

Stellungnahme
zu Defiziten der Regelung
von Freigaben radioaktiver Stoffe
in der Bundesrepublik Deutschland

Auftraggeber:

BUND, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.

Auftragnehmer:

intac -

Beratung · Konzepte · Gutachten
zu Technik und Umwelt GmbH

Ansprechpartner: Dipl.-Phys. Wolfgang Neumann

Hannover, Oktober 2013

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung.....	3
1. Einleitung.....	8
2. Grundlagen für die Freigabe.....	10
3. Freigaberegulung in der Strahlenschutzverordnung.....	14
3.1 Allgemeines	14
3.2 Schutzziele	14
3.3 Abgrenzung zu Freigrenzen.....	15
3.4 Implementierung der Freigaberegulung 2001	15
3.5 Hauptkritikpunkte an der Freigaberegulung 2001	18
3.6 Änderung Strahlenschutzverordnung 2011	19
3.7 Fazit zu den Änderungen der Freigaberegulungen 2011	30
4. Tendenzen zur Erweiterung der Freigabemöglichkeiten	32
4.1 Abklinglagerung von Komponenten	32
4.2 Abklingen von Gebäuden	33
4.3 Liegenlassen von Boden und Fundamenten	34
4.4 Fazit zur Ausweitung der Freigabe nach Abklinglagerung	36
5. Probleme bei zulässigen Freigabepfaden	37
5.1 Grundsätzliche Situation	37
5.2 Uneingeschränkte Freigabe.....	38
5.3 Freigabe zur Beseitigung auf Deponien.....	41
6. Freigabe radioaktiver Stoffe international	47
6.1 Neuere Entwicklungen in internationalen Gremien	47
6.2 Freigabe in EU-Mitgliedsstaaten.....	49
6.3 Beispiel Frankreich	50
7. Mengengerüst für die Freigabe in Deutschland.....	53
Literaturverzeichnis	57
Versicherung und Danksagung	63

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 4.1: Abklinglagerung von Großkomponenten im Zwischenlager Nord in Lubmin	33
Abb. 6.1: Konzeptdarstellung eines oberflächennahen Endlagers für sehr gering radioaktive Abfälle in Frankreich	51
Abb. 7.1: Abbaumassen für die Kontrollbereiche der Atomkraftwerke Stade und Würgassen	54
Abb. 7.2: Zeitlicher Ablauf der Stilllegungen der Atomkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland	55

Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 6.1: Vergleich von Freigabewerten im Vorschlag zur neuen EU-Grundnorm mit denen in der gültigen Strahlenschutzverordnung	48

Zusammenfassung

Im Jahr 2001 wurde in die bundesdeutsche Strahlenschutzverordnung eine Regelung zur Freigabe gering radioaktiver Stoffe aus der atomrechtlichen Aufsicht in den konventionellen Bereich aufgenommen. Diese Regelung wurde mit den Änderungen der Strahlenschutzverordnung 2011 in Teilen modifiziert.

Die Grundlage für die Freigaberegulation in der Strahlenschutzverordnung ist das von der Internationalen Atomenergie Organisation (IAEO) erdachte 10- μ Sv-Konzept, das von der Europäischen Union 1996 in die Strahlenschutzgrundnorm übernommen wurde. Die Anwendung ist den Mitgliedsstaaten freigestellt. In den offiziellen internationalen Gremien werden 10 μ Sv/a zwar als triviale, also vernachlässigbare Dosis angesehen, gleichzeitig gilt aber die ebenfalls international anerkannte lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung, nach der auch bei geringer werdenden Strahlenbelastungen Schädigungen von Menschen auftreten können.

Die vom BUND zur Novellierung der Strahlenschutzverordnung im Jahr 2001 vorgebrachte Kritik ist, auch nach den Änderungen der Strahlenschutzverordnung 2011, zum größeren Teil weiter gültig.

Hinsichtlich der Umsetzung des 10- μ Sv-Konzepts der IAEO in die Strahlenschutzverordnung sind gegenüber 2001 keine Veränderungen erkennbar. Vor allem wurde keine einzuhaltende Kollektivdosis aufgenommen, die einzuhaltende Dosis hat nach wie vor Richtwertcharakter und die inhärente Sicherheit aller Freigabepraktiken ist nicht gewährleistet.

Bei der uneingeschränkten Freigabe wird durch die neu eingeführten höheren Werte für freigegebene Massen bis 100 Mg/a¹ die Möglichkeit geschaffen, mehr Radioaktivität mit festen Stoffen in die Umwelt freizugeben. Die der Festlegung der Freigabewerte zugrundeliegenden Modelle bzw. Szenarien wurden – soweit der zugänglichen Literatur zu entnehmen – nicht verändert. Deshalb ist die schon bei der Einführung der Freigabewerte 2001 vorgebrachte Kritik nicht abdeckender Vorgehensweise weiterhin gültig.

Für die uneingeschränkte Freigabe von Flüssigkeiten wurde die Anwendung der Freigabewerte auf bestimmte Arten und damit eher begrenzten Mengen beschränkt.

¹ Mg/a ist die physikalische Einheit für die Angabe der innerhalb eines Jahres anfallenden oder angefallenen Masse eines Stoffes. Im deutschen Sprachraum wurde früher anstatt „Mg“ oft die Einheit „t“ (Tonne) verwendet. 1 t = 1 Mg = 1.000 kg = 1.000.000 g.

Diese aus Strahlenschutzsicht zu begrüßende Änderung wird teilweise durch die Möglichkeit relativiert, neben der Ableitung von kontaminierten Wassern (§ 47 StrlSchV) zusätzlich auch kontaminierte Wasser mittels der Freigabe nach Einzelfallbewertung (§ 29 StrlSchV) in den Vorfluter einer Atomanlage einleiten zu können. Dies kann standort- und mengenabhängig zu einer erhöhten Ausschöpfung von Strahlenschutzgrenzwerten führen und damit dem Minimierungsgebot der Strahlenschutzverordnung widersprechen.

Unabhängig von der vorstehenden Kritik ist die uneingeschränkte Freigabe wegen

- ◆ der Unkontrollierbarkeit des Verbleibs,
- ◆ möglicher Ansammlung von Radionukliden jeder Art in beliebigen Objekten (auch Dingen des täglichen Umgangs) und
- ◆ der Erhöhung der Hintergrundstrahlung für die Bevölkerung

nach wie vor abzulehnen.

In der geänderten Strahlenschutzverordnung gibt es für Werte zur Freigabe von festen und flüssigen Stoffen zur Beseitigung, also Deponierung oder Verbrennung, die zwei Kategorien bis 100 Mg/a und 100 Mg/a bis 1.000 Mg/a. Für viele häufig freigegebene und strahlenschutzrelevante Radionuklide wurden die Freigabewerte in der Kategorie bis 100 Mg/a erhöht. Im Vergleich zu der alten Regelung ist davon auszugehen, dass das auf einer Deponie abgelagerte oder in einer Anlage verbrannte Radioaktivitätsinventar und damit auch die potenzielle Strahlenbelastung größer sein können.

Das für die Ableitung der Freigabewerte weiterentwickelte Modell ist, wie sein Vorgänger, nicht abdeckend. Die zu gering berücksichtigten jährlichen Freigabemassen und die unterstellte Verteilung auf viele Deponien sorgt für eine Unterschätzung der auf einer Deponie abgelagerten Radioaktivität. Die im Modell unterstellte Rückhaltung der Radionuklide durch die Deponieabdichtung und die Modellierung ihrer Ausbreitung bis zu einem möglichen Hausbrunnen in der Umgebung der Deponie sind ebenfalls nicht konservativ. Daraus folgt, dass die Freigabewerte zur Deponierung im Sinne eines vorbeugenden Strahlenschutzes zu hoch sind.

Vor der Erlaubnis der Freigabe zur Beseitigung von mehr als 10 Mg/a soll die hierfür zuständige Behörde das Einvernehmen mit der für die Beseitigungsanlage zuständigen obersten Landesbehörde herstellen. Dies ist eine begrüßenswerte und notwendige, aber nicht hinreichende Verbesserung der Kontrolle zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums am Standort der Beseitigungsanlage. Für eine nachhaltige Kontrolle ist die Bilanzierung von Masse und Radioaktivität bei allen freigebenden und allen annehmenden Anlagen erforderlich.

Unverständlich ist die vom Bundesumweltministerium nicht festgelegte Einbeziehung von Anlagen zur Rezyklierung von freigegebenem Metallschrott in die Regelung zum Einvernehmen.

Neben der Ausweitung der Freigabemöglichkeiten durch die teilweise Erhöhung der Freigabewerte gibt es außerdem die stärker werdende Tendenz zur Erhöhung der freigegebenen Stoffmasse und Radioaktivität durch längere Abklinglagerung von Großkomponenten, Gebäuden, Boden und Fundamenten. Die bisher als radioaktiv und damit kontrolliert zu behandelnden Materialien können nun durch ihre Freigabe für den unkontrollierten Umgang zusätzlich zu einer Ansammlung von Radionukliden in Umweltkompartimenten oder Gegenständen führen. Höhere Strahlenbelastungen können dadurch sowohl für die Bevölkerung als auch bzgl. der Kollektivdosis für Anlagenpersonal verursacht werden. Darüber hinaus werden auch viele der Argumente für den momentan von den Betreibern propagierten „Sofortigen Abbau“ der Atomkraftwerke nach ihrer Abschaltung konterkariert.

Die in dieser Stellungnahme identifizierten, aus Sicht des Strahlenschutzes zu kritisierenden Aspekte bekommen insbesondere vor dem Hintergrund der in der Bundesrepublik Deutschland zu erwartenden Freigabemassen erhöhte Bedeutung. Zu bereits laufenden Stilllegungs- und Abbauprojekten kommen etwa ab 2018 gleichzeitig Freigaben aus dem Abbau von den 8 seit der Reaktorkatastrophe in Fukushima im Nichtleistungsbetrieb befindlichen Reaktoren hinzu. Ist für die Freigabe aus diesen Anlagen ein hohes Massenniveau erreicht, fallen zusätzliche Freigabemassen aus den 9 zurzeit noch in Betrieb, dann aber zeitlich gestaffelt im Abbau befindlichen Reaktoren an. Die jährlichen Freigabemassen gering radioaktiver Stoffe können unter zusätzlicher Berücksichtigung der Freigaben aus anderen Atomanlagen oder Tätigkeiten zeitweise um die 100.000 Mg betragen.

Ein Vergleich von nach Strahlenschutzrelevanz ausgewählten Freigabewerten in der Strahlenschutzverordnung mit Empfehlungen der Internationalen Atomenergie Organisation bzw. der Europäischen Kommission für gleiche Freigabepfade zeigt, dass die Werte der Strahlenschutzverordnung in der Regel höher sind.

In den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union gibt es teilweise vergleichbare Freigabepfade wie in der Bundesrepublik. In Spanien und Frankreich werden dagegen für gering radioaktive Abfälle eigene oberflächennahe Endlager betrieben.

Auf Grund der in der Bundesrepublik Deutschland hohen Bevölkerungsdichte und der im Rahmen der Regelung der Strahlenschutzverordnung großen Massen freigegebener Stoffe ist vom Gesetzgeber ernsthaft zu prüfen, ob eine Konzentrierung

Freigabe radioaktiver Reststoffe

dieser Stoffe in einem die notwendigen Rückhalteanforderungen erfüllenden oberflächennahen Endlager dem erforderlichen Strahlenschutz mehr gerecht wird als die Verteilung der Radioaktivität in verschiedenen Umweltkompartimenten und Gegenständen für den menschlichen Umgang.

1. Einleitung

Seit ihrer Novellierung im Jahr 2001 gibt es den § 29 in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), in dem die Freigabe von gering radioaktiven Stoffen aus dem atom- bzw. strahlenschutzrechtlichen in den konventionellen Bereich geregelt wird. Seine Einführung wurde damals auch unter Beteiligung des BUND heftig diskutiert. Aus dieser Diskussion sind einige Aspekte in einen Referentenentwurf im Jahr 2007 zur Änderung der Strahlenschutzverordnung, der auch die Regelungen zur Freigabe betraf, eingegangen. Im Rahmen der Verbändeanhörung nahm auch der BUND dazu Stellung. Die Verabschiedung der geänderten Strahlenschutzverordnung dauerte dann bis Ende 2011.

Es ist davon auszugehen, dass die Massen freigegebener Stoffe in den nächsten Jahren stark zunehmen werden. Dies hängt vor allem mit der gleichzeitigen Stilllegung mehrerer Atomkraftwerke (AKW) zusammen, wobei vor allem große Massen Bauschutt und Metalle anfallen werden. Bereits jetzt gibt es Weigerungen von Depo-niebetreibern, freigegebenen Bauschutt aus stillgelegten AKW anzunehmen. Es gewinnt aber auch die Abklinglagerung immer größere Bedeutung, wodurch hauptsächlich Metalle zusätzlich zur Freigabe anfallen.

Angesichts der deutlich größer werdenden Menge der in der Bundesrepublik Deutschland pro Jahr anfallenden gering radioaktiven Abfälle, die freigegeben werden sollen, ist die Einhaltung des mit § 29 StrlSchV verbundenen Schutzzieles im Bereich von 10 $\mu\text{Sv/a}$ zusätzlich infrage gestellt.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, das Thema Freigabe in der BUND Atom- und Strahlenkommission (BASK) zu diskutieren und durch den BUND wieder verstärkt in die Öffentlichkeit zu bringen. Als Grundlage hierfür wurde die Erarbeitung einer Studie vorgeschlagen. Diese Studie soll keine allumfassende Bewertung der Freigabe und aller mit ihr zusammenhängenden strahlenschutzrechtlichen, politischen, technischen und sonstigen Probleme leisten. Beispielsweise können in dieser Studie nicht alle Freigabepfade detailliert bewertet werden und es wird nicht auf das Vorgehen, die Messtechnik und die Messbedingungen bei der sogenannten Freimessung der Materialien zur Freigabe eingegangen. Auch eine strahlenbiologische Bewertung des 10- μSv -Konzepts ist nicht Bestandteil dieser Studie. Vielmehr sollen die Änderungen zur Freigabe in der Strahlenschutzverordnung und ihre Bedeutung sowie die Ent-

wicklungen in der Bundesrepublik Deutschland aufgezeigt werden. In der BASK wurde folgender Inhalt für die Studie vereinbart:

- ◆ Identifizierung und Bewertung der Änderungen in der Strahlenschutzverordnung.
- ◆ Abgrenzung zwischen Freigabewerten und Freigrenzen.
- ◆ Stand der Diskussion auf internationaler Ebene.
- ◆ Grobe Abschätzung des Mengengerüsts möglicher Freigabemassen und des zeitlichen Anfalls.
- ◆ Gefahren von Freigabepfaden.
- ◆ Tendenzen zur Ausweitung der Freigabe.
- ◆ Alternativen zum Umgang mit diesen Stoffen.

Mit der Erarbeitung der Studie wurde die intac GmbH beauftragt. Bei den Bewertungen wurden die bis Juli 2013 öffentlich zugänglichen Unterlagen berücksichtigt. Die Ergebnisse werden hiermit vorgelegt.

2. Grundlagen für die Freigabe

Sachlage

Die Freigabe von gering radioaktiven Stoffen für den konventionellen Umgang gab es in der Bundesrepublik Deutschland bereits vor der Regelung in der Strahlenschutzverordnung 2001 seit Ende der 1970er Jahre. Sie erfolgte anfangs unter anderem auf Grundlage eines Rundschreibens des damals zuständigen Bundesinnenministeriums [BMI 1979] bei Unterschreitung deutlich geringerer Werte als den in der Strahlenschutzverordnung als Freigrenzen festgelegten Radioaktivitätskonzentrationen und später auf Grundlage mehrerer Empfehlungen der Strahlenschutzkommission. Die rechtlichen Grundlagen für eine Freigabe zur Beseitigung und vor allem zur Wiederverwertung bzw. Wiederverwendung von Reststoffen im konventionellen Bereich wurden jedoch in Fachdiskussionen angezweifelt (siehe hierzu z.B. [INTAC 1997 und GÖK 2000])².

Unabhängig davon sah das Bundesumweltministerium die Notwendigkeit einer bundesweiten Vereinheitlichung der Vorgehensweise sowie angesichts der größer werdenden Massen von freizugebendem Material eine klare, rechtlich belastbare Regelung als notwendig an.

Auch international führte das steigende Aufkommen der Abfälle (die Meeresversenkung war inzwischen per internationaler Konvention untersagt) und die damit zusammenhängenden ökonomischen Aufwendungen bei einer Endlagerung gering radioaktiver Stoffe zu Überlegungen bezüglich des Umgangs. Spätestens seit Beginn der 1980er Jahre wurde als Ausweg nach einer Abgrenzung gesucht, die die Entsorgung großer Teile der radioaktiven Abfälle mit geringerer Radioaktivität als konventionelle Abfälle erlaubte. Bei der IAEA wurde daher ein Konzept entwickelt, in dem der Umgang mit schwach radioaktiven Abfällen unterhalb einer bestimmten Dosis nicht mehr durch Anforderungen aus dem Atomrecht reglementiert sein sollte [IAEA 1983].

Trotz Anerkennung der von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) vertretenen linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung, bei der es keinen Schwellenwert für mögliche Schädigungen gibt, hat die IAEA in den „Principles for the Exemption of

² Aus heutiger Sicht ist das zwiespältig, weil einerseits die rechtliche Grundlage sehr wackelig war, andererseits aber die in vielen Freigabegenehmigungen vorgeschriebenen Werte mit dem 10^{-5} -fachen der Freigrenzen zum Teil niedriger waren als die heutigen Freigabewerte.

Radiation Sources and Practices from Regulatory Control“ Werte empfohlen, bei deren Unterschreitung Unbedenklichkeit attestiert wird [IAEA 1988]:

- ◆ Die maximale Individualdosis (effektive Äquivalentdosis) durch die Gesamtheit aller Freigabepraktiken soll einige 10 $\mu\text{Sv/a}$ nicht überschreiten.
- ◆ Die maximale Individualdosis durch eine bestimmte Freigabepraktik soll 10 $\mu\text{Sv/a}$ nicht überschreiten.
- ◆ Wird durch eine bestimmte Freigabepraktik die Kollektivdosis von 1 PersonenSv pro Jahr überschritten, so ist eine Optimierung mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen.

Mit diesem 10- μSv -Konzept wird als ein zentrales Kriterium eine auf ein Jahr bezogene Individualdosis (Strahlenbelastung) für eine Person aus der Bevölkerung angegeben, bei der die IAEA davon ausgeht, dass Maßnahmen zur Reduzierung einer solchen Belastung wegen des als gering anzusehenden Risikos unnötig sind. Das heißt, diese Dosis wird von der IAEA ohne weitere Minimierung als akzeptabel für eine Person aus der allgemeinen Bevölkerung angesehen. Die These, dass es sich bei einer Strahlenbelastung von 10 μSv um ein akzeptables Risiko handelt, wurde mit zwei Argumenten begründet:

- a) Es wird davon ausgegangen, dass das Sterblichkeitsrisiko für eine Person 10^{-6} bis 10^{-7} pro Jahr betragen darf. Bei einem Risikofaktor (Proportionalitätsfaktor zwischen der erhaltenen Dosis und der Wahrscheinlichkeit einer strahlungsbedingten tödlichen Krebserkrankung bzw. einer ernsthaften Erbmaterialschädigung der ersten Generation) von damals im Mittel 10^{-2} Sv^{-1} ergibt sich daraus eine Dosis von 10 $\mu\text{Sv/a}$ - 100 $\mu\text{Sv/a}$.
- b) Eine Dosis, die klein im Vergleich zur Schwankungsbreite der natürlichen radioaktiven Hintergrundstrahlung ist, ist nach Ansicht der IAEA als gering zu bezeichnen. Die Strahlenbelastung durch natürliche Quellen beträgt ca. 2 mSv/a und die Schwankungsbreite ein Prozent bis einige Prozent davon, d.h. etwa 20 - 100 μSv .

In [IAEA 1988] wird außerdem festgestellt, dass die abgeleiteten Dosisbereiche wenige Prozent des von der ICRP für den Umgang mit radioaktiven Stoffen angegebenen Gesamtgrenzwertes von 1 mSv für die jährliche Strahlenbelastung einer Person aus der Bevölkerung betragen. Damit sei eine durch die Freigabe radioaktiver Stoffe verursachte Dosis von 10 $\mu\text{Sv/a}$ auch mit den Empfehlungen der ICRP kompatibel.

Um die Möglichkeit für nicht vorhergesehene Probleme einzuschränken wurde von der IAEA empfohlen, dass eine Freigabe nur erfolgen sollte, wenn Quelle und Praktik

inhärent sicher sind und keine Szenarien möglich sind, die zu einer Überschreitung der Dosis, die Grundlage für die Genehmigung zur Freigabe war, führen.

Um die Wahrscheinlichkeit für Schädigungen zusätzlich zu begrenzen, hat die IAEA neben der Individualdosis eine zulässige Kollektivdosis durch die Freigabe von Abfällen festgelegt. Diese Dosis von 1 PersonenSv pro Jahr bedeutete bei Anwendung der von der ICRP genannten Risikokoeffizienten statistisch gesehen die Verursachung von 0,01 Krebstoten.

In der Europäischen Union (EU) wurde zum Teil parallel und auch auf Grundlage der konzeptionellen Überlegungen in der IAEA zum Umgang mit gering radioaktiven Abfällen gearbeitet. Im Mai 1996 wurde vom Rat der EU die Richtlinie „zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen“ veröffentlicht [EU 1996]. Sie enthält eine Regelung, die es erlaubt, radioaktive Stoffe bzw. Materialien aus einer genehmigungs- oder anzeigepflichtigen Tätigkeit freizugeben (beseitigen, wiederverwenden oder weiterverwerten), wenn die von der IAEA genannten Dosiswerte (einschl. Kollektivdosis) eingehalten werden.

Damit wurde das 10- μ Sv-Konzept der IAEA von der EU im Wesentlichen übernommen.

Bewertung

Das 10- μ Sv-Konzept ist nicht so unproblematisch wie von IAEA und EU-Kommission dargestellt.

Nach Stand von Wissenschaft und Technik ist von einer linearen Beziehung zwischen einer in einem menschlichen Kollektiv absorbierten Strahlendosis und der dadurch erzeugten Zahl von Krebs- oder genetischen Schädigungen auszugehen. Die Zahl von Schädigungen nimmt mit abnehmender Dosis proportional ab, das heißt die Wahrscheinlichkeit für die Schädigung einer bestimmten Person wird geringer. Daraus folgt aber: Auch eine geringe Strahlenbelastung von 10 μ Sv/a kann Schäden verursachen.

Der Risikokoeffizient der ICRP für stochastische Wirkungen (Krebs mit Todesfolge³ und genetische Schäden bei Nachkommen) nach Strahlenexposition bei niedriger Dosis beträgt $5,7 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ [ICRP 2007]. Er ist damit um mehr als den Faktor 5 höher

³ Es handelt sich nach ICRP um einen mit den nicht tödlichen Krebsfällen gewichteten Wert.

als der von der IAEA berücksichtigte Risikokoeffizient, auf dessen Grundlage die IAEA 10 $\mu\text{Sv/a}$ als völlig unbedenklich eingestuft hat. Auch für die Ermittlung dieses Risikokoeffizienten wurde von der ICRP ein Dosis- und Dosisrateneffektivitätsfaktor von 2 berücksichtigt. Dieser Faktor wird seit langer Zeit kritisiert [KÖHNLEIN 1991] bzw. von Forschungsinstituten wie dem RERF (Institut zur Erforschung der Folgen der Atombombenabwürfe) für nicht zutreffend gehalten [PIERCE 1996]. Inzwischen wird er auch vom deutschen Bundesamt für Strahlenschutz als wissenschaftlich nicht haltbar angesehen [BFS 2005]. Daraus folgt, dass der Risikokoeffizient um den Faktor 2 größer ist, also $1,14 \cdot 10^{-1} \text{ Sv}^{-1}$ bzw. $1,14 \cdot 10^{-7} \mu\text{Sv}^{-1}$ beträgt.

Aus diesem Stand der Dinge ergibt sich, dass sich durch die Freigabe radioaktiver Stoffe für den konventionellen Umgang nicht nur die Strahlenbelastung der Bevölkerung erhöht, sondern dass es auch zu Todesfällen kommen kann. Die statistische Wahrscheinlichkeit hierzu ist zwar relativ gering, aber keineswegs vernachlässigbar. Außerdem ist festzustellen, dass das Risiko der Schädigung bezogen auf die Individualdosis für eine Person nur relativ gering ist, wenn die Strahlenbelastung tatsächlich auf eine Dosis von 10 $\mu\text{Sv/a}$ beschränkt bleibt und diese Person nicht mehrfach und über viele Jahre von einer entsprechenden Strahlenbelastung betroffen ist. Außerdem muss sicher gewährleistet sein, dass die Kollektivdosis für die Bevölkerung nicht mehr als 1 PersonenSv pro Jahr beträgt. Nur unter diesen Voraussetzungen und bei Berücksichtigung der durch die Atomenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland gegebenen Umstände⁴ könnte eine mögliche Strahlenbelastung von 10 $\mu\text{Sv/a}$ als akzeptabel angesehen werden. Dies vor allem in Abwägung zu einem anderen Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen bzw. Abfällen. Ihre Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle kann bspw. insgesamt höhere Strahlenbelastungen verursachen.

Können die genannten Bedingungen für die Individual- und Kollektivdosis nicht sicher erfüllt werden, muss der Verbleib der gering radioaktiven Stoffe anders geregelt werden (siehe z.B. Kapitel 6.3).

⁴ Die Umstände sind:

- ◆ Die Stoffe/Abfälle sind bereits produziert.
- ◆ Die Menge der gering radioaktiven Abfälle ist sehr groß.
- ◆ Alle radioaktiven Abfälle sollen in tiefe geologische Endlager verbracht werden.
- ◆ Die Freigaberegulung ist bereits rechtlich verankert.

3. Freigaberegulation in der Strahlenschutzverordnung

3.1 Allgemeines

Die Freigabe radioaktiver Stoffe wurde bei der Neufassung der Strahlenschutzverordnung 2001 in den Regelungsinhalt eingebracht [SSV 2001]. Bis dahin erfolgten Freigaben in der Bundesrepublik Deutschland meist auf Grundlage von Empfehlungen der Strahlenschutzkommission bzw. auf Grund von Nachweisen gegenüber der zuständigen Länderbehörden für konkrete Fälle. Die Regelung der Freigabe in der Strahlenschutzverordnung ist als erforderlich angesehen worden, um die Genehmigungspraxis der Bundesländer zu vereinheitlichen und die Rechtsvorschriften der Europäischen Union (EU) in bundesdeutsches Recht umzusetzen.

Insbesondere handelt es sich dabei um die „Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen“ [EU 1996]. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die in Titel III, Artikel 5 der EU-Norm geregelte Freigabe für die EU-Mitgliedstaaten nicht verpflichtend, sondern freiwillig ist. Ihre Umsetzung in der Bundesrepublik Deutschland erfolgte nicht vollständig nach den Vorgaben der EU [GÖK/IFEU 2002].

3.2 Schutzziele

Schutzziele der Strahlenschutzverordnung sind nach § 5 die Einhaltung gegebener Dosisgrenzwerte und nach § 6 jede unnötige Strahlenbelastung oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

Im konkreten Fall der Freigabe radioaktiver Stoffe ist in § 29 StrlSchV als Schutzziel vorgegeben, dass diese nur erfolgen darf, wenn dadurch für Einzelpersonen aus der Bevölkerung für einen Freigabepfad keine größere effektive Dosis als im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr ($10 \mu\text{Sv/a}$) auftreten kann.

Ob hierfür auch das Minimierungsgebot gilt, ist umstritten. Dagegen wird argumentiert, dass Freigabewerte keine Grenzwerte sind, für die Pfade der uneingeschränk-

ten Freigabe keine Strahlenschutzauflagen erlassen sind und keine Überwachung gefordert ist [NÜSSER 2011]. In der Tat entspricht die Konstruktion der Freigabe eher keiner Minimierungsanforderung. Das ist auch logisch, wenn $10 \mu\text{Sv/a}$ als triviale Dosis bezeichnet wird. Aufgrund der international anerkannten linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung ist allerdings zu hinterfragen, ob die Nichtanwendung des Minimierungsgebotes mit dem Vorsorgegebot beim Strahlenschutz vereinbar ist.

3.3 Abgrenzung zu Freigrenzen

Die Freigabewerte (clearance levels) werden in Anlage III, Tabelle 1, Spalten 5 – 10a zu § 29 StrlSchV nuklidspezifisch als Inventarkonzentration in Bq/g und/oder in Oberflächenbelastungen in Bq/cm² angegeben. Sie legen fest, wann ein Stoff aus nach Atomgesetz oder Strahlenschutzverordnung genehmigten Anlagen oder Tätigkeiten in den konventionellen Stoffkreislauf abgegeben werden kann. Der Stoff unterliegt dann keiner strahlenschutztechnischen Überwachung mehr.

Die Freigrenzen (exemption levels) werden in Anlage III, Tabelle 1, Spalten 2 – 3 zu § 29 StrlSchV nuklidspezifisch als Gesamtinventar des zum Umgang vorgesehenen Stoffes in Bq oder als Radioaktivitätskonzentration in Bq/g angegeben. Sie regeln ab wann ein Stoff der Überwachung nach § 7 StrlSchV unterliegen muss, das heißt der Umgang genehmigt werden muss.

Die konkreten Werte für die Freigrenzen und die Freigabe sind für ein bestimmtes Radionuklid unterschiedlich. In der Regel sind die Freigabewerte niedriger als die Freigrenzen, sie dürfen maximal gleich groß sein. Zusammengefasst ist der Unterschied, dass die Freigrenzen den „Eingang“ in die Strahlenschutzverordnung festlegen und die Freigabewerte den „Ausgang“. Dabei sind die Freigrenzen in der Regel für eine begrenzte, mehr oder weniger geringe Stoffmenge gedacht, während die Freigabe größere Massen von gering radioaktiven Stoffen betreffen kann.

3.4 Implementierung der Freigaberegulung 2011

Zur Herstellung des Zusammenhangs für die Bewertung der Veränderungen der Freigaberegulung 2011 und zum besseren Verständnis, wird hier zunächst die Freigaberegulung in der Strahlenschutzverordnung 2001 dargestellt.

Nach § 29 StrlSchV soll die Freigabe radioaktiver Reststoffe auf Antrag des Betreibers der Atomanlage von der zuständigen atomrechtlichen Genehmigungs- oder

Aufsichtsbehörde (unterschiedliche Zuständigkeit in den Bundesländern) erteilt werden.

In Anlage III der Strahlenschutzverordnung wurden Freigabewerte für nuklidspezifische Radioaktivitätskonzentrationen bzw. -kontaminationen festgelegt. Diese Werte müssen für eine Freigabe unterschritten werden. Darüber hinaus wurden in Anlage IV noch einige Randbedingungen festgelegt.

Bei Auftreten von Radionuklidgemischen in den Reststoffen ist eine Summenformel zur Feststellung der Unterschreitung anzuwenden.

Nuklidspezifische Werte für die uneingeschränkte Freigabe wurden in § 29 StrlSchV festgelegt für:

- a) Feste Stoffe (mit Ausnahme von c) in Bq/g. Sofern eine feste Oberfläche vorhanden ist, sind zusätzlich Werte für Oberflächenkontaminationen zu berücksichtigen. Bei der Freigabemessung darf die Mittelungsmasse bezüglich der Aktivitätskonzentration 300 kg nicht wesentlich überschreiten und die Mittelungsfläche bezüglich der Oberflächenkontamination bis zu 1.000 cm² betragen.
- b) Flüssige Stoffe in Bq/g.
- c) Bauschutt und Bodenaushub bei einer Menge von mehr als 1.000 Mg/a in Bq/g. Die Mittelungsmasse bei der Freigabemessung darf für Bauschutt in der Regel bis zu 1 Mg betragen und für Bodenaushub 300 kg nicht wesentlich überschreiten.
- d) Bodenflächen in Bq/cm². Die Mittelungsfläche bei der Freimessung darf bis zu 100 m² betragen. Bei der Kontaminationsermittlung dürfen nur die Kontaminationen berücksichtigt werden, die durch die Anlage auf dem Betriebsgelände entstanden sind.
- e) Gebäude zur Wieder- und Weiterverwendung in Bq/cm². Die Mittelungsfläche bei der Freimessung darf bis zu 1 m² betragen. Die Freimessung kann mit einem Stichprobenverfahren erfolgen.

Nuklidspezifische Werte für die eingeschränkte Freigabe wurden in § 29 StrlSchV festgelegt für:

- a) Beseitigung fester Stoffe in Bq/g. Sofern eine feste Oberfläche vorhanden ist, sind zusätzlich Werte für Oberflächenkontaminationen zu berücksichtigen. Bei der Freigabemessung darf die Mittelungsmasse bezüglich der Aktivitätskonzentration 300 kg nicht wesentlich überschreiten und die Mittelungsfläche bezüglich

der Oberflächenkontamination darf bis zu 1.000 cm² betragen. Die Freigabewerte sind gleich oder höher als für die uneingeschränkte Freigabe. Die freigegebenen Stoffe müssen ohne biologische und chemische Behandlung auf einer Deponie oder in einer Verbrennungsanlage beseitigt werden. Die Freigabewerte gelten nicht für Bauschutt und Bodenaushub bei einer freizugebenden Masse von mehr als 1.000 Mg/a.

- b) Beseitigung flüssiger Stoffe in einer Verbrennungsanlage in Bq/g.
- c) Rezyklierung von Metallschrott in Bq/g. Sofern eine feste Oberfläche vorhanden ist, sind zusätzlich Werte für Oberflächenkontaminationen zu berücksichtigen. Bei der Freigabemessung darf die Mittelungsmasse bezüglich der Aktivitätskonzentration 300 kg nicht wesentlich überschreiten und die Mittelungsfläche bezüglich der Oberflächenkontamination darf bis zu 1.000 cm² betragen. Der Metallschrott muss eingeschmolzen werden. Es darf sich nicht um Verbundstoffe mit nichtmetallischen Komponenten handeln.
- d) Gebäude zum Abriss in Bq/cm². Die Mittelungsfläche bei der Freimessung darf bis zu 1 m² betragen. Die Freimessung kann mit einem Stichprobenverfahren erfolgen.

Bei der eingeschränkten Freigabe muss nach § 29 Abs. 2 StrlSchV bei den Punkten Ba) bis Bc) der zuständigen Behörde vor Erteilung der Freigabe eine Erklärung des Antragstellers über den Verbleib des künftigen Abfalls und eine Annahmeerklärung des Verwerters oder Beseitigers vorgelegt werden.⁵

Wird der Behörde die Einhaltung der in Anlage III festgelegten Freigabewerte unter den in Anlage IV der Strahlenschutzverordnung festgelegten Randbedingungen nachgewiesen, so kann sie von der Erfüllung der Dosisanforderung (Strahlenbelastung im Bereich von 10 µSv/a) ausgehen. Dies soll für die Beseitigung von festen und flüssigen Stoffen (Punkte Ba und Bb) nach § 29 Abs. 2 StrlSchV dann nicht gelten, wenn der zuständigen Behörde Anhaltspunkte für eine mögliche Überschreitung der Dosisanforderung vorliegen. Nach amtlicher Begründung bezieht sich dies auf große Freigabemassen verschiedener Betreiber, die auf die gleiche Hausmülldeponie beseitigt werden sollen [BMU 2001].⁶

⁵ Hinweis: Dadurch soll auch das allgemeine Abfallrecht im Hinblick auf die Zulässigkeit der Entsorgung berücksichtigt werden.

⁶ Hinweis: Der Passus mit den Anhaltspunkten ist erst im Laufe der Diskussion vor der Novellierung der Strahlenschutzverordnung aufgrund massiver Kritik in den § 29 StrlSchV aufgenommen worden, siehe u.a. [NEUMANN 2000].

Werden für die uneingeschränkte Freigabe von Bodenflächen (Ad) und von Gebäuden (Ae) sowie für die Freigabe von festen Stoffen zur Beseitigung (Ba) und von Gebäuden zum Abriss (Bd) Randbedingungen aus der Anlage IV nicht erfüllt bzw. existieren für Radionuklide keine Freigabewerte, kann der Nachweis der Einhaltung des Bereiches von 10 μSv unter Berücksichtigung von Berechnungsvorgaben für die Strahlenbelastung auch auf andere Weise (z.B. durch Gutachten) geführt werden.

Für alle Freigabewerte darf die Unterschreitung der Freigabewerte nach § 29 Abs. 2 StrlSchV nicht durch zielgerichtetes Vermischen oder Verdünnen erreicht werden.⁷

Außer im § 29 StrlSchV gibt es auch in § 70 StrlSchV Regelungen zur Freigabe.

Nach § 70 Abs. 2 StrlSchV müssen vom Betreiber die jährlich freigegebene Masse, die dafür genutzten Freigabepfade und der tatsächliche Verbleib der zuständigen Behörde (Aufsichtsbehörde der betriebenen Atomanlage) mitgeteilt werden.

Nach § 70 Abs. 3 StrlSchV muss der Betreiber über die Freigabe Buch führen. Auch über die spezifischen Aktivitäten und Radionuklidsorten.

Nach der Allgemeinen Begründung zur Strahlenschutzverordnung [BMU 2001] wurden Mitteilungspflicht und Buchführung ausdrücklich eingeführt, um die Bestandsentwicklung radioaktiver Stoffe in der Anlage kontrollieren zu können.⁸

3.5 Hauptkritikpunkte an der Freigaberegulung 2001

Eine ausführliche Kritik der Regelungen zur Freigabe in der Strahlenschutzverordnung 2001 ist in [GÖK/IFEU 2002] nachzulesen. Hier sollen nur die Hauptkritikpunkte genannt werden:

Die Vorgaben der IAEA-Empfehlungen [IAEA 1988] und der EU-Richtlinie [EU 1996] wurden in der Strahlenschutzverordnung 2001 nur unzureichend umgesetzt. Dies führt zu einem geringeren Strahlenschutz als bei der Entwicklung des 10- μSv -Konzeptes vorgesehen war. Die diesbezüglichen Hauptmängel sind:

⁷ Hinweis: Es ist zu beachten, dass bei Freimessung größerer Massen durch eine Messung (bspw. von Betonschutt) bereits eine Durchmischung stattfindet. Außerdem wird nach der Freigabe für die Ermittlung der Einhaltung des Schutzzieles (im Bereich von 10 $\mu\text{Sv/a}$) auf Basis der Freigabewerte eine Durchmischung nicht nur zugelassen, sondern sogar unterstellt.

⁸ Hinweis: Eine bilanzierende Kontrolle für den Verbleib der freigegebenen Radionuklide wird in diesem Zusammenhang nicht erwähnt. Deshalb ist insbesondere bei Bundesland überschreitenden Grenzen keine Kontrolle des Zielortes der freigegebenen Materialien gegeben.

- ◆ Die zulässige Individualdosis als Folge einer Freigabepraktik wird nicht als Grenzwert, sondern lediglich als ungefährender Richtwert festgelegt.
- ◆ Im Verordnungstext ist keine einzuhaltende Kollektivdosis festgeschrieben.
- ◆ Unzureichende Abschätzung des Mengengerüsts möglicher Freigabemassen und des zeitlichen Anfalls.
- ◆ Die Werte für die uneingeschränkte Freigabe sind in der Strahlenschutzverordnung höher als von der Europäischen Kommission vorgeschlagen.
- ◆ Es wird die Freigabe gering radioaktiver Flüssigkeiten ohne Mengenbegrenzung zugelassen.
- ◆ Die Vorgaben zur Einhaltung der 10 µSv/a am jeweiligen Standort einer Beseitigungs- oder Rezyklierungsanlage sind mangelhaft.
- ◆ Die Modellierung zur Ableitung der Freigabewerte für die Deponierung ist mangelhaft.

3.6 Änderung Strahlenschutzverordnung 2011

Für die Änderung der Strahlenschutzverordnung – auch in Bezug auf die Freigaberegulungen – wurde im Jahr 2007 vom Bundesumweltministerium (BMU) ein Referentenentwurf veröffentlicht. Der BUND hat hierzu eine Kurzstellungnahme beauftragt und sich auf Grundlage der Ergebnisse in der Stellungnahme [GÖK 2007] an der Anhörung beteiligt. Die Weiterbearbeitung des Referentenentwurfs im BMU mündete in den Änderungsvorschlägen die 2011 vom Gesetzgeber verabschiedet wurden.

Im Folgenden werden die Änderungen zur Freigaberegulierung in der Fassung der Strahlenschutzverordnung von 2011⁹ kurz referiert und bewertet.

Außer einer Reihe von formalen, zusammenfassenden und sprachlichen Änderungen in der Freigaberegulierung wurden folgende strahlenschutzrelevanten Änderungen vorgenommen:

§ 29 Absatz 1 StrlSchV

Es wurde eingefügt „§ 47 StrlSchV bleibt unberührt“.

⁹ Die Änderungen im § 29 StrlSchV im Jahr 2012 [SSV 2012] waren rein formal, Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz wurde durch Kreislaufwirtschaftsgesetz ersetzt.

Bewertung/Kommentar:

Der § 47 StrlSchV regelt die Begrenzung von Ableitungen über das Abwasser im Normalbetrieb einer Atomanlage. Diese Begrenzung soll für die abgebende Anlage trotz der Möglichkeit der Freigabe von Wässern ebenfalls weiter angewendet werden können. Das bedeutet, der Anlagenbetreiber kann zusätzlich zur Ableitung (§ 47 StrlSchV) Wasser in den Vorfluter freigeben (§ 29 StrlSchV). Dies ist unter Strahlenschutzaspekten nicht zu akzeptieren. Die genehmigten Werte für die Ableitung von Wässern sollten die Höchstgrenze für die abzugebende Aktivität der Radionuklide in den Vorfluter und damit in die Umgebung sein. Freigegebene Wässer können sonst mindestens im Extremfall bei Ausschöpfung der Ableitungswerte für die nach § 47 StrlSchV abgeleiteten Wässer eine zusätzliche Belastung verursachen, mit der das Schutzziel für die Ableitung überschritten wird.

§ 29 Absatz 2 Satz 2 Punkt 1 a) StrlSchV und Anlage III

Für bestimmte langlebige Radionuklide wurden für die uneingeschränkte Freigabe ohne Massenbegrenzung die Freigabewerte gesenkt. Gleichzeitig wurden für diese Radionuklide für die spezifische Radioaktivität bei Massen unter 100 Mg/a meist höhere als die alten Freigabewerte eingeführt. Diese neuen Freigabewerte sind in Anlage III der Strahlenschutzverordnung in Tabelle 3 zusammengefasst.

Bewertung/Kommentar:

Ein Vergleich der Freigabewerte in der Strahlenschutzverordnung von 2001 mit den von der Europäischen Kommission für feste Stoffe empfohlenen Freigabewerten [EC 2000] zeigte allein für die Radionuklide, die sich um mehr als den Faktor 3^{10} unterschieden, in 93 Fällen um bis zu drei Größenordnungen höhere Freigabewerte in der Strahlenschutzverordnung. Nur in 9 Fällen war es umgekehrt, mit bis zu einer Größenordnung höheren Werten in der EU-Empfehlung [GÖK/IFEU 2002]. Die Höhe der abgeleiteten Freigabewerte ist natürlich von den bei der Modellierung gewählten Randbedingungen abhängig, die unterschiedlich sein können. Da die Randbedingungen für die Werte der Europäischen Kommission und die in der Strahlenschutzverordnung aber im Wesentlichen gleich waren, kann auf eine mangelnde Konservativität bei den angenommenen Parametern für die Werte in der Strahlenschutzverordnung geschlossen werden.

¹⁰ Dieser Faktor ist im Rahmen der Modellbetrachtungen ein eher vernachlässigbarer Unterschied.

Die nun in der Strahlenschutzverordnung 2011 für unbegrenzte Massen (teilweise drastisch) gesenkten 18 Freigabewerte gehörten zu den 93 höheren Freigabewerten. Sie sind allerdings für Massen bis 100 Mg/a immer noch höher als die von der Europäischen Kommission empfohlenen Werte.

Durch die massenabhängig zum Teil höheren Freigabewerte als vor 2011 (z.B. für I-129 und U-235) und bei Zutreffen der Aussage der Strahlenschutzkommission, dass Freigaben überwiegend mit Massen bis 100 Mg/a erfolgen [SSK 2006], wird möglicherweise die Masse an freigegebenen Stoffen erhöht, da nun höhere Radioaktivitätsinventare möglich sind. Sollten doch größere Massen gering radioaktiver Stoffe anfallen, können Betreiber mit ausreichend Lagerkapazität nun Stoffe mit Werten oberhalb der nicht massenbegrenzten Freigabewerte für die in diese Regelung einbezogenen Radionuklide strecken, um die 100 Mg/a zu unterschreiten. Hinzu kommt, dass bspw. die genannten Radionuklide für den Langzeitsicherheitsnachweis bei Endlagern kritisch sind. Eine vermehrte Freigabe kann so die Nachweise für das Endlager entlasten. Damit hilft das Bundesumweltministerium zwar den Betreibern Kosten zu senken, die vermehrte Abgabe von Radionukliden in die Umwelt ist aber unter Strahlenschutzaspekten nicht akzeptabel.

Im Referentenentwurf zur Änderung der Strahlenschutzverordnung 2007 war zu § 29 Abs. 2 Punkt 1 bezüglich der uneingeschränkten Freigabe von festen und flüssigen Stoffen eine Massenbegrenzung von 1.000 Mg pro Jahr vorgesehen [BMU 2007a]. Die Einführung dieser Massenbegrenzung für alle Freigabewerte wurde aus nicht nachvollziehbaren Gründen wieder gestrichen. Die Bezüge, die in der Begründung zum Referentenentwurf stehen, sind nach wie vor zutreffend.

Die Nichtberücksichtigung der oberen Massenbegrenzung für den freizugebenden Stoff aus dem Referentenentwurf 2007 sowie die höheren Freigabewerte für Massen unter 100 Mg stellen eine nicht angemessene Verschlechterung des Strahlenschutzes dar.

§ 29 Absatz 2 Satz 2 Punkt 1 a) StrlSchV und Anlage IV Teil B sowie § 29 Absatz 2 Satz 3 StrlSchV und Anlage IV Teil A Punkt 2

Eine uneingeschränkte Freigabe ist auch für Flüssigkeiten zulässig. In Anlage IV Teil B wird nunmehr präzisiert, dass es sich bei diesen Flüssigkeiten zur uneingeschränkten Freigabe entsprechend den Freigabewerten in der Tabelle in Anlage III um Öle und ölhaltige Flüssigkeiten, organische Lösungs- und Kühlmittel handelt.

Allerdings wird diese stoffliche Einschränkung in Anlage IV, Teil A Punkt 2 wieder aufgehoben und für den Fall des Einzelfallnachweises¹¹ nach § 29 Absatz 2 Satz 3 StrlSchV auch die Freigabe von flüssigen Stoffen über vorhandene Ableitungswege erlaubt. Die Radioaktivitätswerte dürfen lediglich die Werte der Anlage VII Teil D Tabelle 4 Spalte 3 StrlSchV nicht überschreiten.

Bewertung/Kommentar:

Die Präzisierung zu den betroffenen Stoffen bedeutet, es dürfen keine kontaminierten Wasser unter Heranziehung der in Anlage III der Strahlenschutzverordnung festgelegten Freigabewerte uneingeschränkt freigegeben, also z.B. in den Vorfluter oder die Kanalisation abgegeben werden. Dies ist eine begrüßenswerte Verbesserung und trägt der diesbezüglich in [GÖK/IFEU 2002] vorgetragenen Kritik Rechnung. Die uneingeschränkte Freigabe von Wasser ist jedoch bei einer Einzelfallbewertung durch Ableitung möglich. Hierfür müssen die Ableitungswerte der Anlage VII Teil D Tabelle 4 Spalte 3 StrlSchV unterschritten werden. Vergleich der Freigabewerte mit den zulässigen Ableitungswerten in den Vorfluter:

H-3	Freigabewert 1.000 Bq/g Ableitungswert bis $10.000.000 \text{ Bq/m}^3 = 10.000 \text{ Bq/kg} = 10 \text{ Bq/g}$
Cs-137	Freigabewert 0,5 Bq/g Ableitungswert bis $30.000 \text{ Bq/m}^3 = 30 \text{ Bq/kg} = 0,03 \text{ Bq/g}$
Pu-239	Freigabewert 0,04 Bq/g Ableitungswert bis $200 \text{ Bq/m}^3 = 0,2 \text{ Bq/kg} = 0,0002 \text{ Bq/g}$

Der Vergleich dieser drei radiologisch wichtigen Radionuklide zeigt, dass die Radioaktivitätskonzentrationen über die Einzelfallbewertung bei einer Ableitung von Wasser geringer als die Freigabewerte sein müssen. Dies ist folgerichtig, da die Mengen abgeleiteten Wassers wesentlich größer sein werden als die Mengen freigegebener Öle oder ölhaltiger Flüssigkeiten.

Im Referentenentwurf zur Änderung der Strahlenschutzverordnung war eine Begrenzung der uneingeschränkt freigegebenen Flüssigkeit auf 1.000 Mg pro Jahr vorgesehen [BMU 2007a]. Wegen der vor allem während der Stilllegung anfallenden großen

¹¹ Hinweis: Einzelfall ist hier nicht mit in seltenen Fällen gleichzusetzen. Vielmehr bedeutet es, dass hier nicht die auf jeden Fall heranziehbaren Freigabewerte in Anlage III Tabelle 1 StrlSchV angewendet werden, sondern für den Freigabeantrag durch eigene Sicherheitsnachweise gesonderte Freigabewerte ermittelt werden. Der Einzelfall kann also beliebig häufig auftreten.

Mengen kontaminierter Wasser wäre zumindest eine Aufnahme dieser Begrenzung in die Strahlenschutzverordnung als zusätzlicher Schutz sinnvoll gewesen. Alternativ dazu wäre eine Begrenzung der zur Abgabe in den Vorfluter zulässigen Gesamtradioaktivität pro Jahr möglich. Eine Begrenzung ist notwendig weil

- ◆ der Verordnungstext so interpretiert werden muss, dass die nach § 29 StrlSchV freigegebenen und damit nicht mehr der Strahlenschutzverordnung unterliegenden Wasser zusätzlich zu den nach § 47 StrlSchV zulässigen Ableitungen in den Vorfluter abgegeben werden dürfen. Dadurch kann der Grenzwert nach § 47 StrlSchV real noch weiter ausgeschöpft werden, als dies ohnehin der Fall ist. Beispielsweise kann die zulässige Ableitung von kontaminiertem Wasser in Obrigheim bis zu 212 $\mu\text{Sv/a}$ verursachen [GEN 2008]. Damit ist der Grenzwert nach § 47 StrlSchV bereits zu zwei Drittel ausgeschöpft.
- ◆ das mit den Ableitungswerten der Anlage VII Teil D Tabelle 4 Spalte 3 StrlSchV verbundene Schutzziel 300 $\mu\text{Sv/a}$ und nicht das für die Freigabe vorgegebene Schutzziel 10 $\mu\text{Sv/a}$ ist. Dies ist eine Inkonsistenz, die einem nachhaltigen Strahlenschutz nicht gerecht wird.
- ◆ die Randbedingungen der nach Einzelfallentscheidung der Behörde erfolgenden Freigabe nicht festgelegt sind. Die in den vorstehenden Spiegelstrichen genannten Probleme sind deshalb nicht auszuschließen.

Ein weiterer Mangel der Einzelfallregelung ist, dass dem Verordnungstext in § 29 Abs. 2 Satz 3 und in Anlage IV nicht eindeutig zu entnehmen ist, ob außer über in den Vorfluter ableitungsfähige Flüssigkeiten hinaus auch andere Flüssigkeiten über andere Pfade als den Vorfluter mittels Einzelfallnachweis in die Umwelt freigegeben werden können.

Wie bereits in früheren Studien (z.B. [GÖK/IFEU 2002]) sei darauf hingewiesen, dass im Gegensatz zur Strahlenschutzverordnung in den bisherigen IAEA-Empfehlungen zur Freigabe und in der EU-Grundnorm keine uneingeschränkte Freigabe von Flüssigkeiten vorgesehen ist. Im Gegenteil wird von der IAEA gefordert, dass der freigegebene Stoff als Quelle und die Freigabepraktik inhärent sicher sein müssen (siehe Kapitel 2).

§ 29 Absatz 2 Satz 2 Punkt 1 c) StrlSchV und Anlage IV Teil E sowie Teil A Punkt 2

Die Freigabe von Bodenflächen darf wie bisher durch Messung der Flächenkontamination über eine Mittelungsfläche bis zu 100 m² oder künftig auch als Radioaktivitätskonzentration in einer Mittelungsmasse von bis zu 1 Mg erfolgen.

In Anlage IV, Teil A Punkt 2 wurde festgelegt, dass bei einer Freigabe von Bodenflächen mit Einzelfallnachweis nur solche Expositionspfade unberücksichtigt bleiben dürfen, die auf Grund der vorhandenen Standorteigenschaften, insbesondere der geografischen Lage und der geogenen Verhältnisse, ausgeschlossen sind.

Bewertung/Kommentar:

Hier dürfte es sich um eine Anpassung an die Praxis handeln, in der möglicherweise die Messung der Flächenkontamination nicht immer möglich oder sinnvoll ist. Allerdings öffnet es dem Betreiber neben den vorstehend genannten Fällen grundsätzlich neue Möglichkeiten, die Größe der freizugebenden Bodenfläche aus seiner Sicht zu optimieren.

Die Klarstellung hinsichtlich der Expositionspfade bei Einzelfallnachweisen ist zu begrüßen.

§ 29 Absatz 2 Satz 2 Punkt 2 a) sowie Anlage IV Teil C StrlSchV

Die für die Freigabe zur Beseitigung fester Stoffe auf eine Deponie gültigen Freigabewerte sind künftig nach Massen bis 100 Mg und Massen von 100 Mg bis 1.000 Mg aufgeteilt. Für die beiden Kategorien gibt es die neuen Spalten 9a und 9c in Anlage III Tabelle 1 StrlSchV.

In Anhang IV Teil C wurde bezüglich der Deponie ergänzt:

„Als Deponien für die Beseitigung freigegebener Stoffe sind nur solche Entsorgungsanlagen geeignet, die mindestens den Anforderungen der Deponieklassen nach § 2 Nummer 7 bis 10 der Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 11 der Verordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643) geändert worden ist, entsprechen und eine Jahreskapazität von mindestens 10 000 Tonnen im Kalenderjahr (Mg/a) oder 7 600 Kubikmeter im Kalenderjahr (m³/a) für die eingelagerte Menge von Abfällen, gemittelt über die letzten drei Jahre, aufweisen.“

Außerdem enthält Teil C nun Regelungen zu Radionuklidgemischen in zur Deponierung freizugebenden Stoffen, wenn in einem Jahr mehr als 1.000 Mg oder in einem Jahr sowohl in der Kategorie bis 100 Mg als auch in der Kategorie 100 Mg bis 1.000 Mg in einer Anlage deponiert werden sollen.

Bewertung/Kommentar:

Die neuen Freigabewerte sind für die Freigabemenge bis 100 Mg meist größer oder gleich (z.B. für die stilllegungsrelevanten Radionuklide H-3, C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, I-129, Cs-137, Eu-152, EU-154, Ra-226, Pu-239) und für die Freigabemenge 100 Mg bis 1.000 Mg kleiner als die bisherigen. Für einige Radionuklide, die zu den besonders langlebigen gehören (z.B. Cl-36, Tc-99, Cs-135, Th-232, U-238), wurden die Freigabewerte für beide Massenkategorien abgesenkt. In seltenen Fällen (z.B. Pu-241) wurden jeweils höhere Werte als vorher festgelegt.

Inwieweit sich durch die Aufspaltung mit höheren Freigabewerten für Massen bis 100 Mg und geringeren Freigabewerten von 100 Mg bis 1.000 Mg eine Verbesserung oder Verschlechterung des Strahlenschutzes ergibt, kann im Rahmen dieser Studie nicht abschließend ermittelt werden. Dies würde einen erheblichen Aufwand bedeuten und es wären Informationen über die Freigabepaxis der Betreiber erforderlich, die nicht frei zugänglich sind. Allerdings ist für die Modellierung zur Bestimmung der Freigabewerte festzustellen, dass in ihr bisher von 100 Mg pro Jahr und Deponie ausgegangen wurde, nun aber 1.000 Mg angenommen werden [BFS 2004]. Die Erhöhung der Freigabewerte für Freigabemassen bis 100 Mg und die zusätzlichen Radioaktivitätsinventare der Freigabemassen zwischen 100 Mg und 1.000 Mg weisen deshalb insgesamt auf eine Erhöhung des Radioaktivitätsinventars in der Zieldeponie hin. Außerdem weist eine Aussage der Strahlenschutzkommission (SSK) darauf hin, dass sich der Strahlenschutz für die allgemeine Bevölkerung eher verschlechtert. Nach SSK entsprechen Freigaben bis 100 Mg/a auch bei Stilllegungsprojekten dem Regelfall [SSK 2006]. Ist dies zutreffend, kann aufgrund der im vorstehenden Absatz aufgeführten Änderungen der Freigabewerte der größte Teil der Freigaben mit höheren Radioaktivitätskonzentrationen erfolgen als vorher. Das Gesamtradioaktivitätsinventar auf einer Deponie kann deshalb größer als vorher sein.

Fraglich ist, ob das nun höhere zulässige Radioaktivitätsinventar in der Deponie durch die Anforderungen an die Deponie in Anlage IV Teil C sowie dem in der Modellierung zur Ableitung der Freigabewerte berücksichtigten technischen Fortschritt bei den Einbauvorgängen gerechtfertigt werden kann. Zu den grundsätzlichen Problemen bei der Modellierung siehe Kapitel 6.2.

Nach dem Referentenentwurf zur Änderung der Strahlenschutzverordnung [BMU 2007a] sollten die jeweiligen Massenbegrenzungen sowohl für die Genehmigung zur Freigabe für eine Anlage als auch als Höchstwert für die an einem konkreten Standort zu beseitigende Massen aufgefasst werden. Die Begrenzung der maximal zuläs-

sigen Annahme von freigegebenen Materialien in einer Entsorgungsanlage entspräche in Teilen alten Forderungen zur Gewährleistung der Einhaltung des 10- μ Sv-Konzeptes auch am Standort der Entsorgungsanlage [GÖK/IFEU 2002]. Inwieweit die Massenbegrenzung auch in der nun geänderten Strahlenschutzverordnung tatsächlich für die Entsorgungsanlage gilt, kann dem Text nicht eindeutig entnommen werden.

§ 29 Absatz 2 Satz 2 Punkt 2 b) sowie Anlage IV Teil C StrlSchV

Die für die Freigabe zur Beseitigung fester und flüssiger Stoffe in einer Verbrennungsanlage gültigen Freigabewerte sind künftig ebenfalls nach Massen bis 100 Mg und Massen von 100 Mg bis 1.000 Mg aufgeteilt. Für die beiden Kategorien gibt es die neuen Spalten 9b und 9d in Anlage III Tabelle 1 StrlSchV.

Anhang IV Teil C enthält nun Regelungen zu Radionuklidgemischen in zur Verbrennung freizugebenden Stoffen, wenn in einem Jahr mehr als 1.000 Mg oder in einem Jahr sowohl in der Kategorie bis 100 Mg als auch in der Kategorie 100 Mg bis 1.000 Mg in einer Anlage verbrannt werden sollen.

Bewertung/Kommentar:

Die neuen Freigabewerte sind unter anderem für bei der Stilllegung relevanten Radionukliden (z.B. Co-60, I-129, Cs-135, Cs-137, Eu-152, EU-154, Th-232, U-238) für die Freigabemenge bis 100 Mg größer oder gleich und für die Freigabemenge 100 Mg bis 1.000 Mg kleiner als die bisherigen. Für einige Radionuklide, die zu den besonders langlebigen gehören (z.B. Cl-36, Tc-99), wurden sie insgesamt abgesenkt. Bei vielen Radionukliden, die zum Teil ebenfalls für die Stilllegung relevant sind, bleiben die maximal zulässigen Freigabewerte gleich (z.B. Fe-55, Np-237, Pu-239, Am-241) oder wurden sogar zum Teil drastisch erhöht (z.B. H-3, C-14, Ni-63, Sr-90, Ra-226, Pu-241).

Insgesamt sind die Aufteilung in Massenbereiche und die damit verbundenen neuen Freigabewerte eher dazu geeignet mehr Abfälle und damit auch Radionuklide freizugeben. Inwieweit die Auswirkungen der Freigabe durch eine im Vergleich zu 2001 bessere Rückhaltetechnik in Verbrennungsanlagen trotzdem gleich gehalten werden können, kann im Rahmen dieser Studie nicht überprüft werden.

§ 29 Absatz 2 neuer Satz 4 StrlSchV

Für die Freigabe zur Deponierung und Verbrennung sowie zum Metallrecycling kann die zuständige Behörde nunmehr auf den Nachweis darüber verzichten, dass die Werte der Oberflächenkontamination der Anlage III Tabelle 1 Spalte 4 eingehalten werden, wenn auszuschließen ist, dass Personen durch die freizugebenden Stoffe kontaminiert werden können.

Bewertung/Kommentar:

Diese Regelung ist eine Reduzierung des Aufwandes, der von den Abfallverursachern bisher für die Freigabe gefordert wurde und spart für diese Kosten. Strahlenschutzmäßig nachvollziehbar ist diese Regel nur, wenn der freizugebende Abfall in einem Kontrollbereich in einen dicht verschließbaren Behälter verpackt und in der Entsorgungsanlage mit diesem Behälter entsorgt wird. Für Deponie und Metallrecycling ist das theoretisch vorstellbar, für die Verbrennung nicht.

Ein Nachweis, dass der freizugebende Stoff in der Entsorgungsanlage fernhantiert aus dem Behälter direkt in den Bearbeitungsgang eingespeist wird, darf aus mehreren Gründen nicht ausreichend sein, u.a.:

- ◆ Die Zuverlässigkeit der Vorgänge in der Entsorgungsanlage wird nicht von der für die Freigabe zuständigen atomrechtlichen Genehmigungs- oder Aufsichtsbehörde geprüft.
- ◆ Während der Hantierung und dem Transport des befüllten Behälters kann sich Oberflächenkontamination lösen und den Behälterinnenraum kontaminieren. Da es sich aber um ein insgesamt freigegebenes Gebinde handelt, unterliegt der Behälter nach dem Entleeren keiner strahlenschutztechnischen Prüfung.

Bei einem nicht fernhantierten Umgang in der Entsorgungsanlage darf diese Befreiung auf keinen Fall gelten, da mangels Überwachung der Kontakt von Personen mit Kontaminationen nicht ausgeschlossen werden kann.

§ 29 Absatz 2 neuer Satz 5 und 6 StrlSchV

Folgende Regelung wurde neu in den § 29 StrlSchV aufgenommen:

„Die nach Satz 2 zuständige Behörde stellt im Fall einer beabsichtigten Freigabe zur Beseitigung von Massen von mehr als 10 Tonnen im Kalenderjahr zur Gewährleistung des Dosiskriteriums nach Satz 1 am Standort der Beseitigungsanlage das Einvernehmen mit der für den Vollzug dieser Verordnung

zuständigen obersten Landesbehörde her, in deren Zuständigkeitsbereich die freizugebenden Massen beseitigt werden sollen. Ist auf Grund einer Abschätzung nicht auszuschließen, dass mit der beabsichtigten Freigabe das Dosiskriterium nach Satz 1 nicht mehr erfüllt werden kann, teilt die für den Vollzug dieser Verordnung zuständige oberste Landesbehörde, in deren Zuständigkeitsbereich die freizugebenden Massen beseitigt werden sollen, das fehlende Einvernehmen der für die beabsichtigte Freigabe zuständigen Behörde innerhalb einer Frist von 30 Kalendertagen mit.“

Bewertung/Kommentar:

Es wird bereits seit langem eine Bilanzierung des Stoffeingangs von Anlagen zur Beseitigung freigegebener radioaktiver Stoffe gefordert (z.B. [NEUMANN 2000]). Dies ist offenbar auch nach der neuen Regelung nicht vorgesehen. Zumindest wird mit der neuen Regelung aber gewährleistet, dass überhaupt ein Überblick vorhanden ist, aus wie viel und welchen kerntechnischen Anlagen auf eine Beseitigungsanlage „entsorgt“ wird. Insofern ist diese Änderung notwendig aber nicht hinreichend. Dazu wäre eine Bilanzierung von freigegebener Masse und Radioaktivität für die Verursachungsanlage sowie eine ebensolche Bilanzierung für alle in eine Beseitigungsanlage eingehenden Stoffe erforderlich.

Fachlich vollkommen unverständlich ist, dass diese Regelung nur für Deponien und Verbrennungsanlagen gilt. Noch wichtiger ist diese Regelung für die Metallrecycling. Entsprechende Anlagen werden hier aber nicht erfasst.

§ 29 Absatz 5 Satz 2 StrlSchV

Die Annahmefähigkeit und –zusage zur Aufnahme eingeschränkt freigegebener Abfälle (Deponierung, Verbrennung, Metallschmelzen) kann künftig neben der Annahmeerklärung auch durch eine anderweitige Vereinbarung zwischen dem Antragsteller und dem Betreiber der Verwertungs- und Beseitigungsanlage nachgewiesen werden.

Bewertung/Kommentar:

Hierbei handelt es sich vermutlich um eine unkritische Entbürokratisierung durch die das Formular „Annahmeerklärung“ nicht mehr zwingend ist.

§ 70 Abs. 2 StrlSchV

Im Referentenentwurf von 2007 war vorgesehen der zuständigen Behörde auch die spezifische Radioaktivität und die enthaltenen Radionuklide zur Beseitigung vorgehener Reststoffe mitzuteilen. Dies ist durch Beschluss des Bundesrates gestrichen worden [BR 2011].

Bewertung/Kommentar:

Die Begründung des Bundesrates, dass durch diese Maßnahme der Strahlenschutz nicht verbessert werden kann, ist nicht nachvollziehbar. Die Behörde würde eine direkte Kontrollmöglichkeit erhalten, durch die die Einhaltung des Schutzzieles besser kontrolliert werden könnte.

Anlage III Tabelle 1 StrlSchV

Die bisherigen, nicht nach Masse und Anlagentyp unterschiedenen Freigabewerte in Spalte 9 zur Beseitigung auf Deponien oder in Verbrennungsanlagen wurden durch neue, unterschiedliche Freigabewerte in den Spalten 9 a-d ersetzt (siehe zu § 29 Absatz 2 Satz 2 Punkt 2 a) und b)). Da auch für die Freigabepfade uneingeschränkte Freigabe und Freigabe von Bauschutt und Bodenaushub eine Beseitigung auf einer Deponie möglich ist, mussten auch hierfür Freigabewerte verändert werden.

Für die uneingeschränkte Freigabe wurden die Freigabewerte in der Spalte 5, die höher als die neuen Werte in Spalten 9a oder 9b waren, in der Spalte 5 der neuen Strahlenschutzverordnung entsprechend abgesenkt. Das betrifft die Radionuklide Cl-36, Mn-53, Ni-59, As-74, Sr-90+, Mo-93, Tc-97, Tc-99, Sn-125, I-129, Ba-131, Cs-136, Ir-194, Hg-203, Tl-202, U-232, U-235+, Pu-237 und Ac-227+.

Für die Freigabe von Bauschutt und Bodenaushub wurden in Spalte 6 ebenfalls Werte angepasst. Hier sind es S-35, Cl-36, Mn-53, Ni-59, Sr-90+, Mo-93, Tc-97, Tc-99, Te-127m+, I-129, Ir-194, Np-237+.

Bewertung/Kommentar:

Ein Teil der Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe wurde verringert. Dies zeigt, dass die Ermittlung der Freigabewerte vorher nicht ausreichend konservativ war.

Die Freigabewerte für Bauschutt und Bodenaushub wurden auf die Werte der Spalte 9c abgesenkt. Diese Vorgehensweise ist allerdings nicht nachvollziehbar, da für die

Spalte 9c Massen bis 1.000 Mg pro Jahr zulässig sind, nach den Werten in Spalte 6 aber mehr als 1.000 Mg freigegeben werden können.

3.7 Fazit zu den Änderungen der Freigaberegulungen 2011

Zusammengefasst haben die wichtigsten Änderungen der Freigaberegulierung in der Strahlenschutzverordnung 2011 folgende Auswirkungen:

Die über die uneingeschränkte Freigabe in die Umwelt entlassene Radioaktivität kann sich insgesamt erhöhen, da bei Stoffmengen unter 100 Mg für bestimmte Radionuklide höhere Freigabewerte eingeführt wurden. Unabhängig davon wurde nach wie vor keine massenbeschränkende Obergrenze für die jährlich zulässige uneingeschränkte Freigabe in Bezug auf Anlagenbetreiber oder auf die Bundesrepublik insgesamt eingeführt. Dies kann insbesondere während der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen zu umfangreichen Freigaben von Radionukliden in die Umwelt führen. Ebenso kann es durch die nicht gegebene Begrenzung beispielsweise nach Störfällen zu umfangreichen Freisetzen von Radioaktivität mit flüssigen Stoffen in den Vorfluter kommen. Da letzteres unabhängig von den Ableitungen aus der Anlage nach § 47 StrlSchV erfolgen darf, können Konflikte mit der Einhaltung des Grenzwertes bzw. dem Minimierungsgebot bzgl. der Gesamtbelastung des Vorfluters auftreten.

Auch für die Beseitigung fester Stoffe auf eine Deponie kann nach der Änderung der Strahlenschutzverordnung mehr Radioaktivität freigegeben werden. Durch die massenbezogene Differenzierung der Freigabewerte können für den Fall der überwiegenden Freigabe von Chargen bis 100 Mg durch die dafür nun geltenden, im Vergleich zu den bisherigen Freigabewerten, überwiegend höheren Freigabewerte (insbesondere für weniger langlebige Radionuklide) mehr Radionuklide in den konventionellen Bereich freigegeben werden. Der technische Fortschritt bei der Deponierung (u.a. bei der Abdichtung), der zu einer Verringerung möglicher Strahlenbelastungen von Deponiearbeitern und Bevölkerung führen könnte, wird durch Anpassung der Modellannahmen bei der Bestimmung der Freigabewerte wieder aufgehoben. Eine Verbesserung des Strahlenschutzes ist durch die Änderungen in der Strahlenschutzverordnung diesbezüglich nicht zu erkennen.

Für die Freigabe zur Verbrennung wurden ebenfalls stoffmengenabhängige Freigabewerte eingeführt. Auch hier kann das eher zu einer Erhöhung der insgesamt freigegebenen Massen führen. Zusätzlich wurden die maximal zulässigen Freigabewerte

für einige Radionuklide erhöht. Insgesamt ist durch die Änderungen der Strahlenschutzverordnung eine Erhöhung des Radioaktivitätsinventars für den Freigabepfad Verbrennung zu erwarten.

Für Beseitigungsanlagen (Deponie, Verbrennungsanlage) wird bei Freigabe von mehr als 10 Mg in einem Jahr eine Mitteilung an die für diese Anlagen zuständige Landesbehörde vorgeschrieben, die bei Hinweisen für eine mögliche Überschreitung des Dosiskriteriums an dieser Beseitigungsanlage Rückmeldung geben soll. Dies ist zumindest eine graduelle Verbesserung der Möglichkeit, die Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts auch am Standort der Beseitigungsanlage zu kontrollieren. Für Anlagen zur Metallrecycling ist das allerdings nicht vorgesehen.

Auch mit der Novellierung der Freigaberegulierung in der Strahlenschutzverordnung 2011 wurde keine Begrenzung der Kollektivdosis eingeführt. Dies ist ein unhaltbares Versäumnis, da die durch die Freigabe verursachten Strahlenbelastungen auch im Sinne der herrschenden Strahlenschutzmeinung überhaupt nur als akzeptabel angesehen werden können, wenn sie insgesamt begrenzt sind. Aufgrund der linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung lässt sich im Sinne von § 4 Abs. 1 StrlSchV eine solche „Tätigkeit“ nur mit dieser Begrenzung rechtfertigen.

Dies ist nicht durch den Hinweis zu entkräften, dass Studien im Auftrag des Bundesumweltministeriums die Einhaltung dieser Kollektivdosis in der Bundesrepublik Deutschland ergeben hätten. Der in einer Studie ermittelte, mit Unsicherheiten behaftete Wert ist kein Ersatz für eine rechtswirksame Begrenzung in der Strahlenschutzverordnung. Die Überwachung der Einhaltung dieser Kollektivdosis ist von der zuständigen Bundesbehörde zu fordern, da sie bei einzelnen Freigabeentscheidungen jeweils zuständiger Landesbehörden nicht ausreichend geprüft werden kann.

4. Tendenzen zur Erweiterung der Freigabemöglichkeiten

4.1 Abklinglagerung von Komponenten

Bei der Stilllegung von Atomkraftwerken werden Komponenten abgebaut, die vor allem durch Radionuklide mit Halbwertszeiten von 30 oder weniger Jahren kontaminiert bzw. aktiviert sind. In der Vergangenheit wurden diese Komponenten überwiegend zerlegt und als radioaktive Abfälle behandelt. In den letzten Jahren werden jedoch zunehmend Methoden entwickelt, mit denen auch große Komponenten unzerlegt ausgebaut, gegen Freisetzung der radioaktiven Inventare mehr oder weniger gut gesichert und in diesem Zustand am Standort oder extern in ein Zwischenlager überführt werden. Die Komponenten sollen dann über einige Dekaden gelagert werden bis ihr Radioaktivitätsinventar soweit abgeklungen ist, dass Freigabewerte nach Anlage III, Tabelle 1, Spalte 5 oder 10a unterschritten werden.

Es ist sogar die Abklinglagerung von Reaktordruckbehältern (RDB) möglich. Es gibt Fälle, bei denen nach einer Abklinglagerung von 70 Jahren der gesamte Behälter freigegeben werden kann [BRENK 2012]. Hierfür finanziert das Bundesumweltministerium Forschungsprogramme, in deren Rahmen Computermodelle und Rechen-codes entwickelt werden. Mit diesen soll zunächst die Aktivierung des RDB während der Betriebszeit simuliert und ausgehend von der Abschaltung des Reaktors das Abklingen bis zur Unterschreitung der Freigabewerte berechnet werden [WEHFRTZ 2013].

Die Abklinglagerung großer metallischer Komponenten, die bei sofortiger oder zeitnaher Zerlegung als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssten, führt zu einer deutlichen Massenvergrößerung der Freigabe von Materialien, die ein Radioaktivitätsinventar knapp unterhalb der Freigabewerte besitzen. Kommt es zu einer Konzentrierung der Freigabe dieser Materialien in einem bestimmten Zeitraum und der Bearbeitung zur Wiederverwendung in einer bestimmten Anlage oder einem bestimmten Produkt, ist eine Überschreitung der nach Strahlenschutzverordnung zulässigen Strahlenbelastung von 10 $\mu\text{Sv/a}$ für Personen aus der Bevölkerung nicht sicher auszuschließen. Dies gilt insbesondere wegen der gleichzeitigen Stilllegung von acht Reaktoren.

Neben den zusätzlichen Strahlenbelastungen durch Freigabe nach Abklinglagerung für die Bevölkerung, sind auch höhere Strahlenbelastungen für das Personal mög-

lich. Die Zerlegung von Komponenten wird genauso wie der unzerlegte Ausbau fernbedient durchgeführt. Die hierbei und für die jeweilige Vorbereitung auftretenden Strahlenbelastungen dürften sich nicht wesentlich unterscheiden. Ebenfalls vergleichbar dürften die Strahlenbelastung durch Verladung und Transport zum Endlager bzw. Zwischenlager sein. Zusätzliche Strahlenbelastungen für Personal treten aber durch die mehrjährige, zum Teil Jahrzehnte lange Abklinglagerung auf. Daraus ist zu schließen, dass die Abklinglagerung großer Komponenten nicht aus Strahlenschutz, sondern aus Kostengründen durchgeführt wird.



Abb. 4.1: Abklinglagerung von Großkomponenten im Zwischenlager Nord in Lubmin (Quelle EWN)

4.2 Abklingen von Gebäuden

Es gibt Bestrebungen, die Abklinglagerung auch auf Gebäude des Kontrollbereiches auszudehnen. Sie sollen nicht nach gegenwärtigem Freigabereglement (Freimesung an stehender Struktur oder am abgerissenen Bauschutt) behandelt werden. Vielmehr soll auch hier das Abklingen genutzt werden.

Als erster Betreiber von Atomanlagen haben die bundeseigenen Energiewerke Nord (EWN GmbH) diese Vorgehensweise erwogen und beantragt. Das Reaktorgebäude in Rheinsberg soll aufgrund der höher als ursprünglich gedachten Gebäudekontaminationen aus Kostengründen einige Jahrzehnte abklingen, bevor es konventionell abgerissen werden soll [TELEX 2009].

Die Freimessung soll mit Bezug auf so genannte Sanierungswerte erfolgen. Diese werden auf Basis der Freigabewerte in Anlage III, Tabelle 1, Spalte 10 errechnet. Je nachdem, wie lange das Abklingen von den Sanierungswerten auf die Freigabewerte dauert, werden die Gebäude „stehen gelassen“. Nach Ablauf dieser Zeit sind die Gebäude automatisch freigegeben und können konventionell abgerissen werden. [BRENK 2009].

Das Jahrzehnte lange Stehenlassen von kontaminierten Gebäuden ist aus Strahlenschutzgründen ebenfalls abzulehnen:

- ◆ Die Radioaktivität der freigegebenen Radionuklide dürfte sich dadurch erhöhen, da massenmäßig mehr freigegeben werden kann als Radionuklide durch das Abklingen zerfallen.
- ◆ Der automatische Übergang in den konventionellen Bereich auf Grundlage der im Freigabebescheid mit den Sanierungswerten ermittelten Lagerzeit ohne erneute Kontaminationsmessungen erfüllt nicht das nach Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung eigentlich zu verfolgende Vorsorgeprinzip.
- ◆ Es besteht die Gefahr, dass es durch Verwitterung der Betonstrukturen zu – wenn auch geringen – Freisetzungen radioaktiver Stoffe kommt. Es sind keine Maßnahmen zur Überwachung von Freisetzungen vorgesehen.

4.3 Liegenlassen von Boden und Fundamenten

Als Ziel von Stilllegung und Abbau wird offiziell in der Regel die „Grüne Wiese“ genannt. Das bedeutet die Entlassung des Geländes, auf dem sich eine Atomanlage befand, aus der Überwachung im Rahmen von Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung. Dazu wurden entweder bei Unterschreitung der Freigabewerte nach Anhang III, Tabelle 1, Spalte 10 alle Gebäudeteile und sonstige Strukturen entfernt oder konnten, wenn die Freigabewerte nach Anlage III, Tabelle 1, Spalte 8 StrlSchV unterschritten wurden, stehen gelassen werden. Anschließend wurde der Boden des Geländes gemessen und solange abgetragen, bis die Freigabewerte nach Anlage III, Tabelle 1, Spalte 7 erreicht waren. Das Gelände und ggf. die Gebäude waren dann uneingeschränkt nutzbar. Von dieser Praxis wird seit einigen Jahren abgewichen.

Bekannt wurde dies beispielsweise für Teile des Geländes im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf [RÖLLER 2011]. Auf Grundlage einer gutachterlichen Bewertung des Öko-Institut Darmstadt wurde dort unter Berufung auf den nach § 29 Abs. 2 StrlSchV möglichen Einzelfallnachweis bauliche Strukturen im Boden gelassen und

auch der Boden nicht bis zu den Freigabewerten aus der Strahlenschutzverordnung saniert. Vorhandene Gruben wurden zusätzlich mit gering kontaminiertem Boden aufgefüllt. In Teilbereichen des Geländes wurde eine Abdeckschicht mit unkontaminiertem Boden bis zu 1 m Schichtdicke aufgetragen.

Um die Einhaltung der Vorgabe der Strahlenschutzverordnung (Strahlenbelastung im Bereich von 10 $\mu\text{Sv/a}$) zu gewährleisten, ist der Grundstückseigentümer verpflichtet, das Gelände für eine Zeit von 50 Jahren nur eingeschränkt zu nutzen. Es darf keine uneingeschränkte Bautätigkeit stattfinden, keine landwirtschaftliche Nutzung und keine Trinkwassernutzung erfolgen und ein Daueraufenthalt muss vermieden werden. Dies soll durch einen Grundbucheintrag gewährleistet werden. Darüber hinaus findet eine Immissionsüberwachung von Oberflächen- und Grundwasser statt.

Durch den Gutachter des Forschungszentrums wurden für Tiefen bis 30 cm und tiefer als 30 cm unterschiedliche Werte ermittelt, mit denen das Schutzziel 10 $\mu\text{Sv/a}$ und die Freigabewerte aus Anlage III, Tabelle 1, Spalte 7 StrlSchV nach einer Abklingzeit von 50 Jahren eingehalten werden sollen. Die ermittelten Werte betragen zum Teil im oberflächennahen Bereich je nach Radionuklid bis zum 70-fachen und in tieferen Schichten bis ca. 1000-fache (Sr-90) des Freigabewertes nach Strahlenschutzverordnung.

Die Freigabe durch die für Rossendorf zuständige Behörde erfolgte im März 2005. Die durch diese Vorgehensweise gegenüber einer vollständigen Entfernung aller Baustrukturen sowie allen oberhalb der Bodenfreigabewerte kontaminierten Bodens erreichte Kostenersparnis entspricht einem zweistelligen Millionen-Betrag.

Auch E.ON hat offenbar erwogen, vom Ziel der schnellen Freigabe des Geländes abzurücken [NÜSSER 2011]. Die Fundamente des Reaktorgebäudes und möglicherweise anderer Gebäude sollen ggf. im Boden verbleiben. In einem Einzelfallnachweis soll dann gezeigt werden, dass die Strahlenbelastung von 10 $\mu\text{Sv/a}$ für Personen aus der Bevölkerung nach einer gewissen Zeit auf jeden Fall unterschritten wird. Für diesen Zeitraum von 10 Jahren sollen Nutzungseinschränkungen – wie „Graben verboten“ – für das Gelände gültig sein.

Der Ansatz von E.ON, möglicherweise oder tatsächlich kontaminierte Gebäudefundamente im Boden zu lassen und die Freigabe des Geländes aus den Vorschriften des Atomgesetzes mit Nutzungseinschränkungen für einen bestimmten Zeitraum zu erreichen, ist wohl ebenfalls durch Kosteneinsparungen begründet.

Für die beiden vorstehend vorgestellten Fälle ist die Frage, wie die Überwachbarkeit der Nutzungseinschränkungen sichergestellt werden soll. Die Gelände sind praktisch aus dem Atomrecht entlassen. Die atomrechtliche Aufsichtsbehörde dürfte deshalb keine Zuständigkeit mehr besitzen.

4.4 Fazit zur Ausweitung der Freigabe nach Abklinglagerung

Die Praktiken der Freigabe werden durch verschiedene Varianten der Abklinglagerung immer mehr ausgedehnt, ohne dass dies vom Verordnungsgeber so gedacht bzw. in § 29 der Strahlenschutzverordnung in der Form berücksichtigt wurde.

Mit der Abklinglagerung großer Komponenten und noch mehr mit dem Abklingen ganzer Gebäude sowie von Fundamenten und Bodenflächen werden die für den „Sofortigen Abbau“ sprechenden sicherheitstechnischen Argumente zum Teil wieder aufgehoben. Im Gegenteil können zusätzliche Strahlenbelastungen für Personal und Bevölkerung durch die lange Lagerung und bei externem Umgang mit den Komponenten durch die Transporte auftreten.

Aufgrund der großen Zahl von Stilllegungen in den nächsten Jahren führt die Abklinglagerung zu einem relativ hohen zusätzlichen Aufkommen von ehemals als radioaktiv zu behandelnden Abfallmassen. Dies kann wiederum zu einer Ansammlung von Radionukliden in Materialien für den unkontrollierten Umgang führen, die nicht vernachlässigbare Strahlenbelastungen für Personen aus der Bevölkerung zur Folge haben können. Die Entsorgungskommission des Bundesumweltministeriums (ESK) sieht in der Vorgehensweise eine „flexible und effektive Behandlung“ [ESK 2011]. Diese Bewertung berücksichtigt – soweit erkennbar – nicht alle Aspekte. Der sich abzeichnende Umgang mit Großkomponenten, Gebäuden und Bodenflächen bedarf der dringenden Überprüfung unter Strahlenschutzaspekten. Dies gilt sowohl im Hinblick auf die langjährige Zwischenlagerung als auch auf die anschließende Freigabe in den konventionellen Bereich.

Es ist nicht bekannt, inwieweit bei den Genehmigungen bzw. in den noch laufenden Genehmigungsverfahren zu den in 4.1 bis 4.3 beschriebenen Freigaben nach Abklinglagerung eine Prüfung der Rechtfertigung nach § 4 StrlSchV durchgeführt wurde. Dies sollte dringend gefordert werden.

5. Probleme bei zulässigen Freigabepfaden

5.1 Grundsätzliche Situation

Ohne die Möglichkeit des Verbleibs gering radioaktiver Abfälle außerhalb des Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle wäre nach gegenwärtigem Stand kein Abbau von Atomanlagen möglich. Die Kapazität des einzigen gegenwärtig und auf absehbare Zeit genehmigten Endlagers reicht, sofern es überhaupt in Betrieb genommen werden kann, für die gesamten Stilllegungsabfälle bei weitem nicht aus. Eine Einlagerung aller Stilllegungsabfälle in dieses Endlager wäre auch aus Strahlenschutzgründen nicht sinnvoll. Vor allem das Personal wäre für einen großen Teil der dann dort endzulagernden Abfälle zusätzlichen Strahlenbelastungen ausgesetzt. Diese werden durch die bereits eingelagerten radioaktiven Abfälle mit einem im Durchschnitt deutlich höheren Radioaktivitätsinventar und durch die Freisetzung von natürlicherweise vorhandenen Radionukliden aus dem Wirtsgestein (gilt insbesondere beim geplanten Endlager Konrad) verursacht. Außerdem würde die Betriebsdauer des Endlagers drastisch verlängert. Das bedeutet ein länger vorhandenes Störfallrisiko durch Einwirkungen von außen sowie eine Erhöhung der Gesamtstrahlenbelastungen in der Umgebung und die dort wohnende Bevölkerung durch zulässige Abgaben radioaktiver Stoffe über Luft- und Wasserpfad.

Wenn nicht die vorzuziehende Vorgehensweise aus Frankreich (siehe Kapitel 6.3) übernommen wird, ist eine Freigabe erforderlich. Die Freigabe von Abfällen aus dem Überwachungsbereich einer Atomanlage ist sinnvoll, wenn deren Kontamination mit Sicherheit ausgeschlossen und dies auch nachgewiesen werden kann. Das kann zum Beispiel für Gebäude gelten, in denen nachweisbar nicht mit radioaktiven Stoffen umgegangen wurde und für die durch Messungen an Strukturen aufgezeigt wird, dass keine Kontaminationen vorhanden sind.

Für Materialien mit Radioaktivitätskonzentrationen unterhalb von Freigabewerten aus Kontrollbereichen von Atomanlagen sollte in der Bundesrepublik Deutschland zunächst geprüft werden, ob die Realisierung eines oberflächennahen Endlagers (siehe Kapitel 6.3) besseren Strahlenschutz bietet als die gegenwärtige Freigabelösung. Es muss allerdings sichergestellt sein, dass in das oberflächennahe Endlager nur Abfälle eingelagert werden können, deren Radioaktivität unterhalb der jetzigen Freigabewerte liegt.

Wird diese aus heutiger Sicht zu bevorzugende Lösung nicht realisiert, darf eine Freigabe gering radioaktiver Stoffe nur erfolgen, wenn tatsächlich sichergestellt ist, dass keine höheren Strahlenbelastungen als $10 \mu\text{Sv/a}$ für Individuen auftreten können. Die Freigabepfade „uneingeschränkte Freigabe“ (siehe Kapitel 5.2) und „Einschmelzen von Metallen“ sollten allerdings nicht weiter zulässig sein, da sie nicht inhärent sicher im Sinne der IAEA-Empfehlungen sind.

Die Einhaltung des Schutzzieles der Strahlenschutzverordnung, Strahlenbelastungen auf den „Bereich von $10 \mu\text{Sv/a}$ “ zu begrenzen, ist messtechnisch nicht nachweisbar. Deshalb muss der Zusammenhang zwischen der Radioaktivität in den freigegebenen Materialien und den möglichen Strahlenbelastungen für Personen aus der Bevölkerung durch Modellrechnungen hergestellt werden. Dieser Weg wurde bei der Ableitung der Freigabewerte für die Novellierung der Strahlenschutzverordnung 2001 und auch bei den Änderungen 2011 verfolgt.

Für die Änderung der Strahlenschutzverordnung 2011 wurden jedoch offenbar nur Modelle für Deponierung und Verbrennung revidiert und nicht für alle Freigabepfade. Die Ableitung der Freigabewerte für die anderen Pfade geht auf Arbeiten zu Beginn der 1990er Jahre zurück. Seitdem haben sich jedoch u.a. Lebensverhältnisse, Versorgungswege, Arbeitsabläufe, Verarbeitungskapazitäten und rechtliche Vorschriften geändert. Eine Überprüfung der Modelle für die nicht zur Beseitigung führenden Freigabepfade wäre deshalb ebenfalls notwendig gewesen. Das Bundesumweltministerium hielt aber die Änderung von Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe (meistens Erhöhung) für ausreichend. Eine Begründung für diese Änderungen wurde nicht veröffentlicht. Deshalb gilt weiterhin die in der Vergangenheit vorgebrachte Kritik [NEUMANN 2000], [GÖK/IFEU 2002].

Im Folgenden werden die beiden Pfade uneingeschränkte Freigabe und Freigabe zur Deponierung betrachtet, da für sie die Änderungen 2011 am weitreichendsten sind.

5.2 Uneingeschränkte Freigabe

Die Änderungen der Freigabewerte in der Strahlenschutzverordnung für die uneingeschränkte Freigabe betreffen die Freigabe von Mengen unter 100Mg/a und flüssige Stoffe.

Unabhängig von der freigegebenen Menge können die Stoffe nach einer uneingeschränkten Freigabe außerhalb des kerntechnischen Bereiches direkt wiederverwendet werden (z.B. Werkzeuge, Pumpen), zur Herstellung neuer Produkte wiederver-

wertet werden (z.B. Bauschutt zum Straßenbau, Metall über Einschmelzen zu Heizkörpern) oder als Abfall beseitigt werden (z.B. auf einer Deponie oder in einer Verbrennungsanlage). Bei der Wiederverwertung wurde bei der Ableitung der Freigabewerte im Gegensatz zur Wiederverwendung von einer Verdünnung der Aktivitätskonzentration durch Zusatz nicht kontaminierter gleichartiger Stoffe ausgegangen.

Das Rechenmodell zur Ableitung der Freigabewerte muss alle durch die Freigabeszenarien möglichen Strahlenbelastungspfade berücksichtigen. Es sind abdeckende Szenarien in Bezug auf Direktstrahlung, Inhalation und Ingestion zu betrachten. Für die Festlegung des Freigabewertes ist dann nuklidspezifisch das jeweils restriktivste Szenario heranzuziehen.

Als Grundlage für die Ableitung der Freigabewerte in der Strahlenschutzverordnung 2001 wurden vom Bundesumweltministerium betrachtet [BMU 1999]:

- ◆ In Bezug auf Direktstrahlung die Wiederverwendung einer Komponente im beruflichen Bereich,
- ◆ in Bezug auf die Inhalation die bei Verwertung bzw. Beseitigung von Metallen, Bauschutt oder Abfällen in betrieblichen Bereichen auftretende Staubkonzentration in der Luft und
- ◆ in Bezug auf die Ingestion eine nach Kontakt mit dem freigegebenen Stoff erfolgte Verschmutzung der Hand und darüber erfolgte Aufnahme mit dem Mund.

Das Szenario „direkte Wiederverwendung einer Stahlkomponente (z.B. Drehbank)“ wird für die Direktstrahlung als abdeckendes Szenario bezeichnet. Es sind jedoch Szenarien denkbar, die vermutlich zu einer höheren Belastung führen. Bei den folgenden Beispielen kann aufgrund der bei Stilllegung und Abbau eines Kraftwerkes großen Massen freizugebenden Metalls und der relativ homogenen Chargen davon ausgegangen werden, dass beim Einschmelzen uneingeschränkt freigegebener Metalle keine Vermischung mit inaktiven Materialien - also keine Verdünnung der Aktivitätskonzentration - stattfindet:

- ◆ Stahl- und Eisenschrott wird bei der Herstellung von bestimmten Schiffseinbauten verwertet. Die Zeit, in der ein Seefahrer (z.B. Maschinist) der Direktstrahlung ausgesetzt ist, kann deutlich höher sein als diejenige im oben genannten Szenario. Dort wird von einer normalen Jahresarbeitszeit ausgegangen. Der Seefahrer kann aber während seiner Arbeits-, Frei- und Ruhezeit betroffen sein.
- ◆ Verarbeitung von Stahl- und Eisenschrott zu Heizkörpern. Die Ortsdosisleistung in der Nähe eines Heizkörpers mag zwar etwas geringer als das bei der obigen Mo-

dellierung berücksichtigte Beispiel sein, aber die Aufenthaltszeit kann deutlich länger sein.

Abgesehen von der möglichen Nichtkonservativität des Szenarios am Beispiel der Direktstrahlung ist durch die Regelungen in der Strahlenschutzverordnung eine Akkumulierung uneingeschränkt freigegebener Reststoffe nach wie vor nicht ausgeschlossen. Es erfolgt keine Bilanzierung, wo die freigegebenen Stoffe verbleiben. Den Formulierungen in der Strahlenschutzverordnung ist auch keine Massenbegrenzung für die jährliche Freigabe zu entnehmen. In einem Papier aus dem BMU wird allerdings als Ziel angekündigt, die jährlich uneingeschränkt freigebbare Masse generell auf 1.000 Mg zu beschränken [BMU 2007b]. Diese Massenbegrenzung für uneingeschränkt freigebbare Stoffe ist aber offenbar nicht vorgeschrieben worden.

Durch die in Kapitel 4 beschriebene Ausweitung der Freigabemassen und damit der freigegebenen Radioaktivität durch die Abklinglagerung würden sich die Auswirkungen der nicht vorhandenen Bilanzierung und Massenbegrenzung verschärfen.

Weitere Probleme bei der uneingeschränkten Freigabe von flüssigen Stoffen wurden bereits in Kapitel 3.6 ausgeführt.

Die Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe von Gebäuden (Anlage III, Tabelle 1, Spalte 8 StrlSchV) sind für eine Reihe von Radionukliden, insbesondere auch für einige Betastrahler, deutlich höher als die gemäß § 44 Abs. 2 Satz 3 StrlSchV zulässigen Oberflächenkontaminationen für Gebäude, Bodenflächen etc. außerhalb von Strahlenschutzbereichen. Eine Kontaminationsverschleppung aus freigegebenen Gebäuden in Bereiche, die keine Strahlenschutzbereiche sind, kann aber nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund wurden die Freigabewerte für Betastrahler für die uneingeschränkte Freigabe von Gebäuden von der SSK überprüft [SSK 2012]. Dabei wurden „*offene Punkte*“ identifiziert. Da dies erst im Februar 2012 geschah, können die Ergebnisse bei der Änderung der Freigaberegulation in der Strahlenschutzverordnung noch nicht berücksichtigt worden sein.

Fazit

Es gibt in der Strahlenschutzverordnung keine Begrenzung der jährlich uneingeschränkt freigebbaren Massen und keine Gesamtbegrenzung der Radioaktivität in den uneingeschränkt freigegebenen Stoffen. Für die festen und – mit Ausnahme der Freigabe in den Vorfluter – flüssigen Stoffe existiert keine Kontrolle des Verbleibs der Radionuklide und damit auch keine Möglichkeit einer Konzentration von Radionukli-

den aus freigegebenen Stoffen in der Umwelt entgegenzuwirken. Die uneingeschränkte Freigabe ist deshalb abzulehnen.

5.3 Freigabe zur Beseitigung auf Deponien

Die Bedingungen für die Freigabe von gering radioaktiven Abfällen zur Ablagerung auf einer konventionellen Deponie haben sich stark verändert. Im Folgenden wird für einige dieser Änderungen bewertet, was sie für die Sicherheit der Bevölkerung bzw. die Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts bedeuten.

Auf Empfehlung der Strahlenschutzkommission wurden **massenabhängige Freigabewerte** (2 Kategorien) eingeführt [SSK 2006]. Es ist davon auszugehen, dass vor allem durch die im Vergleich zu den alten nun höheren Freigabewerte für die Deposition von Massen bis 100 Mg mehr Radioaktivität auf Deponien abgelagert werden kann (siehe hierzu Kapitel 3.6) als dies nach alter Strahlenschutzverordnung möglich war. Dadurch wirken sich Fehler bei der Modellierung zur Ableitung der Freigabewerte ggf. stärker auf die Erhöhung der Strahlenbelastung aus.

Außerdem wird die **Gesamtradioaktivität** auf einer Deponie durch die in der Modellierung zur Ableitung der Freigabewerte von 100 Mg/a (altes Modell) auf 1.000 Mg/a erhöhte abgelagerte Menge freigegebener gering radioaktiver Abfälle größer. Dabei ist zu bezweifeln, dass die Modellierung zur Ableitung der Freigabewerte in diesem Fall abdeckend ist. Die SSK berücksichtigt zwar einen durch Stilllegungen gegenüber früheren Jahren erhöhten Massenstrom, unterstellt dabei aber implizit eine gestaffelte Stilllegung der Atomkraftwerke und eine Verteilung der Abfälle auf viele Deponien.

In den kommenden Jahren werden jedoch nach den gestellten Genehmigungsanträgen und geäußerten Absichten 8 Kraftwerke gleichzeitig stillgelegt und abgebaut. Das bedeutet, es können über einen längeren Zeitraum mehr als die unterstellten 1.000 Mg/a auf einer Deponie landen. Die von der SSK für den Fall der Freigabe von mehr als 1.000 Mg zur Anwendung empfohlene Summenformel [SSK 2006] entschärft diese Situation nicht, da sie offenbar nur auf eine abgebende Anlage bezogen ist. Deshalb kann es im Rahmen der von der SSK benutzten Modellierung zu einer wesentlich größeren Ausschöpfung, wenn nicht sogar zu einer Überschreitung der 10 μ Sv/a kommen.

Dies gilt insbesondere, weil die entsprechend dem Vorgehen bei der Ableitung der alten Freigabewerte wieder unterstellte Verteilung der freigegebenen Abfälle durch

Abgabe an viele verschiedene Deponien infrage zu stellen ist. Die Zahl der zur Annahme freigegebener gering radioaktiver Abfälle bereiten Deponiebetreiber dürfte sich entsprechend der politischen Situation weiter verringern. Es ist deshalb nicht sicherzustellen, dass von in Stilllegung befindlichen Anlagen die freigegebenen Abfälle an jeweils unterschiedliche Deponien abgegeben werden können. Dies kann zu einer Ablagerung größerer Massen in einer Deponie führen. Die nach der neuen Freigaberegelung notwendige Zustimmung der obersten Landesbehörde des Bundeslandes, in dem die Deponierung erfolgen soll, erscheint nicht ausreichend, um trotzdem die Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts sicherzustellen.

Außerdem sind auch in der Vergangenheit bereits größere Massen an eine Deponie abgegeben worden. Zum Beispiel wurden auf der Deponie Ihlenberg bei Schönberg zwischen 1996 und 2010 ca. 14.530 Mg freigegebene gering radioaktive Abfälle vom Standort Greifswald/Lubmin abgelagert [HERZOG 2011]. Daraus ergibt sich, dass allein aus der einen Anlage jährlich durchschnittlich ca. 1.000 Mg dorthin geliefert wurden.

Wesentlichen Einfluss bei der Festlegung der neuen Freigabewerte haben die **Abdichtungen der Deponie**. Oberflächen- und Basisabdichtungen wurden im alten Modell konservativerweise nicht berücksichtigt. Ihre nun erfolgte Berücksichtigung sorgt in der Modellierung für eine verringerte Ausbreitung der mit den Abfällen auf der Deponie abgelagerten Radionuklide in den Untergrund bzw. ins Grundwasser. Allerdings dürfen die freigegebenen gering radioaktiven Abfälle nach Strahlenschutzverordnung nur noch auf Deponien mit entsprechenden technischen Einrichtungen (Klasse I oder größer mit Basis- und Oberflächenabdichtung) abgelagert werden. In der Modellierung für die Ableitung der Freigabewerte sind die unterschiedlichen Abdichtungen der Deponieklassen I bis III berücksichtigt worden [SSK 2006]. Wie die SSK diese im Einzelnen berücksichtigt, wird aber nicht dargestellt und kann deshalb nicht nachvollzogen werden.

In Bezug auf das Oberflächenabdichtungssystem wird von vollständiger Integrität der Abdichtung für 100 Jahre ausgegangen. Danach kann die Dichtheit über 100 Jahre stetig abnehmen und nach weiteren 100 Jahren vollkommen versagen [SSK 2006]. Als Beispiel für eine Abdichtkomponente wird auf eine Kunststoffolie verwiesen, deren Haltbarkeit auf eine Veröffentlichung aus dem Jahr 2001 gestützt wird. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die diesbezüglichen Erfahrungen damals beschränkt waren. Deshalb ist fraglich, ob diese Annahme heute, mehr als 10 Jahre später, noch haltbar ist. Durch Alterung der Abdichtung (insbesondere Folie) und ungleichmäßige

Setzungen des Deponiekörpers mit Rissbildung ist ein Versagen vor Ablauf von 100 Jahren zu befürchten.

Für die Basisabdichtung wurde ähnlich wie für die Oberflächenabdichtung unterstellt, dass in den ersten 100 Jahren keine Freisetzungen in den Boden unter der Deponie erfolgen. Für weitere 100 Jahre wird eine Abnahme der Funktionsfähigkeit der Abdichtung unterstellt und danach gar keine Rückhaltefähigkeit mehr angenommen [SSK 2006]. Belastbare Belege für diese Annahmen werden nicht aufgeführt.

Die Zulässigkeit der Ablagerung von freigegebenen gering radioaktiven Stoffen auf einer Deponie der Klasse I ist nicht nachvollziehbar. Für diese Deponieklasse ist nach Deponieverordnung für die Basisabdichtung nur eine Abdichtungskomponente vorgeschrieben. Damit existiert weder eine redundante noch eine diversitäre Auslegung der Abdichtung gegen die Freisetzung von Radionukliden in den geologischen Untergrund der Deponie. Für Basisabdichtungen gibt es keine Garantie für eine längerfristige volle Wirksamkeit. Da der Verbleib der Radionuklide in der Deponie langfristig weder aktiv beeinflusst noch direkt kontrolliert werden kann, ist eine entsprechende Auslegung, also mindestens die Deponieklasse II, erforderlich. Das gilt auch für die Ablagerung gering radioaktiver Stoffe, um 10 $\mu\text{Sv/a}$ einhalten zu können.

Versagen die Abdichtungen der Deponie deutlich früher als von der SSK angenommen, können die Strahlenbelastungen durch die Nutzung von Grundwasser in der Umgebung der Deponie erheblich höher sein. Dann sind nämlich deutlich weniger Radionuklide mit Halbwertszeiten von weniger als 30 Jahren zerfallen. Entsprechend müssten dann die abgeleiteten Freigabewerte für die Deponierung geringer sein.

Die Modellierung der **Ausbreitung von Radionukliden** unterhalb der Deponie nach einem Versagen der Deponiebasisabdichtung enthält für den „Belastungspfad Hausbrunnen“ ebenfalls sehr wichtige Parameter. Dabei ist allerdings im vorgegebenen Rahmen wegen der sehr hohen Komplexität des Modells keine detaillierte Bewertung aller Parameterwerte möglich. Die Auswahl der im Folgenden diskutierten Parameter erfolgt einerseits danach, ob ein Parameter eine größere Auswirkung auf den ermittelten Freigabewert und damit auf die verursachte Dosis hat, und andererseits in wieweit die Festlegung des Parameters durch die SSK als nicht konservativ erscheint.

Beim Belastungspfad Ingestion (Nutzung von Wasser aus einem Hausbrunnen in der Nähe einer Deponie) spielen unter anderen die sogenannten K_D -Faktoren für das Verhalten der Radionuklide im Deponiekörper, in der Tonschicht und im umgebenden

Erdreich eine zentrale Rolle. Sie beschreiben das Verhältnis zwischen der Masse der an die feste Phase (Deponiekörper/Ton/Boden) gebundenen Radionuklide zu der Masse der in Lösung (Sickerwasser/Grundwasser) im Gleichgewicht verbleibenden Radionuklide und bestimmen maßgeblich die Bewegungsgeschwindigkeit des jeweiligen Radionuklides in der Deponie und ihrem Untergrund. K_D -Werte ändern sich in Abhängigkeit von Müllzusammensetzung und –beschaffenheit, Tonart, Bodenart und –beschaffenheit sowie hydrochemischen und geochemischen Verhältnissen sehr stark. Sie werden aus Versuchen abgeleitet und gelten bekanntermaßen streng immer nur für die genauen Versuchsbedingungen. Für Uran beträgt die Bandbreite des K_D -Wertes bei unterschiedlichen Bedingungen zum Beispiel 7 Größenordnungen [METZKE 1997]. Darüber hinaus können in Abfall und Boden Stoffe enthalten sein (z.B. sogenannte Komplexbildner), die den K_D -Wert und damit das Ausbreitungsverhalten der Radionuklide stark beeinflussen. Der Einfluss von Änderungen des K_D -Wertes auf die errechnete Dosis ist wegen der komplexen Zusammenhänge mit anderen Parametern nuklidabhängig. Bei langlebigen Radionukliden kann in erster Näherung von einer Proportionalität zwischen K_D -Wert und Dosis ausgegangen werden.

Ebenfalls wichtig für die Ausbreitung der Radionuklide sind die hydraulischen Verhältnisse am Deponiestandort. Dazu gehören zum Beispiel die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und die Ausdehnung des Grundwasserleiters, aus dem mittels Brunnen Trinkwasser gewonnen wird. Die Verdünnung des aus der Deponie jährlich austretenden Sickerwassers im Grundwasserleiter wird in der Modellierung für die Ableitung der Freigabewerte - soweit bekannt - mit $200.000 \text{ m}^3/\text{a}$ angenommen. In [SSK 2006] werden hierzu sowie zur Ermittlung des Verdünnungswertes keine Angaben gemacht. Auch die Parameter zur Bestimmung des Verdünnungsfaktors sind sehr stark standortabhängig, besitzen eine große Streubreite und wirken sich sensibel auf die Dosis und damit die Höhe der Freigabewerte aus. Deshalb ist die Annahme eines Verdünnungsfaktors von 200.000 für alle möglichen Deponien mit jeweils spezifischen Grundwasserverhältnissen nicht nachvollziehbar.

Zusammenfassend ist für die beiden vorstehend betrachteten Aspekte K_D -Werte und Verdünnungsfaktor im Grundwasser festzustellen, dass sie je nach konkreten Verhältnissen sehr starken Streuungen (Bandbreite der Werte) unterliegen, die mehrere Größenordnungen betragen kann. Für eine allgemein gültige Modellierung ist es nicht sinnvoll, jeweils den ungünstigsten Wert der Bandbreite eines Parameters einzusetzen, da dies zu stark überkonservativen Ergebnissen führen würde. Gerade daraus ergibt sich aber die Frage, inwieweit die Ergebnisse auch für jeden Deponie-

standort abdeckend sind. Es ist daher sinnvoll, die Berechnung auch mit den Bandbreiten für die betroffenen Parameter durchzuführen.

Die Festlegung der meisten dieser Parameter für die Ableitung der Freigabewerte erfolgte jedoch auf Grundlage von Literaturdaten. Es muss angezweifelt werden, ob auf diese Art und Weise für einen beliebigen Standort eine notwendigerweise konservative Modellierung oder gar eine der Realität entsprechende zu erreichen ist. Aufgrund der geschilderten Probleme erscheint es sinnvoll, mit standortspezifischen Daten zu operieren und daraus Freigabewerte abzuleiten.

Bei der Modellierung zur Ableitung der Freigabewerte wurde bzgl. der möglichen Strahlenbelastungen offenbar ein Pfad nicht beachtet. Die Freigaberegelung in der Strahlenschutzverordnung enthält **kein Gebot zum Einbau der freigegebenen gering radioaktiven Abfälle** in den Deponiekörper. Deshalb können sie auch zur Befestigung von Fahrwegen auf der Deponie (z.B. Bauschutt) oder zur abschließenden Abdeckung des Deponiekörpers (z.B. Bodenaushub) benutzt werden. Dies kann vergleichsweise erhebliche zusätzliche Strahlenbelastungen verursachen [GÖK/IFEU 2002].

Von den vorstehend beschriebenen Problemen bei der Modellierung abgesehen, sind **zusätzliche Aspekte** zu beachten. Zum Beispiel unterliegen uneingeschränkt freigegebene gering radioaktive Stoffe nach ihrer Freigabe keinerlei Kontrolle. Auch sie könnten auf einer Deponie abgelagert werden. Dies wäre ein zusätzlicher Radionuklideintrag. Es ist dem Wortlaut der Freigaberegelung in der Strahlenschutzverordnung nicht zu entnehmen, dass dies bei der Ableitung der Freigabewerte für die Deponierung berücksichtigt wurde oder eine solche zusätzliche Ablagerung ausgeschlossen ist. Die in Kapitel 2.1 der SSK-Empfehlung enthaltene, eventuell hierauf bezogene Aussage ist unverständlich und in der Form nicht geeignet, eine solche Ablagerung zu verhindern.

Fazit

Aufgrund der nicht gegebenen Massenbeschränkung für die Freigabe von gering radioaktiven Abfällen auf die Deponien und der nicht konservativen Modellierung zur Ermittlung der Freigabewerte zur Deponierung ist die Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts nicht sichergestellt.

Sofern die Ablagerung von gering radioaktiven Abfällen auf konventionellen Deponien verfolgt wird¹², sind neben einer konservativen Vorgehensweise bei der Ableitung der Freigabewerte zur Deponierung folgende Maßnahmen notwendig:

1. Die Verbringung freigegebener gering radioaktiver Abfälle sollte nur auf Deponien ab Klasse II erfolgen, da erst ab dieser Deponieklasse eine doppelte (redundante) Basisabdichtung gegeben ist.
2. Für die Verbringung von freigegebenen gering radioaktiven Abfällen auf eine bestimmte Deponie sollte die Zustimmung der zuständigen Überwachungsbehörde für diese Deponie erforderlich sein. Die Zustimmung darf nur erteilt werden wenn nachgewiesen ist, dass die standortspezifischen Verhältnisse (u.a. Art und Menge der Ableitung von Sickerwasser, Abdichtungen der Deponie, Boden- und Grundwasserverhältnisse, Entfernung der Deponie von Brunnen und Wohnbebauung) durch die in den Modellen zur Ableitung der Freigabewerte enthaltenen Annahmen abgedeckt sind.
3. Die für die Deponie zuständige Überwachungsbehörde bilanziert die eingebauten Stoffe nach Art, Menge und den bei den Freimessungen ermittelten Radionuklidgehalten (unter Berücksichtigung des zugrunde gelegten Nuklidvektors).

Hinweis

Es ist ein unhaltbarer Zustand, dass die Modellierung für die Ableitung der Freigabewerte zur Deponierung für die interessierte Öffentlichkeit nicht vollständig zur Verfügung gestellt werden soll. Die Angaben in [SSK 2006] reichen hierzu nicht aus. Für eine Bewertung der Modellierung ist zum Beispiel von hoher Bedeutung, ob ein deterministischer oder ein probabilistischer Ansatz gewählt wurde. Hierzu gibt es in der SSK-Empfehlung keine Hinweise.

Die Strahlenschutzkommission beruft sich bei ihrer Darstellung auf einen von BMU und BfS beauftragten Bericht zur Fortentwicklung des radiologischen Modells von Brenk Systemplanung aus dem Jahr 2004, der nicht öffentlich zugänglich ist. Es ist zu fordern, dass alle Unterlagen, die zur Ableitung der Freigabewerte benutzt worden sind, der Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden. Denn die Menschen haben die eventuellen Lasten daraus zu tragen.

¹² Eine unter Strahlenschutzaspekten bessere Alternative wird in Kapitel 6.3 dargestellt.

6. Freigabe radioaktiver Stoffe international

Bei der Implementierung der Freigabe in die Strahlenschutzverordnung hat sich die Bundesregierung auf die internationalen Vorgaben berufen (IAEA-Empfehlungen, EURATOM-Grundnorm zum Strahlenschutz). Dabei geht die Freigaberegung in § 29 StrlSchV teilweise über den damaligen Stand dieser Vorgaben hinaus (z.B. bei der uneingeschränkten Freigabe von Flüssigkeiten und den teilweise höheren Freigabewerte).

6.1 Neuere Entwicklungen in internationalen Gremien

Auf internationaler Ebene (IAEA, EU) wurden bzw. werden zurzeit neue Freigrenzen für größere Massen etabliert. Die Freigrenzen haben sich bisher auf geringe Massen radioaktiven Materials von weniger als 1 Mg bezogen (siehe auch Kapitel 3.3). Durch den Bezug auf größere Massen müssen folgerichtig die Werte der Freigrenzen geringer werden. Der jeweilige Wert für Freigrenzen soll gleichzeitig für die Freigabe von festen Stoffen zur Wiederverwendung, zur Deponierung, zur Verbrennung und zum Recycling gelten. Die Werte wurden von der IAEA abgeleitet [IAEA 2004] und in den Vorschlag der EU-Kommission für eine neue EURATOM-Strahlenschutzgrundnorm [EC 2012] übernommen. In Tabelle 6.1 wird der jeweilige Wert der EC für ausgewählte Radionuklide den entsprechenden Freigabewerten der Strahlenschutzverordnung gegenübergestellt.

Der Vergleich der Werte in der Tabelle 6.1 zeigt, dass die Werte aus [EC 2012] meistens kleiner als die Werte in der Strahlenschutzverordnung sind. Wenn die neue EU-Grundnorm in Kraft tritt, müssten eigentlich die betroffenen deutschen Freigabewerte gesenkt werden. Mit den alten Werten wäre z.B. der in den meisten anderen Ländern nicht zulässige Freigabepfad „Rezyklierung von Metallschrotten“ auch in Deutschland nicht mehr möglich.

Freigabe radioaktiver Reststoffe

Radionuklid	EC 2012 ¹⁾	Spalte 5 ²⁾ SSV 2012	Spalte 9c ³⁾ SSV 2012	Spalte 9d ⁴⁾ SSV 2012	Spalte 10a ⁵⁾ SSV 2012
H-3	100	1.000	6.000	1·10 ⁶	1.000
C-14	1	80	400	1·10 ⁴	80
Cl-36	1	0,3	0,3	0,3	10
Fe-55	1.000	200	7.000	1·10 ⁴	1·10 ⁴
Co-60	0,1	0,1	2	2	0,6
Ni-63	100	300	1.000	6.000	1·10 ⁴
Sr-90	1	0,6	0,6	4	9
Tc-99	1	0,6	0,7	0,6	40
I-129	0,01	0,06	0,06	0,06	0,4
Cs-135	100	20	30	300	20
Cs-137	0,1	0,5	8	3	0,6
Eu-152	0,1	0,2	4	4	0,5
Eu-154	0,1	0,2	4	4	0,5
Pu-239	0,1	0,04	0,5	1	0,2
Pu-241	10	2	40	100	10
Am-241	0,1	0,05	1	1	0,3

¹⁾ Freigrenze/Freigabewert von festen Stoffen zur Wiederverwendung, zur Deponierung, zur Verbrennung und zum Recycling

²⁾ Uneingeschränkte Freigabe von festen Stoffen

³⁾ Deponierung fester Stoffe bis 1.000 Mg/a

⁴⁾ Verbrennung bis 1.000 Mg/a

⁵⁾ Metallschrott zur Rezyclierung

Tab. 6.1: Vergleich von Freigabewerten im Vorschlag zur neuen EU-Grundnorm mit denen in der gültigen Strahlenschutzverordnung (Angaben in Bq/g)

Würde der Freigabepfad „Rezyklierung von Metallschrotten“ wegfallen, könnte das durch die dann notwendige Behandlung der Metalle als radioaktiver Abfall nach einer Bewertung durch E.ON für die AKW-Betreiber zu Mehrkosten bei der Stilllegung von bis zu 4 Milliarden Euro führen [FEINHALS 2009].

Es sieht danach aus, dass die EU Ausnahmen für die Freigabe zulassen wird. Dies führt zu allerdings dem Problem, dass es zum Teil höhere Freigabewerte als Freigrenzen geben würde, was bisher nach Strahlenschutzverordnung nicht erlaubt ist. Es bestünde der Konflikt, dass eigentlich überwachungspflichtige Stoffe aus der Strahlenschutzüberwachung freigegeben würden. Dies soll mit dem Trick, der Aufnahme einer Anzeigepflicht in die Strahlenschutzverordnung für die betroffenen Stoffe gelöst werden. Dann wäre der Strahlenschutz für die Stoffe bis zur Übergabe an die Entsorgungsanlage gewährleistet [Feinhals 2011].

6.2 Freigabe in EU-Mitgliedsstaaten

Eine Freigabe gering radioaktiver Reststoffe und Abfälle in den konventionellen Bereich wie in der Bundesrepublik Deutschland gibt es innerhalb der EU in Belgien, Litauen, Niederlande, Slowenien, Tschechien und Ungarn sowie künftig wahrscheinlich in Bulgarien [INTAC 2010].

In der Slowakische Republik sollen gering radioaktive Abfälle bzw. Reststoffe in ein Oberflächenlager eingelagert oder in den konventionellen Bereich freigegeben werden.

In Finnland werden gering radioaktive flüssige Reststoffe in das Meer eingeleitet und feste Reststoffe auf Deponien beseitigt oder wiederverwendet. Am AKW-Standort Olkiluoto befindet sich eine entsprechende Deponie auf dem Kraftwerksgelände. Vom AKW-Standort Loviisa wird auf einer externen konventionellen Deponie entsorgt.

In Schweden werden die gering radioaktiven Abfälle bzw. Reststoffe je nach Radioaktivität entweder in Oberflächenendlagern eingelagert oder zur beliebigen Weiterverwertung sowie zur Ablagerung auf einer konventionellen Deponie freigegeben. Oberflächenendlager befinden sich an den AKW-Standorten und an der Konditionierungsanlage in Studsvik.

In Großbritannien werden gering radioaktive Abfälle in Abhängigkeit von deren Menge auf überwachte oder nicht überwachte konventionelle Deponien verbracht.

In Spanien und Frankreich werden kurzlebige gering radioaktive Abfälle in oberflächennahen Endlagern abgelagert. Diese Endlager müssen geringere Sicherheitsanforderungen erfüllen als die jeweiligen Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, aber höhere Sicherheitsanforderungen als Deponien. In Spanien befindet sich dieses Oberflächenendlager nahe Córdoba, in Frankreich in der Nähe von Morvilliers.

6.3 Beispiel Frankreich

In Frankreich wird die Möglichkeit der Freigabe für die Mehrzahl der anfallenden Reststoffe aus grundsätzlichen Erwägungen abgelehnt. Nur im Ausnahmefall ist eine Freigabe von gering radioaktiven Abfällen möglich. Sie darf aber in keinem Fall eine Wiederverwertung in Konsumprodukten oder Bauwerken zur Folge haben. Meist wird sie nur für erneute kerntechnische Anwendungen zugelassen. Darüber hinaus gilt in Frankreich für die Stilllegung, dass alle Materialien, die im Kontrollbereich waren, als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssen [BRÖSKAMP 2012]. Allein dadurch wird sichergestellt, dass beim Abbau von Atomanlagen alle Abfälle endgelagert werden.

In Frankreich wurde die neue Kategorie „sehr schwach radioaktive Abfälle“ geschaffen und ein eigenes Entsorgungskonzept entwickelt [ANDRA 2009]. Die gering radioaktiven Abfälle werden ähnlich den schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in einem oberflächennahen Endlager eingelagert. Die sicherheitstechnischen Anforderungen zur Konditionierung der Abfälle und zur Abdichtung des Endlagers gegen die Umwelt sowie der Aufwand für Überwachungsmaßnahmen zur Rückhaltung der Radionuklide sind jedoch geringer.

Nach dem Referenzkonzept ist das Endlager auf einem Grund gebaut, der geologisch eine Barriere für Freisetzungen von Radionukliden zum Grundwasser sein soll. Es handelt sich um eine Tonformation mit einer Mindestschichtdicke von einigen zehn Metern gleichbleibender Tonqualität mit geringer Permeabilität. Die als Gruben in die Tonformation eingearbeiteten Einlagerungszellen sind jeweils 174 m lang, 26 m breit und 8 bis 10 m tief. Als zusätzliche Barriere wird auf dem Boden eine High-Density-Polyethylen-Geomembrane aufgebracht, die nach Einlagerung der Abfälle auch über diese ausgebreitet und rundherum verschweißt wird. Damit soll mindestens über mehrere Jahrzehnte ein Zutritt von Wasser an die Abfälle unterbunden werden.

Die Abfälle mit einem Radioaktivitätsinventar bis zu wenigen 100 Bq/g werden in Fässern, Containern oder Big-bags eingelagert. Je nach Art werden die Abfälle vorher verpresst (z.B. Metalle, Isoliermaterial, Kunststoffe) oder verfestigt (z.B. Schlämme, kontaminierte Wässer). Das durchschnittliche Radioaktivitätsinventar einer Einlagerungszelle soll wenige 10 Bq/g betragen.

Die Zwischenräume der in 10 Stapelebenen eingelagerten Abfallgebäude werden mit Sand verfüllt und nach der Abdeckung mit der Geomembran wird eine bis zu 5 m dicke Tonschicht aufgebracht. Darüber wird eine weitere tonartige Schicht und darüber Boden mit Grasaussaat aufgebracht.

Das oberflächennahe Endlager soll durch regelmäßige Probenahme in der unmittelbaren Umgebung über einige 100 Jahre überwacht werden.

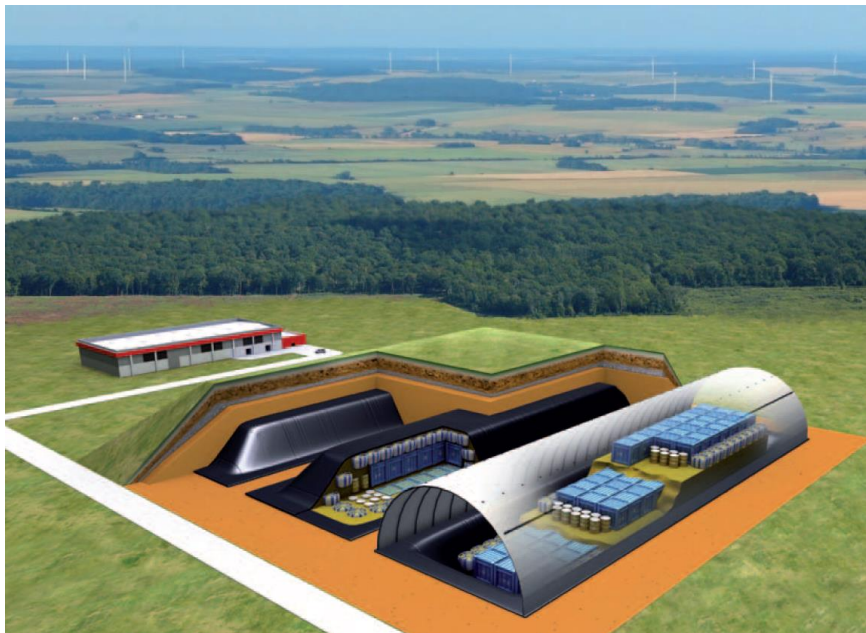


Abb. 6.1: Konzeptdarstellung eines oberflächennahen Endlagers für sehr gering radioaktive Abfälle in Frankreich [ANDRA 2013]

Im Rahmen der hier vorgelegten Studie kann keine sicherheitstechnische Bewertung des Endlagerdesigns vorgenommen werden. Potenzial für eine Erhöhung der Sicherheit ist vorhanden. Aus Strahlenschutzsicht scheint das Konzept aber grundsätzlich geeignet.

Mit dem in Frankreich gewählten Umgang mit bei der Stilllegung anfallenden Stoffen geringer Radioaktivität werden mögliche Strahlenbelastungen für Personen aus der Bevölkerung sicherer verhindert als mit einer Freigaberegulung. Die Abfälle sind anders als bei der Freigabe in einer Anlage konzentriert und werden nicht in der Umwelt verteilt. Eine unkontrollierte Ausbreitung von Radionukliden im konventionellen Bereich wird vermieden und in Bezug auf Akzeptanz bei der Bevölkerung ist dieser Weg zielführender. Das mit der Freigabe in der Bundesrepublik verfolgte Ziel, die als radioaktive Abfälle endzulagernde Menge zu verringern, wird mit dem französischen Konzept ebenfalls erreicht. Aus Sicht einer nachhaltigen Vermeidung auch geringer zusätzlicher Strahlenbelastungen für Mensch und Umwelt sollte die derzeitige Freigabepaxis in der Bundesrepublik Deutschland überprüft werden.

7. Mengengerüst für die Freigabe in Deutschland

Der mit Abstand größte Anteil der freigegebenen Materialien kommt aus Stilllegung und Abbau der Atomanlagen. Die hierzu zugänglichen Angaben zu Massen beziehen sich in der Regel nur auf den Kontrollbereich der Atomanlagen.

Das Bundesumweltministerium gibt an, dass von der Gesamtmasse des Kontrollbereichs eines Atomkraftwerkes ca. 3 % radioaktiver Abfall, ca. 90 % Bauschutt und Gebäudestruktur einschließlich Armierung und ca. 7 % Metalle sind [BMU 2012]. Das heißt danach kann nur etwa 1 % oder weniger in anderen Atomanlagen weiter- oder wiederverwendet werden. Diese Zahlen entsprechen denen für das fast fertig abgebaute Atomkraftwerk Stade.

Nach Abschätzungen für die von den Energieversorgungsunternehmen zu tragenden Kosten für die Stilllegung der Atomkraftwerke betragen die zu Beginn der Stilllegung im Kontrollbereich enthaltenen Primärmasse für die Referenzatomkraftwerke Biblis (Druckwasserreaktor, DWR) 156.433 Mg und Brunsbüttel (Siedewasserreaktor, SWR) 230.909 Mg. Dazu kommen 11.997 Mg (DWR) bzw. 13.927 Mg (SWR) durch Dekontamination und Arbeitsmittel entstehende Sekundärrohabfälle. Darüber hinaus entstehen Zusatzabfälle durch Ausweisung neuer Kontrollbereiche in der Höhe von 14.248 Mg (DWR) bzw. 490 Mg (SWR). Insgesamt ergeben sich daraus für den so genannten „Sofortigen Abbau“ eines Atomkraftwerkes 182.678 Mg für DWR und 245.326 Mg für SWR [NIS 2000].

Diese Abschätzung aus dem Jahr 2000 wird durch neuere Angaben für die im Kontrollbereich zu Beginn der Stilllegung vorhandenen Massen bestätigt. Danach sind es für DWR 155.000 Mg von denen 151.200 Mg freigegeben werden können und 3.800 Mg (5.200 m^3) als radioaktiver Abfall behandelt werden. Bei SWR handelt es sich um 220.000 Mg von denen 215.500 Mg freigegeben werden können und 4.500 Mg (6.800 m^3) als radioaktiver Abfall behandelt werden [BRÖSKAMP 2012]. Bei den vorstehenden Angaben zu den SWR wird Brunsbüttel als Referenzkraftwerk herangezogen. Es ist davon auszugehen, dass die jeweiligen Massen für die beiden SWR in Gundremmingen größer sind, da deren Reaktorleistung höher ist.

In Abbildung 7.1 ist der anteilige Verbleib der beim Abbau des Kontrollbereichs von zwei konkreten Atomkraftwerken anfallenden Abbaumassen dargestellt. Diese Zahlen entsprechen für diese Reaktoren weitgehend der Realität, da der jeweilige Abbau schon weit fortgeschritten ist.

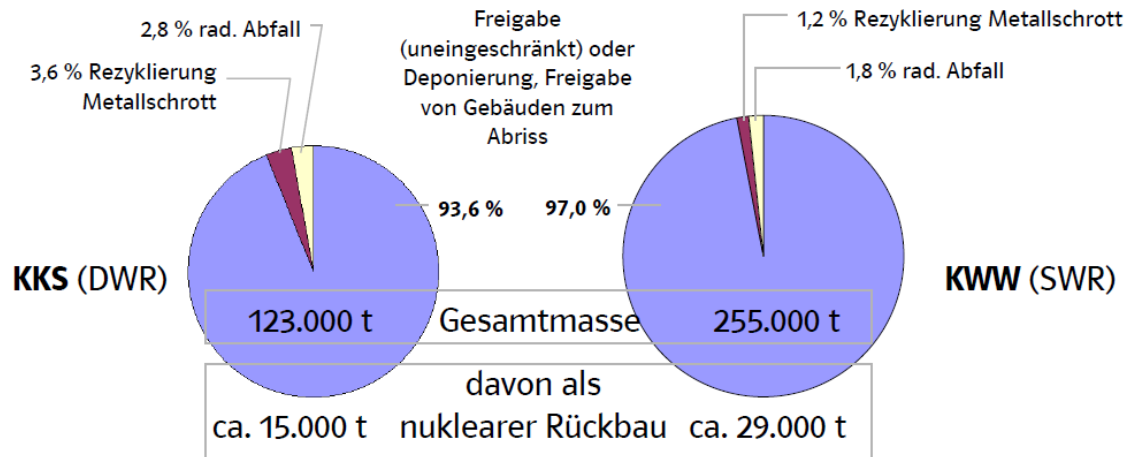


Abb. 7.1: Abbaumassen für den Kontrollbereich der Atomkraftwerke Stade und Würgassen [BÄCHLER 2012]

Die Abweichungen der Massen in Abbildung 7.1 zu den vorher genannten Massen haben standortbezogene Gründe. Das Atomkraftwerk in Stade (KKS) hatte wegen der geringeren Leistung auch einen geringeren Bauumfang als andere Atomkraftwerke mit DWR und das Atomkraftwerk in Würgassen (KWW) weist gegenüber anderen SWR einige Konstruktionsunterschiede auf.

Werden Sekundär- und Zusatzabfälle mit berücksichtigt, ergeben sich aus den vorstehenden Angaben für die 11 noch nicht stillgelegten und die beiden in Stilllegung befindlichen DWR zur Freigabe anstehende Massen von etwa $2,2 \cdot 10^6$ Mg und für die 6 SWR etwa $1,5 \cdot 10^6$ Mg. Dazu kommen grob abgeschätzt etwa $0,2 \cdot 10^6$ Mg aus der Stilllegung aller Forschungsreaktoren. Werden noch Stilllegung und Abbau anderer Atomanlagen (einschl. Forschungszentren) berücksichtigt, bedeutet das in den nächsten 20 bis 30 Jahren eine zur Freigabe anstehende Menge von wahrscheinlich deutlich mehr als $4,5 \cdot 10^6$ Mg.

Die zeitliche Entwicklung des Anfalls der zur Freigabe vorgesehenen Massen lässt sich nur sehr grob voraussagen, da sie von vielen aus heutiger Sicht sehr variablen Parametern wie Genehmigungserteilungen, Endlagerverfügbarkeit für die anfallenden radioaktiven Abfälle (Korrelation mit dem Anfall freigegebbarer Stoffe) und wirtschaftlichen Entscheidungen der Energieversorgungsunternehmen abhängt.

Die Abbildung 7.2 zeigt eine idealisierte zeitliche Darstellung der Stilllegungsabläufe, die aus den vorstehend genannten Gründen nicht zu 100 % so eintreten wird. Daraus kann jedoch der zeitliche Verlauf des Anfalls von Stoffen zur Freigabe grob abgeleitet werden.

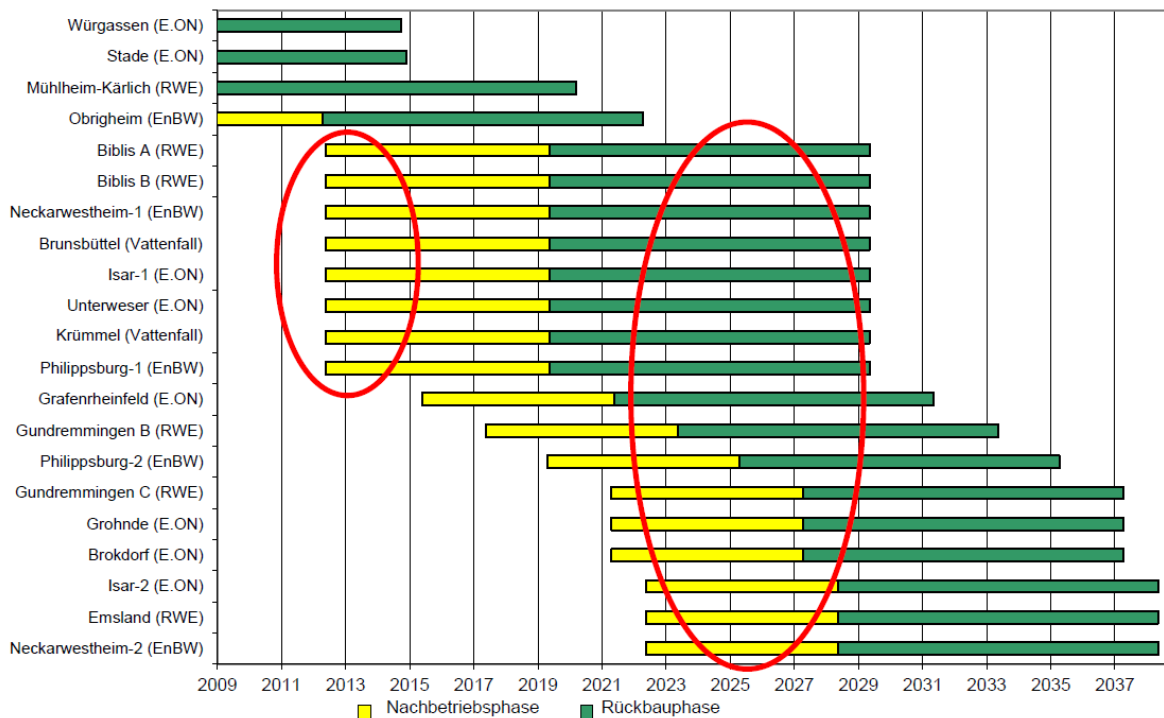


Abb. 7.2: Zeitlicher Ablauf der Stilllegungen der Atomkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland [BRÖSKAMP 2012]

Die insgesamt jährlich freigegebene Menge dürfte etwa ab 2017/2018 stärker ansteigen (mehrere 1.000 Mg – 10.000 Mg), wenn bei den bereits in Stilllegung befindlichen Atomkraftwerken Mülheim-Kärlich und Obrigheim der Abbau des Biologischen Schildes und der Gebäudestrukturen der Kontrollbereiche beginnt. Parallel fallen dann auch die ersten umfangreicheren Freigabemassen in den zurzeit in Vorbereitung zur Stilllegung befindlichen 8 Leistungsreaktoren an.

Wenn der jährliche Anfall freigebbarer Stoffe an den Standorten Mülheim-Kärlich und Obrigheim in der ersten Hälfte der 2020er Jahre zurückgeht steigt er an den anderen 8 Standorten stärker an. Mit einem Höhepunkt der jährlich anfallenden Freigabemassen ist zum Ende der 2020er Jahre zu rechnen (> 100.000 Mg), wenn dort der verstärkte Abbau von Gebäudestrukturen beginnt und gleichzeitig der Abbau der dann

ebenfalls stillgelegten Reaktoren in Grafenrheinfeld, Gundremmingen und Philippsburg beginnt.

Der Rückgang der Abbaumassen an den 8 Standorten in den 2030er Jahren wird zum größeren Teil durch die dann im Gange befindliche Stilllegung aller zurzeit noch in Betrieb befindlichen Reaktoren ausgeglichen.

Bei den vorstehend genannten Freigabemassen ist zu berücksichtigen, dass vor allem für die Atomkraftwerke ein größerer Teil der Gebäudestrukturen nicht mit durch den Reaktorbetrieb oder den Umgang mit radioaktiven Stoffen verursachten Aktivierungsprodukten und/oder Kontaminationen belastet ist. Doch auch die betriebsbedingt belasteten Massen sind erheblich und die übrigen Massen besitzen ein erhebliches natürliches Radioaktivitätsinventar. Auf dieses zwar natürlich bedingte, aber durch die menschliche Tätigkeit konzentrierte Radioaktivitätsinventar und dessen Berücksichtigung wird in der hier vorgelegten Stellungnahme nicht eingegangen.

Neben den Freigaben aus Stilllegung und Abbau von Atomkraftwerken mit Leistungsreaktoren sind bei der Bewertung der Freigaberegulierung zusätzlich zu berücksichtigen:

- ◆ Freigaben aus dem Betrieb der ggf. noch laufenden Leistungsreaktoren
- ◆ Freigaben aus Betrieb, Stilllegung und Abbau von Forschungsreaktoren
- ◆ Freigaben aus Betrieb, Stilllegung und Abbau von Anlagen in den Forschungszentren
- ◆ Freigaben aus Betrieb, Stilllegung und Abbau von Atomanlagen wie bspw. die Brennelementfabrik Lingen und die Urananreicherungsanlage Gronau
- ◆ Freigaben aus der Anwendung von Radionukliden in der Medizin
- ◆ Freigaben aus dem Einsatz kerntechnischer Methoden bzw. der Anwendung von Radionukliden in Forschung und Industrie

Insgesamt sind zumindest für einen Zeitraum von einigen Jahren Freigabemassen belasteter radioaktiver Stoffe von möglicherweise um die 100.000 Mg pro Jahr zu erwarten. Massen in diesem Umfang sind – soweit das aus den der Öffentlichkeit zugänglichen Unterlagen beurteilbar ist – durch die Modellierungen zur Ableitung der Freigabewerte in der Strahlenschutzverordnung nicht abgedeckt. Die Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts, einschließlich der Kollektivdosis von 1 PersonenSv pro Jahr, ist deshalb auch in Bezug auf die anfallenden Massen infrage zu stellen.

Literaturverzeichnis

- ANDRA 2009 Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs: “National Inventory of radioactive Material and Waste 2009”, Synthesis Report
- ANDRA 2013 Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs: „The surface disposal concept for VLL waste”;
www.andra.fr/international/
- BÄCHLER 2012 M. Bächler (E.ON): „Rückbau der Kernkraftwerke Würgassen und Stade“; Symposium Stilllegung in Deutschland – Herausforderungen und Lösungen, AiNT und TÜV Rheinland, Köln, 18. – 20. Januar 2012
- BBC 2010 British Broad Cast – BBC News: “Nuclear Waste dumped in landfill”; veröffentlicht am 27.04.2010
- BFS 2004 Bundesamt für Strahlenschutz: „ Neue Entwicklungen bei der Freigabe schwach radioaktiver Stoffe aus der Aufsicht“; BfS-aktuell 03/04, 7. Jahrg., Juli 2004
- BFS 2005 Bundesamt für Strahlenschutz: „Positionsbestimmungen des BfS zu Grundsatzfragen des Strahlenschutzes - Leitlinien Strahlenschutz“, Salzgitter, 1.06.2005
- BMI 1979 Bundesministerium des Inneren, Rundschreiben an alle Landesbehörden vom 20. September 1979
- BMU 1999 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV), RS II, Novelle StrlSchV, Stand 21.12.99
- BMU 2001 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Allgemeine Begründung zur Novelle der Strahlenschutzverordnung 2001“; www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/pools/downloads/pdf/begruendung_novelle_strahlenschutzverordnung_2001.pdf

- BMU 2007a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Erste Verordnung zur Änderung strahlenschutzrechtlicher Verordnungen“; Referentenentwurf, Stand 23.03.2007
- BMU 2007b Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Eckpunkte / Hintergrundpapier - Erste Verordnung zur Änderung strahlenschutzrechtlicher Verordnungen“; Az.: RS II 1 – 11400/02, Bonn 23. März 2007
- BMU 2009 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bekanntmachung Leitfäden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes vom 12. August 2009 (BAnz 2009, Nr. 162a)
- BMU 2012 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Radioaktiver Abfall und Reststoffe“; Stand April 2012
www.bmu.de/P344/
- BRENK 2006 Brenk Systemplanung GmbH und Nuclear Research Institute Řež plc: Inventory of Best Practices in the Decommissioning of Nuclear Installations - Final Report, funded by the EU, Contract No. TREN/04/NUCL/S07.40035, Brussels - Luxembourg, 2006
- BRENK 2009 Brenk Systemplanung GmbH: „Untersuchung möglicher Optionen für die Freigabe von Gebäuden der Anlage KGR“; erstellt im Auftrag der EWN Energiewerke Nord GmbH, Aachen, 14. August 2009
- BRENK 2012 Brenk Systemplanung GmbH: „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“; 4. Auflage, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Aachen, September 2012
- BRÖSKAMP 2012 H. Bröskamp (GNS): „Bedeutung des Abfallmanagements für den Rückbau“; Symposium Stilllegung in Deutschland – Herausforderungen und Lösungen, AiNT und TÜV Rheinland, Köln, 18. – 20. Januar 2012

Freigabe radioaktiver Reststoffe

- EC 2000 European Commission: "Radiation Protection 122 – Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – Part I"; Group of Experts established under the terms of Article 31 of the Euratom Treaty, Directorate-General Environment 2000
- EC 2012 European Commission: „Proposal for a Council Directive laying down safety basic standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation“; COM(2012) 242 final, Brussels, 30.05.2012
- EU 1996 Rat der Europäischen Union: Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen; Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 159 39. Jahrgang, 29.Juni 1996
- FEINHALS 2009 J. Feinhals: „Perspektiven für die Stilllegung“; KONTEC 2009, Dresden, 15. – 17. April 2009
- FEINHALS 2011 J. Feinhals, mündliche Ergänzung zum Vortrag mit W. Birkholz: „Wie geht es mit der Freigabe weiter?“; KONTEC 2011, Dresden, 06. – 08. April 2011
- GEN 2008 Umweltministerium Baden-Württemberg: Genehmigungsbescheid für das Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) der EnBW Kernkraft GmbH (ENKK) – 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung vom 28.08.2008
- GÖK 2000 Gruppe Ökologie – Institut für ökologische Bildung und Forschung e.V.: „Stellungnahme zur Freigabe von schwachaktiven Reststoffen für den konventionellen Umgang auf Grundlage des 10 µSv-Konzeptes“; erstellt im Auftrag der Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. und der Rechtshilfe Gorleben e.V., Hannover, März 2000

- GÖK/IFEU 2002 Gruppe Ökologie – Institut für ökologische Bildung und Forschung e.V. und ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: „Studie zur Gewährleistung von Schutzziele der Strahlenschutzverordnung durch die Freigaberegelung für gering radioaktive Reststoffe in der Bundesrepublik Deutschland“; im Auftrag des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Hannover, Mai 2002
- GÖK 2007 Gruppe Ökologie – Institut für ökologische Bildung und Forschung e.V.: „Kurzstellungnahme zum Referentenentwurf für die Änderung der Strahlenschutzverordnung vom 23.03.2007“; im Auftrag des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Hannover, April 2007
- HERZOG 2011 K. Herzog: „Verseucht „freigemessener Atommüll schleichend die Umwelt?“; Niedersächsischer Landtag Drs. 16/3703, Kleine Anfrage mit Antwort, 14.06.2011
- IAEA 1983 International Atomic Energy Agency: “De Minimis Concepts In Radioactive Waste Disposal”; TECDOC-282, Vienna 1983
- IAEA 1988 International Atomic Energy Agency: “Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control”; safety series No. 89, Vienna 1988
- IAEA 2004 International Atomic Energy Agency: “Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance”; Safety Guide No. RS-G-1.7, Vienna 2004
- INTAC 1997 *intac* - Beratung, Konzepte, Gutachten zu Technik und Umwelt GmbH: Bericht zur Auswertung des Sicherheitsberichtes und der Akteneinsicht sowie der Vorbereitung des Erörterungstermins im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 7 AtG zum Abbau von NUKEM-A; Auftraggeber: Ordnungs- und Umweltamt der Stadt Hanau; Hannover, Oktober 1997
- INTAC 2010 *intac* - Beratung, Konzepte, Gutachten zu Technik und Umwelt GmbH: „Nuclear-Waste-Management in der Europäischen Union“; erstellt mit Unterstützung der Grünen/EFA Fraktion im Europäischen Parlament, Hannover, Oktober 2010

- KÖHNLEIN 1991 W. Köhnlein and R.H. Nußbaum: „Reassessment of Radiogenic Cancer Risk and Mutagenesis at Low Doses of Ionizing Radiation“; Adv. Mutag. Res. 3, 1991, 53-80
- METZKE 1997 Metzke (TÜV Süddeutschland), Wortprotokoll des Erörterungstermins zum Abbau der Brennelementfabrik NUKEM-A in Hanau, 14./15.Oktober und 25. November 1997
- NEA 2005 Nuclear Energy Agency | Organisation for Economic Co-Operation and Development: Achieving the Goals of the Decommissioning Safety Case, NEA No. 5417, Paris 2005
- NEUMANN 2000 W. Neumann: “Die Freigabe von schwachaktiven Reststoffen für den konventionellen Umgang auf Grundlage des 10-µSv-Konzepts“; Otto-Hug-Strahleninstitut - MHM, Bericht Nr. 21-22, 2000
- NIS 2000 NIS Ingenieurgesellschaft GmbH: „Stilllegungstechnik für ausgediente Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren“; im Auftrag der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke – VDEW – e.V. Frankfurt / Main, 30.06.2000
- NÜSSER 2011 A. Nüsser und H. Harke (E.ON Kernkraft GmbH): „Gebäudefreigabe von Kernkraftwerken“; 7. Freigabesymposium, TÜV Nord Akademie, Rostock, 10. – 12.10.2011
- PIERCE 1996 D.A. Pierce et al.: “Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors“; Report 12, Part I Cancer: 1950-1990, Radiat. Res. 146, 1-27
- RÖLLER 2011 B. Röller (Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft): „Freigabe im Einzelfall - Verbleib bestimmter Strukturen im Boden - Standortspezifische Freigabewerte“; 7. Freigabesymposium, TÜV Nord Akademie, Rostock, 10. – 12.10.2011
- SEFZIG 2011 R. Sefzig: „Novellierung der Strahlenschutzverordnung - Freigabe -“; 7. Freigabesymposium TÜV Nord Akademie, Rostock, Oktober 2011
- SSK 2006 Strahlenschutzkommission: „Freigabe von Stoffen zur Beseitigung“; Empfehlung verabschiedet in der 213. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 06. Dezember 2006

Freigabe radioaktiver Reststoffe

- SSK 2012 Strahlenschutzkommission: Jahresbericht 2012, Bonn, 20.03.2013
- SSV 2001 Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz; BGBl. Nr. 83, S. 1714, ausgegeben zu Bonn am 26. Juli 2001
- SSV 2011 Verordnung zur Änderung strahlenschutzrechtlicher Verordnung vom 4. Oktober 2011 (BGBl. I Nr. 51 S. 2000)
- SSV 2012 Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
- TELEX 2009 Strahlentelex: „Keine grüne Wiese mehr“; 23. Jahrg., Nr. 532-533, S. 11, 5. März 2009
- WEHFRTZ 2013 M. Wehfritz et al.: „Simulation der Abklinglagerung von Großkomponenten beim Rückbau von Kernkraftwerken“; GRS-Fachgespräch, 19. & 20. Februar 2013

Versicherung und Danksagung

Diese Stellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen, unparteiisch und ohne Weisung hinsichtlich ihrer Ergebnisse erstellt.

Der Inhalt der Stellungnahme stellt die fachliche Bewertung des Autors dar. Sie muss nicht zwangsweise mit allen Positionen des Auftraggebers BUND übereinstimmen.

In den Diskussionen im Rahmen der BUND Atom- und Strahlenkommission (BASK) wurden viele sachdienliche Hinweise gegeben.

Dipl.-Phys. Wolfgang Neumann

intac GmbH