Anlage C-01

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Strahlenschutz bei der Stilllegung der Schachtanlage Asse II

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 283. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 15. September 2016

Inhalt

Präambel 3
1 Zusammenfassung (Executive Summary) 3
2 Einleitung 6
3 Sachstand 7
4 Bewertung und Empfehlungen 9
4.1 Die radiologischen Folgen eines unbeherrschbaren Lösungszutritts 9
4.2 Optionen der Stilllegung 11
4.3 Strahlenschutzgrundlagen 14
4.3.1 Strahlenschutzgrundsätze (national und international) 14
4.3.2 Rechtliche Grundlagen 16
4.3.3 Die Lex Asse 17
4.3.4 Grundsätzliche Anforderungen an die Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze 20
4.3.5 Begrenzung der Strahlenexposition 20
4.3.6 Optimierung 22
4.4 Faktenerhebung 25
4.5 Ermittlung der Strahlenexposition 26
4.6 Radiologische Anforderungen an die Langzeitsicherheit 26
4.7 Konsequenzenanalysen und Langzeitsicherheitsnachweis 27
4.8 Daten und Informationen 29
4.9 Notfallschutz 30
4.10 Transparenz und Öffentlichkeit 31
Literatur 32

Präambel

Seit der Neubewertung der Schachtanlage Asse II im Jahr 2008 befasst sich die Strahlenschutzkommission (SSK) mit strahlenschutzfachlichen Fragen, die im Zusammenhang mit der Stilllegung der Schachtanlage zu beantworten sind. Als Beratungsgremium des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) ist es eine der satzungsgemäßen Aufgaben der Kommission, dazu beizutragen, dass auch bei der Stilllegung der Schachtanlage Asse II die Grundsätze des Strahlenschutzes beachtet werden können und auch beachtet werden, damit die Schutzziele erreicht werden können.

Die historische Aufarbeitung der Einlagerung radioaktiver Abfälle in die Schachtanlage Asse II führte in der öffentlichen Diskussion wiederholt zu Vorwürfen, dass Wissenschaftler ihrer gesellschaftlichen Verantwortung nicht in ausreichendem Maße nachgekommen wären und sie nicht rechtzeitig auf Entwicklungen aufmerksam gemacht hätten, die im Rückblick als fehlerhaft anzusehen sind. Die SSK sieht es umso mehr als ihre Pflicht an, darauf hinzuwirken, dass die Grundsätze des Strahlenschutzes Rechtfertigung, Optimierung und Begrenzung der Strahlenexposition auch bei den bestehenden schwierigen Bedingungen in der Schachtanlage Asse II berücksichtigt werden. Das Ziel des Schutzes des Menschen und der Umwelt vor den Einwirkungen ionisierender Strahlen ist nach Ansicht der SSK in einem derart komplexen Vorhaben wie der Stilllegung der Schachtanlage Asse II nur auf der Basis eines offenen und fachbezogenen Austausches aller Aspekte umsetzbar.

1 Zusammenfassung (Executive Summary)

In die Schachtanlage Asse II wurden in den Jahren 1967 bis 1978 insgesamt 124 494 Gebinde mit schwach radioaktiven Abfällen und 1 239 Gebinde mit mittelradioaktiven Abfällen mit einem deklarierten Inventar von 7,8 PBq eingelagert. Die Bundesregierung hat im Jahr 2008 entschieden, die Schachtanlage nach Atomrecht stillzulegen. Sie hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) als Betreiber eingesetzt und mit der Stilllegung der Schachtanlage beauftragt. Zur Ermittlung der bestmöglichen Stilllegungsoption hat das BfS einen Optionenvergleich (BfS 2010a) durchgeführt. Der Optionenvergleich kommt zu dem Ergebnis, dass die Verwahrung der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II gegenüber einer Rückholung der radioaktiven Abfälle in 4 von 5 Beurteilungsfeldern (Sicherheit in der Betriebsphase, Umweltauswirkungen bei unbeherrschbarem Lösungszutritt, Machbarkeit und Zeitbedarf) von Vorteil ist. Da jedoch nach Auffassung des BfS nur für die Option „Rückholung“ einschließlich der Verbringung der radioaktiven Abfälle in ein geeignetes Endlager die begründete Erwartung bestand, dass ein Langzeitsicherheitsnachweis geführt werden kann, während dessen Führbarkeit für die Option „Vollverfüllung“ als unsicher eingeschätzt wurde, wurde die vollständige Rückholung als beste Stilllegungsoption angegeben. Für die Option „Umlagerung“ ergab sich im Vergleich der betrachteten drei Optionen der Rang drei, insbesondere wurde ein Risiko der rechtlichen Umsetzbarkeit gesehen. Die Ergebnisse der im Rahmen des Optionenvergleichs durchgeführten Sensitivitätsanalyse zeigten, dass auch für die Option „Rückholung“ bedeutsame, die Realisierbarkeit beeinflussende Unsicherheiten bzgl. des Zustands der radioaktiven Abfälle und der eingelagerten Inventare bestehen. Mit einer Faktenerhebung sollten daher umfassende Möglichkeiten zur systematischen Beurteilung der bestehenden Unsicherheiten geschaffen werden.

Im Jahr 2013 wurde das Atomgesetz (AtG 1985) dahingehend geändert, dass (u. a.) die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II festgeschrieben wurde (Lex Asse). In der abschließenden Bundestagsdebatte (Deutscher Bundestag 2013) wurde dies mit den Ergebnissen des Optionenvergleichs und der Erwartung, dass eine ausreichende

Langzeitsicherheit bei Verbleib der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage nicht nachweisbar sei, begründet. Gemäß AtG ist die Rückholung abzubrechen, wenn deren Durchführung für die Bevölkerung und die Beschäftigten aus radiologischen oder sonstigen sicherheitsrelevanten Gründen nicht vertretbar ist. Mit der Lex Asse sollte außerdem eine Beschleunigung der Rückholung der Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage erreicht werden durch einen Verzicht auf ein Planfeststellungsverfahren für die Rückholung und durch Vereinfachung der Genehmigungsverfahren. Dazu gehört u. a., dass die Genehmigungsbehörde abweichend von § 117 Abs. 16 i. V. m. § 50 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001) den Störfallplanungswert[1] im Einzelfall festlegen kann, also auch auf einen Wert oberhalb des in der StrlSchV festgelegten Planungswertes von 50 mSv für die effektive Dosis.

Als Gründe für die Beschleunigung wurden im Gesetzgebungsverfahren der sich stetig verschlechternde Gebirgszustand der Schachtanlage Asse II und die Gefährdung der Bevölkerung durch einen unbeherrschbaren Lösungszutritt genannt.

Gemeinsam mit der Entsorgungskommission (ESK) hat die SSK seit 2008 bereits mehrfach Fragen der Stilllegung der Schachtanlage Asse II bearbeitet. Im Rahmen der vorliegenden Empfehlung befasst sich die SSK mit den Aspekten des Strahlenschutzes bei der Stilllegung, bewertet den aktuellen Sachstand hinsichtlich der Strahlenschutzaspekte und gibt Empfehlungen, die im Wesentlichen darauf abzielen, den Schutz von Mensch und Umwelt zu stärken und dabei besonders die Umsetzung der national und international geltenden Strahlenschutzgrundsätze zu unterstützen.

Die SSK respektiert die Entscheidung des Gesetzgebers, die Abfälle so schnell wie möglich aus der Schachtanlage Asse II zurückzuholen. Allerdings ist es die satzungsgemäße Pflicht der Kommission, die damit verbundenen Strahlenschutzaspekte objektiv und vor allem unabhängig von den direkt mit der Stilllegung der Schachtanlage beauftragten Institutionen zu bewerten und auf ggf. mögliche oder notwendige Verbesserungsmaßnahmen hinzuweisen.

Mit dieser Empfehlung unterstreicht die SSK die Bedeutung der im nationalen und internationalen Regelwerk verankerten Strahlenschutzgrundsätze Rechtfertigung, Optimierung und Begrenzung der Strahlenexposition. Diese Grundsätze müssen nach Auffassung der SSK auch uneingeschränkt für die Stilllegung der Schachtanlage Asse II gelten. Sie empfiehlt daher, dafür zu sorgen, dass diese Grundsätze bei allen künftigen Maßnahmen und Entscheidungen angemessen beachtet werden können. Die SSK bedauert, dass die Anwendung der Grundsätze der Rechtfertigung und der Optimierung in Hinblick auf einen möglichen Abbruch der Rückholung im Gesetzgebungsverfahren zur Änderung des Atomgesetzes im Jahr 2013 (Lex Asse 2013) ausdrücklich ausgeschlossen worden ist. Damit werden die Grundsätze des Strahlenschutzes als Ganzes erheblich eingeschränkt. Zwar wäre die Optimierung innerhalb des Prozesses der Rückholung im Sinne des praktischen Strahlenschutzes natürlich weiterhin möglich, sie wird aber insgesamt schnell an Grenzen stoßen, da die Lex Asse weder einen Abbruch des Prozesses der vollständigen Rückholung noch eine Anpassung des Stilllegungsverfahrens an neue Erkenntnisse oder geänderte Randbedingungen erlauben würde, wenn dadurch das Ziel der vollständigen Rückholung tangiert würde. Die Optimierung im Sinne der Strahlenschutzgrundsätze wäre unter diesen Bedingungen gar nicht möglich. Gerade für die Stilllegung der Schachtanlage Asse II ist wegen der bestehenden Kenntnisdefizite die Optimierung besonders wichtig, da nur so die Schutzziele im Rahmen eines iterativen Prozesses

[1] Der Störfallplanungswert beschreibt die Obergrenze der Dosis, die durch Störfälle in der Schachtanlage bzw. durch Störfälle während der geplanten Tätigkeit (hier Rückholung) nicht überschritten werden soll. Mit einer Störfallanalyse ist zu zeigen, dass die durch die zu betrachtenden Störfälle potenziell verursachte Dosis den Störfallplanungswert nicht überschreitet.

bestmöglich erreicht werden können. Die SSK warnt davor, den Schutzgedanken des nationalen und internationalen Regelwerkes zum Strahlenschutz zu schwächen. Die Folgen einer solchen Schwächung wären über den vorliegenden Fall hinaus insbesondere auch bzgl. des Schutzes der Bevölkerung vor den Gefahren kerntechnischer Notfälle unabsehbar. Darüber hinaus steht dieses Vorgehen u. a. in Widerspruch zu Festlegungen der Richtlinie 2013/59/Euratom, z. B. Artikel 19 Abs. 1.

Die SSK stellt fest, dass der Prozess der Stilllegung der Schachtanlage gemäß der Richtlinie 2013/59/Euratom (Euratom 2014) und den Empfehlungen der ICRP (ICRP 2007) als geplante Expositionssituation einzustufen ist. Die Strahlenexpositionen sind daher entsprechend der Strahlenschutzverordnung zu begrenzen. Der Störfallplanungswert sollte nach Auffassung der SSK zeitnah durch ein transparentes Verfahren festgelegt werden. Sollte eine Überschreitung der effektiven Dosis gemäß § 117 Ab. 15 StrlSchV von 50 mSv unvermeidlich sein, so ist diese nach Auffassung der SSK zu begründen und mit den Stakeholdern zu erörtern.

Im Rahmen der Bewertung der Strahlenschutzaspekte ist die SSK zu der Auffassung gelangt, dass bei der Planung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II auch davon ausgegangen werden muss, dass zumindest ein Teil der radioaktiven Stoffe, wie z. B. die in den Tiefenaufschluss verbrachten kontaminierten Lösungen und der aus nicht freigebbaren Laugen hergestellte Verfüllungsbeton, in der Schachtanlage verbleiben wird. Außerdem kann während des gesamten Prozesses der Planung, Vorbereitung und Durchführung der Rückholung ein Abbruch der Rückholung unvermeidlich sein. Dies kann durch das Eintreten der in der Lex Asse (Lex Asse 2013) festgelegten Bedingungen für einen Abbruch geschehen, durch einen unbeherrschbaren Lösungszutritt oder auch durch andere heute nicht vorhergesehene Ereignisse oder Randbedingungen. Die SSK empfiehlt deshalb, parallel zu der laufenden Durchführung der Stabilisierungs- und Vorsorgemaßnahmen, der Faktenerhebung und den vorbereitenden Arbeiten zur Rückholung der radioaktiven Abfälle zusätzlich eine dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechende Konsequenzenanalyse durchzuführen, mit der auch die Langzeitsicherheit beim Verbleiben eines Teils der radioaktiven Stoffe in der Schachtanlage geprüft und bewertet werden kann.

Nach Auffassung der SSK könnten sowohl die Option „Rückholung“ als auch die Option „Vollverfüllung“ Varianten der Stilllegung sein, die bei sorgfältiger Planung und Durchführung dazu geeignet sind, die Schutzziele des Strahlenschutzes zu erreichen. Sofern der Langzeitsicherheitsnachweis für die Option „Vollverfüllung“ zu führen ist, sieht die SSK die Option „Vollverfüllung“ aus folgendem Grund eindeutig im Vorteil gegenüber der Option „Rückholung“. Das sichere Einschließen der radioaktiven Abfälle an ihrem jetzigen Aufbewahrungsort wäre mit erheblich geringeren Strahlenexpositionen für die Beschäftigten und mit erheblich geringeren Risiken durch Stör-und Unfälle verbunden als ihre aus heutiger Sicht mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmende Bergung und die sich daran anschließende ebenfalls langandauernde oberirdische Aufbewahrung in einem Zwischenlager. Hinzu kommt, dass nach neueren Analysen eine Gefährdung der Bevölkerung durch ein Verbleiben der Abfälle in der Schachtanlage nach Einschätzung der SSK ausgeschlossen werden kann.

Die durch die Lex Asse erlaubte Überschreitung des bisher in Deutschland geltenden Störfallplanungswertes war nötig, da für den Prozess der Rückholung mit Störfällen gerechnet werden muss, deren resultierende effektive Dosis oberhalb der bisherigen Begrenzungen der Strahlenschutzverordnung liegt. Störfälle mit einer Überschreitung des bisherigen Planungswertes für die effektive Dosis sind beim Verbleib der Abfälle nach Einschätzung der SSK dagegen nicht zu besorgen.

Sowohl für den Prozess der vollständigen Rückholung als auch für den möglichen Verbleib radioaktiver Abfälle in der Schachtanlage Asse II sollten daher möglichst vollständige und

realistische Konsequenzenanalysen durchgeführt werden, die als Basis für die Optimierung der Prozesse und auch für Langzeitsicherheitsnachweise benötigt werden.

Die für die Option „Rückholung“ durchzuführende Konsequenzenanalyse muss den gesamten Prozess einschließlich der Konsequenzen der zu erwartenden langfristigen Zwischenlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle in den Blick nehmen.

Wegen der bestehenden Kenntnisdefizite, z. B. zum Zustand der Abfallgebinde, kommt dem Strahlenschutzgrundsatz der Optimierung eine große Bedeutung zu. Allein wegen des sehr langen Planungs- und Durchführungszeitraums von mehreren Jahrzehnten ist von der Veränderung der Bedingungen und vor allem des Kenntnisstandes auszugehen. Die SSK empfiehlt daher, die Maßnahmen der Optimierung in einem iterativen Prozess festzulegen. Wichtige Grundlage der Optimierung sind die o. g. Konsequenzenanalysen, die es erlauben, die Folgen von Änderungen in der Planungs- und Durchführungsphase zu beurteilen.

Die Ermittlung von potenziellen Strahlenexpositionen in der Planung ist als Grundlage der Optimierung möglichst realistisch durchzuführen.

Um auf geänderte Bedingungen z. B. durch eine nicht mehr gegebene bergtechnische Sicherheit, angemessen reagieren zu können, empfiehlt die SSK, über die Konsequenzenanalysen hinaus einen Langzeitsicherheitsnachweis für ein Verbleiben eines Teils der Abfälle in der Schachtanlage zu führen. Die SSK erwartet ungeachtet der noch bestehenden Informationslücken, dass ein solcher Nachweis geführt werden kann. Entgegen der vom BfS im Jahr 2010 dargestellten, vom Zeitmangel geprägten Situation steht angesichts der aktuellen Zeitpläne für das Gesamtprojekt ausreichend Zeit für die Durchführung der für den Langzeitsicherheitsnachweis benötigten Untersuchungen zur Verfügung.

Die SSK hat sich mit den radiologischen Anforderungen an die Langzeitsicherheit befasst, sie empfiehlt für die Bewertung der Langzeitsicherheit den Grundsatz der Begrenzung der Strahlenexposition u. a. durch Indikatorwerte (Zielwerte) analog zum Vorgehen beim Endlager Morsleben (ERAM) (SSK 2010) umzusetzen. Als Kriterien für die Bewertung der potenziellen Strahlenexposition über große Zeiträume sollen Indikatorwerte von 0,1 mSv/Jahr für wahrscheinliche Entwicklungen und 1 mSv/Jahr für weniger wahrscheinliche Entwicklungen für die Strahlenexposition der Bevölkerung angesetzt werden.

Um fehlende Informationen zu erhalten und bestehende Unsicherheiten zu verringern, muss die Informationsbeschaffung für wesentliche Parameter, die in die Konsequenzenanalysen, speziell bei Langzeitbetrachtungen, eingehen, vorangetrieben werden. Die SSK empfiehlt, die Informationsbeschaffung als systematischen und iterativen Prozess zu organisieren.

Die Kommission hält es für unabdingbar, Stakeholder-Analysen zu etablieren, um die relevanten Stakeholder in einem offenen und transparenten Kommunikationsprozess zu beteiligen.

Die Empfehlungen sind in Kapitel 4 dargestellt und begründet.

2 Einleitung

Seit 2008 sind die ESK und die SSK mit der Problematik der Stilllegung der Schachtanlage Asse II befasst. Seit Juli desselben Jahres besteht eine gemeinsame ESK/SSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe ASSE. Die SSK hat sich in ihren Sitzungen regelmäßig mit den Planungen und Maßnahmen zur Stilllegung der Schachtanlage Asse II befasst.

Die Beratungen der SSK zu Fragen des Strahlenschutzes ergaben sich aus Beratungsaufträgen des Bundesumweltministeriums, wie z. B. zur Notfallplanung für die Schachtanlage Asse II

(ESK/SSK 2013), und aus den im Rahmen der Begleitung und Bewertung der Stilllegungsplanung erhaltenen Informationen und Erkenntnisse.

Im Mittelpunkt der Stilllegung der Schachtanlage Asse II stehen Fragen des Umgangs mit den dort eingelagerten radioaktiven Stoffen, wobei als übergeordnetes Ziel der Schutz des Menschen vor den von diesen Stoffen ausgehenden Gefahren erreicht werden muss. Dabei ist zu beachten, dass entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik die Schachtanlage Asse II in ihrem jetzigen Zustand weder für eine dauerhafte Lagerung radioaktiver Stoffe geeignet ist noch die Art der Einlagerung einschließlich der Transparenz und Dokumentation den derzeitigen fachlichen Mindestanforderungen genügt. Erschwerend kommt hinzu, dass die der SSK vorliegenden Informationen und Erkenntnisse u. a. über den Zustand des Gebirges und der Gebinde, über die hydrologischen Bedingungen und über denkbare Freisetzungsszenarien auch nach heutigem Stand nicht ausreichen, um belastbare Entscheidungen zu treffen. Die Faktenerhebung, die diesen unzureichenden Kenntnisstand nennenswert verbessern sollte, hat sich als derart zeitintensiv und kompliziert erwiesen, dass sie vom BfS in der ursprünglich geplanten Form nicht weiter verfolgt wird. Es liegen daher aus Sicht der SSK ungünstige Randbedingungen vor, die das Erarbeiten von im Sinne des Strahlenschutzes optimierten Lösungen für die Stilllegung der Schachtanlage Asse II erschweren.

Die SSK sieht es als ihre Pflicht an, dazu beizutragen, dass die Schutzziele des Strahlenschutzes erreicht werden können. Im Mittelpunkt dieser Empfehlung stehen die Strahlenschutzgrundsätze. Der Schutz des Menschen und der Umwelt vor den Einwirkungen ionisierender Strahlen basiert auf den Grundsätzen Rechtfertigung, Optimierung und Begrenzung, die im nationalen und internationalen Gesetzes- und Regelwerk verankert sind. Nach Auffassung der SSK kommt angesichts der bestehenden Bedingungen in der Schachtanlage Asse dem Strahlenschutzgrundsatz der Optimierung eine besonders große Bedeutung zu.

Im Rahmen der vorliegenden Empfehlung befasst sich die SSK mit den Aspekten des Strahlenschutzes bei der Stilllegung, bewertet den aktuellen Sachstand hinsichtlich der Strahlenschutzaspekte und gibt Empfehlungen, die im Wesentlichen darauf abzielen, den Schutz von Mensch und Umwelt zu stärken und dabei besonders die Umsetzung der national und international geltenden Strahlenschutzgrundsätze zu unterstützen.

Grundlage der Empfehlungen sind öffentlich zugängliche Informationen.

3 Sachstand

In die Schachtanlage Asse II, in der zwischen 1909 und 1964 Kali- und Steinsalz abgebaut worden ist, wurden in den Jahren 1967 bis 1978 insgesamt 124 494 Gebinde mit schwach radioaktiven Abfällen und 1 239 Gebinde mit mittelradioaktiven Abfällen mit einem deklarierten Inventar von 7,8 PBq eingelagert. Die Schachtanlage Asse II wurde im Auftrag des Bundes von der Gesellschaft für Strahlenforschung mbH (GSF)[2] betrieben. Die Einlagerung erfolgte auf der Grundlage der erteilten Umgangsgenehmigungen der damals gültigen Strahlenschutzverordnung von 1965 und unter Beachtung der jeweils gültigen Bedingungen für die Lagerung von radioaktiven Abfällen im Salzbergwerk Asse. Die strahlenschutz- bzw. atomrechtlichen Genehmigungen zur Einlagerung waren befristet und endeten am 31. Dezember 1978.

[2] Das Forschungszentrum mit Hauptsitz in Neuherberg hat mehrmals seinen Namen geändert: von 1964 bis 1971 Gesellschaft für Strahlenforschung (GSF), dann bis 1990 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF), dann bis 2008 GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, und seit 2008 Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU)

Seit 1979 wurde das Bergwerk unter Beibehaltung und Weiterentwicklung der radiologischen Überwachung zu Forschungszwecken offen gehalten und durch die Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) weiter betrieben. 1992 entschied das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die Forschungsarbeiten in dem Bergwerk zu beenden und die Stilllegung der Anlage vorzubereiten. Die GSF (jetzt Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit) führte daraufhin Maßnahmen zur Stabilisierung des Grubengebäudes durch und erarbeitete ein Konzept zur Schließung (GSF 2006). Die Stilllegung der Schachtanlage sollte nach Bergrecht erfolgen und 2016 abgeschlossen werden.

Im Jahr 2008 beschloss die Bundesregierung die bis dahin nach Bergrecht geführte Anlage in den Geltungsbereich des Atomrechts aufzunehmen und als Anlage nach § 9a Atomgesetz (AtG) zu führen (BMU 2008). Das BfS wurde damit beauftragt, die Anlage zum 01. Januar 2009 vom Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU), vorher GSF, zu übernehmen und die Schachtanlage Asse II nach den für Endlager geltenden Regelungen zu betreiben und stillzulegen.

Im Jahr 2009 ergänzte der Bundestag das AtG mit dem § 57b um eine Regelung zu Betrieb und Stilllegung der Schachtanlage Asse II, schrieb dabei die unverzügliche Stilllegung der Schachtanlage vor und legte fest, dass der Weiterbetrieb bis zur Stilllegung keiner Planfeststellung bedarf.

In einem Optionenvergleich wurden durch das BfS im Jahr 2009 Stilllegungsoptionen für die Schachtanlage Asse II miteinander verglichen und bewertet (BfS 2010a). Darin wird darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl möglicher Optionen bestehe, die sich im Umfang des rückgeholten bzw. umgelagerten Inventars und in der Art der Durchführung voneinander unterscheiden. Explizit bewertet wurden drei Optionen, nämlich

- eine vollständige Rückholung der radioaktiven Abfälle („Rückholung“),
- eine vollständige Umlagerung der radioaktiven Abfälle in einen neu aufzufahrenden tiefen Bereich der Salzstruktur Asse („Umlagerung“) und
- eine Verfüllung („Vollverfüllung“) der Grube bei Verbleib der radioaktiven Abfälle in den gegenwärtigen Einlagerungsgrubenbauen („Vollverfüllung“).

Aus dem Vergleich ergaben sich bei vier von fünf Beurteilungsfeldern deutliche Vorteile für die Option „Vollverfüllung“.

Entsprechend den Ergebnissen der Vergleiche innerhalb der Beurteilungsfelder war zwischen den Optionen „Rückholung “ und „Vollverfüllung“ zu entscheiden. Das BfS gab der Option „Rückholung“ den Vorzug, da laut Einschätzung des BfS unsicher sei, dass der Langzeitsicherheitsnachweis für die Option „Vollverfüllung“ geführt werden könne. Notwendige Untersuchungen zur Klärung der bestehenden Unsicherheiten bzgl. des Langzeitsicherheitsnachweises für die Vollverfüllung konnten laut BfS damals in Zusammenhang mit der Erarbeitung des Optionenvergleichs aus Zeitmangel nicht durchgeführt werden (BfS 2010a). Das BfS revidierte damit seine im Jahr 2007 im Rahmen seiner Bewertung der von der GSF zum Stilllegungskonzept einer Vollverfüllung vorgelegten Unterlagen getroffenen Aussage. Unter der Voraussetzung, dass die Stilllegungsmaßnahmen anforderungsgemäß umgesetzt würden, so das BfS im Jahr 2007, würde im vorliegenden Langzeitsicherheitsnachweis „*plausibel aufgezeigt, dass die Schutzziele eingehalten werden*“, wobei diese Aussage für die Radionuklidausbreitung über den Gaspfad nur eingeschränkt gilt (BfS 2007).

Das Bundesumweltministerium traf auf der Basis des Optionenvergleichs im Jahr 2010 noch keine abschließende Entscheidung. So sollten u. a. die Ergebnisse der Faktenerhebung in die Entscheidungsfindung einfließen.

Für die im Optionenvergleich angesprochene Faktenerhebung wurde vom BfS im April 2010 ein Konzept vorgelegt (DMT und TÜV Nord 2010). Durch die Faktenerhebung sollten Informationen über den Zustand der Einlagerungsgrubenbaue und der darin gelagerten radioaktiven Abfälle gewonnen werden. Diese Informationen stellen eine wesentliche Voraussetzung für die Prüfung der Machbarkeit einer Rückholung, die Bewertung ihrer Rechtfertigung, die Entscheidung zu ihrer tatsächlichen Durchführung und ihrer Planung dar (BfS 2011).

Am 28. Februar 2013 verabschiedete der Bundestag eine weitere Änderung des Atomgesetzes, die sog. Lex Asse (Lex Asse 2013), die eine Beschleunigung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und der Stilllegung der Schachtanlage ermöglichen soll. Der Bundesrat stimmte dem Gesetz am 5. Juli 2013 zu. Das Gesetz schreibt die unverzügliche Stilllegung der Schachtanlage nach Rückholung der Abfälle vor. Weiterhin werden u. a. die Freigrenzen für den genehmigungsfreien Umgang mit radioaktiven Stoffen angehoben und für Störfallplanungswerte eine Festlegung im Einzelfall gefordert. Weiterhin regelt das Gesetz, unter welchen Bedingungen die Rückholung abzubrechen ist.

Im Februar 2014 hat das BfS erstmals eine Gesamtdarstellung der Rückholungsplanung mit Stand Januar 2014 veröffentlicht (BfS 2014).

Mit Datum vom 15. April 2015 legte das BfS einen Bericht vor, in dem eine Änderung der Faktenerhebung dahingehend vorgeschlagen wird, dass aus Zeitgründen auf wesentliche Schritte verzichtet werden soll (BfS 2015).

Die Planungen und Entscheidungen standen unter dem Eindruck eines sich stetig verschlechternden Gebirgszustands und der Gefahr eines unbeherrschbaren Lösungszutritts sowie von kontroversen Debatten, aktuell um den Standort des Zwischenlagers, im gesellschaftlichen Umfeld der Schachtanlage. Der Zeitraum der letzten 7 Jahre war überdies gekennzeichnet von drastischen Änderungen der Terminplanungen. So hat sich z. B. der angenommene Zeitbedarf für die Durchführung der Faktenerhebung von 3 auf fast 20 Jahre verlängert (Arcadis 2013).

4 Bewertung und Empfehlungen

4.1 Die radiologischen Folgen eines unbeherrschbaren Lösungszutritts

Das BfS hat nach der Übernahme der Verantwortung für Betrieb und Stilllegung der Schachtanlage Asse II untersucht, ob in dem Zeitraum bis zum Abschluss der Stilllegung und damit bis zu dem sicheren Verwahren der radioaktiven Stoffe von den in der Schachtanlage eingelagerten radioaktiven Abfällen eine Gefährdung der in der Umgebung der Anlage lebenden Bevölkerung ausgehen kann. Die Beurteilung durch BfS ergab, dass sich eine Möglichkeit der Gefährdung aus einem unbeherrschbaren Lösungszutritt ergeben könnte. Für einen solchen unbeherrschbaren Lösungszutritt, der in vergleichbaren Schachtanlagen in der Vergangenheit bereits beobachtet wurde, wird unterstellt, dass die in den Abfällen enthaltenen radioaktiven Stoffe ganz oder teilweise in die Lösung freigesetzt werden, danach in einem Zeitraum von mindestens mehreren Jahrzehnten die Lösung aus der Schachtanlage herausgepresst wird und in das Trinkwasser oder sonstiges vom Menschen verwendetes Wasser gelangt.

Im Sinne des Atomrechtes handelt es sich bei einem unbeherrschbaren Lösungszutritt um ein auslegungsüberschreitendes Ereignis, im Sinne des Bergrechts wird ein solcher Fall als Notfall bezeichnet.

Bereits 2009 hat das BfS zwei Studien zur Abschätzung der potenziellen Strahlenexpositionen infolge eines unbeherrschbaren Lösungszutritts in die Schachtanlage Asse II in Auftrag gegeben (GRS 2009, AF-Colenco AG 2009)[3]. Eine weitere Studie zur Beurteilung der Relevanz von Einflussfaktoren wurde später vom Öko-Institut im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellt (Küppers et al. 2012)[4]. Allen Studien liegt die Annahme zugrunde, dass die Schächte vor Aufgabe der Grube noch soweit verschlossen werden können, dass über sie kein signifikanter Lösungsaustritt erfolgt.

Die Ergebnisse der Studien spannen entsprechend ihrer zugrunde gelegten Bedingungen einen weiten Wertebereich auf. Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH berechnete auf der Basis grober, übermäßig konservativer und zum Teil unrealistischer Annahmen für das 40. Jahr nach dem Beginn des Lösungszutritts in einem „Basisfall“ potenzielle effektive Jahresdosen von ca. 170 mSv für eine erwachsene Referenzperson und ca. 740 mSv für die Referenzperson Kleinkind im ersten Lebensjahr, wobei die Autoren der Studie die ermittelten Werte als Abschätzungen verstanden wissen wollten. AF-Colenco ermittelte, ebenfalls auf Basis übermäßig konservativer und zum Teil unrealistischer Annahmen, die höchsten potenziellen Strahlenexpositionen im Bereich von 10 mSv effektiver Jahresdosis für eine erwachsene Referenzperson der Bevölkerung. Diese Dosis wird nach den Berechnungen ca. 50 bis 100 Jahre nach dem Volllaufen der Schachtanlage erreicht. Die Modellierungen des Öko-Institutes ergaben unter Berücksichtigung der Sorption und der Grenzen der Löslichkeiten für verschiedene Varianten von Auspressraten effektive Dosen im Bereich von 0,02 mSv/Jahr bis 0,04 mSv/Jahr für die erwachsene Referenzperson und von 0,04 mSv/Jahr bis 0,1 mSv/Jahr für die Referenzperson Kleinkind bis zu einem Lebensalter von einem Jahr.

Die Abschätzungen der radiologischen Auswirkungen eines unbeherrschbaren Lösungszutritts führen nach Einschätzung der SSK sowohl in (AF-Colenco AG 2009) als auch in (GRS 2009) zu sehr ungünstigen und unrealistischen Ergebnissen, da sie auf stark vereinfachten Modellen mit übermäßig konservativen bzw. unrealistischen Annahmen basieren, bei denen u. a. rückhaltende Effekte aufgrund physikalischer und chemischer Wechselwirkungen nicht berücksichtigt wurden. Es handelt sich hierbei um Effekte und Bedingungen, die naturgesetzlich existieren, so dass ihre Berücksichtigung für eine möglichst realistische Gefährdungsbeurteilung unabdingbar ist.

In beiden Abschätzungen wird z. B. davon ausgegangen, dass es nach einem unbeherrschbaren Lösungszutritt zu einer vollständigen Lösung der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide in den Zutrittswässern kommt und dass diese als Folge der Konvergenz und der Gasbildung in der Grube ausgepresst werden und ihren Weg in die Hydrosphäre und Biosphäre finden. Die das Ergebnis erheblich beeinflussenden Löslichkeitsgrenzen in der Salzlauge und im Trinkwasser sowie Sorptionseffekte beim Transport durch das Deckgebirge werden nicht berücksichtigt. Unberücksichtigt bleibt z. B., dass nur ein sehr geringer Teil des Urans und des Thoriums in Lösung gehen kann, da andernfalls die Löslichkeitsgrenze von Uran und Thorium in der Salzlauge überschritten würde.

---

[3] Es liegt eine weitere Studie zu den Konsequenzen von Vorsorge- und Notfallmaßnahmen vor (GRS 2010). Diese enthält Abschätzungen zum Radionuklidaustrag aus der Grube in das Deckgebirge, es werden jedoch keine potenziellen Strahlenexpositionen berechnet.

[4] Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, dass in (Krupp 2009) eine hydrogeologische Modellierung vorgelegt wurde, in der das Auspressen von Laugen aus der Schachtanlage Asse II nach einem unbeherrschbaren Lösungszutritt beschrieben wird. Aussagen zu den Radionuklidkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser und zur Strahlenexposition der Bevölkerung wurden nicht gemacht.

Die SSK bekräftigt daher die Einschätzung der ESK/SSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe ASSE (ESK/SSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe ASSE 2009), dass die Studien aus 2009 nicht ausreichen, um eine realistische Beurteilung der mit einem unbeherrschbaren Lösungszutritt verbundenen Gefährdung zu ermöglichen.

Die Modellierungen des Öko-Instituts stellen dagegen in Bezug auf die radiologischen Konsequenzen eines unbeherrschbaren Lösungszutritts durch die Berücksichtigung der Sorption und der Grenzen der Löslichkeiten einen wichtigen Schritt in Richtung auf eine realistische Ermittlung der potenziellen Strahlenexpositionen der Bevölkerung dar. Sie sollten schrittweise durch komplexere Modelle, die die Standortbedingungen der Asse detaillierter abbilden, fortgeschrieben werden. Hierzu ist auch eine genauere Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Schachtanlage Asse II erforderlich, die von der ESK und SSK bereits empfohlen wurde (ESK/SSK 2008).

Die ICRP fordert in ihrer Veröffentlichung 103 zur Ermittlung von Konsequenzen und Maßnahmen realistische Ermittlungen im Sinne von „best estimates“ mit Quantifizierung der Unsicherheiten für eine bestehende Expositionssituation, wie sie nach einem unkontrollierten Volllaufen der Schachtanlage Asse II vorliegen würde. Die Bestimmung von Tätigkeiten, für die eine realistische Ermittlung der Strahlenexposition durchgeführt werden muss, ist auch eine Forderung an die EU-Mitgliedstaaten durch die Richtlinie 2013/59/Euratom in Artikel 66 (2). Die SSK hat Grundsätze zur realistischen Ermittlung der Strahlenexposition empfohlen (SSK 2013), in denen sie die realistische Ermittlung von Strahlenexpositionen für Langzeitbetrachtungen bei Endlagern empfiehlt.

Vom Öko-Institut wurde im Zusammenhang mit der Modellierung des Radionuklidtransfers über den Nahrungsmittelpfad bei Nutzung von kontaminiertem Wasser ebenfalls auf diese Problematik hingewiesen. Das Öko-Institut hat aus diesem Grund sowohl Rechnungen in Anlehnung an die AVV zu § 47 StrlSchV (BMU 2012) als auch in Anlehnung an die Berechnungsgrundlagen Bergbau (BfS 2010c) durchgeführt. Die Berechnungsgrundlagen Bergbau erfüllen nach Einschätzung der SSK in erster Näherung die Anforderungen der Richtlinie 2013/59/Euratom (Euratom 2014) und die der grundlegenden Empfehlungen in der ICRP-Veröffentlichung 103 an realistische Methoden. Die Modellierungen in Anlehnung an die Berechnungsgrundlagen Bergbau ergaben um einen Faktor 2 bis 6 niedrigere effektive Dosen als die, die in Anlehnung an die AVV zu § 47 StrlSchV berechnet wurden.

Mit den Ergebnissen des Öko-Instituts (Küppers et al. 2012) kann erwartet werden, dass die radiologischen Folgen eines unbeherrschbaren Lösungszutritts deutlich unterhalb des für Auslegungsstörfälle geltenden Störfallplanungswertes (maximal 50 mSv bis zum 70. Lebensjahr) liegen und die Eingreifrichtwerte für Notfallmaßnahmen (z. B. 100 mSv in 7 Tagen für Evakuierung) nicht erreicht werden. Damit ist nach Ansicht der SSK eine Gefährdung[5] von Personen der Bevölkerung auch im Falle eines unbeherrschbaren Lösungszutritts auszuschließen.

4.2 Optionen der Stilllegung

Zur Ermittlung der bestmöglichen Stilllegungsoption hat das BfS einen Optionenvergleich (BfS 2010a) durchgeführt. Der Optionenvergleich kommt zu dem Ergebnis, dass die Verwahrung der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II gegenüber einer Rückholung der

[5] Eine Gefährdung liegt dann vor, wenn Maßnahmen des radiologischen Notfallschutzes erforderlich sind. Risiken durch niedrigere Strahlendosen, die nicht eine Gefährdung darstellen, werden davon separat betrachtet.

radioaktiven Abfälle in 4 von 5 Beurteilungsfeldern (Sicherheit in der Betriebsphase, Umweltauswirkungen bei unbeherrschbarem Lösungszutritt, Machbarkeit und Zeitbedarf) von Vorteil ist. Da jedoch nach Auffassung des BfS nur für die Option „Rückholung“ einschließlich der Verbringung der radioaktiven Abfälle in ein geeignetes Endlager die begründete Erwartung besteht, dass ein Langzeitsicherheitsnachweis geführt werden kann, während dessen Führbarkeit für die Option „Vollverfüllung“ als unsicher eingeschätzt wird, wurde die vollständige Rückholung als beste Stilllegungsoption angesehen. Für die Option „Umlagerung“ ergab sich im Vergleich der betrachteten drei Optionen der Rang drei, insbesondere wurde ein Risiko der rechtlichen Umsetzbarkeit gesehen. Die Ergebnisse der im Rahmen des Optionenvergleichs durchgeführten Sensitivitätsanalyse zeigten, dass auch für die Option „Rückholung“ bedeutsame, die Realisierbarkeit beeinflussende Unsicherheiten bzgl. des Zustands der radioaktiven Abfälle und der eingelagerten Inventare bestehen. Mit einer Faktenerhebung sollten daher umfassende Möglichkeiten zur systematischen Beurteilung kritischer Unsicherheiten geschaffen werden.

Aus Sicht des Strahlenschutzes sind nach Auffassung der SSK die Optionen „Rückholung“ und „Vollverfüllung“ Varianten der Stilllegung, die bei entsprechend sorgfältiger Planung und Durchführung dazu geeignet sein könnten, die Schutzziele zu erreichen. Für die Option „Umlagerung“ ist der derzeitige Kenntnisstand so limitiert, dass keine Aussagen über die Herstellbarkeit eines unter langzeitsicherheitlichen Aspekten geeigneten Einlagerungsbereiches möglich sind. Hinzu kommt, dass die Umlagerung im Optionenvergleich im Vergleich zu der Rückholung und der Vollverfüllung überwiegend schlechter bewertet wird.

Die SSK beurteilt allerdings die Durchführbarkeit und die Folgen der vollständigen Rückholung nicht so optimistisch, wie es im Optionenvergleich zum Ausdruck gebracht worden ist. Sofern der Langzeitsicherheitsnachweis für die Option „Vollverfüllung“ zu führen ist, sieht die SSK die Option „Vollverfüllung“ eindeutig im Vorteil gegenüber der Option „Rückholung“, denn das sichere Einschließen der radioaktiven Abfälle an ihrem jetzigen Aufbewahrungsort wäre in diesem Fall mit erheblich geringeren Strahlenexpositionen und Risiken durch Stör- und Unfälle verbunden als ihre aus heutiger Sicht mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmende Bergung und die sich daran anschließende ebenfalls langwierige oberirdische Aufbewahrung in einem Zwischenlager. Hinzu kommt, dass die auf der Basis früherer konservativer bzw. unrealistischer Betrachtungen gesehene Gefährdung der Bevölkerung durch einen unbeherrschbaren Lösungszutritt nach neueren Analysen nach Einschätzung der SSK offensichtlich ausgeschlossen werden kann. Bei einer kontrollierten Vollverfüllung, bei der z. B. durch Verwendung von Schutzfluid und Bauwerken Auflösung der Abfälle und Ausbreitung der Radionuklide reduziert werden, kann nach Ansicht der SSK davon ausgegangen werden, dass die potenziellen Strahlenexpositionen noch deutlich geringer ausfallen würden.

Die durch die Lex Asse erlaubte Überschreitung des bisher in Deutschland geltenden Störfallplanungswertes war nötig, da für den Prozess der Rückholung mit Störfällen gerechnet werden muss (wie z. B. ein Behälterabsturz im Schacht (EWN und TÜV Nord 2008)), deren resultierende effektive Dosis oberhalb des zulässigen Störfallplanungswertes der StrlSchV liegt. Bei einer kontrollierten Vollverfüllung sind nach Einschätzung der SSK radiologisch relevante Störfälle dagegen nicht zu besorgen.

Die dem Optionenvergleich zugrunde liegende Machbarkeitsstudie für die Rückholung der LAW-Abfälle (DMT und TÜV NORD 2009) geht von optimistischen Annahmen aus. Es wird z. B. unterstellt, dass die Rückholung der radioaktiven Abfälle im Wesentlichen über die bestehenden Auffahrungen und insbesondere über den bestehenden Schacht 2 erfolgen könne. Eine wesentliche Änderung des Wetternetzes sei nicht erforderlich. Für die vollständige

Rückholung einschließlich planerischem und verfahrensbedingtem Vorlauf wurde damals eine Zeitdauer von 10 Jahren angesetzt.

Zwischenzeitlich liegen Erkenntnisse vor, die die damalige Bewertung der Rückholung relativieren. Der schlechte Zustand der Grube im Hinblick auf die Standsicherheit und die wettertechnischen Gegebenheiten lassen eine Rückholung der radioaktiven Abfälle über das bestehende Grubengebäude nicht zu, so dass ein neuer Schacht, neue Strecken und neue Kammern errichtet werden müssen.

Nach dem heutigen Planungsstand würde die Rückholung inklusive ihrer Vorbereitung mehrere Jahrzehnte dauern. Gegenwärtig sehen die Planungen den Beginn der Rückholung für das Jahr 2033 und ihr Ende für das Jahr 2046 vor (Arcadis 2013), das sind 36 Jahre nach Beginn der im Ergebnis des Optionenvergleichs begonnenen Planungen. Erst danach kann die eigentliche Stilllegung der Schachtanlage erfolgen, für die im Optionenvergleich ein Zeitraum von weiteren 4 bis 5 Jahren angegeben wird.

Der Zeitverzug gegenüber den Annahmen im Optionenvergleich hat Nachteile zur Folge, so muss der Schacht sehr viel länger offengehalten werden, Strahlenexpositionen für die Beschäftigten und die Bevölkerung und das Risiko für bergbauliche Unfälle, so auch für einen unbeherrschbaren Lösungszutritt, erhöhen sich, Aufwand und Ressourcenverbrauch steigen an. Nach Erfahrungen mit Großprojekten ist davon auszugehen, dass sich der Zeitbedarf im Verlauf der Planung und Durchführung eher noch weiter erhöhen als verringern wird.

Bereits jetzt ist schon klar, dass in jedem Fall radioaktive Stoffe in der Schachtanlage verbleiben werden, wie z. B. die in den Tiefenaufschluss verbrachten kontaminierten Lösungen und der aus nicht freigebbaren Laugen hergestellte Verfüllungsbeton. Hinzu kommt, dass es während des gesamten Prozesses der Planung, Vorbereitung und Durchführung der Rückholung zum Abbruch der Rückholung kommen kann. Dies kann durch das Erreichen der in der Lex Asse (Lex Asse 2013) festgelegten Bedingungen für einen Abbruch (siehe Abschnitt 4.3.3) geschehen oder auch durch einen unbeherrschbaren Lösungszutritt oder auch durch andere heute nicht vorhergesehene Ereignisse oder Randbedingungen.

Aus diesen Gründen sieht die SSK die Durchführbarkeit einer vollständigen Rückholung nicht als nachgewiesen an. Wegen der bestehenden Kenntnisdefizite ist ein derartiger Nachweis derzeit auch nicht führbar. Nach Meinung der SSK ist es daher nötig, bereits in der Planungsphase den Verbleib von Abfällen in der Schachtanlage zu berücksichtigen.

Es ist aus Sicht der SSK unbedingt notwendig, mindestens Konsequenzenanalysen einschließlich der Frage der Langzeitsicherheit für beide der o. g. Varianten durchzuführen, damit es im weiteren Verlauf des Projektes nicht zu vermeidbaren Verzögerungen kommen kann und man sowohl für den Fall des Abbruchs der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II als auch für die planmäßige Beendigung der Rückholung im notwendigen Maße vorbereitet ist.

Mit Zeitverzögerungen wäre auch für die Realisierung der Vollverfüllung zu rechnen, für die ein Zeitbedarf von 9 Jahren im Optionenvergleich angesetzt wurde. Allerdings ist diese Option bei weitem nicht so komplex wie die Rückholung und daher ist nicht zu erwarten, dass sich der Zeitbedarf in gleicher Weise wie bei der Rückholung erhöhen wird.

Welche der möglichen Vorgehensweisen im Sinne des Strahlenschutzes die beste sein wird bzw. welche der Varianten sich als machbar erweisen wird, lässt sich angesichts der immer noch unzureichenden Faktenlage aus Sicht der SSK in der jetzigen Phase der Planung nicht abschließend beurteilen. Angesichts des vermuteten Zustands der Abfallgebinde und des noch in der Zukunft liegenden sehr langen Vorbereitungszeitraumes und der damit zwangsläufig verbundenen Verschlechterung der Randbedingungen hinsichtlich des Zustandes der

Einlagerungskammern und der Gebinde kann aus Sicht der SSK nicht davon ausgegangen werden, dass die Option „Rückholung“ vollständig umgesetzt werden kann. Darüber hinaus müssen Stör- und Unfälle oder andere Bedingungen, die zu einem Abbruch der Rückholung führen können, im Rahmen der Planung unterstellt werden. Regelungen für das Vorgehen in solchen Fällen sind in der Lex Asse bereits enthalten. Um Beeinträchtigungen des Strahlenschutzes durch ungeplante Abläufe und Zustände zu vermeiden, sollte die Planung entsprechend erweitert werden.

4.3 Strahlenschutzgrundlagen

Grundlage dieser Empfehlung zu Fragen des Strahlenschutzes im Zusammenhang mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle, dem Betrieb und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II, der Langzeitsicherheit der in der Schachtanlage verbleibenden radioaktiven Stoffe und der rückgeholten radioaktiven Abfälle sind die dazugehörigen Änderungen des Atomgesetzes aus den Jahren 2008 und 2013, das derzeit geltende gesetzliche Regelwerk des Strahlenschutzes unter Berücksichtigung der zukünftigen Anforderungen durch die neue Richtlinie 2013/59/Euratom (Euratom 2014) sowie die einschlägigen Empfehlungen der ICRP (ICRP 2007, ICRP 2013) und der IAEA (IAEA 2011).

4.3.1 Strahlenschutzgrundsätze (national und international)

Die drei **Grundsätze des Strahlenschutzes** sind die Rechtfertigung, die Optimierung und die Begrenzung von Strahlenexpositionen. Diese schon seit Jahrzehnten empfohlenen und angewandten Prinzipien wurden von der ICRP zuletzt in ihrer grundlegenden Empfehlung in der ICRP-Veröffentlichung 103 (ICRP 2007) bestätigt. Im Zusammenhang mit dieser Empfehlung sind der Grundsatz der Rechtfertigung und der Grundsatz der Optimierung besonders bedeutsam.

Nach (ICRP 2007) ist die **Rechtfertigung** (*justification*) ein „*Entscheidungsprozess, ob entweder (1) eine geplante menschliche Tätigkeit, die mit Strahlung verbunden ist, insgesamt von Nutzen ist, d. h. ob der Nutzen der Einführung oder Fortführung der Tätigkeit für den Einzelnen und für die Gesellschaft gegenüber dem daraus resultierenden Schaden insgesamt (einschließlich des strahlenbedingten Gesundheitsschadens (Detriments)) überwiegt oder (2) eine vorgesehene Maßnahme in einem Notfall oder in einer bestehenden Expositionssituation wahrscheinlich insgesamt von Nutzen ist, d. h. ob der durch Einführung oder Fortführung der Maßnahme bedingte Nutzen (einschließlich der Verringerung des Schadensmaßes (Detriments)) für den Einzelnen und für die Gesellschaft die Kosten der Maßnahme und alle durch sie verursachten Schäden überwiegt*.“

Nach (ICRP 2007) ist die **Optimierung** das „*Vorgehen zum Erreichen eines Schutz- und Sicherheitsgrads, bei dem tatsächliche Expositionen und die Wahrscheinlichkeit und Höhe potenzieller Expositionen so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar werden. Dabei sollen wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren berücksichtigt werden.*“

Die ICRP hat in (ICRP 2007) drei **Expositionssituationen** unterschieden, die auch für die Fragestellungen der Schachtanlage Asse II wichtig sind. Es handelt sich um geplante Expositionssituationen, Notfall-Expositionssituationen und bestehende Expositionssituationen:

- **Geplante Expositionssituationen** (*planned*): Situationen, die den geplanten Betrieb von Quellen einschließlich der Stilllegung, der Beseitigung von radioaktivem Abfall und der Sanierung zuvor belasteter Gebiete mit sich bringen. Laufende Tätigkeiten sind geplante Expositionssituationen.

- **Notfall-Expositionssituationen** (*emergency*): Mit Strahlenexposition verbundene Notfälle, die während Tätigkeiten oder Arbeiten auftreten oder sich daraus entwickeln können und Sofortmaßnahmen erfordern, in erster Linie um eine Gefährdung oder nachteilige Folgen für Gesundheit und Sicherheit, Lebensqualität, Eigentum von Menschen sowie für die Umwelt zu mindern. Dies schließt Situationen ein, für die unverzügliches Handeln gerechtfertigt ist, um die Folgen einer wahrgenommenen Gefährdung abzuschwächen.
- **Bestehende Expositionssituationen** (*existing*): Situationen, die bereits bestehen, wenn eine Entscheidung über ihre Kontrolle getroffen werden muss. Eingeschlossen sind z. B. auch Situationen, die natürliche Strahlung und Rückstände früherer Tätigkeiten betreffen. Viele Arten bestehender Expositionssituationen können Strahlenexpositionen verursachen, die hoch genug sind, um zu rechtfertigen, dass Strahlenschutzmaßnahmen durchgeführt oder wenigstens in Betracht gezogen werden.

Für geplante Expositionssituationen sieht die ICRP das Erfordernis der Rechtfertigung und der Optimierung. Zu diesem Zweck empfiehlt sie zur Begrenzenung der Strahlenexposition die Anwendung von Grenzwerten und Dosisrichtwerten (dose constraints)[6] für die Beschäftigten und die Bevölkerung.

Alle Handlungen zur Stilllegung der Schachtanlage Asse II sind als geplante Expositionssituationen zu betrachten.

Die ICRP betont die Bedeutung der Optimierung, die für geplante Expositionssituationen unterhalb der Dosisrichtwerte (dose constraints) vorgenommen werden soll.

Da nach der Novelle des AtG aus dem Jahr 2009 die Stilllegung der Schachtanlage Asse II nach den Vorschriften für Endlager durchzuführen ist, sind über das deutsche Atomrecht hinaus bzgl. der Sicherheitsanforderungen an den Strahlenschutz bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle die ICRP-Veröffentlichung 122 (ICRP 2013) und der IAEA Basic Safety Standard SSR-5 (IAEA 2011) einschlägig.

Im deutschen Regelwerk des Strahlenschutzes fehlen derzeit gesetzliche Festlegungen zu den Anforderungen an die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen. Die Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk des Bundesinnenministeriums aus dem Jahr 1983 (BMI 1983) sind nicht mehr gültig. Diese werden durch die Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle des Bundesumweltministeriums vom 30. September 2010 (BMU 2010) für ein zu errichtendes Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle ersetzt. Für nichtwärmeentwickelnde radioaktive Abfälle wurden bisher keine neueren Festlegungen getroffen.

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wird derzeit auf der Grundlage dieser Kriterien stillgelegt, wobei anstelle des Grenzwerts von 0,3 mSv/Jahr (BMI 1983) ein Indikatorwert von 0,1 mSv/Jahr für wahrscheinliche und 1 mSv/Jahr für weniger wahrscheinliche Entwicklungen zur Anwendung kommt, vgl. (SSK 2010). Diese Kriterien sind im Einklang mit der ICRP-Veröffentlichung 122 (ICRP 2013). Dort heißt es u. a.:

---

[6] Dosisrichtwerte (dose constraints) sind keine Grenzwerte. Sie werden verwendet, um den Bereich der Möglichkeiten festzulegen, die bei der Optimierung für eine bestimmte Strahlungsquelle in einer geplanten Expositionssituation betrachtet werden (Euratom 2014).

- *„For the protection of the future generations, the Commission recommendations continue to rely on the basic principle that: 'individuals and populations in the future should be afforded at least the same level of protection as the current generation' (ICRP, 1998).*
- *The Commission views the potential exposures to humans and the environment associated with the expected evolution of the geological disposal of long-lived solid radioactive material as a planned exposure.*
- *If oversight ceases to exist in the post closure period, the disposal system is still a functioning facility and potential exposures should be considered as planned.*
- *Optimisation of protection is the central element of the stepwise design, construction, and operation of a geological disposal facility.*
- *Optimisation has to be understood in the broadest sense as an iterative, systematic, and transparent evaluation of protective option, including Best Available Techniques, for enhancing the protective capabilities of the system and reducing its potential impacts (radiological and others).*
- *In application of the optimisation principle, the radiological criterion for the design of a waste disposal facility recommended by ICRP is an annual dose constraint for the population of 0.3 mSv year^{-1} and below the annual dose limit of 20 mSv year^{-1} or 100 mSv in 5 years for occupationally exposed workers.*
- *A risk constraint for the population of 1 × 10^{-5} year^{-1} is recommended when applying an aggregated approach combining probability of the exposure scenario and the associated dose.*
- *In the very long term, dose and risk criteria should be used for the comparison of options rather than a means of assessing health detriment.*
- *For planned exposure situations, doses should be assessed on the basis of the annual dose to the representative person."*

Die "Safety Requirements" der IAEA für die Endlagerung radioaktiver Abfälle (IAEA 2011) spezifizieren ebenfalls Kriterien, die bzgl. der akzeptablen Risiken mit denen der ICRP übereinstimmen.

"*Criteria*

(a) The dose limit for members of the public for doses from all planned exposure situations is an effective dose of 1 mSv in a year [3]. This and its risk equivalent are considered criteria that are not to be exceeded in the future.

(b) To comply with this dose limit, a disposal facility (considered as a single source) is so designed that the calculated dose or risk to the representative person who might be exposed in the future as a result of possible natural processes affecting the disposal facility does not exceed a dose constraint of 0.3 mSv in a year or a risk constraint of the order of 10^{-5} per year."

4.3.2 Rechtliche Grundlagen

In der deutschen Strahlenschutzverordnung sind die Prinzipien Rechtfertigung, Optimierung und Begrenzung der Strahlenexposition in den §§ 4 bis 6 festgeschrieben.

Zur **Rechtfertigung** führt § 4 StrlSchV u. a. aus: *„Neue Arten von Tätigkeiten, ..., mit denen Strahlenexpositionen oder Kontaminationen von Mensch und Umwelt verbunden sein können, müssen unter Abwägung ihres wirtschaftlichen, sozialen oder sonstigen Nutzens gegenüber der möglicherweise von ihnen ausgehenden gesundheitlichen Beeinträchtigung gerechtfertigt sein.*

Die Rechtfertigung bestehender Arten von Tätigkeiten kann überprüft werden, sobald wesentliche neue Erkenntnisse über den Nutzen oder die Auswirkungen der Tätigkeit vorliegen.“

Das Prinzip der **Optimierung** ist in § 6 StrlSchV umgesetzt. Es wird dort die „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition“ und die „Dosisreduzierung“ verlangt:

„(1) Wer eine Tätigkeit nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 plant oder ausübt, ist verpflichtet, jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden.

(2) Wer eine Tätigkeit nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 plant oder ausübt, ist verpflichtet, jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.“

Das Prinzip der **Begrenzung der Strahlenexposition** ist in § 5 StrlSchV durch das Festlegen von Grenzwerten für die Beschäftigten und die allgemeine Bevölkerung umgesetzt.

Das gesetzliche Regelwerk des Strahlenschutzes sieht einer größeren Überarbeitung entgegen, da 2013 die Richtlinie 2013/59/EURATOM (Euratom 2014) verabschiedet wurde, die innerhalb von vier Jahren in nationales Recht übernommen werden muss. Die neue Richtlinie 2013/59/Euratom bestätigt das bisherige System des Strahlenschutzes und passt die Grundnormen an die verschiedenen Expositionssituationen nach der ICRP-Veröffentlichung 103 (ICRP 2007) und das damit im Zusammenhang stehende System von Referenzwerten, Grenzwerten und Dosisrichtwerten (dose constraints) an. Insbesondere bleiben die drei Grundsätze des Strahlenschutzes der Rechtfertigung, der Optimierung und der Begrenzung der Strahlenexposition für alle Expositionssituationen bestehen und das System der Grenzwerte und Dosisrichtwerte (dose constraints) für geplante Expositionssituationen erhalten.

Zur **Rechtfertigung** heißt es in Artikel 19 „Rechtfertigung von Tätigkeiten“ der Richtlinie 2013/59/Euratom insbesondere:

„(1) Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass neue Kategorien oder Arten von Tätigkeiten, die zu einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung führen, vor ihrer Einführung gerechtfertigt werden.

(2) Die Mitgliedstaaten erwägen eine Überprüfung der bestehenden Kategorien oder Arten von Tätigkeiten im Hinblick auf ihre Rechtfertigung, sobald wesentliche neue Erkenntnisse über ihre Effizienz oder über ihre potenziellen Auswirkungen oder neue wesentliche Informationen über andere Verfahren und Techniken vorliegen.

(3) Tätigkeiten, die eine berufliche Exposition und eine Exposition der Bevölkerung mit sich bringen, sind als Kategorie oder Art von Tätigkeit zu rechtfertigen, wobei beide Expositionskategorien berücksichtigt werden.“

Nach Artikel 28 der Richtlinie 2013/59/Euratom handelt es sich bei „ *Betrieb, Stilllegung und Schließung jeder Anlage zur langfristigen Zwischenlagerung oder zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, einschließlich Anlagen, in denen radioaktive Abfälle für diesen Zweck gehandhabt werden*“ um eine geplante Expositionssituation, die der Genehmigung bedarf und für die damit Grenzwerte und Dosisrichtwerte (dose constraints) gelten. Grenzwerte und Dosisrichtwerte (dose constraints) der Richtlinie 2013/59/Euratom entsprechen denen der ICRP- Veröffentlichung 103 (ICRP 2007).

4.3.3 Die Lex Asse

Bereits im Jahr 2009 hatte der Bundestag das Atomgesetz (AtG) mit dem § 57b um eine Regelung zu Betrieb und Stilllegung der Schachtanlage Asse II ergänzt und dabei die

unverzügliche Stilllegung der Schachtanlage vorgeschrieben sowie festgelegt, dass der Weiterbetrieb bis zur Stilllegung keiner Planfeststellung bedarf. Am 28. Februar 2013 verabschiedete der Bundestag die sog. Lex Asse (Lex Asse 2013), die eine Beschleunigung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und der Stilllegung der Schachtanlage ermöglichen soll. Der Bundesrat stimmte dem Gesetz am 05. Juli 2013 zu. Das Gesetz schreibt die unverzügliche Stilllegung der Schachtanlage nach der Rückholung der radioaktiven Abfälle vor. Weiterhin werden u. a. die Freigrenzen für den genehmigungsfreien Umgang angehoben und für Störfallplanungswerte eine Festlegung im Einzelfall gefordert.

In der Bundestagsdebatte vom 28. Februar 2013 wird als wesentlicher Grund für die Festschreibung der Rückholung das Fehlen eines Langzeitsicherheitsnachweises für den Fall eines Verbleibs der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage genannt: „*Ein Langzeitsicherheitsnachweis für den Verbleib des Mülls im Berg liegt nicht vor. Laut Aussagen aus Kreisen des Bundesamtes für Strahlenschutz ist er wohl auch künftig nicht zu erbringen. Demnach ist die Rückholung die einzige Option, den rechtswidrigen und gefährlichen Zustand in der Asse zu beenden.“* (Deutscher Bundestag 2013, Seite 27999); *„... bis 2009, nach einem Optionenvergleich durch das Bundesamt für Strahlenschutz ganz, ganz klar war: Ein Langzeitsicherheitsnachweis ist nicht zu führen, wenn der Müll in der Grube bleibt.“* (Deutscher Bundestag 2013, Seite 28001)

Zur Beschleunigung der Rückholung werden die folgenden Regelungen getroffen:

- Die Rückholung der radioaktiven Abfälle bedarf keiner Planfeststellung, allerdings einer atomrechtlichen oder strahlenschutzrechtlichen Genehmigung.
- Die Genehmigungsbehörde kann zulassen, dass mit zulassungsbedürftigen Vorbereitungsmaßnahmen zur Rückholung bereits vor Erteilung der Genehmigung begonnen wird.
- Es können Teilgenehmigungen erteilt werden.
- Ist neben der atomrechtlichen oder strahlenschutzrechtlichen Genehmigung eine Zulassung nach anderen Rechtsvorschriften erforderlich, schließt die Genehmigung diese Zulassung ein.
- Der Umgang mit radioaktiven Stoffen unter Tage bedarf keiner Genehmigung, wenn die Aktivität der Stoffe das Zehnfache der Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 der Strahlenschutzverordnung nicht überschreitet.
- Die Genehmigungsbehörde kann als Störfallplanungswert abweichend von der Strahlenschutzverordnung einen Wert von mehr als 50 mSv für die effektive Dosis zulassen. Der Störfallplanungswert ist ein Wert für die Strahlenexposition der Bevölkerung im Fall eines Störfalls, der der Planung der Rückholung zugrunde liegt.

Als Gründe für die Notwendigkeit einer Beschleunigung werden in der Bundestagsdebatte der sich stetig verschlechternde Gebirgszustand und die Gefährdung der Bevölkerung durch einen unbeherrschbaren Laugenzutritt genannt.

Weiterhin regelt das Gesetz, unter welchen Bedingungen die Rückholung abzubrechen ist. Die Rückholung ist abzubrechen, wenn ihre Durchführung für die Bevölkerung und die Beschäftigten aus radiologischen oder sonstigen sicherheitsrelevanten Gründen nicht vertretbar ist. Dies ist nach der Lex Asse insbesondere der Fall, wenn die Begrenzung der Strahlenexpositionen für die Bevölkerung (u. a. 1 mSv/Jahr für die effektive Dosis) und für beruflich strahlenexponierte Personen (u. a. 20 mSv/Jahr für die effektive Dosis) nicht eingehalten werden können oder die bergtechnische Sicherheit nicht mehr gewährleistet werden kann.

Nach dem Willen des Gesetzgebers stellen die Grundsätze der Rechtfertigung und der Dosisminimierung keine Gründe für einen Abbruch der Rückholung dar.

Sind die Rückholung sowie alle Optionen zur Stilllegung nur unter Abweichung von gesetzlichen Anforderungen möglich, ist die Schachtanlage Asse II mit der nach einer Abwägung der Vor- und Nachteile bestmöglichen Option stillzulegen. Vor einer solchen Entscheidung ist der Deutsche Bundestag zu unterrichten und der Öffentlichkeit Gelegenheit zur Stellungnahme zu geben, sofern kein sofortiges Handeln erforderlich ist.

Im Ergebnis des weiteren Gesetzgebungsverfahrens wurden die Grundsätze des Strahlenschutzes auf die Begrenzung der Strahlenexposition beschränkt. In der Bundestagsdebatte vom 28. Februar 2013 wird diese Änderung wie folgt erläutert: *„Wir haben nach der Anhörung zur Lex Asse Änderungen vorgenommen.* [...] *Wir haben uns vor allem davon verabschiedet, die Grundsätze des Strahlenschutzes als mögliche Abbruchkriterien zu benennen. Benannt wird als beispielhaftes Kriterium jetzt nur noch die Dosisbegrenzung. Was wir damit in diesem Gesetzesentwurf zum Ausdruck bringen wollen, ist ausdrücklich, dass sowohl die Rechtfertigung der Rückholung als auch das Minimierungsgebot* [...] *kein Abbruchkriterium sein werden.* [...] *Wir wollen zum Ausdruck bringen* [...]*, dass die Rechtfertigung der Rückholung mit dem Ziel der Rückholung als Vorzugsoption nicht vereinbar ist.“* (Deutscher Bundestag 2013, Seite 28001).

Angesichts der immer noch unzureichenden Faktenlage ist derzeit nicht abschließend zu beurteilen, welche Option bzw. Kombination aus den Optionen bei der Stilllegung der Schachtanlage zum Einsatz kommen wird. Mit der Änderung des Atomgesetzes im Jahr 2013 hat sich der Gesetzgeber trotz der noch ausstehenden Untersuchungen und Bewertungen und damit trotz der bestehenden Unsicherheiten auf die Option der vollständigen Rückholung festgelegt. Wie bereits in Abschnitt 4.2 dargelegt ist nach Auffassung der SSK damit zu rechnen, dass angesichts des vermuteten Zustands der Abfallgebinde und des noch in der Zukunft liegenden sehr langen Vorbereitungszeitraumes und der damit zwangsläufig verbundenen Verschlechterung der Randbedingungen hinsichtlich des Zustandes der Einlagerungskammern und der Gebinde die Option „Rückholung“ nicht vollständig umgesetzt werden kann. Darüber hinaus müssen Stör- und Unfälle oder andere Bedingungen, die zu einem Abbruch der Rückholung führen können, im Rahmen der Planung unterstellt werden.

Die Anforderungen des Strahlenschutzes sind im nationalen und internationalen Gesetzes- und Regelwerk in den Strahlenschutzgrundsätzen Rechtfertigung, Optimierung und Begrenzung formuliert und festgeschrieben. Im parlamentarischen Verfahren wurde auf den Bezug auf die Grundsätze des Strahlenschutzes verzichtet und lediglich auf den Grundsatz der Begrenzung der Strahlenexposition (§ 5 StrlSchV) abgehoben. Der Grundsatz der Optimierung, d. h. jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden (§ 6 StrlSchV), wird im Gesetz nicht angesprochen.

Die SSK bedauert, dass die Beachtung der Grundsätze der Rechtfertigung und der Optimierung in Hinblick auf einen möglichen Abbruch der Rückholung in dem Gesetzgebungsverfahren zur Änderung des Atomgesetzes in 2013 (Lex Asse 2013) ausdrücklich ausgeschlossen worden ist (Deutscher Bundestag 2013). Damit werden die Grundsätze des Strahlenschutzes als Ganzes in ihrer Anwendung erheblich eingeschränkt. Zwar wäre die Optimierung innerhalb des Prozesses der Rückholung im Sinne des praktischen Strahlenschutzes weiterhin möglich, sie wird aber insgesamt schnell an Grenzen stoßen, da die Lex Asse weder einen Abbruch des Prozesses der vollständigen Rückholung erlaubt, noch eine Anpassung des Stilllegungsverfahrens an neue Erkenntnisse oder geänderte Randbedingungen, wenn das Ziel der vollständigen Rückholung dadurch tangiert würde. Die Optimierung im Sinne der Strahlenschutzgrundsätze wäre unter diesen Bedingungen gar nicht möglich. Gerade für die Stilllegung der Schachtanlage Asse II ist

wegen der bestehenden Kenntnisdefizite die Optimierung besonders wichtig, damit die Schutzziele im Rahmen eines iterativen Prozesses bestmöglich erreicht werden können. Die SSK warnt davor, den Schutzgedanken des nationalen und internationalen Regelwerkes zum Strahlenschutz zu schwächen. Die Folgen einer solchen Schwächung wären über den vorliegenden Fall hinaus insbesondere auch bzgl. des Schutzes der Bevölkerung vor den Gefahren kerntechnischer Notfälle unabsehbar. Darüber hinaus steht dieses Vorgehen in Widerspruch zu Festlegungen der Richtlinie 2013/59/Euratom, z. B. Artikel 19 Abs. 1.

Aus juristischer Sicht ließe sich nach der der SSK mitgeteilten Auffassung des BfS und des BMUB aus der Änderung des Atomgesetzes bereits eine Rechtfertigung der Option Rückholung ableiten. Die SSK sieht sich in der Beurteilung dieser rechtlichen Frage nicht als kompetent an. Der ausdrückliche Verzicht auf die Optimierung des Schutzes von Mensch und Umwelt jedoch durch ein Gesetz, mit dem praktisch die Basis des nationalen und internationalen Strahlenschutzes außer Kraft gesetzt wird, ist aus Sicht der SSK nicht hinnehmbar.

Die SSK hält den Grundsatz der Optimierung für unverzichtbar – auch bei der Rückholung der radioaktiven Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II.

Die ausschließliche Berücksichtigung des Grundsatzes der Begrenzung der Strahlenexposition stellt nach Einschätzung der SSK eine deutliche Verschlechterung des Strahlenschutzes für Beschäftigte und Bevölkerung dar.

4.3.4 Grundsätzliche Anforderungen an die Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze

Wie voranstehend ausgeführt und begründet, kann nach Auffassung der SSK auf die Beachtung der durch das internationale und das nationale Regelwerk definierten Strahlenschutzgrundsätze auch im Rahmen der Stilllegung der Schachtanlage Asse II nicht verzichtet werden. Um sicherzustellen, dass bei allen künftigen Maßnahmen und Entscheidungen in Zusammenhang mit und bei der Stilllegung der Schachtanlage Asse II die Strahlenschutzgrundsätze die notwendige Beachtung finden, empfiehlt die SSK entsprechende Regelungen vorzusehen.

Empfehlung 1: Strahlenschutzgrundsätze

Die SSK empfiehlt, dafür zu sorgen, dass bei allen zukünftigen Maßnahmen und Entscheidungen im Rahmen der Stilllegung der Schachtanlage Asse II die drei Grundsätze des Strahlenschutzes, die Rechtfertigung, die Optimierung und die Begrenzung der Strahlenexposition, angemessen beachtet werden können und auch beachtet werden.

4.3.5 Begrenzung der Strahlenexposition

Das Prinzip der Begrenzung der Strahlenexposition von Beschäftigten und Einzelpersonen der Bevölkerung wird nach der ICRP-Veröffentlichung 103 (ICRP 2007) und der neuen Richtlinie 2013/59/Euratom durch ein System von Grenzwerten in geplanten Expositionssituationen und von Referenzwerten in bestehenden oder Notfall-Expositionssituationen umgesetzt. In § 5 StrlSchV ist die Begrenzung der Strahlenexposition für geplante Expositionssituationen durch Festlegung von Grenzwerten geregelt.

Für den Zeitraum nach der Stilllegung schlägt die SSK vor, die für das Endlager Morsleben festgelegten Indikatorwerte zu übernehmen (siehe Abschnitt 4.4).

Hieraus ergibt sich ein System von Grenzwerten und Indikatorwerten für den Strahlenschutz der Bevölkerung, das nach Einschätzung der SSK eine konsistente Grundlage für die Gestaltung des Strahlenschutzes bei der Rückholung der radioaktiven Abfälle und der Stilllegung der

Schachtanlage Asse II darstellt. Es ist in Übereinstimmung mit (ICRP 2007, ICRP 2013, IAEA 2011, Euratom 2014 und SSK 2008):

- Für die Tätigkeiten bei der Rückholung, Zwischenlagerung, Konditionierung und Stilllegung – die als geplante Expositionssituationen einzustufen sind – gilt (bei planungsgemäßem Ablauf) für die Bevölkerung ein Grenzwert für die effektive Dosis von 1 mSv/Jahr. Zusätzlich gelten Schranken für die Strahlenexposition infolge von Ableitungen über den Luftpfad und den Wasserpfad von 0,3 mSv/Jahr für die effektive Dosis, die im deutschen Recht ebenfalls als Grenzwerte formuliert sind. Diese Werte gelten für überschaubare Zeiträume.
- Für große Zeiträume ist ein Indikatorwert für die effektive Dosis für die Bevölkerung von 0,1 mSv/Jahr für wahrscheinliche Entwicklungen und von 1 mSv/Jahr für weniger wahrscheinliche Entwicklungen in Übereinstimmung mit einem "*risk constraint for the population of* $1 \times 10^{-5}\ a^{-1}$" nach (ICRP 2013) anzusetzen.

  Diese Indikatorwerte sind auch verträglich mit dem unteren Referenzwert für bestehende Expositionssituationen nach (ICRP 2007).

Zusätzlich gelten die Grenzwerte der StrlSchV für die Beschäftigten.

Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle müssen so ausgelegt und betrieben werden, dass für den ungünstigsten Störfall eine maximale effektive Dosis von 50 mSv in der Umgebung der Anlage nicht überschritten werden kann (§ 117 Abs. 16 StrlSchV i. V. m. § 50 StrlSchV). Dieser Wert wird als Störfallplanungswert bezeichnet. Ein Störfall ist ein Ereignis, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann. Die Anlage ist gegen solche Störfälle ausgelegt, oder es sind für Tätigkeiten Schutzvorkehrungen vorgesehen.

Für die Stilllegung der Schachtanlage Asse II wurden diese Vorgaben mit der Lex Asse außer Kraft gesetzt. Hier kann die Genehmigungsbehörde einen höheren Wert als Störfallplanungswert zulassen. Wie hoch dieser Wert sein wird und nach welchem Verfahren dieser festgelegt werden soll, ist der SSK nicht bekannt. Damit sich die Planung der Rückholung bzw. der Stilllegung an dem Störfallplanungswert orientieren kann, sollte dieser baldmöglichst festgelegt werden. Das Festlegen von Störfallplanungswerten nach Abschluss der Planungen wäre aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht sinnvoll. Grundsätzlich lehnt die SSK die Festlegung von individuellen Störfallplanungswerten für einzelne Anlagen oder Tätigkeiten ab, die unter die Regelungen der §§ 49 und 50 der Strahlenschutzverordnung fallen. Auch für die Stilllegung der Schachtanlage Asse II sollte die Einhaltung der Störfallplanungswerte erreicht werden.

Empfehlung 2: Begrenzung der Strahlenexposition

Die Strahlenexpositionen als Folge der Rückholung, Zwischenlagerung, Konditionierung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle sowie zur Stilllegung der Schachtanlage Asse II sind als geplante Expositionssituationen einzustufen. Damit gelten die Vorgaben der Strahlenschutzverordnung zum Schutz der Beschäftigten und der Bevölkerung. Für die Bevölkerung gilt derzeit ein Grenzwert der effektiven Dosis von 1 mSv/Jahr in Verbindung mit den Festlegungen in § 47 StrlSchV.

Die SSK empfiehlt, den Störfallplanungswert für die Planung von Rückholungs- und Stilllegungsmaßnahmen bei der Schachtanlage Asse II zeitnah festzulegen. Das Verfahren zur Festlegung des Störfallplanungswertes für die effektive Dosis soll nachvollziehbar

dargestellt werden. Ein höherer Störfallplanungswert als 50 mSv für die effektive Dosis (§ 117 Abs. 16 StrlSchV i. V. m. § 50 StrlSchV) soll vermieden werden. Wenn Abweichungen unvermeidlich sind, so sollen diese begründet und mit den Stakeholdern erörtert werden.

4.3.6 Optimierung

Optimierung besteht in der Auswahl und Durchführung von Handlungsoptionen, die mit der niedrigsten Strahlenexposition und der geringsten Kontamination der Umwelt unter Berücksichtigung gesellschaftlicher und ökonomischer Aspekte verbunden ist. Sie ist ein iterativer Prozess, der im vorliegenden Fall in die Schritte:

- Festlegen der Ziele,
- Auswahl der Grundoption,
- Planen des Hauptprozesses, der Nebenprozesse und der Unterstützungsprozesse,
- Auswahl der günstigsten technischen Varianten zur Realisierung der Prozesse sowie
- Planen von Arbeitspaketen und
- Planung und Realisierung von einzelnen Arbeitsschritten

strukturiert werden kann. Zwischen den Schritten bestehen Überschneidungen. So müssen für die Auswahl der Grundoption die verschiedenen technischen Varianten zur Realisierung schon soweit geplant und ihrerseits optimiert sein, dass sie das Ergebnis der Auswahl der Grundoption nicht nachträglich wesentlich verändern sollten.

Die Optimierung ist ein Prozess, dem der jeweilige Sachstand, der jeweilige Kenntnisstand sowie gesellschaftliche und ökonomische Faktoren zugrunde liegen. Bei Maßnahmen, deren Planung und Umsetzung einen langen Zeitraum in Anspruch nehmen, wird diese Basis einem zeitlichen Wandel unterliegen. Bei der Verwahrung von radioaktiven Stoffen und Stilllegung der Schachtanlage Asse II sind Änderungen im Sachstand (z. B. eine Änderung des Zustands des Grubengebäudes oder des Laugenzutritts) und im Kenntnisstand (u. a. durch die laufenden Untersuchungen zu den geologischen/hydrogeologischen Verhältnissen, zum Zustand der radioaktiven Abfälle und zur Entwicklung der Rückholtechnologie) zu erwarten. Diese Veränderungen können den tatsächlichen Nutzen oder die Bewertung des Nutzens einer Option oder einer Realisierungsvariante nachträglich beeinflussen. Es sollte deshalb bei wesentlichen Änderungen im Sachstand oder im Kenntnisstand überprüft werden, ob die verfolgte Option oder Realisierungsvariante noch mit dem Optimierungsgebot verträglich ist. Hierbei sind der erreichte Planungs- und Realisierungsstand und die Nachteile einer Änderung in der weiteren Vorgehensweise zu berücksichtigen. Um das Risiko nachträglicher Änderungen zu minimieren, sollte grundsätzlich schon die Auswahl der Grundoption auf einer ausreichend detaillierten und abgesicherten Informationslage erfolgen und es sollten bei der Auswahl die verbleibenden Unwägbarkeiten aufgrund möglicher Entwicklungen ausreichend berücksichtigt werden. Wie bereits ausgeführt, kann diese grundsätzliche Forderung im vorliegenden Fall wegen der bestehenden Kenntnisdefizite nicht vollständig erfüllt werden.

Empfehlung 3: Optimierung

Aufgrund von möglichen Veränderungen der Bedingungen (Sachstand, Kenntnisstand sowie gesellschaftliche und ökonomische Faktoren) für die Stilllegung der Schachtanlage Asse empfiehlt die SSK, dass Maßnahmen zur Optimierung der Verwahrung der radioaktiven Stoffe und die Stilllegung der Schachtanlage Asse II im Rahmen eines iterativen Prozesses festgelegt werden.

Eine sachgerechte Optimierung setzt unter Anderem voraus, dass die Konsequenzenanalyse, d. h. die Analyse der mit der jeweiligen Option oder Realisierungsvariante verbundenen Vor- und Nachteile, vollständig und objektiv ist.

Einige Folgen haben eine größere Relevanz als andere. Die Abschätzung von Folgen ist i. d. R. mit umso größeren Ungewissheiten verbunden, je weiter diese in der Zukunft liegen. Es ist deshalb unvermeidlich und auch aus Gründen der Aufwandsbegrenzung zweckmäßig, Art, Umfang und Grad an Detailliertheit bei der Abschätzung einer Folge von deren Relevanz und Prognostizierbarkeit abhängig zu wählen. Zu jeder Abschätzung sollten die bestehenden Ungewissheiten angegeben werden, bei quantitativen Abschätzungen z. B. in Form von Bandbreiten. Um eine sachgerechte Optimierung zu erreichen, ist dabei ein einheitlicher Grad an Konservativität bzw. Realismus anzustreben.

Hinsichtlich der radiologischen Kriterien, der Strahlenexposition von beruflich strahlenexponierten Personen und von Einzelpersonen der Bevölkerung weist die SSK darauf hin, dass nicht nur die Strahlenexpositionen bei planmäßiger Durchführung der Maßnahmen und für die erwartete Systementwicklung zu berücksichtigen sind, sondern auch diejenigen bei unplanmäßigen Ereignissen und weniger wahrscheinlichen Systementwicklungen. Dies betrifft sowohl Ereignisse innerhalb der Schachtanlage (wie z. B. das unkontrollierte Volllaufen der Schachtanlage vor dem Abschluss der Stilllegung) als auch Stör- und Unfälle über Tage (z. B. während der übertägigen Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle). Bei einem Verbleib von radioaktiven Abfällen in der Schachtanlage betrifft dies auch die weitere Entwicklung der Schachtanlage nach ihrer Stilllegung.

Jede Strahlenexposition von beruflich strahlenexponierten Personen und von Einzelpersonen der Bevölkerung kann durch zusätzliche Strahlenschutzmaßnahmen reduziert werden. Ab einem bestimmten Grad kann der hierzu erforderliche Verbrauch an natürlichen und gesellschaftlichen Ressourcen jedoch unverhältnismäßig werden. Aus Sicht der SSK ist es deshalb notwendig, dass auch die Kriterien „natürlicher Ressourcenverbrauch“ und „gesellschaftlicher Ressourcenverbrauch“ bei der Optimierung berücksichtigt werden.

Hinsichtlich der Vollständigkeit der Folgeentwicklungen und Folgemaßnahmen weist die SSK darauf hin, dass die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II unmittelbar die Konditionierung, den Transport, die langfristige Zwischenlagerung und die Endlagerung dieser radioaktiven Abfälle am Standort oder auch an anderer Stelle zur Folge hat.

Der endgültige Verbleib der aus der Schachtanlage Asse II rückzuholenden radioaktiven Abfälle nach ihrer Einlagerung in einem zu errichtenden Zwischenlager ist derzeit noch ungeklärt. Im Optionenvergleich (BfS 2010a) wird angegeben, dass die rückgeholten radioaktiven Abfälle später in ein planfestgestelltes Endlager verbracht würden. Gegenwärtig ist ein solches Endlager nicht vorhanden. Im Nationalen Entsorgungsprogramm (BMUB 2015) wird ausgeführt:

„Darüber hinaus sollen auch die radioaktiven Abfälle, die aus der Schachtanlage Asse II zurückgeholt werden sollen, bei der Standortsuche für dieses Endlager berücksichtigt werden. […] *Erst wenn die Kriterien für die Einlagerung in das Endlager nach Standortauswahlgesetz festgelegt sind und ausreichende Informationen zur Menge, zur Beschaffenheit und zum Zeitpunkt des Anfalls der aus der Schachtanlage Asse II zurückzuholenden radioaktiven Abfälle vorliegen, kann eine abschließende Entscheidung über den Endlagerstandort für diese Abfälle – unter Einbeziehung aller technischen, ökonomischen und politischen Aspekte – getroffen werden.“*

Auch die Vorgehensweise zur Charakterisierung der Abfälle ist nach Kenntnis der SSK noch festzulegen. Die Charakterisierung der Abfälle muss den Anforderungen des noch zu

bestimmenden Endlagers entsprechen und auch Aspekte des Wasserrechtes beinhalten. Sie wird nach den Erfahrungen mit dem Endlager Konrad ein zeitaufwändiger Prozess sein, der ebenfalls Strahlenexpositionen der Beschäftigten mit sich bringen wird.

Bis das Endlager zur Verfügung steht, ist eine Zwischenlagerung, wahrscheinlich über viele Jahrzehnte, notwendig. Sichere langfristige Zwischenlagerung setzt Stabilität der Gesellschaft voraus. Sicherheitstragende Maßnahmen könnten bei ungünstiger gesellschaftlicher Entwicklung nicht mehr gegeben sein (siehe dazu AkEnd 2002).

Der Betrachtungszeitraum umfasst für die rückgeholten radioaktiven Abfälle den Zeitraum bis zum Abschluss ihrer Endlagerung in einem künftigen Endlager. Für die Schachtanlage Asse II mit den in ihr verbleibenden radioaktiven Stoffen ist der Betrachtungszeitraum so festzulegen, dass er den potenziellen Übertritt von Radioaktivität in die oberflächennahen Umweltmedien weitgehend erfasst. Insbesondere muss er für die radiologisch ungünstigen Entwicklungen den Zeitpunkt der höchsten Radionuklidkonzentrationen in den Umweltmedien sicher einschließen.

Die SSK weist darauf hin, dass im Optimierungsprozess eine Abwägung erforderlich ist zwischen

- den zusätzlichen Expositionen für Bevölkerung und Beschäftigte, die während der Stilllegung, also in absehbarer Zukunft, planmäßig auftreten,
- den zusätzlichen Expositionen für Bevölkerung und Beschäftigte, die während der Stilllegung, also in absehbarer Zukunft, aufgrund von Störfallen und Unfällen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auftreten können („Risiken“), und
- den potenziellen Expositionen der Bevölkerung, die für die ferne Zukunft rechnerisch ermittelt werden und einen hohen Grad an Unsicherheit aufweisen,

wobei die Verhältnismäßigkeit der für den Strahlenschutz eingesetzten Ressourcen und andere relevante gesellschaftliche Belange berücksichtigt werden müssen.

Damit eine ausgewogene Abwägung der Strahlenexposition und Risiken der heutigen und künftigen Generationen gewährleistet werden kann, sollte die Optimierung auf der Basis möglichst realistischer Annahmen zu den heutigen und künftigen Lasten vorgenommen werden.

Um verschiedene Varianten im Rahmen der Optimierung zu einem möglichst frühen Zeitpunkt bewerten zu können, müssen die hierzu erforderlichen Informationen so schnell wie möglich zielgerichtet beschafft werden.

SSK begrüßt deshalb die mittlerweile erfolgte Wiederaufnahme der geologischen und hydrogeologischen Erkundungsarbeiten.

Empfehlung 4: Durchführung der Optimierung

Die SSK empfiehlt, in die Optimierung der Stilllegung der Schachtanlage Asse II nicht nur den Gesamtprozess der Rückholung, Konditionierung, Charakterisierung und langfristigen Zwischenlagerung der Abfälle einzubeziehen, sondern für die Durchführung der Optimierung auch entsprechende Untersuchungen für den Verbleib von Abfällen durchzuführen. Ein wesentliches Element der Optimierung sind Konsequenzenanalysen, die es erlauben, die Folgen von Änderungen in der Planungs- und Durchführungsphase zu beurteilen. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass in größerem Umfang Abfälle in der Schachtanlage verbleiben müssen, weil z. B. vor oder während der Rückholung ein unbeherrschbarer Lösungszutritt erfolgt oder auch ein Abbruch der Rückholung entsprechend den

Kriterien der Lex Asse erfolgen muss, sollten die Konsequenzenanalysen auch den Fall des Verbleibs aller oder eines Teils der Abfälle einschließen. Der Ressourcenverbrauch sollte in die Optimierung einbezogen werden.

4.4 Faktenerhebung

Für die im Optionenvergleich geforderte Faktenerhebung wurde vom BfS im April 2010 ein Konzept vorgelegt (DMT und TÜV Nord 2010). Durch die Faktenerhebung sollen Informationen über den Zustand der Einlagerungsgrubenbaue und der darin gelagerten radioaktiven Abfälle gewonnen werden. Laut BfS stellen diese Informationen eine wesentliche Voraussetzung für die Prüfung der Machbarkeit einer Rückholung, die Bewertung ihrer Rechtfertigung, die Entscheidung zu ihrer tatsächlichen Durchführung und ihre Planung dar (BfS 2011).

Die Faktenerhebung soll in drei Schritten durchgeführt werden,

1. dem Anbohren von zwei Einlagerungskammern (7 und 12),
2. dem Öffnen dieser beiden Einlagerungskammern und
3. der probeweise Entnahme von Gebinden aus den Kammern (etwa 350 Gebinde aus Kammer 7 und etwa 150 Gebinde aus Kammer 12).

Mit dem Anbohren der Kammern soll die Stabilität der Kammern, Schweben und Pfeiler und der Aufbau der Verschlussbauwerke geklärt werden. Es soll untersucht werden, ob es in den Kammern offene Hohlräume gibt und welche atmosphärischen Verhältnisse dort hinsichtlich radioaktiver und explosibler Gase herrschen, und es soll geprüft werden, ob sich Salzlösungen in den Kammern befinden und in welchem Maße sich radioaktive Stoffe dort ausgebreitet haben.

Nach dem Planungsstand 2013 soll der Schritt 1 der Faktenerhebung im Jahr 2018, Schritt 2 im Jahr 2024 und Schritt 3 im Jahr 2031 abgeschlossen werden (Arcadis 2013). Damit ist der angenommene Zeitbedarf von 3 Jahren im Optionenvergleich auf fast 20 Jahre angestiegen.

Mit Datum vom 15. April 2015 legte das BfS einen Bericht vor, in dem eine „Optimierung der Faktenerhebung“ vorgeschlagen wird (BfS 2015). Um die Faktenerhebung zu beschleunigen, soll u. a. auf die Schritte 2 und 3 für die Kammern 7 und 12 verzichtet werden.

Die Erkundung der Einlagerungskammern ist eine sehr wichtige Voraussetzung für eine belastbare Planung der sicheren Durchführbarkeit einer Rückholung und der Ermittlung der mit ihr verbundenen radiologischen Konsequenzen, des erforderlichen Zeitbedarfs, des erforderlichen Aufwands an natürlichen und gesellschaftlichen Resourcen und der bestehenden Risiken.

Die SSK begrüßt grundsätzlich das Vorgehen des BfS in Bezug auf die Faktenerhebung. Aus Sicht der SSK besteht der Bedarf für eine „Optimierung der Faktenerhebung“, da die mit dem großen Zeitbedarf verbundenen Risiken einer Minimierung bedürfen. Die vom BfS angeführten Begründungen für den reduzierten Umfang der Faktenerhebung teilt die SSK jedoch nicht. Auch wenn aus Sicht des BfS eine Rechtfertigung der Rückholung aus rechtlicher Sicht nicht notwendig ist, so sind doch im Rahmen der Planung unbedingt die Folgen der Rückholung und die Kollektivdosis der Beschäftigten zu ermitteln. Lägen dazu keine oder nur unzureichende Erkenntnisse vor, so könnte der Strahlenschutzgrundsatz der Optimierung nur unter erschwerten Bedingungen umgesetzt werden.

4.5 Ermittlung der Strahlenexposition

Die Ermittlung der aus den Tätigkeiten der Stilllegung der Schachtanlage Asse II resultierenden potenziellen Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen und für Einzelpersonen der Bevölkerung sollte möglichst realistisch vorgenommen werden, damit die Ergebnisse u. a. als Basis für die Optimierung des Strahlenschutzes verwendet werden können. Die SSK-Empfehlung zur Ermittlung der Strahlenexposition (SSK 2013) gibt hierzu Anleitungen. Bei der Abschätzung der Strahlenexpositionen, die nach der Stilllegung zu erwarten sind, sollten ebenfalls nach Möglichkeit realitätsbezogene Annahmen getroffen werden.

Empfehlung 5: Ermittlung der Strahlenexposition

Die SSK empfiehlt, als Basis der Optimierung die Ermittlung der Strahlenexpositionen für beruflich strahlenexponierte Personen und für Einzelpersonen der Bevölkerung im Rahmen der Tätigkeiten bis zum Abschluss der Stilllegung der Schachtanlage Asse II und bis zur abschließenden Endlagerung der radioaktiven Abfälle so realistisch wie möglich durchzuführen. Die SSK-Empfehlung zur Ermittlung der Strahlenexposition (SSK 2013) gibt hierzu Anleitungen.

Bei der Abschätzung der potenziellen Strahlenexpositionen nach Stilllegung der Schachtanlage Asse II bzw. nach der Einlagerung der radioaktiven Abfälle in ein Endlager empfiehlt die SSK, konservative Annahmen so weit wie möglich zu vermeiden.

4.6 Radiologische Anforderungen an die Langzeitsicherheit

Unter der Maßgabe, dass radioaktive Abfälle in der Schachtanlage Asse II verbleiben werden, muss die Schachtanlage wie ein Endlager betrachtet werden. Die Bewertung der Langzeitsicherheit eines Endlagers ist zentrales Element jedes Endlagerprojekts. Sie dient dem Nachweis, dass Mensch und Umwelt dauerhaft vor den von einem Endlager ausgehenden radiologischen Risiken geschützt sind. Darüber hinaus sind auch der Schutz des Grundwassers vor radioaktiven und sonstigen Abfällen und der Schutz der übertägigen Infrastruktur zu berücksichtigen.

RSK und SSK wiesen in ihrer Empfehlung aus dem Jahr 2008 (RSK/SSK 2008) darauf hin, dass Expositionsvorhersagen für die ferne Zukunft mit großen Ungewissheiten behaftet sind und die Dosisbetrachtungen bei der Endlagerung den Stellenwert von Indikatorgrößen haben, die im Zusammenhang mit anderen Kriterien die Langzeitsicherheit eines Endlager einzuschätzen erlauben. In ihrer Empfehlung haben die RSK und die SSK zur Beurteilung der Langzeitsicherheit Indikatorwerte für die effektive Dosis von 0,1 mSv/Jahr bei einer wahrscheinlichen Entwicklung und 1 mSv/Jahr bei einer weniger wahrscheinlichen Entwicklung vorgeschlagen.

Diese Werte sind mit den Schutzstandards für die heutige Generation konsistent, so dass sie den Anforderungen an die Generationengerechtigkeit genügen, wie sie in (ICRP 2013), Abschnitt 3.1 formuliert sind: *„(16) In ICRP Publication 81 the Commission recommends that 'individuals and populations in the future should be afforded at least the same level of protection as the current generation' (ICRP, 1998, Para. 40). This basic principle is broadly consistent with the requirement of the 1997 Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management stating that individuals, society and the environment should be protected from the harmful effects of ionising radiation, now and in the future, in such a way that: 'the needs and aspirations of the present generation*

are met without compromising the ability of future generations to meet their needs and aspirations' (IAEA, 1997)."

Konsequenterweise empfahl die SSK in (SSK 2010) die Anwendung dieser Werte auch bei der Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM). Für die Bewertung potenzieller künftiger Strahlenexpositionen nach Stilllegung der Schachtanlage Asse II sollten nach Auffassung der SSK die gleichen Kriterien angewendet werden.

Empfehlung 6: Anforderungen an den Nachweis der Langzeitsicherheit

Unter der Voraussetzung, dass radioaktive Abfälle in der Schachtanlage Asse II verbleiben werden, muss die Schachtanlage wie ein Endlager betrachtet werden. Die Bewertung der Langzeitsicherheit eines Endlagers ist zentrales Element jedes Endlagerprojekts. Es ist der Nachweis zu führen, dass Mensch und Umwelt dauerhaft vor den von einem Endlager ausgehenden Risiken geschützt sind. Dabei sind nicht nur der Strahlenschutz, sondern auch der Schutz des Grundwassers und der übertägigen Infrastruktur zu berücksichtigen.

Für die Bewertung der Langzeitsicherheit soll der Grundsatz der Begrenzung der Strahlenexpositionen u. a. durch Indikatorwerte (Zielwerte) umgesetzt werden. Die SSK empfiehlt, die von ihr empfohlenen Anforderungen an die Langzeitsicherheit des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) (SSK 2010) auch auf die Schachtanlage Asse II anzuwenden. Insbesondere empfiehlt die SSK, als Kriterien für die Bewertung der potenziellen Strahlenexpositionen über große Zeiträume Indikatorwerte für die Individualdosis der Bevölkerung von 0,1 mSv/Jahr für wahrscheinliche Entwicklungen und von 1 mSv/Jahr für weniger wahrscheinliche Entwicklungen anzusetzen.

4.7 Konsequenzenanalysen und Langzeitsicherheitsnachweis

Wichtige Grundlagen für das Optimieren des Schutzes der Beschäftigten und der Bevölkerung sind Konsequenzenanalysen. Sie sind auch Teil der für das Führen von Nachweisen zur Langzeitsicherheit benötigten Untersuchungen. Konsequenzenanalysen werden sowohl für die Option „Rückholung" als auch für das Verbleiben radioaktiver Stoffe in der Schachtanlage benötigt, wobei es sinnvoll sein kann, unterschiedliche Varianten zu betrachten.

Konsequenzenanalysen müssen den gesamten Prozess der Stilllegung der Schachtanlage Asse II in den Blick nehmen. Dazu gehören der Betrieb der Schachtanlage und alle Maßnahmen einschließlich derer zur Erweiterung des Kenntnisstandes (z. B. der Faktenerhebung während der Planungs- und Vorbereitungsphase), die Durchführung der Stilllegung (u. a. die Sicherung oder Rückholung von Abfällen), die Behandlung und Zwischenlagerung der Abfälle und die abschließende Einlagerung und Lagerung der Abfälle in einem Endlager. Störfall- und Unfallrisiken sind Bestandteile der Konsequenzenanalysen. Aufgrund des langen Planungs- und Durchführungszeitraumes für die Stilllegung der Schachtanlage und die Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle und aufgrund des sich stetig erweiternden Kenntnisstandes ist eine regelmäßige Überprüfung der Konsequenzenanalysen notwendig. Auch das Eintreten unvorhergesehener Ereignisse kann eine Überprüfung der Konsequenzenanalysen erfordern.

Aufgrund der nicht auszuschließenden langen Zeitdauer einer notwendigen Zwischenlagerung rückgeholter radioaktiver Abfälle sieht es die SSK auch für erforderlich an, solche Entwicklungen zu berücksichtigen, bei denen sicherheitstragende Maßnahmen aufgrund künftiger gesellschaftlicher Entwicklungen nicht mehr gegeben sein könnten.

Empfehlung 7: Konsequenzenanalysen

Um eine Optimierung des Schutzes beruflich strahlenexponierter Personen und von Einzelpersonen der Bevölkerung zu erreichen, empfiehlt die SSK, Konsequenzenanalysen vorzunehmen, die den gesamten Prozess der Stilllegung der Schachtanlage Asse II beginnend mit der Planungsphase bis zur anschließenden Endlagerung der Abfälle umfassen. Neben Strahlenschutzaspekten sind auch andere Risiken wie Arbeitsunfälle sowie der Verbrauch an natürlichen und gesellschaftlichen Ressourcen zu berücksichtigen.

Die Konsequenzenanalysen müssen auch unplanmäßige Ereignisse und Stör- und Unfälle, wie z. B. das Volllaufen der Schachtanlage vor oder während der Rückholung, und weniger wahrscheinliche System-entwicklungen sowie den Abbruch der Rückholung entsprechend den Kriterien der Lex Asse einschließen.

Die Konsequenzenanalysen sind regelmäßig zu überprüfen und an den Kenntnisstand anzupassen. Die Ergebnisse der Analysen müssen in den Optimierungsprozess der Planung und der Durchführung Eingang finden.

In Abschnitt 4.2 wurde dargelegt, dass die Option der Vollverfüllung nach Einschätzung des BfS wegen der Unsicherheit, dass der Langzeitsicherheitsnachweis geführt werden kann, als nicht machbar angesehen wurde. Die SSK teilt diese Einschätzung nicht. Dass die Stilllegung der Schachtanlage Asse II unter ausschließlicher Anwendung der Option „Rückholung“ erfolgen kann, kann nicht sichergestellt werden. Außerdem muss unterstellt werden, dass es während des gesamten Prozesses der Planung, Vorbereitung und Durchführung der Rückholung zum Abbruch der Rückholung kommen kann. Dies kann durch das Erreichen der in der Lex Asse (Lex Asse 2013) festgelegten Bedingungen für einen Abbruch geschehen oder auch durch einen unbeherrschbaren Lösungszutritt oder auch durch andere heute nicht vorhergesehene Ereignisse oder Randbedingungen. Daher müssen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass radioaktive Stoffe in der Schachtanlage verbleiben und sicher eingeschlossen werden können.

Die SSK weist darauf hin, dass außerdem eine vollständige Rückholung der in die Schachtanlage Asse II verbrachten radioaktiven Stoffe nach ihrer Kenntnis nicht vorgesehen und nach heutigem Kenntnisstand den Aufwand für die Rückholung in erheblichem Maße erhöhen würde:

- Ein Teil des in der Schachtanlage Asse II eingebauten Sorelbeton wurde und wird unter Verwendung von kontaminierter Salzlauge hergestellt.
- Es ist nicht vorgesehen, die sich gegenwärtig auf den abgeworfenen Sohlen im Grubentiefsten befindlichen kontaminierten Laugen zu heben und zu entsorgen.
- In die Auflockerungszone unterhalb der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle ist Radioaktivität eingedrungen. Es ist offen, ob und in welchem Umfang diese entfernt werden soll.

Allein aus diesem Grund sind bei der Stilllegung der Schachtanlage Asse II selbst nach möglichst vollständiger Rückholung radioaktiver Abfälle eine Konsequenzenanalyse und Untersuchungen zur Langzeitsicherheit im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens erforderlich. Wie bereits dargestellt, kann sich auch aus anderen Gründen ein Verbleiben von

Abfällen in der Schachtanlage in weit größerem Maße, z. B. durch einen unvermeidlichen Abbruch der Rückholung, ergeben.

Es ist daher notwendig, dem Stand von Wissenschaft und Technik genügende Untersuchungen als Grundlage für das Führen des Nachweises der Langzeitsicherheit durchzuführen. Die SSK erwartet, dass ungeachtet der noch bestehenden Informationslücken ein solcher Nachweis geführt werden kann. Entgegen der vom BfS im Jahr 2010 dargestellten, von Zeitmangel geprägten Situation steht angesichts des Terminverzugs für das Gesamtprojekt nunmehr ausreichend Zeit für die Durchführung der für den Langzeitsicherheitsnachweis benötigten Untersuchungen zur Verfügung.

Empfehlung 8: Langzeitsicherheitsnachweis

Da davon ausgegangen werden muss, dass ein Teil der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage verbleiben wird und außerdem unterstellt werden muss, dass es während des gesamten Prozesses der Planung, Vorbereitung und Durchführung der Rückholung zum Abbruch der Rückholung kommen kann, empfiehlt die SSK, die für das Verbleiben und Einschließen radioaktiver Stoffe in der Schachtanlage Asse II benötigten Untersuchungen durchzuführen mit dem Ziel, den Langzeitsicherheitsnachweis entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik zu führen. Um Verzögerungen bei den laufenden Arbeiten zur Vorbereitung der Stilllegung zu vermeiden, empfiehlt die SSK, die dazu benötigten Untersuchungen parallel zu der laufenden Durchführung der Stabilisierungs- und Vorsorgemaßnahmen, der Faktenerhebung sowie den vorbereitenden Arbeiten zur Rückholung der radioaktiven Abfälle durchzuführen.

Die SSK weist darauf hin, dass diese Untersuchungen auch im Fall einer möglichst vollständigen Rückholung wegen dennoch verbleibender radioaktiver Stoffe vorzunehmen ist. Die Notwendigkeit entsprechender Untersuchungen gilt erst recht für den Fall, dass die Rückholung abgebrochen werden muss.

4.8 Daten und Informationen

Der Prozess der Stilllegung wird im Sinne des Zieles, einen bestmöglichen Schutz von Mensch und Umwelt für die heutige und künftige Generationen zu erreichen, umso erfolgreicher sein, je besser und zuverlässiger Gebirge, Schacht, Einlagerungskammern, Abfallgebinde und Abfälle beschrieben und beurteilt werden können. Dies gilt gleichermaßen für die Ergebnisse der Konsequenzenanalysen. Konsequenzenanalysen müssen einen hohen Anspruch an eine realistische Beschreibung haben, damit die Ergebnisse ihre Wirkung bestmöglich entfalten können. Um verschiedene Varianten im Rahmen der Optimierung zu einem möglichst frühen Zeitpunkt bewerten zu können, müssen die hierzu erforderlichen Informationen so schnell wie möglich zielgerichtet beschafft werden.

Empfehlung 9: Daten und Informationen

Die SSK empfiehlt, die Informationsbeschaffung für die wesentlichen Parameter, die in die Konsequenzenanalysen und die Untersuchungen zum Nachweis der Langzeitsicherheit eingehen, voranzutreiben.

Aufgrund der bekannten Unsicherheiten wichtiger Informationsinhalte empfiehlt die SSK, die Informationsbeschaffung als systematischen und

iterativen Prozess zu organisieren, in dem Kenntnisdefizite identifiziert, Daten erhoben, Konsequenzen ermittelt und Ungewissheiten analysiert werden.

Die SSK empfiehlt, die Ergebnisse von Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen einschließlich der Benennung wesentlicher fehlender Informationen zeitnah im Rahmen eines offenen und transparenten Prozesses zu kommunizieren. Dabei sollten auch Hinweise gegeben werden, wie und bis wann die zentralen Informationsdefizite behoben werden sollen. Bei fehlender Information sind eventuelle konservative Annahmen deutlich als solche zu benennen, jedoch sollten diese so weit wie möglich vermieden werden.

4.9 Notfallschutz

Wesentliche Voraussetzung für die Faktenerhebung und spätere Rückholung der radioaktiven Abfälle ist die ausreichende Standfestigkeit für ein Offenhalten der Schachtanlage. Der Zustand der Schachtanlage ist jedoch so, dass ein langfristiges Offenhalten mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Vom früheren Betreiber GSF, heute HGMU, war geplant, das Bergwerk stillzulegen und 2016 zu schließen. Daher war der Erhaltungsaufwand an diese Zeitvorstellungen angepasst worden. Dies gilt für die Förderanlage und viele andere technische Einrichtungen. Gegenwärtig wird das Bergwerk zunehmend instabil. Durch Konvergenz des stark ausgebauten Berges kommt es zu zunehmendem Integritätsverlust der Schachtanlage durch starke Verformungen wegen des nicht ausreichend dimensionierten Tragsystems bei gleichzeitig unzureichender Schutzschichtmächtigkeit.

Bereits in den Jahren 1980 bis 1989 hat man diesem Integritätsverlust durch Verfüllung der alten Abbaue der Schachtanlage Asse II entgegengearbeitet. Dazu wurde in diesen Jahren eigenes Material verwendet. Von August 1995 bis April 2004 wurden dann Rückstandssalze des ehemaligen Kalisalzbergwerkes Ronnenberg bei Hannover von der dortigen Salzhalde in die Schachtanlage Asse II verbracht und zur Verfüllung der alten Abbaue – besonders auf der instabilen Südflanke – benutzt. Das Einbringen von 2 213 700 Megagramm wurde im Jahr 2004 abgeschlossen. Die durch die Verfüllung erreichte Stabilisierung der Südflanke hat zu einer Verlagerung der Konvergenz in den zentralen Bereich des Bergwerks geführt und gefährdet nun für den Betrieb unentbehrliche Infrastrukturräume. Die derzeitige Entwicklung der Schachtanlage Asse II ist daher von einem fortschreitenden Integritätsverlust und zunehmend mangelnder Gebrauchstauglichkeit geprägt.

Nach den unrealistischen Modellrechnungen der GRS konnten die radiologischen Schutzziele beim auslegungsüberschreitenden Zutritt von Deckgebirgslösung ohne geeignete Maßnahmen nicht eingehalten werden (GRS 2009). Das BfS schloss sich in seinem Bericht zur Notfallplanung vom 28. Februar 2010 (BfS 2010b) dieser Auffassung an: „*Damit war es erforderlich zu prüfen, ob und in welchem Umfang Möglichkeiten bestehen, Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder die radiologischen Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts in die Schachtanlage Asse II während des Betriebes zu nehmen*.“

In (BfS 2010b) wird der Notfall als auslegungsüberschreitendes Ereignis oder als auslegungsüberschreitender Ereignisablauf definiert, bei dem der derzeitige Offenhaltungs- oder der zukünftige Stilllegungsbetrieb nicht mehr fortgeführt werden kann und Notfallmaßnahmen zur Sicherung des Bergwerks und der eingelagerten radioaktiven Abfälle ergriffen werden müssen. Die Gesamtheit der Planungen im Hinblick auf Notfälle zielt auf die Begrenzung der Folgen auslegungsüberschreitender Ereignisse, die Verbesserung des

Zustandes der Schachtanlage Asse II und die Minimierung der Konsequenzen auslegungsüberschreitender Ereignisse innerhalb und außerhalb der Anlage.

Das BfS unterscheidet Vorsorge- und Notfallmaßnahmen. Vorsorgemaßnahmen sind Maßnahmen zur Stabilisierung des Grubengebäudes und zum Schutz der Einlagerungskammern durch Resthohlraumverfüllung und Bau von Abdichtungsbauwerken. Maßnahmen zur Herstellung der Notfallbereitschaft umfassen die Verbesserung des Lösungsmanagements, die Verbesserung der Fassung der zutretenden Lösungen, die Planung der Notfallmaßnahmen, die Sicherung der Baustoff- und Medienversorgung und die Bereitstellung der erforderlichen Materialressourcen zur Baustoffproduktion und Verfüllung, z. B. die Anlieferung von $MgCl_2$-reicher Lösung für die Gegenflutung des Grubengebäudes.

Bei eingetretenem bergtechnischem Notfall sollen dann als Notfallmaßnahmen die Resthohlräume in den LAW-Einlagerungskammern mit Brucitmörtel verfüllt werden, die Restabdichtung des Einlagerungsbereichs der MAW-Kammer durch Verfüllung mit Sorelbeton erfolgen und die Schachtanlage mit $MgCl_2$-Lösung zum Schutz vor Lösungsprozessen geflutet werden. Anschließend sollen die Tagesschächte 2 und 4 abgedichtet und verfüllt und die Schachtanlage verlassen werden.

Die Notfallbereitschaft, d. h. die Fähigkeit zur sofortigen Umsetzung der Notfallmaßnahmen, ist laut BfS Voraussetzung für die Öffnung von Einlagerungskammern. Die Notfallbereitschaft sollte nach ursprünglicher Planung des BfS im Jahr 2016 hergestellt werden, derzeit wird das Jahr 2024 angenommen (Arcadis 2013).

In einer gemeinsamen Stellungnahme bewerten die ESK und die SSK die Notfallplanung des BfS für die Schachtanlage Asse II (ESK/SSK 2013). Dazu analysieren sie die aktuelle Situation der Schachtanlage, insbesondere den gebirgsmechanischen Zustand der Grube sowie die mögliche Entwicklung des Lösungszutritts aus dem Deckgebirge, und beurteilen den Notfallplan des BfS. Bei ihrer Bewertung sprechen die Kommissionen Empfehlungen zu folgenden Punkten aus: Notwendigkeit und Priorität des Erhalts der Gebrauchstauglichkeit, Vorsorge- und Notfallmaßnahmen (Detailplanung der Notfallmaßnahmen, Erstellung von Notfallszenarien, Einteilung von Vorsorge- und Notfallmaßnahmen), Notfallplan und Notfallorganisation, Kriterien zur Feststellung des Notfalls, Beseitigung administrativer Probleme, Priorisierung und unverzügliche Durchführung der Vorsorgemaßnahmen, Einfluss der Faktenerhebung auf die Notfallbereitschaft und Planung und Vorbereitung der Rückholung.

Unter der Voraussetzung, dass die Empfehlungen der ESK und der SSK umgesetzt werden, ist die Notfallplanung als ausreichend anzusehen.

4.10 Transparenz und Öffentlichkeit

Es entspricht dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik, bei Vorhaben, von denen in nennenswertem Ausmaß Dritte betroffen sein können, die für das Vorhaben relevanten Stakeholder zu beteiligen. Als „Stakeholder“ werden solche Personen und gesellschaftliche Gruppen bezeichnet, die an bestimmten (Entscheidungs-) Prozessen ein Interesse haben oder von den dadurch berührten Situationen und Ereignissen betroffen sein können. Im Bereich des Umgangs mit radioaktiven Abfällen können das beispielsweise alle in der Planung und Maßnahmenumsetzung mitwirkenden Organisationen und Behörden und die von Maßnahmen Betroffenen (z. B. Anwohner im Bereich der Schachtanlage und der vorgesehenen Zwischen- und Endlager) sein, aber auch gesellschaftliche Gruppen (z. B. Religionsgemeinschaften, Gewerkschaften, Umweltorganisationen) bis hin zu Bürgerinitiativen und einzelnen Bürgern. Die Beteiligung von fachlich kompetenten Kommissionen wie der ESK und der SSK sollte in diesem Zusammenhang selbstverständlich sein.

Die SSK hat bereits im Rahmen der Übertragung von Erfahrungen aus dem Reaktorunfall in Fukushima die Bedeutung der Stakeholderbeteiligung betont (SSK 2015).

OECD/NEA haben sich z. B. mit der Stakeholderbeteiligung im Abfallmanagement und auch im Notfallschutz befasst (NEA 2011, NEA 2015) und u. a. festgestellt, dass das Einbinden eines breiten Spektrums von Stakeholdern notwendig ist. Aus den Arbeiten der OECD/NEA können u. a. Anregungen für das Einbringen eines „Stakeholderkonzeptes“ erhalten werden. Auch für die ICRP ist die Stakeholderbeteiligung ein wesentlicher Bestandteil der Optimierung des Strahlenschutzes, der notwendig ist, um die Akzeptanz für Entscheidungen zum Strahlenschutz und damit deren Umsetzung und Effizienz zu fördern (ICRP 2006).

Empfehlung 10: Transparenz und Öffentlichkeit

An den künftigen Entscheidungen über Maßnahmen u. a. zur Rückholung, Zwischenlagerung, Konditionierung und Endlagerung im Rahmen der Stilllegung der Schachtanlage Asse II müssen Stakeholder in einem offenen und transparenten Kommunikationsprozess beteiligt werden. Die SSK empfiehlt hierfür einen breit angelegten Begleitprozess zu installieren und festzulegen, wer als Stakeholder verstanden wird, wer in welchen Vorgang eingebunden werden soll, welcher Grad der Einbindung vorzusehen ist (Information, Diskussion oder volle Beteiligung, auch als Partner beim Entwickeln und Umsetzen von Lösungen insbesondere in der Planung) und über welche Verfahren die Beteiligung erfolgen soll.

Literatur

AF-Colenco AG 2009 — AF-Colenco AG. Schachtanlage Asse II – Abschätzung der Trinkwasserdosis bei einem unterstellten Absaufen des Grubengebäudes. Memo 1299/04(V1), Baden-Dättwil 08.05.2009

AF-Colenco AG et al. 2009 — AF-Colenco AG. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, IfG Institut für Gebirgsmechanik GbH. Schachtanlage Asse II, Beschreibung und Bewertung der Stilllegungsoption Vollverfüllung. Baden-Dättwil/Braunschweig/Leipzig 01.10.2009. http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/Asse/DE/studien-gutachten/optionen/2009-10-afc-grs-ifg-machbarkeitsstudie-vollverfuellung.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016

AkEnd 2002 — Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd). Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte. Dezember 2002. https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/berichte/ne/langfassung-abschlussbericht-akend.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016

Arcadis 2013	Arcadis. Projekt Schachtanlage Asse II, 2. Zwischenbericht zur Fortschreibung der Projektablaufplanung zum Stand 31.03.2013. http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/Asse/DE/studien-gutachten/rueckholung/2013-03-arcadis-projektablaufplanung-rueckholung.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016
AtG 1985	Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1843) geändert worden ist
BfS 2007	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Prüfung von Unterlagen zur Schließung der Schachtanlage Asse II im Hinblick auf die Anforderungen eines atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens, 26.09.2007. www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_schachtanlage_asse_ii.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016
BfS 2010a	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Optionenvergleich Asse, Fachliche Bewertung der Stilllegungsoptionen für die Schachtanlage Asse II. BfS- 19/10, Salzgitter, Januar 2010, urn:nbn:de:0221-201004141430
BfS 2010b	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Notfallplanung für das Endlager Asse, Stand: 28.Februar 2010, urn:nbn:de:0221-2013070410956
BfS 2010c	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaulicher Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen Bergbau). März 2010, urn:nbn:de:0221-20100329966/3
BfS 2011	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Kriterienbericht Faktenerhebung – Kriterien zur Bewertung der Ergebnisse der Faktenerhebung. Stand: 01. Dezember 2011, urn:nbn:de:0221-201201097015
BfS 2014	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Schachtanlage Asse II, Gesamtdarstellung zur Rückholungsplanung Stand: Januar 2014. BfS-25/14, Salzgitter, Februar 2014, urn:nbn:de:0221-2014021211169
BfS 2015	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Evaluierung der Faktenerhebung und der Vorgehensweise zur Rückholung. Salzgitter, 15. April 2015. http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/Asse/DE/IP/stellungnahmen/150415-evaluierung-faktenerhebung-vorgehensweise-rueckholung.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016

BMI 1983	Bundesministerium des Innern (BMI). Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk, GMBl. 1983
BMU 2008	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Kabinett beschließt Betreiberwechsel für Asse – Stilllegung der Asse erfolgt nach Atomrecht. Pressemitteilung Nr. 245/08, Berlin, 05.11.2008. www.bmub.bund.de/N42519, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016
BMU 2012	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung (Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen) vom 28.08.2012, Banz AT 05.09.2012 B1
BMUB 2015	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm. August 2015. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/nationales_entsorgungsprogramm_aug_bf.pdf, zuletzt aufgerufen am 01.08.2016
Deutscher Bundestag 2013	Deutscher Bundestag. Stenografischer Bericht. 225. Sitzung. Plenarprotokoll 17/225. Berlin, 28. Februar 2013
DMT und TÜV Nord 2009	DMT GmbH & Co. KG, TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG. Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse. Essen/Hamburg 25.09.2009. http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Downloads/Asse/DE/IP/studien-gutachten/2010/rueckholung-untersuchungskonzept-faktenerhebung.html, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016
DMT und TÜV Nord 2010	DMT GmbH & Co. KG, TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG. Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Asse - Schritt 1: Untersuchungskonzept zum Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750. Untersuchungsbericht Nr. U2248-BfS-G, 14.04.2010. http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Downloads/Asse/DE/studien-gutachten/rueckholung/2010-04-dmt-untersuchungskonzept-faktenerhebung.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016
ESK/SSK 2008	Entsorgungskommission (ESK) und Strahlenschutzkommission (SSK). Gemeinsame Stellungnahme der ESK und der SSK zur Schachtanlage Asse II – Empfehlungen für Untersuchungen. Gemeinsame Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und der Entsorgungskommission, verabschiedet in der 228. Sitzung der SSK am 28.10.2008 und in der 4. Sitzung der Entsorgungskommission am 06.11.2008. In: Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 2008. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 67, H. Hoffmann GmbH - Fachverlag, Berlin, 2011, ISBN 978-3-87344-167-5

ESK/SSK 2013	Entsorgungskommission (ESK) und Strahlenschutzkommission (SSK). Notfallplanung für die Schachtanlage Asse II. Gemeinsame Stellungnahme der Entsorgungskommission und der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 262. Sitzung der SSK am 11./12. Juli 2013 und in der 34. Sitzung der ESK am 11. Juli 2013, BAnz AT 18.11.2013 B3; urn:nbn:de:101:1-201308192122
ESK/SSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe ASSE 2009	ESK/SSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe ASSE 2009. Anlage zum Schreiben an das BMU vom 02.11.2009: Zur Unterlage „Abschätzung potentieller Strahlenexpositionen in der Umgebung der Schachtanlage Asse II in Folge auslegungsüberschreitender Zutrittsraten der Deckgebirgslösung während der Betriebsphase“. http://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/downloads/anlagestrahlenexpositionenhomepage.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016
Euratom 2014	Rat der Europäischen Union: Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom, Amtsblatt der Europäischen Union, L 13/1, 17.1.2014
EWN und TÜV Nord 2008	EWN GmbH, TÜV Nord Sys Tec GmbH & Co. KG. Möglichkeit einer Rückholung der MAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse, Lubmin/Hamburg 28. November 2008. http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Downloads/Asse/DE/studien-gutachten/2008-11-ewn-tuev-rueckholung-maw-studie.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016
GRS 2009	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. Abschätzung potenzieller Strahlenexpositionen in der Umgebung der Schachtanlage Asse II infolge auslegungsüberschreitender Zutrittsraten der Deckgebirgslösung während der Betriebsphase. Braunschweig 21.04.2009
GRS 2010	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. Schachtanlage Asse: Stellungnahme zur Wirksamkeit von Einzelmaßnahmen der Notfallplanung. GRS -A-3520, Braunschweig 26.04.2010
GSF 2006	GSF. Herleitung und Beschreibung des Konzepts zur Schließung der Schachtanlage Asse. 02.10.2006. http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Downloads/Asse/DE/IP/historische-dokumente/stilllegungskonzept-hmgu/12-schliessungskonzept.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016

IAEA 2011 International Atomic Energy Agency (IAEA). Disposal of radioactive waste – specific safety requirements. IAEA Safety Standards Series No. SSR-5, Wien, 2011, ISBN:978-92-0-103010-8

ICRP 2007 International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4), Elsevier, 2007, ISBN 978-0702030482

ICRP 2013 International Commission on Radiological Protection (ICRP). Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste. ICRP Publication 122. Ann. ICRP 42(3), Elsevier, 2013, ISBN 978-0-7020-5505-8

Krupp 2009 Krupp RE. Strömungs- und Transportmodell, Langzeitsicherheit Asse II. 29.12.2009. http://www.asse2.de/download/Krupp_Hydromodell.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016

Küppers et al. 2012 Küppers C, Ustohalova V, Steinhoff M. Modellierung des Transports von Radionukliden durch Gesteinsschichten und der resultierenden Strahlenexposition von Referenzpersonen: Berechnungen mit Parametern der Schachtanlage Asse II. Darmstadt, 21.5.2012. http://www.oeko.de/oekodoc/1263/2012-159-de.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016

Lex Asse 2013 Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013, Teil I Nr. 19, ausgegeben zu Bonn am 24. April 2013, p. 921f.

NEA 2011 Nuclear Energy Agency (NEA). Practices and Experience in Stakeholder Involvement for Post-nuclear Emergency Management, Summary of the Workshop organized by the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH) 12-14 October Bethesda, Maryland, United States, hosted by the NRC. NEA No. 6994. OECD 2011, ISBN 978-92-64-99166-8

NEA 2015 Nuclear Energy Agency (NEA). Stakeholder Involvement in Decision Making: A Short Guide to Issues, Approaches and Resources. NEA No. 7189. OECD 2015. http://www.oecd-nea.org/rwm/pubs/2015/7189-stakeholder-involvement-2015.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.09.2016

RSK/SSK 2008 Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) und Strahlenschutzkommission (SSK). Gemeinsame Stellungnahme der RSK und der SSK zum GRS-Bericht „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen“. Gemeinsame Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und der Reaktor-Sicherheitskommission, verabschiedet in der 224. Sitzung der SSK am 03.07.2008 und in der 408. Sitzung der RSK am 09.05.2008. In: Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 2008. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 67, H. Hoffmann GmbH - Fachverlag, Berlin, 2011, ISBN 978-3-87344-167-5

SSK 2008 Strahlenschutzkommission (SSK). Organisation und Durchführung des Strahlenschutzes in der Schachtanlage Asse II (Hintergrundinformation der SSK zur gemeinsamen Stellungnahme der ESK und der SSK zur Schachtanlage Asse II – Plausibilitäts-prüfungen von Angaben des Betreibers). Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 227. Sitzung der SSK am 25./26.09.2008. In: Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 2008. Veröffentlichungen der Strahlen-schutzkommission, Band 67, H. Hoffmann GmbH - Fachverlag, Berlin, 2011, ISBN 978-3-87344-167-5

SSK 2010 Strahlenschutzkommission (SSK). Radiologische Anforderungen an die Langzeitsicherheit des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM). Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 246. Sitzung der SSK am 02./03.12.2010. BAnz Nr. 138 vom 13.09.2011, S. 3189

SSK 2013 Strahlenschutzkommission (SSK). Ermittlung der Strahlenexposition. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 269. Sitzung der SSK am 12.09.2013. BAnz AT 23.05.2014 B4; urn:nbn:de:101:1-201405079359

SSK 2015 Strahlenschutzkommission (SSK). Weiterentwicklung des Notfallschutzes durch Umsetzen der Erfahrungen aus Fukushima. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 274. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 19./20.02.2015. BAnz AT 04.01.2016 B3; urn:nbn:de:101:1-201512213326

StrlSchV 2001 Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010) geändert worden ist