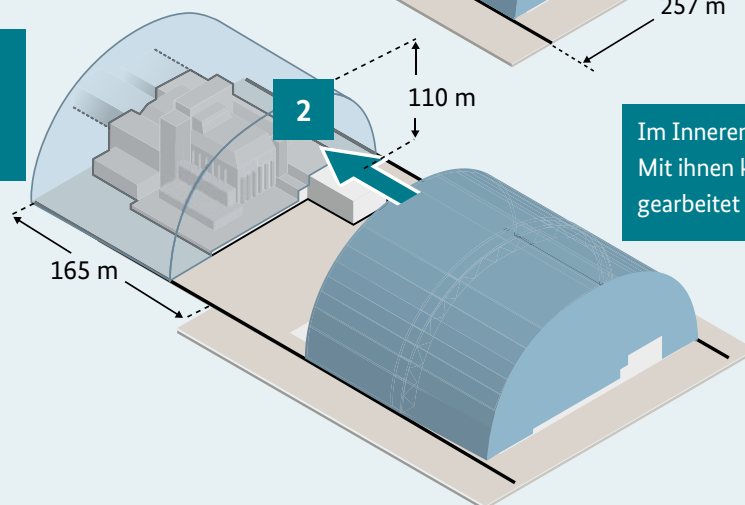
Die Stahlkonstruktion wurde in **zwei Segmenten** gebaut. Diese wurden 2015 zusammengeschoben.

2

Die fertige Hülle wurde über den Reaktor gefahren.

Im Inneren sind zwei Kräne montiert. Mit ihnen kann am Abbau des Reaktors gearbeitet werden.

Gewicht der Hülle: **mehr als 36.000 Tonnen**



Lüftungsanlage soll die Luftfeuchtigkeit im Zwischenraum der Bogenkonstruktion unter Kontrolle halten und so weit wie nötig senken sowie eine Druckstaffelung von außen nach innen erzeugen (einschließlich eines Überdrucks im Zwischenraum der Wandungen), damit die Freisetzung von radioaktiven Stoffen minimiert werden kann.

Das installierte Hauptkransystem mit 96 Meter Spannweite, das im Inneren der Bogenkonstruktion angebracht ist, soll zunächst die Demontage von instabilen Teilen des Sarkophags und einen späteren Rückbau weiterer Teile des zerstörten Reaktorblocks ermöglichen. Im November 2016 wurde das NSC erfolgreich über den Sarkophag, der den zerstörten Block 4 umschließt, geschoben und positioniert. Danach erfolgten Arbeiten zur Fertigstellung des NSC (zum Beispiel Abdichtungsarbeiten, Montage des Lüftungssystems). Die Durchführung der notwendigen Abnahmen und Tests von Einzelsystemen sowie der Funktionen des Gesamtsystems usw. konnten nach mehreren Terminverschiebungen Ende April 2019 abgeschlossen werden. Die formale Übergabe des NSC durch das Konsortium NOVARKA an die ukrainische Seite (KKW Tschernobyl) erfolgte am 10. Juli 2019 vor Ort. Im Anschluss daran erfolgte die Genehmigung zum Betrieb in der Gewährleistungsphase. Am 5. Dezember 2019 erhielt das KKW Tschernobyl durch die Staatliche Architektur- und Bauinspektion der Ukraine die Zulassung für die erste Inbetriebsetzungsstufe CS-1 (Commissioning Stage No. 1), das heißt über den Nachweis der vollen baulich-mechanischen Funktionsfähigkeit. Am 20. August 2021 erteilte die atomrechtliche Behörde der Ukraine SNRIU dem Kernkraftwerk Tschernobyl die vollständige Betriebsgenehmigung für das NSC, offiziell bezeichnet als Genehmigung zur Durchführung von Tätigkeiten zur Verarbeitung und Lagerung von vorhandenen oder bei der Umwandlung des Shelters in ein sicheres ökologisches System entstehenden radioaktiven Abfällen.

In der Nacht zum 14. Februar 2025 wurde das NSC von einer Drohne getroffen und beschädigt. Im Ergebnis des Drohneneinschlags entstand ein Brand, der erst nach rund zwei Wochen vollständig gelöscht werden konnte. Es gab keine Opfer und keine Erhöhung der Radioaktivitätsmesswerte. Es wurden unter anderem das Kransystem, das Lüftungssystem und die Abdichtungsmembrane beschädigt. Das NSC ist daher in seiner Funktionalität stark eingeschränkt. Weitere

Informationen zu den Auswirkungen des russischen Drohnenangriffs auf das NSC sind in Kapitel 8 „Kriegsauswirkungen“ zusammengefasst.

Rückbau und Bergung radioaktiver Materialien

Die Betriebsgenehmigung des stabilisierten Sarkophags unter dem NSC wurde Ende 2023 verlängert. Es wurden Änderungen an der Genehmigung vorgenommen, die eine Verlängerung der Fristen zur Durchführung einer Reihe von Aktivitäten im System NSC/Sarkophag betreffen. Sie umfassen insbesondere:

1. Verlängerung der Nutzungsdauer der instabilen Gebäudestrukturen der Schutzeinrichtung um weitere sechs Jahre – bis 2029. Bei den instabilen Gebäudestrukturen handelt es sich um die Strukturen der Schutzeinrichtung, deren Einsturzwahrscheinlichkeit sehr hoch ist.
2. Entwicklung eines neuen Konzepts für den Rückbau instabiler Bauwerke – bis 2025.
3. Abschluss des Rückbaus der instabilen Teile – bis zum 31. Oktober 2029.

Die ersten Planungen zum Rückbau liegen vor und müssen noch mit einer konkreten Zeitplanung unteretzt werden. Entsprechend dem „Nationalen Programm für die Stilllegung des KKW Tschernobyl und die Umwandlung des Sarkophags in ein ökologisch sicheres System“ wird derzeit davon ausgegangen, dass die verbliebenen Baustrukturen zusammen mit den drei anderen Reaktorblöcken am Standort Tschernobyl bis 2065 abgebaut werden.

Zum langfristigen Umgang mit den brennstoffhaltigen Materialien im Sarkophag gibt es bisher keine konkreten Pläne. Es gibt Ideen und wissenschaftliche Untersuchungen zu einer differenzierten Herangehensweise, die unter anderem beinhaltet, dass ein Teil der radioaktiven Materialien auch langfristig, sicher eingeschlossen, vor Ort bleiben könnte. Für die höher und hoch radioaktiven Materialien sind jedoch Umgangs-, Konditionierungs-, Verpackungs- und Entsorgungskonzepte bis hin zu einer möglichen Endlagerung in einem geologischen Endlager oder einem Endlager in mittleren Tiefen zu entwickeln. Für konkrete Planungen sind auch die Betriebserfahrungen des Systems NSC/Sarkophag zu berücksichtigen.



Blick unter das NSC mit dem Sarkophag und dessen Stabilisierung

Als Beispiel für durchgeführte wissenschaftliche Arbeiten zur Bergung und zum weiteren Umgang mit brennstoffhaltigen Materialien aus dem Sarkophag können genannt werden:

- Entwicklung einer zuverlässigen Zerlegetechnologie
- Erforschung und Entwicklung von Zugangswegen zu Ansammlungen von brennstoffhaltigen Materialien in den Bereichen unterhalb des zerstörten Reaktors
- Entwicklung eines ferngesteuerten Werkzeugs zur Bearbeitung von brennstoffhaltigen Materialien
- Untersuchung der Staubentwicklung bei der Zerlegung und Entwicklung von Strahlenschutzmaßnahmen und weiterer Maßnahmen zur Vermeidung von Aerosolen
- Entwicklung von geeigneten Systemen für den Transport und die Lagerung der spezifischen Kategorie unterschiedlicher kernbrennstoffhaltiger Materialien, die als hoch radioaktive Abfälle zu entsorgen sind

Exemplarisch wurde dafür eine Ansammlung von kernbrennstoffhaltigen Materialien auf der untersten Dampfkondensationsebene unter dem Reaktor im Raum 012/7 ausgewählt. Als Zerlegewerkzeug wurde

ein ferngesteuertes Laserschneidsystem betrachtet. Experimentelle Untersuchungen zeigten die Möglichkeit der Verwendung der Lasertechnologie zur Zerlegung von lavaförmigen kernbrennstoffhaltigen Materialien. Als Vorteile wurden die Möglichkeit einer entfernten Positionierung des ferngesteuerten Werkzeugs, eine geringe Staubentwicklung und die Trockenschneidtechnologie genannt.

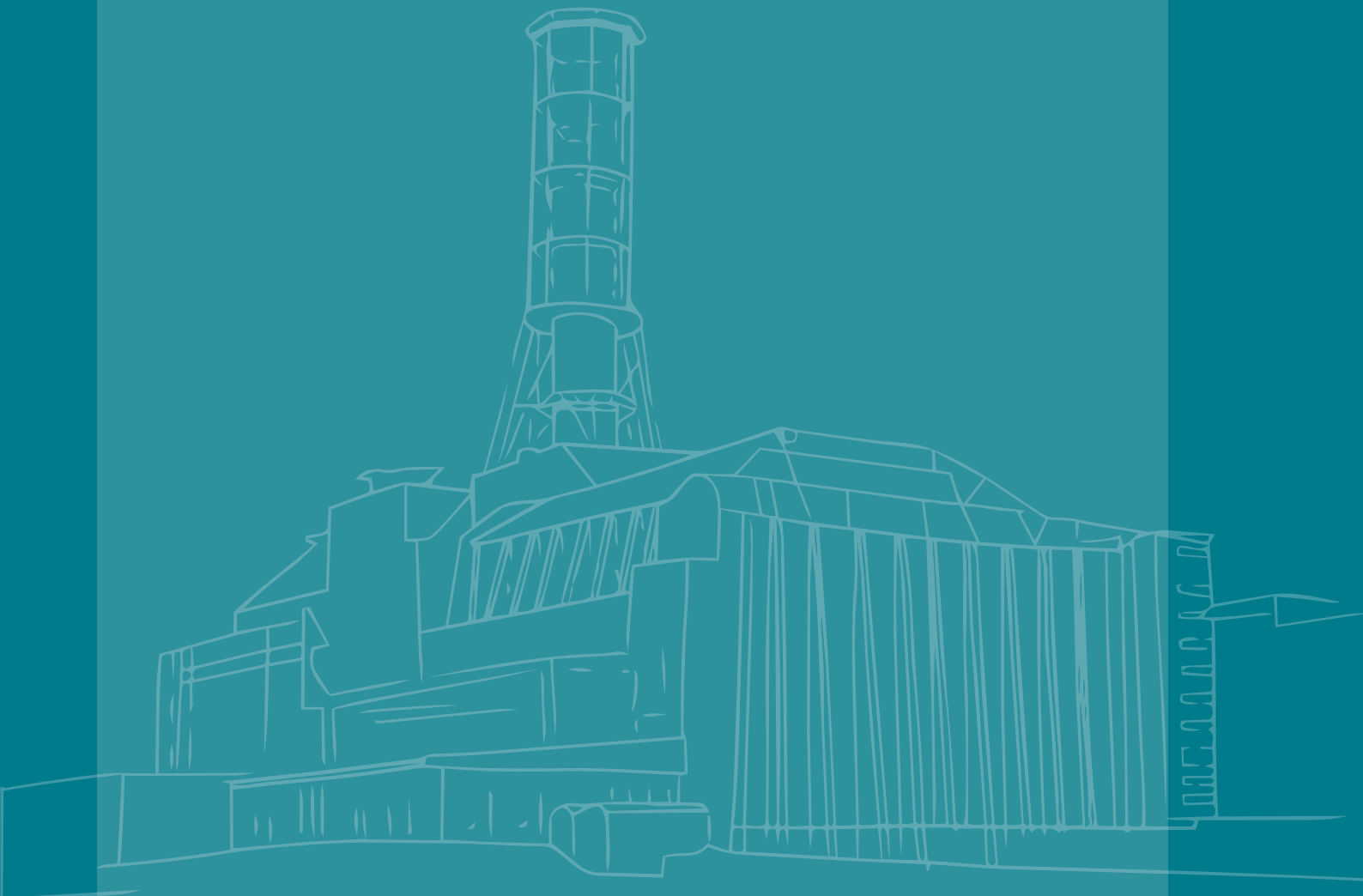
Eine mögliche Strategie geht von einem etappenweisen kombinierten Umgang mit den brennstoffhaltigen Materialien aus verschiedenen Zonen des zerstörten Blocks 4 (Sarkophag) aus.

Mit der Positionierung des NSC verringerte sich die Ortsdosisleistung außerhalb des NSC um etwa den Faktor 10. Mögliche negative, die Ortsdosisleistung erhöhende Effekte durch den Abbau der instabilen Teile und der damit einhergehenden Entfernung von damit gegebenen Abschirmungen sollen durch entsprechende Gegenmaßnahmen kompensiert werden. Als solche Maßnahmen werden die Entfernung oder zusätzliche Abschirmung von Ansammlungen kernbrennstoffhaltiger Materialien, insbesondere in den oberen Bereichen des Sarkophags, betrachtet.

6

Finanzierung

Wie ist der Stand der internationalen finanziellen Unterstützung?



Im Jahr 1997 hatten die G7-Staaten und die Europäische Union der Ukraine Unterstützung für die Überführung von Block 4 des Kernkraftwerks (KKW) Tschernobyl in einen ökologisch sicheren Zustand zugesagt. Die Unterstützungszusage wurde mehrfach durch die G7 erneuert. Die Geberstaaten hatten die Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBWE) mit der Projektabwicklung beauftragt. Wichtige Projekte waren der neue sichere Einschluss von Block 4 (New Safe Confinement – NSC) sowie das Brennelement-Zwischenlager ISF-2. Das NSC wurde am 10. Juli 2019 betriebsbereit an die Ukraine übergeben, dies war gleichzeitig der Starttermin für die einjährige Gewährleistungsfrist. Die Betriebsgenehmigung für das ISF-2 wurde im April 2021 erteilt.

Die internationale Finanzierung der Tschernobyl-Projekte stützte sich im Wesentlichen auf die beiden durch die EBWE verwalteten Fonds, den Chernobyl Shelter Fund (CSF) und den Nuclear Safety Account (NSA). Der CSF finanzierte Maßnahmen mit Blick auf den havarierten Block 4. Aus diesem Fonds wurde das NSC finanziert. Der NSA finanzierte Entsorgungseinrichtungen, zu denen neben dem ISF-2-Lager auch die Verarbeitungsanlage für flüssige radioaktive Abfälle (LRTP) zählt. Beide Fonds, CSF und NSA, wurden überwiegend durch die G7 und die EU sowie durch Zuschüsse der EBWE finanziert.

Nach Fertigstellung und offizieller Übergabe des NSC an die Ukraine sowie Abschluss aller formalen Angelegenheiten wurde der CSF im Jahr 2020 geschlossen.



Blick auf das NSC über dem Sarkophag aus westlicher Richtung im Sommer 2017

Die technischen Arbeiten zum Bau und zur Inbetriebnahme des ISF-2 konnten 2021 erfolgreich abgeschlossen werden. Die EBWE beziffert die Gesamtkosten für das ISF-2 offiziell mit etwa 400 Millionen Euro.

Die Schließung des Fonds NSA ist aufgrund eines laufenden Schiedsverfahrens zwischen Hersteller und Kraftwerk, infolge dessen mit einem eventuellen Mitlerückfluss in den Fonds gerechnet werden kann, noch nicht erfolgt.

Tabelle 2: Gesamtzusagen für den CSF, Stand: Oktober 2019

Chernobyl Shelter Fund (CSF) gesamt	Zusagen für gesamten CSF (Circa-Angaben)
Gelder der G7/EU-Kommission	1,28 Milliarden Euro
Beiträge anderer Geberstaaten	0,36 Milliarden Euro
CSF-Gesamtsummen	1,64 Milliarden Euro
+ Projektgebundene Zuschüsse der EBWE (nicht CSF-Bestandteil)	0,48 Milliarden Euro
Quelle: Bundesumweltministerium	

Tabelle 3: Gesamtzusagen für den NSA; Stand: November 2020

Nuclear Safety Account (NSA) gesamt	Zusagen für gesamten NSA (Circa-Angaben)
Gelder der G7/EU-Kommission	368 Millionen Euro
Beiträge anderer Geberstaaten	71 Millionen Euro
NSA-Gesamtsumme	439 Millionen Euro
+ Projektgebundene Zuschüsse der EBWE (nicht NSA-Bestandteil)	235 Millionen Euro
Quelle: Bundesumweltministerium	

Anteil Deutschlands an CSF und NSA

Deutschland war von Anbeginn maßgeblich am Zustandekommen der beiden Fonds CSF und NSA beteiligt. Der G7-Gipfel vom Juli 1994 in Neapel brachte den entscheidenden Durchbruch. Der Ukraine wurde ein Aktionsplan zur Unterstützung der Stilllegung des gesamten KKW Tschernobyl angeboten. Mit dem „Memorandum of Understanding on the Closure of the Chernobyl Nuclear Power Plant“ (MoU) vereinbarten

die G7 zusammen mit der EU-Kommission und der Ukraine am 20. Dezember 1995 die Unterstützung der Ukraine im Gegenzug zur Schließung des KKW Tschernobyl bis zum Jahr 2000.

Größter finanzieller Geber beim CSF und NSA ist bzw. war die Europäische Union, gefolgt von den USA. Dahinter kommt Deutschland als drittgrößter Geber, gefolgt von Frankreich. Diese Rangfolge ergibt sich in Summe der direkten Beiträge sowie aus den indirek-

Tabelle 4: Überblick über direkte und mittelbare Beteiligung Deutschlands an CSF und NSA

CSF und NSA	Deutscher Anteil aus Zusagen (Circa-Angaben)
Fondsbeiträge Deutschlands aus dem Haushalt des Bundesumweltministeriums im Rahmen der G7	160 Millionen Euro
Finanzanteil Deutschlands aus Zusagen der EU-Kommission	100 Millionen Euro
Shareholderanteil Deutschlands aus Zinsgewinnen und Zuschüssen der EBWE	90 Millionen Euro
Gesamtbeitrag Deutschlands	350 Millionen Euro
Quelle: Bundesumweltministerium	



„Kalter“ Test der Belademaschine für doppelwandige Behälter mit bestrahlten Brennelementen zur Einlagerung im Trockenlager ISF-2 im Januar 2018

ten Anteilen durch Beiträge zum EU-Haushalt und Anteilen an den projektgebundenen Zuschüssen der EBWE.

Zusammen mit seinen G7-Partnern und im Einvernehmen mit den übrigen Anteilseignern der EBWE trug Deutschland erheblich dazu bei, das Gelingen der Tschernobyl-Projekte finanziell abzusichern.

Neuer Fonds ICCA

Ende 2020 richtete die EBWE gemeinsam mit der Ukraine einen neuen Kooperationsfonds, den International Chernobyl Cooperation Account (ICCA), zur Unterstützung des Stilllegungs- und Entsorgungsprozesses sowie der Sicherheit am Standort Tschernobyl auf lange Sicht ein. Vorgesehen war in einem ersten Schritt eine Analyse aller bereits existierenden Strategien sowie darauf aufbauend die Entwicklung eines koordinierten, integrierten Stilllegungs- und Entsorgungsplans.

Zur finanziellen Unterstützung der Ukraine bei der Beseitigung der Folgen der kurzfristigen Besetzung des Standorts Tschernobyl Anfang 2022 durch russische Truppen wurde der ursprüngliche Fondszweck erweitert und beinhaltet nunmehr auch dringende Reparatur- und Wiederaufbaumaßnahmen.

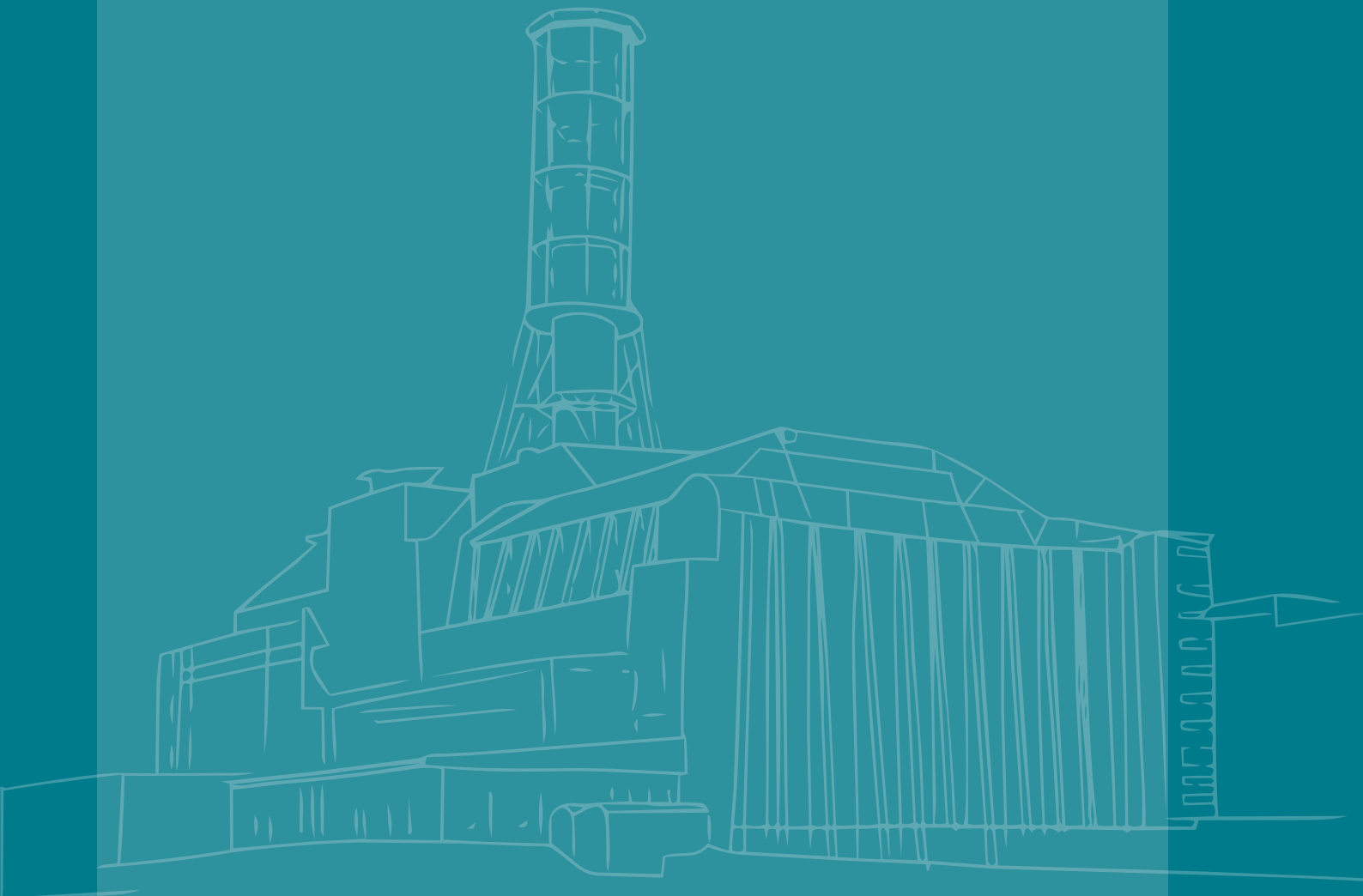
Erste Fondsmittel sind für die Ersatzbeschaffung zerstörter/geplündelter Brandschutzausrüstung und Einrichtung vorgesehen. Weitere Sofortmaßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit am Standort betreffen den Betrieb des NSC, den Rückbau der instabilen Teile sowie Modernisierungsmaßnahmen des Nasslagers für bestrahlte Brennelemente der Blöcke 1 bis 3 (ISF-1).

Deutschland ist dem Fonds 2022 beigetreten und beteiligt sich mit einem direkten Betrag von einer Million Euro. Maßnahmen im Zusammenhang mit der Reparatur des NSC (siehe Kapitel 8) können bei entsprechendem Mittelvolumen auch aus diesem Fonds finanziert werden.

7

Perspektiven

Wann sollen welche
Arbeiten abgeschlossen
sein und wie ist die
Perspektive am Standort?



Unfallreaktor, Sarkophag, New Safe Confinement (NSC)

Die Errichtung und Inbetriebnahme des NSC (New Safe Confinement; neuer sicherer Einschluss) war ein wichtiger Meilenstein zur Umsetzung des Shelter Implementation Plans (SIP; Aktionsplan zum Bau des neuen sicheren Einschlusses). Mit Abschluss dieses einmaligen Projekts ist die Verantwortung für den sicheren Betrieb des NSC und den Rückbau des zerstörten Blocks 4 auf die Ukraine übergegangen. Die nachstehende Tabelle

gibt einen zeitlichen Überblick zu den bereits durchgeführten und noch zu realisierenden Aufgaben. Die zeitweilige Besetzung des Kernkraftwerks (KKW) Tschernobyl durch die russische Armee und der mittlerweile mehr als vier Jahre andauernde russische Krieg gegen die Ukraine haben jedoch gravierende Auswirkungen auf die Zeitplanung, insbesondere in Bezug auf den Meilenstein 3. Ein Abbau oder eine weitere Stabilisierung der instabilen Teile des Sarkophags bis Ende 2023 konnte nicht realisiert werden. Der Termin wurde nunmehr um sechs Jahre in das Jahr 2029 verschoben.



Gelände um das Kraftwerk Tschernobyl

Tabelle 5: Überblick über durchgeführte und noch zu realisierende Aufgaben

Etappe	Meilensteine	Zeitraum
0	<p>Reduzierung der Auswirkungen des Unfalls: Errichtung des Sarkophags</p> <p>Mit rund sieben Monaten Bauzeit war die Errichtung des Sarkophags unter schwierigsten Bedingungen sowie massivem Zeitdruck eine organisatorische, wenn auch technisch nicht perfekte Meisterleistung.</p>	26. April 1986 bis 30. November 1986
1	<p>Meilenstein 1: SIP: Stabilisierung</p> <p>Die Folge war eine wesentlich geringere Standzeit, als man unter normalen Bedingungen hätte technisch erreichen können. Daher musste vor dem geplanten Bau des NSC eine Reihe von die Standzeit verbessernden Stabilisierungsmaßnahmen getroffen werden. Auch die bestmögliche provisorische Abdichtung (nicht zu 100 Prozent machbar) des Dachs war dringend erforderlich.</p>	2004 bis 2008
2	<p>Meilenstein 2: SIP: Bau des NSC</p> <p>Die Hauptmaßnahme des zweiten Projektabschnitts des SIP, die Errichtung des NSC, begann mit der Vorbereitung der Errichtungszone im Sommer 2010. Ab Mai 2015 standen die zusammengekoppelten Hälften der anfangs etwa 33.000 Tonnen schweren Stahlkonstruktion in Warteposition. Inneneinrichtung samt Rohrleitungen, Überwachungssystemen und dem Hauptkransystem wurden montiert. Bevor Ende November 2016 das „Schieben“ über den Sarkophag erfolgte, wurden die „End Walls“ und zugehörigen Versorgungsgebäude errichtet. Herausforderungen gab es bei den weiteren Arbeiten, insbesondere bei der Befestigung der Membranen zur Abdichtung des Belüftungsringraums, bei der Installation des Lüftungssystems und der Elektrik sowie bei den umfangreichen Abnahme- und Prüfaktivitäten. Nach Fertigstellung des NSC und Funktionstests erfolgte am 10. Juli 2019 die offizielle Übergabe für den Gewährleistungsbetrieb. Die endgültige Abnahme und die Erteilung der Dauerbetriebsgenehmigung erfolgte am 20. August 2021.</p>	2010 bis 2021
3	<p>Meilenstein 3: SIP: Abbau der instabilen Teile des Sarkophags</p> <p>Zur Fertigstellung des NSC gehört ebenfalls als ein Hauptziel der Abbau der instabilen Teile des Sarkophags. Diese Arbeiten werden als Grundvoraussetzung für die Gewährleistung der zugesicherten Eigenschaft einer Standzeit des NSC von 100 Jahren betrachtet. Weniger kritische Vorarbeiten wie das Abtragen eines Teils des Metaldachs des Maschinenhauses erfolgten bereits in der Vergangenheit. Der Abbau war bis zum Ende des Jahres 2023 nicht erfolgt. Für die Frage der Stabilität der alten Strukturen soll bis 2025 eine neue Bewertung und die Festlegung weiterer Maßnahmen erfolgen bis zum Abschluss der dann geplanten Arbeiten im Jahr 2029. Welche Auswirkungen die durch den Drohneneinschlag vom 14. Februar 2025 verursachten Beschädigungen des NSC auf die Arbeiten und den Terminplan haben, wird zurzeit untersucht.</p>	Mitte 2019 bis 2029
4	<p>Meilenstein 4: Bergung der kernbrennstoffhaltigen Materialien, Endlagerung und Rückbau des Sarkophags</p> <p>Mit der Entwicklung grundsätzlicher Konzepte wurde begonnen. Darüber hinaus gibt es Analysen zum zukünftigen Verhalten der kernbrennstoffhaltigen Materialien und der damit verbundenen radiologischen Auswirkungen innerhalb und außerhalb des neuen sicheren Einschlusses.</p>	Bis 2117

Quelle: Bundesumweltministerium

Entsorgung bestrahlter Brennelemente

Eine wichtige Aufgabe im Zusammenhang mit der Stilllegung und dem Rückbau des KKW Tschernobyl ist die Entsorgung der aus dem Betrieb des KKW Tschernobyl angefallenen bestrahlten Brennelemente, die sich derzeit noch zu einem großen Teil im Nasslager „Interim Spent Fuel Storage Facility“ (ISF-1) am Standort befinden.

Die Planung sieht eine trockene Zwischenlagerung der Brennelemente in Lagerbehältern in der Nähe des KKW Tschernobyl für einen Zeitraum von bis zu 100 Jahren vor. Für die Umladung in das im Wesentlichen durch die G7 finanzierte neue Langzeit-Zwischenlager (Interim Storage Facility – ISF-2) ist ein längerer Zeitraum erforderlich. Bis dahin wird auch das am Standort bereits bestehende Nasslager ISF-1 für bestrahlte Brennelemente als Interimslager genutzt.

Tabelle 6: Zwischenlagerung von Brennelementen

Name	Anlage/ Bemerkung	Zweckbestimmung
ISF-1	Interim Spent Fuel Storage Facility	<p>Das ISF-1 wurde zwischen 1983 und 1986 als eigenständiges Nasslager für bestrahlte RBMK-Brennelemente aus den Reaktoren des KKW Tschernobyl errichtet und im September 1986 in Betrieb genommen. Die geplante Betriebszeit betrug 30 Jahre. Mittlerweile wurde die Betriebs-erlaubnis unter Auflage regelmäßiger Sicherheitsüberprüfungen bis 2026 verlängert. Gemäß dem Technischen Bericht „Inspection and Certification of the Building of the ChNPP Spent Nuclear Fuel Storage Facility (ISF-1) 110-20/20-01-OTS“ beträgt die mögliche Lebensdauer des ISF-1-Gebäudes nicht weniger als 15 Jahre, beginnend ab 2020.</p> <p>Insgesamt stehen fünf Lagerbecken mit einer projektierten Gesamtkapazität von 21.900 Brennelemente-Lagerpositionen zur Verfügung. Für die mehr als 21.000 am Standort Tschernobyl vorhandenen Brennelemente, einschließlich defekter und sogenannter Sonderbrennelemente, wurden in diesem Lager Lagerpositionen benötigt. Die Nutzung des ISF-1 war die Voraussetzung für die Umladung aller Brennelemente aus den stillgelegten Blöcken 1 bis 3 des KKW Tschernobyl. Dazu war es im ISF-1 nötig, ein fünftes Lagerbecken zu nutzen, das projektgemäß zur Nutzung als Reservebecken vorgesehen war. (Zum aktuellen Stand der im ISF-1 eingelagerten Brennelemente siehe auch die Informationen zum ISF-2 weiter unten.)</p>
ISF-2	Ziel	<p>Das neue Langzeit-Zwischenlager, die „Interim Spent Fuel Storage Facility“ (ISF-2) für eine trockene Lagerung der Brennelemente, soll das bisherige Nasslager ISF-1 so bald wie möglich vollständig ersetzen. Die mehr als 21.000 Brennelemente müssen von ISF-1 nach ISF-2 umgeladen werden, da eine Betriebsdauerverlängerung des ISF-1 nur begrenzt möglich ist. Die geplante Betriebszeit des ISF-2 beträgt 100 Jahre.</p>



Lagerplatz für Container

(Fortsetzung der Tabelle auf Seite 36)

Tabelle 6: Zwischenlagerung von Brennelementen (Fortsetzung)

Name	Anlage/ Bemerkung	Zweckbestimmung
	Zeitplan	<p>Herausforderungen bei der Auslegung bzw. Funktionstüchtigkeit von Komponenten der Innenausstattung und -ausrüstung verzögerten die Fertigstellung des Prozessgebäudes bis Mai 2019. Vom 10. Mai 2019 bis in den Herbst 2019 führte die Errichterfirma HOLTEC mit Erfolg die kalten Tests einschließlich Transport und Einlagerung von Brennelement-Dummys durch. Am 14. Januar 2020 konnte die Anlage von HOLTEC an das KKW Tschernobyl zur Aufnahme des heißen Probetriebs übergeben werden. Dazu sollen erstmals 186 bestrahlte Brennelemente aus dem Nasslager überführt werden. Am 28. Januar 2020 erhielt das KKW Tschernobyl das dazu notwendige Zertifikat von der ukrainischen Bau- und Konstruktionsinspektion SACI, das bestätigt, dass die Anlage bautechnisch vollständig und funktionsfähig ist.</p> <p>Am 14. Dezember 2020 wurde die aktive Phase des heißen Probetriebs abgeschlossen, in der die oben genannten 186 bestrahlten Brennelemente in das ISF-2 transportiert und dort verarbeitet wurden. In Anwesenheit von Inspektoren der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) wurde der zweite doppelwandige Kanister, der mit bestrahlten Brennelementen beladen war, zur Langzeitlagerung in das Betonspeichermodul am Standort ISF-2 geladen. Nach Abschluss der Transfer-, Verarbeitungs- und Ladevorgänge versiegelten die IAEO-Inspektoren die beladene Zelle.</p> <p>Die Genehmigung für den ISF-2-Betrieb wurde nach Überprüfung und Genehmigung des Sicherheitsberichts, der auf der Grundlage der Ergebnisse des „heißen Tests“ erstellt wurde, von der staatlichen Aufsichtsbehörde SNRIU der Ukraine am 22. April 2021 ausgestellt.</p> <p>Der Umladeprozess der Brennelemente vom ISF-1 in das ISF-2 wird nach der Erteilung der Dauerbetriebsgenehmigung der Anlage mehr als sieben Jahre dauern. Die Transporte abgebrannter Brennelemente wurden bis zum Einmarsch der russischen Truppen planmäßig durchgeführt. Im Jahr 2022 wurden 198 abgebrannte Brennelemente vom ISF-1 in das ISF-2 transportiert. Während der Besetzung wurden die Anlagen von ISF-1 und -2 nicht beschädigt.</p> <p>Der Transport abgebrannter Brennelemente von ISF-1 nach ISF-2 wurde nach Informationen der Verwaltung der Sperrzone im Jahr 2023 wieder aufgenommen. Insgesamt wurden mit Stand Anfang 2025 3.400 abgebrannte Brennelemente von ISF-1 nach ISF-2 transportiert, was etwa 16 Prozent der Gesamtmenge der am Standort Tschernobyl kumulierten abgebrannten Brennelemente entspricht.</p>



Quelle: Bundesumweltministerium

Entsorgung radioaktiver Abfälle im Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen 1986

Nach dem Unfall am 26. April 1986 blieb sehr wenig Zeit, um ein angemessenes Entsorgungskonzept auszuarbeiten und entsprechend ausgelegte Anlagen zur

Zwischen- und Endlagerung zu errichten. Im Rahmen von Sofortmaßnahmen zur Eindämmung der Unfallfolgen musste vor allem der nähere Bereich um den zerstörten Block 4 so schnell wie möglich dekontaminiert werden, da ein Weiterbetrieb der verbliebenen drei Reaktoren ermöglicht werden sollte. Hierzu schuf man, außer weiteren temporären Lagern, drei Oberflächenlager mit ausreichenden Kapazitäten.

Tabelle 7: Anlagen zur Lagerung radioaktiver Stoffe

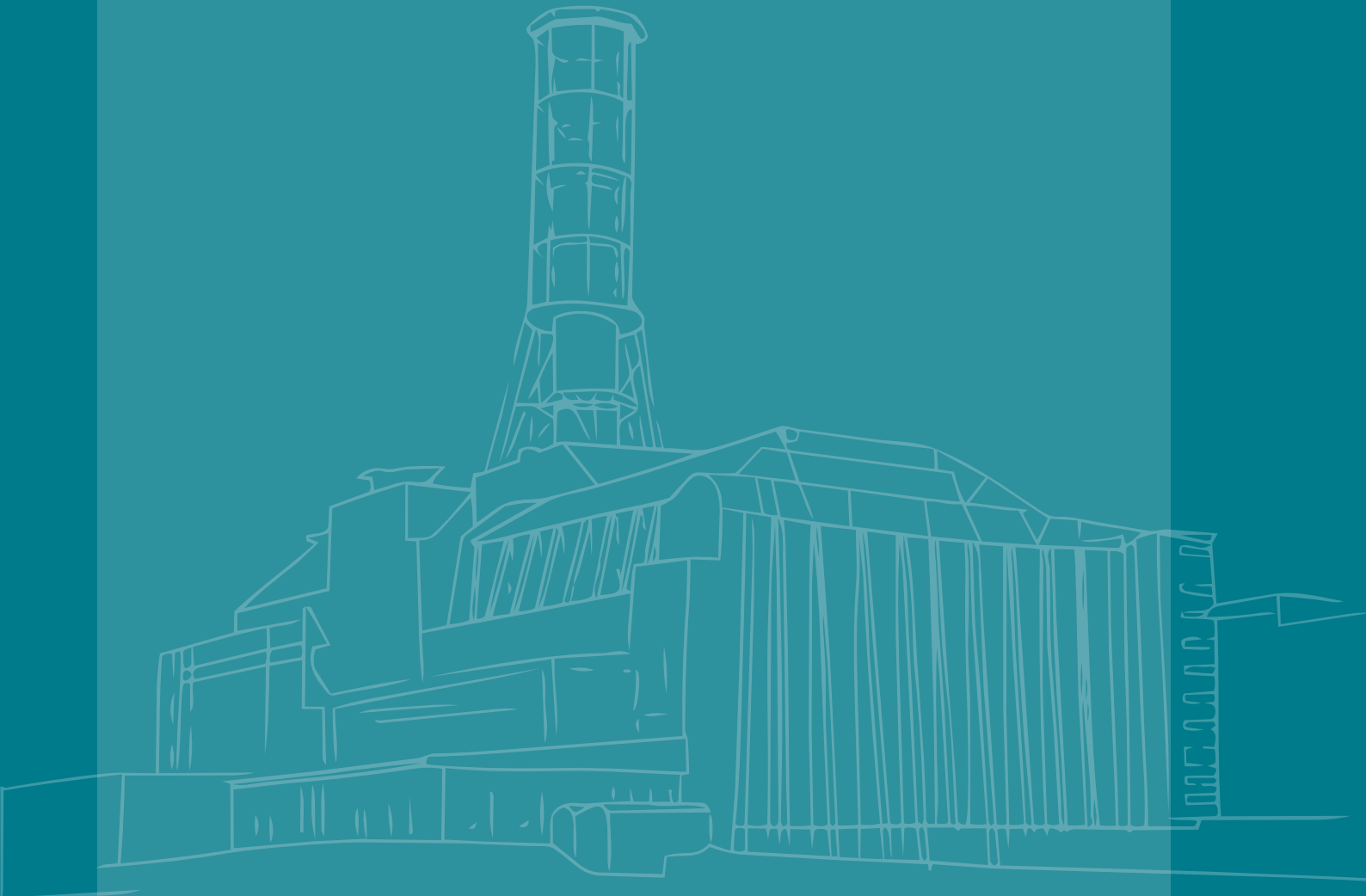
Name	Zweckbestimmung/Beschreibungen
Buriakivka (Buryakovka)	<p>Das Endlager besteht aus 31 Parzellen (Trench) mit einer Kapazität von je etwa 15.000 bis 23.000 Kubikmetern, die mit einer Versiegelung gegenüber dem Grundwasser versehen oder zu versehen sind. Hier werden Abfälle mit einer Dosisleistung von bis zu 10 Millisievert pro Jahr (zum Teil auch von bis zu 50 Millisievert) gelagert. Die ursprüngliche Gesamtkapazität von 30 Parzellen betrug 690.000 Kubikmeter, die mit der Parzelle 21A um 17.500 Kubikmeter erweitert wurde.</p> <p>Eingelagert wurden hier auch die im Zusammenhang mit der Errichtung des NSC geborgenen radioaktiven Abfälle aus der Unfallzeit sowie Abfälle aus den Reparaturarbeiten nach dem Teileinsturz des Maschinenhausdachs von Block 4.</p>
Pidlisnyi	<p>Zum Teil hoch radioaktive ausgeworfene Anlagenteile und Materialien aus Block 4 und Umgebung wurden im Rahmen der Sofortmaßnahmen in das Lager „Pidlisnyi“ transportiert.</p> <p>Bei einer Kapazität von 50.000 Kubikmetern für acht Module wurden bis Ende 1989 zwei Module teilweise gefüllt. Gelagert wurden 12.000 Kubikmeter zum Teil kernbrennstoffhaltige radioaktive Abfälle mit einer Oberflächendosisleistung von 0,5 bis 2,5 Sievert pro Stunde.</p>
Kompleksnyi	<p>Der Boden um Block 4 wurde in einer Schicht von etwa 5 bis 10 Zentimetern abgetragen und in Containern oder unverpackt, insgesamt etwa 26.200 Kubikmeter, in das Lager „Kompleksnyi“ (befindet sich in der dritten Ausbaustufe des KKW Tschernobyl) verbracht.</p>
Spontane und temporäre Lagerung	<p>Außer den genannten drei Anlagen wurden innerhalb der Sperrzone rund 800 Flächen zu Lagerstätten für die spontane und temporäre Lagerung von radioaktiven Abfällen deklariert. Hierzu gehören auch etliche komplette ehemalige Ortschaften wie zum Beispiel Tschistogalowka, die evakuiert und seither für unbewohnbar erklärt wurden. Zur Überwachung des Grundwassers wurden im Sperrgebiet 235 Beobachtungsbrunnen gebohrt.</p>

Quelle: Bundesumweltministerium

8

Kriegsauswirkungen

Folgen des Kriegs in der Ukraine für das Kernkraftwerk Tschernobyl und die Sperrzone



Im russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine war das Territorium des Kernkraftwerks (KKW) Tschernobyl und der Sperrzone vom ersten Tag des Krieges, dem 24. Februar 2022, bis zum 31. März 2022 von russischen Truppen besetzt. Das betraf zum Beispiel auch die in Stilllegung und Abbau befindlichen Blöcke 1 bis 3 des KKW Tschernobyl, den zerstörten Block 4 (NSC/Sarkophag), das Nasslager für bestrahlte Brennelemente (ISF-1), das Trockenlager für bestrahlte Brennelemente (ISF-2) und alle Anlagen zur Lagerung und Behandlung radioaktiver Abfälle am Standort. Für die in Belarus zum damaligen Zeitpunkt stationierten russischen Truppen befand sich der Kraftwerksstandort auf dem kürzesten Weg zur ukrainischen Hauptstadt Kyjiw.

Am Morgen des 31. März 2022 teilte das russische Militär mit, dass es das KKW Tschernobyl verlassen würde. Am 2. April 2022 gelangte auch die Stadt Slawutytsch, in der die meisten Mitarbeiter des Kraftwerks leben, zurück unter ukrainische Kontrolle. Auf dem Rückzug aus Tschernobyl sprengten russische Truppen eine Brücke der Straßenverbindung zwischen dem KKW und der Stadt Slawutytsch. Auf direktem Weg über belarussisches Gebiet ist das Kernkraftwerk nicht mehr zu erreichen. Ebenso kann die Eisenbahnverbindung zwischen dem KKW und der Stadt Slawutytsch nicht mehr genutzt werden.

Schäden am NSC und in den Anlagen zur Lagerung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle im Ergebnis der Kampfhandlungen während der russischen Besetzungszeit sind nicht bekannt geworden.

Bei der Einnahme des Kraftwerks und des Standorts kam es zu keinem Schusswechsel. Die Wachmannschaft wollte offensichtlich eine Beschädigung der kerntechnischen Objekte und eine Gefährdung der nuklearen Sicherheit vermeiden. Es kam jedoch zu einer Beschädigung der Stromanbindung des Kraftwerks. Dies beeinträchtigte zeitweilig auch die Kühlsysteme des Nasslagers für bestrahlte Brennelemente (ISF-1). Die Kühlung konnte durch Notstrom-Diesgeneratoren sichergestellt werden. Da die Restwärme der vorhandenen Brennelemente relativ gering ist, bestand keine Sicherheitsgefährdung. Die radiologische Überwachung der Sperrzone fiel teilweise aus.

Während der Zeit der russischen Besetzung kam es zu Fällen von Diebstahl und Zerstörung. Davon waren in beträchtlichem Maße Überwachungsanlagen und

wissenschaftliche Einrichtungen betroffen. So wurden Computer, Messeinrichtungen, radioaktive Quellen und Proben entwendet. Der dabei entstandene materielle und ideelle Schaden ist erheblich. Auch ein Großteil der spezialisierten Brandbekämpfungs- und Forstmaschinen der Verwaltung der Sperrzone wurde während der Besetzung zerstört oder geplündert.

Das KKW Tschernobyl und die Anlagen in der Sperrzone wurden in der Besetzungszeit weiterhin durch ukrainisches Personal bedient. Während der russischen Besetzung war eine Ablösung der Betriebsmannschaft für den größten Teil der Zeit ausgeschlossen. Auch nach dem Abzug des russischen Militärs blieb die Situation für das Personal angespannt. Die Situation belastet die körperliche und geistige Gesundheit des Betriebspersonals. Der Schichtwechsel ist nach wie vor schwierig, da die ursprüngliche kurze Route über Belarus nicht mehr zur Verfügung steht.

Infolge der Bewegung schwerer Militärtechnik gab es in der Sperrzone Aufwirbelungen oder Verschleppungen radioaktiven Oberflächenmaterials (Staub). Einige während der Besetzung noch funktionierende Sonden zur radiologischen Überwachung zeigten in dieser Zeit erhöhte Messwerte an. Inwieweit das Personal des Kraftwerks und der Betriebe der Sperrzone dadurch beeinträchtigt wurden, ist nicht bekannt. Eine Gefahr für die Bevölkerung in Deutschland bestand nicht.

Russische Militärangehörige haben sich während der Besetzung im sogenannten Roten Wald, einem Bereich mit einer hohen Kontamination, eingegraben. Über mögliche gesundheitliche Folgen des russischen Militärs ist nichts Belastbares bekannt geworden. Direkte Auswirkungen auf die Bevölkerung durch zusätzlich aus der Sperrzone herausgetragene radioaktive Stoffe während der Offensive der russischen Truppen wurden von den ukrainischen Experten als vernachlässigbar eingeschätzt. Ebenfalls als sehr gering eingeschätzte radiologische Auswirkungen wurden für die Bevölkerung in den an die Sperrzone angrenzenden Gebieten durch Brände, die infolge von Kampfhandlungen in den kontaminierten Gebieten entstanden sind, verursacht.

In welchem Umfang die Sperrzone nach der Besetzung mit Kampfmitteln belastet ist oder vermint wurde, lässt sich nur im Rahmen gründlicher Untersuchungen feststellen.

Am 26. April 2022 beschloss die staatliche atomrechtliche Behörde der Ukraine SNRIU, eine Reihe von Genehmigungen für das KKW Tschernobyl auszusetzen, wodurch die Arbeiten zur Stilllegung der Kraftwerksblöcke 1 bis 3, die Tätigkeiten in den Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und weitere Tätigkeiten faktisch eingestellt waren. Dieser Schritt war notwendig, da mögliche Auswirkungen der russischen Besetzung auf die Genehmigungsbedingungen zunächst unklar waren. Es wurde daraufhin ein umfangreiches Inspektionsprogramm erstellt.

Als Objekte zur Inspektion wurden festgelegt:

- die Blöcke 1 bis 3 des KKW Tschernobyl
- die Anlage zur Behandlung flüssiger radioaktiver Abfälle (LRTP)
- die Anlage zur Behandlung fester radioaktiver Abfälle (ICSRM)
- das Lager für hoch radioaktive und langlebige radioaktive Abfälle
- das System des NSC mit dem eingeschlossenen Sarkophag
- weitere Systeme und Einrichtungen

Dazu wurde durch das KKW Tschernobyl eine entsprechend strukturierte Dokumentation der Inspektionsergebnisse erstellt. Diese umfasst eine Sicherheitsbewertung in Protokollen und Berichten, um fundierte Entscheidungen über die Beseitigung festgestellter Sicherheitsmängel treffen zu können. Dazu gehörte auch die Bestimmung von Korrekturmaßnahmen auf der Grundlage der Inspektionsergebnisse und die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Behebung von Sicherheitsmängeln.



Nach Durchführung der Inspektionen und Erstellung und Prüfung der erstellten Dokumentationen durch SNRIU wurden die ausgesetzten Genehmigungen im August 2022 wieder in Kraft gesetzt.

Infolge der russischen Besetzung des Standorts des KKW Tschernobyl kam es zu zusätzlichen Auswirkungen auf die Zeitplanung der Aktivitäten am Standort. So konnte die in den Genehmigungsbedingungen festgelegte Frist für den geplanten Rückbau instabiler Strukturen des Sarkophags unterhalb des NSC bis zum 31. Oktober 2023 nicht eingehalten werden. Ebenso kam es zu Verzögerungen bei der Umladung bestrahlter Brennelemente der KKW-Blöcke 1 bis 3 aus dem bestehenden Nasslager (ISF-1) in das neu errichtete Trockenlager (ISF-2).

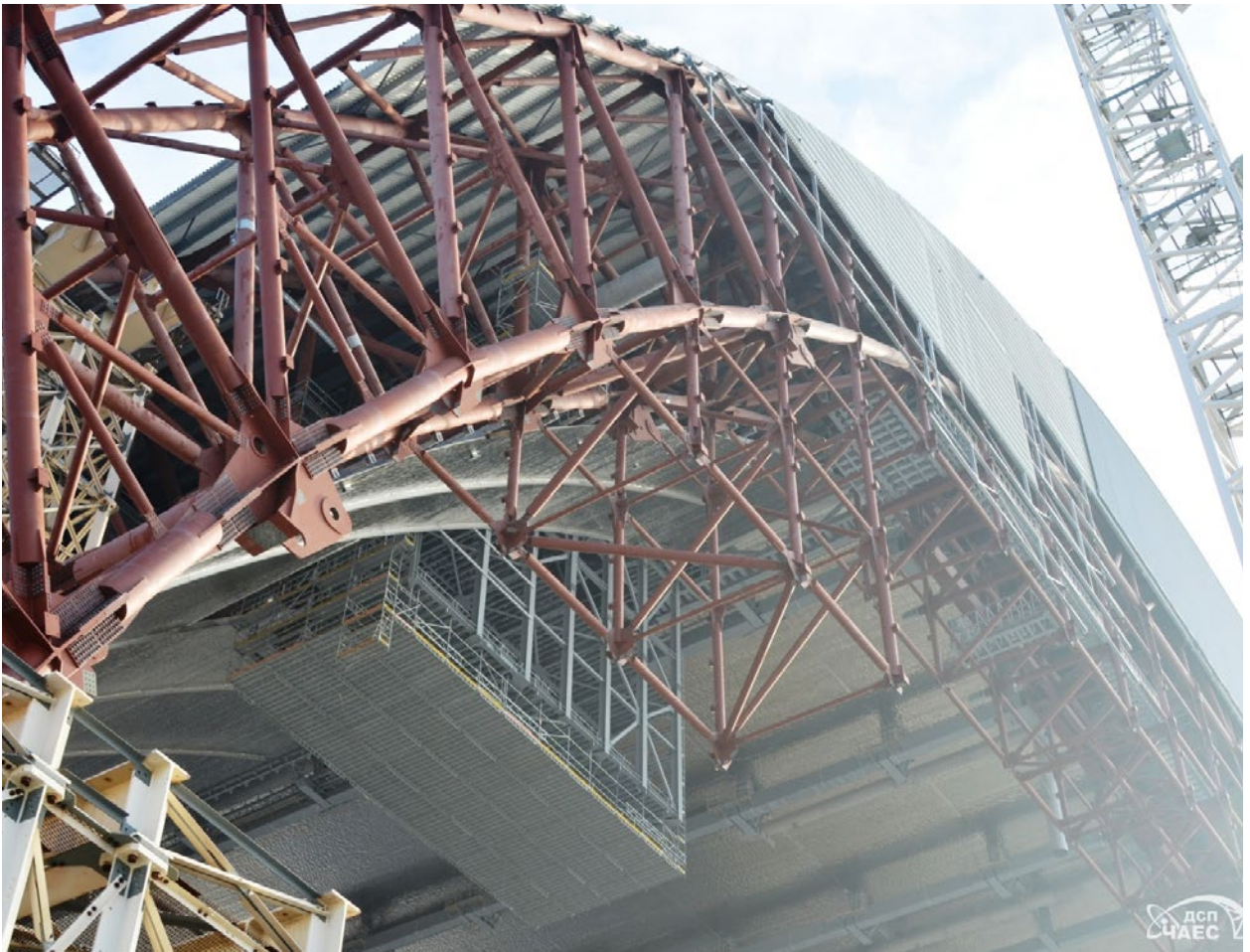
Zur Beseitigung der Folgen der vorübergehenden russischen Besetzung hat die Ukraine die internationale Gemeinschaft um unmittelbare Unterstützung durch Bereitstellung dringend benötigter Ausstattung und Ausrüstung gebeten. Im Rahmen internationaler (bi- wie auch multilateraler) Unterstützungsinitiativen konnten Fahrzeugtechnik, Laborausstattung, Transporttechnik (Container für radioaktive Materialien), Messtechnik für das Monitoring und weitere wichtige Ausrüstungen bereitgestellt werden.

Seit Januar 2023 befindet sich permanent ein Team von Experten der IAEO am Standort und verfolgt und dokumentiert die Auswirkungen des Krieges. Eine weitere Aufgabe ist die Organisation technischer Hilfe.

Im Jahr 2024 wurden zunehmend Drohnenflüge über der Sperrzone registriert. In der Nacht zum 14. Februar 2025 wurde das NSC von einer Drohne getroffen. Die Drohne drang auf der nördlichen Seite in einer Höhe von etwa 87 Metern in das NSC ein.

Es entstand ein Brand an der Verkleidung der äußeren und inneren Hülle auf einer Fläche von 15 Quadratmetern. Der Brand konnte zunächst gelöscht werden, Brandbekämpfungsmaßnahmen mussten jedoch aufgrund wiederholt auftretender Schwelbrände wieder aufgenommen werden. Es gab keine Opfer infolge des Drohneneinschlags. Auch wurde keine Erhöhung der Radioaktivitätsmesswerte festgestellt.

Einschlagstelle der Drohne in das NSC



Die Wartungswerkstatt während der Montagephase

Der Sarkophag unter dem NSC wurde nicht beschädigt.

Die bisher bekannten Schäden am NSC stellen sich wie folgt dar:

- Beschädigungen der äußeren Verkleidung
- durchgehende Zerstörungen von äußerer und innerer Verkleidung auf einer Fläche von bis zu 15 Quadratmetern
- lokale Schäden ohne durchgehende Zerstörung
- Beschädigungen der Isolier-/Dämmschichten sowie von Bolzenverbindungen
- Beschädigungen an den Strukturen der unter dem Dach montierten Wartungswerkstatt (Garage) des Hauptkransystems
- Schäden an der NSC-Sicherheitsmembran in den südlichen, südwestlichen und südöstlichen Zonen

Während der Bekämpfung des Schwelbrandes wurden zahlreiche Löcher in die äußere Abdeckung des NSC geschnitten. Die darunter liegende Dämmung wurde befeuchtet. Leerräume wurden mit feuerfesten Materialien verfüllt. Als eine der ersten provisorischen Maßnahmen wurden die dabei entstandenen Öffnungen an der Außenseite des NSC abgedeckt, um ein weiteres Eindringen von Niederschlägen in das NSC zu verhindern. Diese Arbeiten wurden im Oktober 2025 abgeschlossen.

Die Schäden am NSC und die sich daraus ergebenden Reparaturoptionen werden analysiert. Auch hängen die weiteren geplanten Arbeiten am Sarkophag, wie zum Beispiel die Demontage der instabilen Teile, von der Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des NSC ab.

Abkürzungsverzeichnis

BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
ChNPP	Chernobyl Nuclear Power Plant (Kernkraftwerk Tschernobyl)
CS-1	Commissioning Stage No. 1 (Inbetriebssetzungsstufe 1)
Cs-137	Cäsium-137
CSF	Chernobyl Shelter Fund (Fonds für die Errichtung des neuen sicheren Einschlusses in Tschernobyl)
EBWE	Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung
EU	Europäische Union
IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation (International Atomic Energy Agency)
ICCA	International Chernobyl Cooperation Account (Internationaler Kooperationsfonds für Tschernobyl)
ICSRM	Industrial Complex for Solid Radioactive Waste Management (Verarbeitungsanlage für feste radioaktive Abfälle)
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem (Routinemessprogramm zur Überwachung der Umweltradioaktivität)
ISF-1	Interim Storage Facility 1 (Zwischenlager 1)
ISF-2	Interim Storage Facility 2 (Zwischenlager 2)
kBq	Kilobecquerel
KKW	Kernkraftwerk
km	Kilometer
L RTP	Liquid Radioactive Waste Treatment Plant (Verarbeitungsanlage für flüssige radioaktive Abfälle)
m	Meter
m ²	Quadratmeter
MoU	Memorandum of Understanding (Absichtserklärung)
µS/h	Mikrosievert pro Stunde
NaI(Tl)	Natriumiodid-Szintillationsdetektor
NSA	Nuclear Safety Account (Fonds für unterschiedliche Maßnahmen zur nuklearen Sicherheit in Ländern Osteuropas)
NSC	New Safe Confinement (neuer sicherer Einschluss)
ODL	Ortsdosisleistung
Pu-239	Plutonium-239
RBMK	Reaktor Bolschoi Moschtschnosti Kanalnyi (Hochleistungs-Druckröhrenreaktor)
s	Sekunde
SACI	Ukrainische Bau- und Konstruktionsinspektion
SIP	Shelter Implementation Plan (Aktionsplan zum Bau des neuen sicheren Einschlusses)
SNRIU	Atomrechtliche Regulierungsbehörde der Ukraine
Sr-90	Strontium-90
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Wissenschaftlicher Ausschuss der Vereinten Nationen zur Untersuchung der Auswirkungen atomarer Strahlung)
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)

