

Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz

**Bestandsaufnahme und Prognose von NORM-Rückständen für die
Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle
- Vorhaben 3610R03250**

Auftragnehmer:

IAF - Radioökologie GmbH, Radeberg

Fugro Consult GmbH (FCG), Braunschweig

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS), Köln

WISUTEC Umwelttechnik GmbH, Chemnitz

E. Ettenhuber

R. Gellermann

S. Kahnwald

C. Kunze

D. Weiß

H. Schulz

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.



Bundesamt für Strahlenschutz

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMUB (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BfS übereinstimmen.

BfS-RESFOR-96/14

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de:0221-2014111011868

Salzgitter, November 2014

Arbeitsgemeinschaft

**IAF - Radioökologie GmbH • Fugro Consult GmbH •
GRS mbH • WISUTEC Umwelttechnik GmbH**

Vorhaben 3610R03250

Bestandsaufnahme und Prognose von NORM-Rückständen für die Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle

Abschlussbericht

Auftraggeber: **Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)**
Willy-Brandt-Straße 5
38226 Salzgitter

Auftragnehmer: **Arbeitsgemeinschaft**

IAF - Radioökologie GmbH (IAF)
Wilhelm-Rönsch-Str. 9
01454 Radeberg

Fugro Consult GmbH (FCG)
Daimlerstraße 18
38112 Braunschweig

**Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
mbH (GRS)**
Schwertnergasse 1
50667 Köln

WISUTEC Umwelttechnik GmbH
Jagdschänkenstraße 33
09117 Chemnitz

Radeberg, den 17.06.2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung zum Gesamtanliegen des Forschungsvorhabens	6
2	Aufgabenstellung des Forschungsvorhabens	9
3	Begriffe und Abgrenzungen.....	14
3.1	NORM-Rückstände	14
3.2	NORM-Abfälle	17
3.2	Herkunft von NORM-Rückständen und Definition von Zuordnungsbereichen.....	19
4	Praxis der Entlassung von NORM-Rückständen zur Verwertung und Beseitigung und die Auswirkungen auf die Mengenbilanzen von NORM- Abfällen.....	23
4.1	Regelungen in der StrlSchV zur Entlassung von NORM-Rückständen zum Zwecke der Verwertung oder Beseitigung.....	23
4.2	Praxis der Entlassung von NORM-Rückständen aus der Überwachung	24
4.2.1	Praxis der Entlassung zur Verwertung	24
4.2.2	Praxis der Entlassung zur Beseitigung.....	27
5	Zusammenfassung der Mengen an NORM-Rückständen, deren Entlassung aus der Strahlenschutzüberwachung unwahrscheinlich ist.....	31
5.1	Vorbemerkungen	31
5.2	Identifizierte NORM-Rückstände, die zu NORM-Abfällen werden können	32
5.3	Abschätzung der Mengen von NORM-Rückständen, die ggf. als NORM- Abfälle beseitigt werden müssen.....	34
5.3.1	Einführung von Fallgruppen zur Abschätzung der Mengen an NORM- Rückständen	34
5.3.2	Lagerbestände von NORM-Rückständen gemäß Fallgruppe 1.....	35
5.3.3	Abschätzung der derzeitig realen und möglichen Mengenströme.....	37
5.4	Prognose für das zukünftige Aufkommen an NORM-Abfällen.....	39
5.4.1	Rechtliche Änderungen.....	39
5.4.1.1	Euratom Grundnormen	39
5.4.1.2	Abfallrecht.....	42
5.4.2	Veränderungen in den NORM-Industrien.....	44
5.4.2.1	Vorbemerkungen	44
5.4.2.2	Erdöl-Erdgasgewinnung.....	44
5.4.2.3	Geothermie	45
5.4.3	Auswirkungen der Änderungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen sowie Veränderungen in den jeweiligen Industriezweigen auf die Mengenbilanzen von NORM-Rückständen/NORM-Abfällen	47
6	Identifikation bisher vorhandener Lagerstandorte und Zwischenlagermöglichkeiten und deren Kapazitäten.....	49
6.1	Vorbemerkungen	49
6.2	Landessammelstellen.....	49
6.3	Sonstige Lagerstandorte und Zwischenlager	51
6.3.1	Vorbemerkung.....	51

6.3.2	Atom- oder strahlenschutzrechtlich genehmigte Lagerstandorte und Zwischenlager	51
6.3.3	Betriebliche Lager	52
7	NORM-Rückstände, die nicht aus der Überwachung entlassen werden können und voraussichtlich die Ablieferung an ein Endlager für radioaktive Abfälle erfordern	55
7.1	Vorbemerkungen	55
7.2	Anforderungen an endzulagernden radioaktive Abfälle am Beispiel der Endlagerungsbedingungen für den Schacht Konrad in Bezug auf NORM- Abfälle	55
7.2.1	Grundsätzlichen Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen)	56
7.2.2	Anforderungen an die Abfallprodukte	57
7.2.2.1	Grundanforderungen	57
7.2.2.2	Abfallproduktgruppen	57
7.2.2.3	Aus Sicherheitsanalysen abgeleitete Begrenzung der Aktivität in den Abfallprodukten	58
7.2.3	Massenbegrenzungen nichtradioaktiver schädlicher Stoffe	60
7.2.4	Anforderungen an Abfallgebinde	63
7.3	Prüfung der Endlagerbarkeit von NORM-Abfällen mit Ra-226 oder Th-232 als Leitnuklid	64
7.3.1	Prüfung der Endlagerbarkeit einzelner Abfallgebinde	64
7.3.2	Bewertung der Lagerbestände und Prognosen zum zukünftigen Aufkommen von NORM-Abfällen aus den Fallgruppen 1 bis 4 im Hinblick auf ihre Endlagerbarkeit	66
7.3.3	Prüfung der Endlagerbarkeit im Bezug zu den genehmigten maximal einlagerbaren Stoffen und Aktivitäten	73
7.4	Standorte der Wismut GmbH	74
7.5	Zusammenfassung über bestehende Möglichkeiten Endlagerung von NORM- Abfällen	76
8	Abschätzung der Kosten und Beurteilung von Wirtschaftlichkeitsaspekten für die Optionen der Zwischen- und Endlagerung	77
9	Möglichkeiten für die Entsorgung (Endlagerung) von NORM-Abfällen	80
9.1	Vorbemerkung	80
9.2	Optionen für eine Endlagerung von NORM-Abfällen	84
9.2.1	Fall 1: Errichtung einer NORM-Deponie für NORM-Rückstände (Deponie nach KrWG)	84
9.2.2	Fall 2: Errichtung einer NORM-Deponie für NORM-Abfälle (Endlager nach § 9a Abs. 3 AtG)	86
9.2.2.1	Genehmigungsverfahren	86
9.2.2.2	Abfallrechtliche Aspekte	86
9.2.3	Umweltauswirkungen und Standortsuche	87
9.2.4	Internationale Standards und Richtlinien bei oberflächennahen Endlagern ..	88
9.2.4.1	Allgemeine Anforderungen	88

9.2.4.2	Safety Case	88
9.3	Internationales Beispiel (Großbritannien)	89
9.4	Weiterführender Untersuchungsbedarf.....	90
10	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	91
11	Verwendete Unterlagen und Literatur	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Aufteilung der Aufgabenstellung des Vorhabens in die 3 Arbeitspakete AP1 - AP3	12
Tabelle 4-1:	Überblick über Deponien in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern und deren Annahmefähigkeit von NORM-Rückständen	28
Tabelle 5-1:	Identifizierte NORM-Rückstände, die ggf. als NORM-Abfälle beseitigt werden müssen.....	33
Tabelle 5-2:	Lagerbestände von NORM-Rückständen gemäß Fallgruppe 1	36
Tabelle 5-3:	Derzeitig reale und mögliche Mengenströme von NORM-Rückständen (Fallgruppen 2 und 3).....	37
Tabelle 5-4:	Liste von NORM-Industrien nach Anhang V [13].....	40
Tabelle 5-5:	Mögliche zukünftige NORM-Rückstände aufgrund von Änderungen bei Industrien und rechtlicher Rahmenbedingungen (Fallgruppe 4).....	48
Tabelle 7-1:	Maximal einlagerbare Aktivitäten und mittlere Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide und Radionuklidgruppen am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad (nach Anhang II, Tabelle 8 und 9 in [7])	60
Tabelle 7-2:	Maximal einlagerbare Massen an Stoffen gemäß Liste I der Anlage zur Grundwasserverordnung am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad [7].....	61
Tabelle 7-3:	Maximal einlagerbare Massen an Stoffen gemäß Liste II der Anlage zur Grundwasserverordnung am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad [7].....	62
Tabelle 7-4:	Maximal einlagerbare Massen von Stoffen, die schädliche Verunreinigungen im Sinne des § 137 des Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) bewirken können, am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad [7]	63
Tabelle 7-5:	Lagerbestände von NORM-Rückständen in Landessammelstellen und anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Anlagen (Fallgruppe 1).....	67
Tabelle 7-6:	Derzeitig reale und mögliche Mengenströme von NORM-Abfällen (Fallgruppen 2 und 3).....	71
Tabelle 7-7:	Deponien oder Verwahrstandorte der WISMUT GmbH.....	75

Tabelle 8-1:	Auszug aus der Preisliste der Landessammelstelle für radioaktive Abfälle Berlin [28]	77
Tabelle 8-2:	Kosten der Entsorgung von einer Tonne Abfall auf ausgewählten konventionellen Deponien	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1	Entstehung von NORM-Rückständen.....	16
Abbildung 3-2	Definition der NORM-Abfälle	18
Abbildung 3-3	Herkunftsbereiche für NORM-Rückstände	19
Abbildung 6-1	Mengenströme für die Entstehung von NORM-Abfällen.....	54
Abbildung 9-1	Mögliche Optionen für die Einlagerung von NORM-Abfällen.....	81

1 Einführung zum Gesamtanliegen des Forschungsvorhabens

In der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) [1] wurden im Jahre 2001 Regelungen getroffen, nach denen Strahlenexpositionen, die durch natürliche Strahlenquellen verursacht werden, zu kontrollieren sind. Bereits durch die Formulierung des Anwendungsbereiches dieser Verordnung (§ 2 StrlSchV) wird jedoch klar, dass nicht alle durch natürliche Strahlenquellen verursachte Strahlenexpositionen kontrolliert werden sollen. Nur für Strahlenexpositionen, die aus Handlungen (Arbeiten) resultieren, bei denen natürliche Strahlenquellen **vorhanden sind**, deren Radioaktivität oder kernphysikalische Eigenschaften jedoch **nicht genutzt werden**, und die aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden dürfen, sind die Regelungen anzuwenden. Damit folgt die StrlSchV konsequent der Maßgabe der Direktive 96/29 EURATOM [2], in der die grundsätzlichen Anforderungen des Strahlenschutzes für die Mitgliedsländer der Europäischen Union festgelegt worden sind. Auf der Grundlage umfangreicher Studien (s. z. B. [3]) wurden in Deutschland die Arbeiten identifiziert, bei denen für Beschäftigte oder Personen der Bevölkerung durch natürlichen Strahlenquellen verursachte Expositionen auftreten können, die aus der Sicht des Strahlenschutzes beachtet werden sollten. Für Personen der Bevölkerung können solche Strahlenexpositionen nur bei der Verwertung oder Beseitigung von Rückständen auftreten, die bei verschiedenartigen Arbeiten anfallen oder bei Arbeiten mit Materialien entstehen. Die Rückstände sind in der Strahlenschutzverordnung StrlSchV explizit benannt. Die verbale Beschreibung der einzelnen Stoffe/Stoffgruppen kann zur Folge haben, dass auch Rückstände in den Geltungsbereich der strahlenschutzrechtlichen Regelungen fallen könnten, bei deren Verwertung oder Beseitigung aber keine nennenswerten Strahlenexpositionen zu besorgen sind. Deshalb wurden zusätzlich noch Kriterien festgelegt (Zahlenwerte der spezifischen Aktivität und Bedingungen für eine aus der Sicht des Strahlenschutzes sichere Verwertung oder Beseitigung dieser Rückstände), mit denen dann die Rückstände, deren Verwertung oder Beseitigung aus der Sicht des Strahlenschutzes keiner weiteren Beachtung bedarf, und jene Rückstände identifiziert werden können, bei deren Verwertung oder Beseitigung eine effektive Dosis pro Kalenderjahr von mehr als 1 mSv auftreten kann und die deshalb nach den allgemeinen Grundsätzen des Strahlenschutzes eine Überwachung erfordern.

Zum Zwecke einer bestimmten Verwertung oder Beseitigung können diese Rückstände aber durch eine Entscheidung der zuständigen Behörde aus der Überwachung und damit

aus dem Geltungsbereich der StrlSchV entlassen werden, wenn für den konkreten Fall bei Beachtung aller Umstände nachgewiesen worden ist, dass dabei der Schutz der Bevölkerung vor Strahlenexpositionen gewährleistet ist. Das ist dann der Fall, wenn dabei der Richtwert der effektiven Dosis im Kalenderjahr für Einzelpersonen der Bevölkerung von 1 mSv auch ohne weitere Maßnahmen nicht überschritten wird. Die allgemeinen Grundsätze, die bei der Nachweisführung über die Einhaltung des Richtwertes der effektiven Dosis zu beachten sind, wurden in der StrlSchV festgelegt, ebenso die Voraussetzungen für eine Entlassung aus der Überwachung bei gemeinsamer Deponierung überwachungsbedürftiger Rückstände mit anderen Rückständen und Abfällen.

Bei Rückständen, die entlassen worden sind, handelt es sich nicht mehr um radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 des Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz vor ihren Gefahren (Atomgesetz, AtG) [4]. Ihre Beseitigung unterliegt nur noch den Vorschriften des Kreislauf-Wirtschaftsgesetzes (KrWG) [5]. Um die Kompatibilität zwischen den beiden Rechtsbereichen, d. h. AtG auf einer Seite und KrWG auf der anderen Seite, sicherzustellen, sind in der StrlSchV entsprechende Regelungen getroffen worden.

Nach den Ergebnissen einer im Auftrag des BMU durchgeführten Studie [6] sollte die Entlassung von Rückständen zur Verwertung oder Beseitigung nach den Vorschriften des KrWG der Regelfall sein. Allerdings muss beachtet werden, dass dafür zahlreiche Voraussetzungen und Bedingungen erfüllt sein müssen.

Eine Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung kann nur zum Zwecke einer ganz bestimmten Verwertung oder Beseitigung erfolgen. Ist diese nicht gegeben, so fehlt eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine Entlassung. In einem solchen Fall bleiben die Rückstände in der Strahlenschutzüberwachung. Eine Beseitigung könnte dann nur noch im Geltungsbereich der strahlenschutzrechtlichen Regelungen in einem geeigneten Endlager für radioaktive Abfälle erfolgen.

In diesem Vorhaben "Bestandsaufnahme und Prognosen von NORM-Rückständen für eine Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle" wurden systematische Untersuchungen zum Aufkommen von Rückständen, ihrer Behandlung und Lagerung durchgeführt. Da die Entlassung der Rückstände aus dem Geltungsbereich der StrlSchV von ausschlaggebender Bedeutung für die Mengenbilanzen von Rückständen ist, für die eine Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle in Betracht kommt, waren die Untersuchungen zur Praxis der Entlassung ein Schwerpunkt des Vorhabens. Dabei war zu prüfen, ob bei Anwendung der geltenden Endlagerungsbedingungen für das geplante Endlager

Konrad [7] eine Beseitigung von Rückständen, die nicht aus dem Geltungsbereich der StrlSchV entlassen werden können, in einem Endlager für radioaktiver Abfälle möglich ist oder welche alternativen Möglichkeiten für eine Beseitigung dieser Abfälle bestehen könnten.

Der Bericht beschreibt zunächst die Aufgabenstellung, die für das Vorhaben verbindlich war, die Grenzen für die Recherchen, die sich aus den geltenden Rechtsvorschriften ergeben und die Vorgehensweise für die Durchführung dieser Recherchen. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden zusammenfassend dargestellt. Sie geben eine Übersicht über die in der Überwachung verbleibenden Rückstände und beschreiben den Mengen- und Aktivitätsstrom, der in einem Endlager für radioaktive Abfälle zukünftig zu entsorgen sein könnte. Schließlich werden Schlussfolgerungen abgeleitet, auf die Konzepte zur sicheren Beseitigung von NORM-Rückständen aufgebaut werden können.

2 Aufgabenstellung des Forschungsvorhabens

Die Aufgabenstellung für das Forschungsvorhaben (FKZ) 3610R03250 "Bestandsaufnahme und Prognose von NORM-Rückständen für die Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle" ist in der vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) entwickelten Leistungsbeschreibung vom 23.11.2010 dargelegt. Dazu wurde von der Arbeitsgemeinschaft IAF - Radioökologie GmbH (IAF), Fugro Consult GmbH (FCG), Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS) und WISUTEC Umwelttechnik GmbH mit Datum vom 05.01.2011 ein Angebot unterbreitet, auf dessen Grundlage der Vertrag zur Durchführung des Vorhabens zustande kam.

In der Leistungsbeschreibung wurde darauf verwiesen, dass die Grundlage für die Aufgabenwahrnehmung von BMU/BfS nach Maßgabe des Atomgesetzes der jeweils aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik ist. Die vom BMU/BfS in Auftrag gegebenen Untersuchungen, Studien und Gutachten müssen daher von diesem Stand auf dem jeweils zu bearbeitenden Aufgabengebiet ausgehen. Dabei sind neue Erkenntnisse und der wissenschaftlich-technische Fortschritt mit Blick auf die Ziele des Vorhabens zu ermitteln und zu bewerten.

Für Personen der Bevölkerung können bei Arbeiten Strahlenexpositionen, die nicht außer Acht gelassen werden sollten, durch die Verwertung oder Beseitigung von Rückständen, aber auch durch Arbeiten mit Materialien entstehen. Deshalb werden im Teil 3 Kapitel 3 der StrlSchV Regelungen zum Schutz der Bevölkerung vor Expositionen durch die Verwertung oder Beseitigung von Rückständen aus industriellen und bergbaulichen Prozessen, die natürliche Radionuklide enthalten oder Materialien, die mit solchen Stoffen kontaminiert sind, getroffen.

In den Jahren 2001 und 2003 wurden erste Abschätzungen zum Aufkommen an Materialien mit erhöhter natürlicher Radioaktivität (NORM-Rückstände) durchgeführt [8], die Ursache für erhöhte Strahlenexpositionen der Bevölkerung sein können und deshalb nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Diese Abschätzungen wurden für einzelne Verursachergruppen (Materialgruppen) vorgenommen. Sie geben auch eine Übersicht über die Situation in den Bundesländern.

Dieses Mengengerüst stellte eine erste Orientierung für die in Deutschland zu erwartenden Mengen-/Aktivitätsströme dar. Im vorliegenden Vorhaben wird untersucht, ob mittlerweile realistischere Daten zu den Mengen und Aktivitäten der Materialien ermittelt werden können, die im Hinblick auf mögliche Strahlenexpositionen relevant sind. Vor allem sollten

Abschätzungen über Art und Menge der Materialien vorgenommen werden, die eventuell in einem Endlager für radioaktive Abfälle zu beseitigen sind.

Aus den Informationen, die nach Maßgabe der StrlSchV bei den Verpflichteten nach § 97 Abs. 1 und/oder bei den zuständigen Behörden verfügbar sein sollten, sollte eine Datengrundlage für diese Abschätzungen geschaffen werden.

Nach § 99 StrlSchV hat der nach § 97 Abs. 1 Verpflichtete der zuständigen Behörde innerhalb eines Monats Art, Masse und spezifische Aktivität der überwachungsbedürftigen Rückstände sowie eine geplante Beseitigung oder Verwertung dieser Rückstände oder die Abgabe zu diesem Zweck anzuzeigen, wenn wegen der Art und spezifischen Aktivität der Rückstände eine Entlassung aus der Überwachung gemäß § 98 Abs. 1 StrlSchV nicht möglich ist.

Auch hat nach § 100 Abs. 1 StrlSchV derjenige, der Arbeiten ausübt oder ausüben lässt, bei denen jährlich mehr als 2.000 Tonnen an Rückständen im Sinne der Anlage XII Teil A der StrlSchV anfallen oder verwendet werden, dies der zuständigen Behörde und der nach dem KrWG zuständigen Behörde mitzuteilen. Zusätzlich ist nach § 100 Abs. 2 StrlSchV erstmalig zum 1. April 2003 ein Konzept über die Verwertung oder Beseitigung der Rückstände (Rückstandskonzept) für die nächsten 5 Jahre als internes Planungsinstrument zu erstellen und alle fünf Jahre fortzuschreiben (§ 100 Abs. 3 StrlSchV). Jährlich, erstmalig zum 1. April 2004, haben die Verpflichteten eine Bilanz über Art, Masse, spezifische Aktivität und Verbleib der verwerteten und beseitigten Rückstände (Rückstandsbilanz) zu erstellen und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen (§ 100 Abs. 4 StrlSchV). Im Vorhaben sollten vor allem auf der Grundlage dieser Konzepte und Bilanzen die nach § 99 StrlSchV in der Überwachung verbleibenden Stoffe genauer ermittelt und beschrieben werden und auf diese Weise der Mengen- und Aktivitätsstrom, der in einem Endlager für radioaktive Abfälle zu entsorgen sein wird, herausgearbeitet werden. Die Möglichkeiten zur sicheren Zwischen- und Endlagerung sollten dabei aufgezeigt werden.

Ob und in welchem Maße Stoffe in der Überwachung verbleiben, ist auch wesentlich von der Praxis der Entlassung abhängig. Der Maßstab dafür, ob überwachungsbedürftige Rückstände aus dem Geltungsbereich der StrlSchV entlassen werden können oder weiterhin eine Überwachung erfordern, ist der Richtwert der effektiven Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr. Dafür ist eine auf den Einzelfall bezogene Prüfung unter Berücksichtigung der spezifischen Stoffeigenschaften, der vorgesehenen Verwertungs- bzw. Beseitigungswege und der Bedingungen an dem für die Beseitigung vorgesehenen Standort durchzuführen.

Die Praxis der Entlassung spielt deshalb eine Schlüsselrolle und war im Rahmen des Vorhabens zu analysieren.

Der Kenntnisstand und die Rahmenbedingungen zum Vorhaben "Bestandsaufnahme und Prognose von NORM-Rückständen für die Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle" wurden in der Leistungsbeschreibung des BfS vom 23.11.2010 aufgezeigt, wobei auf die Bedeutung der Ergebnisse der vorangegangenen Forschungsvorhaben StSch 4396 [9], [10], StSch 4386 [11] und SR 2416 [8] hingewiesen wurde.

Von besonderer Bedeutung waren die Ergebnisse des Vorhabens SR 2416 "Mengenaufkommen an NORM-Rückständen für das deutsche Entsorgungskonzept" [8], in dem ein umfassender Überblick über den Anfall von NORM-Rückständen bis zum Jahr 2003 gegeben wurde. Zur Aktualisierung der Daten und Informationen sollten diese Auswertungen durch Abfragen bei Landesbehörden, Landesammelstellen oder vergleichbaren Einrichtungen zur Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle, bei Betrieben, in denen überwachungsbedürftige Rückstände anfallen und über deren Verwertung oder Beseitigung entschieden werden muss und bei Verwertern oder Beseitigern von Abfällen nach dem KrWG und durch Auswertung der dabei gewonnenen Informationen ergänzt werden.

Möglichkeiten zur Zwischen- und Endlagerung von Rückständen, die nicht im Rahmen des KrWG verwertet oder beseitigt werden können, da sie nicht aus dem Geltungsbereich der StrlSchV entlassen werden können, sollten geprüft und Möglichkeiten für eine Vorgehensweise zur sicheren Beseitigung dieser Rückstände aufgezeigt werden.

Das Gesamtvorhaben zur Bestandsaufnahme und Prognose von NORM Rückständen für die Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle wurde in den in Tabelle 2-1 angegebenen 3 Arbeitspaketen AP1 - AP3 bearbeitet, deren Ergebnisse in jeweils einem Abschlussbericht zusammengefasst worden sind. Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Ergebnisse der Arbeiten der drei Arbeitspakete zusammen und stellt sie zusammenfassend und übergreifend dar. Dabei wurde bewusst auf Verweise auf die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete verzichtet, damit der Abschlussbericht für sich allein stehen kann. Ergebnisse aus den Arbeitspaketen können auf Anfrage vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 2-1: Aufteilung der Aufgabenstellung des Vorhabens in die 3 Arbeitspakete AP1 - AP3

Arbeitspakete	Aufgabeninhalt
AP1	Aufarbeitung des relevanten Standes von Wissenschaft und Technik und Erstellung eines eigenständigen Berichtes
AP2	Weiterführung der Recherchen zum Mengen- und Aktivitätsaufkommen von NORM-Rückständen und Erstellung eines Zwischenberichtes
AP3	Möglichkeiten zur sicheren Zwischenlagerung und Entsorgung und Erstellung eines Zwischenberichtes
Abschlussbericht	Erstellung eines zusammenfassenden Abschlussberichtes zu den Ergebnissen der Arbeitspakete AP1 - AP3.

Der nunmehr vorliegende Endbericht ist wie folgt gegliedert: Im Abschnitt 3 werden die erforderlichen Begriffsdefinitionen und Abgrenzungen beschrieben, die sich aus den Rechtsgrundlagen ergeben und die für die Untersuchungen von grundlegender Bedeutung sind. Es wird der Begriff der NORM-Abfälle für die weitere Vorgehensweise eingeführt.

Der Abschnitt 4 behandelt das Gesamtproblem der Entlassung von Rückständen. Beginnend mit einer Darstellung der Rechtsgrundlagen für die Entlassung von Rückständen zur Verwertung oder Beseitigung wird die Praxis der Entlassung untersucht. Die dabei auftretenden Probleme werden aufgezeigt, die letztlich dazu führen, dass Rückstände nicht entlassen werden können und als NORM-Abfälle zu bezeichnen sind.

Die im Zuge der Entlassungspraxis entsehenden Mengen- und Aktivitätsströme werden im Abschnitt 5 quantifiziert und bilden die Grundlage für eine Prognose des Aufkommens an NORM-Rückständen, deren Entlassung aus der Strahlenschutzüberwachung unwahrscheinlich ist und die somit als NORM-Abfälle zu bezeichnen sind. Abgeschlossen wird Abschnitt 5 mit einer Prognose für das zukünftige Aufkommen an NORM-Abfällen aufgrund gesetzlicher oder wirtschaftlicher Veränderungen.

Im Abschnitt 6 werden die gegenwärtig existierenden Lagerstandorte (z. B. Landessammelstellen) und Zwischenlagermöglichkeiten und deren Kapazitäten für die Aufnahme von NORM-Abfällen untersucht.

Im Abschnitt 7 werden die NORM-Rückstände untersucht, die nicht aus der Überwachung entlassen werden können und voraussichtlich eine Ablieferung an ein Endlager für radioaktive Abfälle erfordern (NORM-Abfälle). Dabei stehen die Ermittlung der endzulagernden Massen und deren Aktivitätsinventar im Vordergrund. Eine entscheidende Rolle spielt da-

bei der Abgleich der in den NORM-Abfällen enthaltenen chemisch-toxischen Stoffe mit den Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad.

Eine Abschätzung der Kosten und eine Beurteilung von Wirtschaftlichkeitsaspekten für die möglichen Zwischen- und Endlagerungen wird im Abschnitt 8 gegeben.

Die Möglichkeiten für eine alternative Entsorgung (Endlagerung) von NORM-Abfällen in z. B. speziell zu errichtenden NORM-Deponien oder Ertüchtigung von existierenden Deponien werden im Abschnitt 9 diskutiert und Vorschläge unterbreitet.

Der Abschnitt 10 enthält eine Zusammenfassung des vorliegenden Berichts sowie Schlussbemerkungen und Empfehlungen.

3 Begriffe und Abgrenzungen

3.1 NORM-Rückstände

Die IAEA definiert im Safety Glossary [12] den Begriff NORM, das Akronym für "*naturally occurring radioactive material*", als "*radioactive material containing no significant amounts of radionuclides other than naturally occurring radionuclides*". Mit dem Begriff "*radioactive material*" wird die Anwendung des Begriffs NORM auf alle Stoffe, die natürliche Radionuklide enthalten, vermieden und auf die Stoffe beschränkt, die durch Rechtsvorschriften oder durch Entscheidungen der zuständigen Behörden in die regulatorische Kontrolle des Strahlenschutzes einbezogen sind.

Der Vorschlag für die überarbeiteten Richtlinien des Rates der Europäischen Union zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung vom 29.09.2011 [13] integriert die natürlichen Strahlenquellen in das Gesamtsystem des Strahlenschutzes und definiert den Begriff "radioaktives Material" in Analogie zur Begriffsdefinition der IAEA. Als "radioaktives Material" gilt ein Material, das radioaktive Stoffe enthält. Radioaktive Stoffe wiederum enthalten ein oder mehrere Radionuklide, deren Aktivität oder deren Aktivitätskonzentrationen aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Daraus folgt, dass natürlich vorkommende radioaktive Materialien solche Materialien sind, die ein oder mehrere natürliche Radionuklide enthalten, die aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden dürfen und deshalb in die regulatorische Kontrolle des Strahlenschutzes einbezogen werden sollten. In dem o. g. Vorschlag des Rats der Europäischen Union wird der Begriff "natürlich vorkommende radioaktive Materialien" dann mehrfach benutzt (z. B. Begründung, Artikel 24 "Ermittlung von Tätigkeiten mit natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien", Anhang V "Liste industrieller Tätigkeiten mit Einsatz natürlich vorkommender radioaktive Materialien").

Die noch geltende Richtlinie 96/29/EURATOM enthält nur den Begriff der natürlichen Strahlenquellen (*natural radiation sources*). Alle Quellen ionisierender Strahlung terrestrischer oder kosmischer Herkunft werden als natürliche Strahlenquellen bezeichnet. Im Geltungsbereich dieser Richtlinie werden die natürlichen Strahlenquellen unterteilt. Diese Unterteilung erfolgt in solche natürliche Quellen, die auf Grund ihrer Radioaktivität, als Kernbrennstoff oder zur Erzeugung von Kernbrennstoff genutzt werden, und in jene natürliche Quellen, deren Radioaktivität nicht genutzt wird oder die nicht als Kernbrennstoff oder zu dessen Herstellung verwendet werden, die aber trotzdem zu Strahlenexpositionen führen,

die aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Der Unterteilung folgend werden die Anforderungen an den Strahlenschutz in unterschiedlichen Regelungsbereichen (Tätigkeiten, Arbeiten) getroffen.

In Titel VII *Significant Increase In Exposure Due To Natural Radiation Sources* von [2] werden die Anforderungen an den Strahlenschutz bei Arbeiten formuliert. Artikel 40 Ziff. 2 c) verpflichtet die Mitgliedsländer, solche Arbeiten zu identifizieren, bei denen Rückstände anfallen, die üblicherweise nicht als radioaktiv gelten, aber die natürlich vorkommende Radionuklide enthalten, die zu erheblich erhöhten Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung und ggf. auch von Beschäftigten führen.

Die StrlSchV folgt dem Konzept der Richtlinie 96/29/EURATOM und trifft Regelungen für "Tätigkeiten", unter die auch der Umgang mit natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen fällt, wenn dieser Umgang auf Grund der Radioaktivität und anderer kernphysikalischer Eigenschaften erfolgt, und definiert zusätzlich im § 3 Abs. 1 Ziff. 2 StrlSchV den Begriff "Arbeiten". Es handelt sich dabei um Handlungen, die keine Tätigkeiten sind, die aber im Zusammenhang mit der Verwendung von Materialien die Strahlenexpositionen erhöhen können. Der Begriff "Materialien" wird im § 3 Abs. 2 Ziff. 20 StrlSchV definiert. Danach sind Materialien *Stoffe, die natürliche Radionuklide enthalten oder mit solchen kontaminiert sind*. Dabei bleiben für die Begriffsbestimmung natürliche und künstliche Radionuklide, die Gegenstand von Tätigkeiten sind oder waren oder die aus Notstandssituationen, Unfällen oder Störfällen stammen, ebenso unberücksichtigt, wie Kontaminationen in der Umwelt auf Grund von Kernwaffenversuchen oder kerntechnischen Unfällen außerhalb des Geltungsbereiches dieser Verordnung.

Obwohl die Definition des Begriffs Materialien in der StrlSchV den Aspekt der radiologischen Bedeutsamkeit ("deren Aktivität oder deren Aktivitätskonzentrationen aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden darf") nicht explizit enthält, wird der Begriff NORM im Rahmen dieser Studie mit dem Begriff Materialien der StrlSchV gleichgesetzt. Um welche Materialien es sich dabei handelt, wird an verschiedenen Stellen in der StrlSchV weiter ausgeführt.

In § 3 Abs. 2 Ziff. 27 StrlSchV wird der Begriff "Rückstände" definiert. Es handelt sich dabei um *Materialien, die in den in Anlage XII Teil A genannten industriellen und bergbauartigen Prozessen anfallen und die die dort genannten Voraussetzungen erfüllen*. Als Voraussetzungen benennt die StrlSchV, dass die spezifische Aktivität für jedes Radionuklid der Nuklidketten U-238_{sec} und Th-232_{sec} oberhalb von 0,2 Bq/g liegen muss und dass die Materialien nicht in die in Anlage XII Teil A StrlSchV genannten Prozesse als Rohstoffe

eingeführt werden. Auch die Rückstände aus Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten und Arbeiten nach § 118 Abs. 5 StrlSchV und die, die nach Beendigung von Arbeiten bei der Beseitigung von Verunreinigungen nach § 101 StrlSchV anfallen, sind zu berücksichtigen (Anlage XII Teil A Ziff. 4 lit. c).

Alle so definierten Rückstände sind nach § 97 StrlSchV überwachungsbedürftige Rückstände und damit radioaktive Stoffe im Sinne von § 2 AtG, sofern die Überwachungsgrenzen nach Anlage XII Teil B StrlSchV und die dort genannten Beseitigungs- und Verwertungswege nicht eingehalten werden. Im Sinne der Aufgabenstellung werden **überwachungsbedürftige Rückstände** als **NORM-Rückstände** bezeichnet. Die Abbildung 3-1 stellt die Entstehung von **NORM-Rückstände** in Form einer Grafik dar.

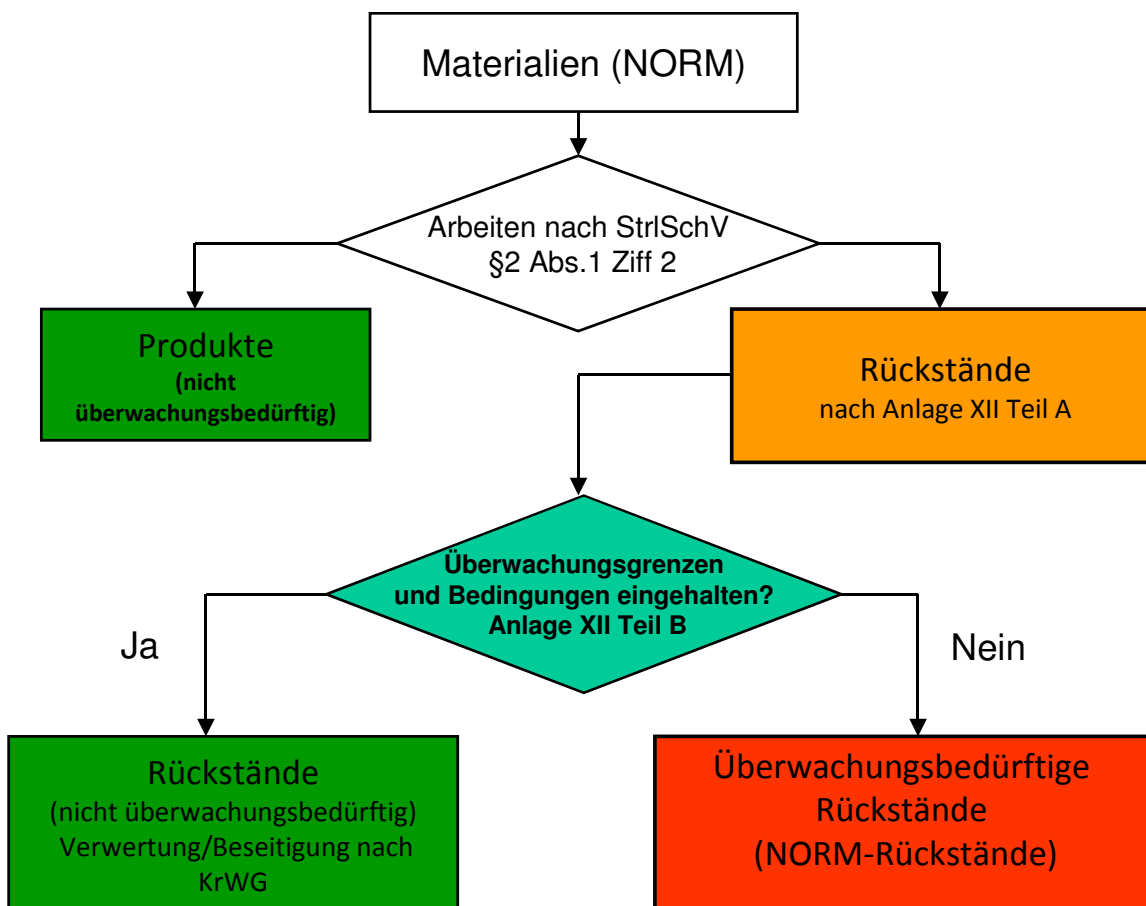


Abbildung 3-1 Entstehung von NORM-Rückständen

3.2 NORM-Abfälle

Zum Zwecke einer bestimmten Verwertung oder Beseitigung können überwachungsbedürftige Rückstände nach § 98 StrlSchV durch die zuständige Behörde aus der Überwachung entlassen werden, wenn der erforderliche Schutz der Bevölkerung vor Strahlenexpositionen sichergestellt ist. Die radiologische Anforderung für eine Entlassung ist die Einhaltung einer effektiven Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr für Einzelpersonen der Bevölkerung ohne besondere Maßnahmen. Außerdem müssen die durch das KrWG vorgegebenen abfallrechtlichen Anforderungen erfüllt sein. Die prinzipielle Vorgehensweise zur Entlassung von überwachungsbedürftigen Rückständen skizziert die Abbildung 3-2.

Für NORM-Rückstände, die nicht nach § 98 Abs. 1 StrlSchV entlassen werden können, werden im § 99 StrlSchV Regelungen getroffen. Der nach § 97 StrlSchV Verpflichtete hat der zuständigen Behörde Art, Masse und spezifische Aktivität dieser überwachungsbedürftigen Rückstände anzuzeigen, ebenso die geplante Beseitigung oder Verwertung oder die Abgabe zu diesem Zweck (§ 99 StrlSchV). Die zuständige Behörde kann anordnen, dass Schutzmaßnahmen zu treffen sind und auf welche Weise diese Rückstände zu beseitigen sind (§ 99 Satz 2 StrlSchV). Für die überwachungsbedürftigen Rückstände, die die im § 98 Abs. 3 StrlSchV genannten Voraussetzungen nicht erfüllen (z. B. kann eine Annahmeerklärung eines Verwerters oder Beseitigers nicht vorgelegt werden) und die deshalb nicht entlassen werden können, werden im § 99 StrlSchV keine Regelungen getroffen. Sie bleiben aber als radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 AtG im Geltungsbereich der StrlSchV. Es ist deshalb logisch, dass in Analogie zur beschriebenen Vorgehensweise nach § 99 StrlSchV die Behörde auch für diesen Fall Schutzmaßnahmen oder Festlegungen über die Beseitigung dieser Rückstände trifft.

Für NORM-Rückstände, die im Geltungsbereich der StrlSchV verbleiben, weil sie aus verschiedenen Gründen nicht entlassen werden können, wird im Rahmen des Projektes der Begriff **NORM-Abfälle** gewählt. Die Bezeichnung "radioaktiver Abfall" wird in diesem Zusammenhang vermieden, da dieser Begriff an den Umgang mit radioaktiven Stoffen gebunden ist und somit nur für radioaktive Reststoffe aus dem Regelungsbereich des Teils 2 (Schutz von Mensch und Umwelt vor radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung aus der zielgerichteten Nutzung bei Tätigkeiten) angewendet werden sollte. Dagegen fallen NORM-Abfälle bei Arbeiten an. Sie sind nach Meinung der Autoren dieses Berichtes deshalb dem Regelungsbereich des Teils 3 (Schutz von Mensch und Umwelt vor natürlichen

Strahlungsquellen bei Arbeiten) zuzuordnen. Auch für diese Stoffe muss eine geordnete und aus der Sicht des Strahlenschutzes sichere Beseitigung in einem Endlager erfolgen.

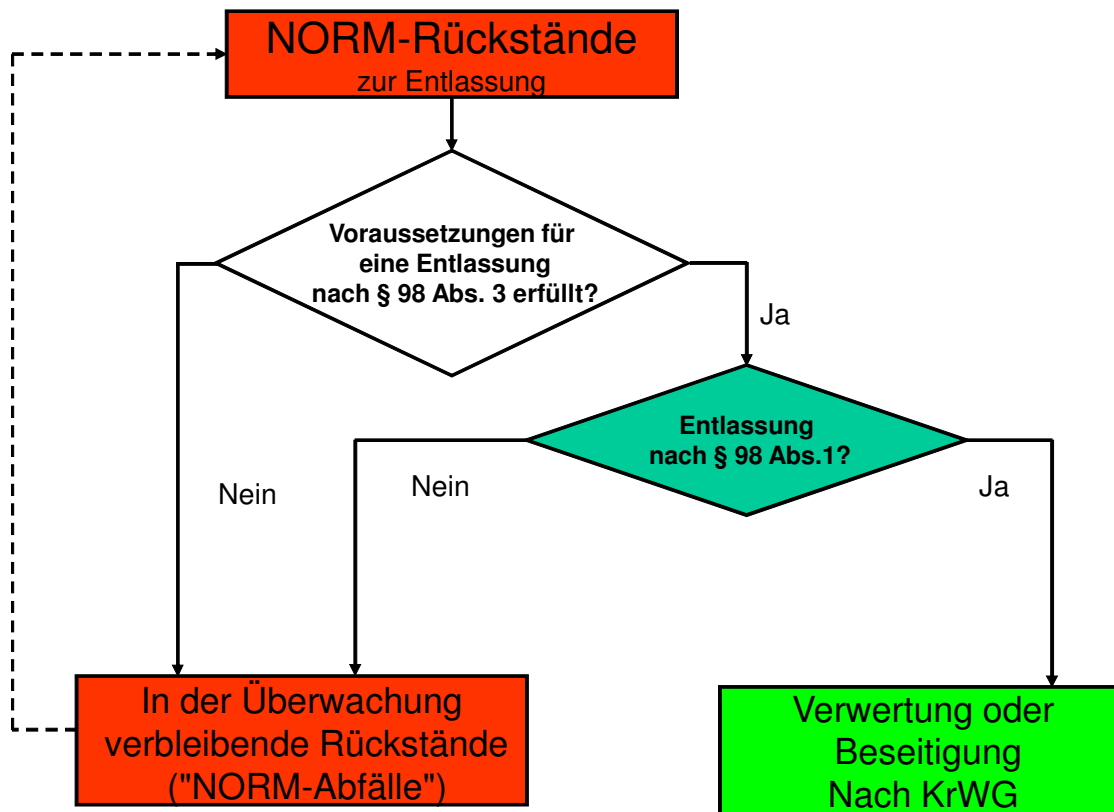


Abbildung 3-2 Definition der NORM-Abfälle

Ist eine Entlassung von überwachungsbedürftigen Rückständen für eine beabsichtigte Verwertung oder Beseitigung nicht möglich, weil in dem konkreten Fall die erforderlichen Voraussetzungen nach § 98 Abs. 3 StrlSchV nicht gegeben sind (z. B. steht keine Deponie zur Verfügung, auf der die Materialien beseitigt werden können), sollten andere Möglichkeiten für eine Verwertung oder Beseitigung geprüft werden.

Bei einer engen Auslegung des Begriffs NORM-Rückstände könnte sich die Identifikation der Materialien, auf eine Bewertung der in der Anlage XII Teil A StrlSchV genannten Rückstände und eine Analyse beschränken, ob und unter welchen Bedingungen diese Rückstände nach Anlage XII Teil A aus der Überwachung entlassen werden können und welche Materialien in die Kategorie "In der Überwachung verbleibende Rückstände" und damit in die für das Projekt relevante Stoffgruppe eingeordnet werden müssen.

Die Analysen zur Identifikation der NORM-Rückstände aber nur auf die überwachungsbedürftigen Rückstände nach § 97 StrlSchV, einschließlich der Rückstände nach § 101 und § 118 Abs. 5 zu beschränken, ist für die Zielstellung des Projektes nicht ausreichend. Die StrlSchV trifft schließlich auch Regelungen für Materialien, die keine Rückstände im Sinne der Anlage XII Teil A sind und die aus der Sicht des Strahlenschutzes beachtet werden müssen.

3.2 Herkunft von NORM-Rückständen und Definition von Zuordnungsbereichen

Aus der Vollzugspraxis der StrlSchV ist bekannt, dass zur Identifikation von möglichen NORM-Abfällen eine Bewertung auch für andere Arbeiten und Stoffgruppen als die in Anlage XII Teil A StrlSchV aufgelisteten erforderlich ist, da auch hier Materialien anfallen oder vorliegen können, für die bei Entscheidungen über ihre Beseitigung der Schutz der Bevölkerung vor Strahlenexpositionen zu beachten ist und ggf. durch geeignete Maßnahmen gesichert werden muss. Die Herkunftsbereiche für NORM-Rückstände skizziert die Abbildung 3-3.

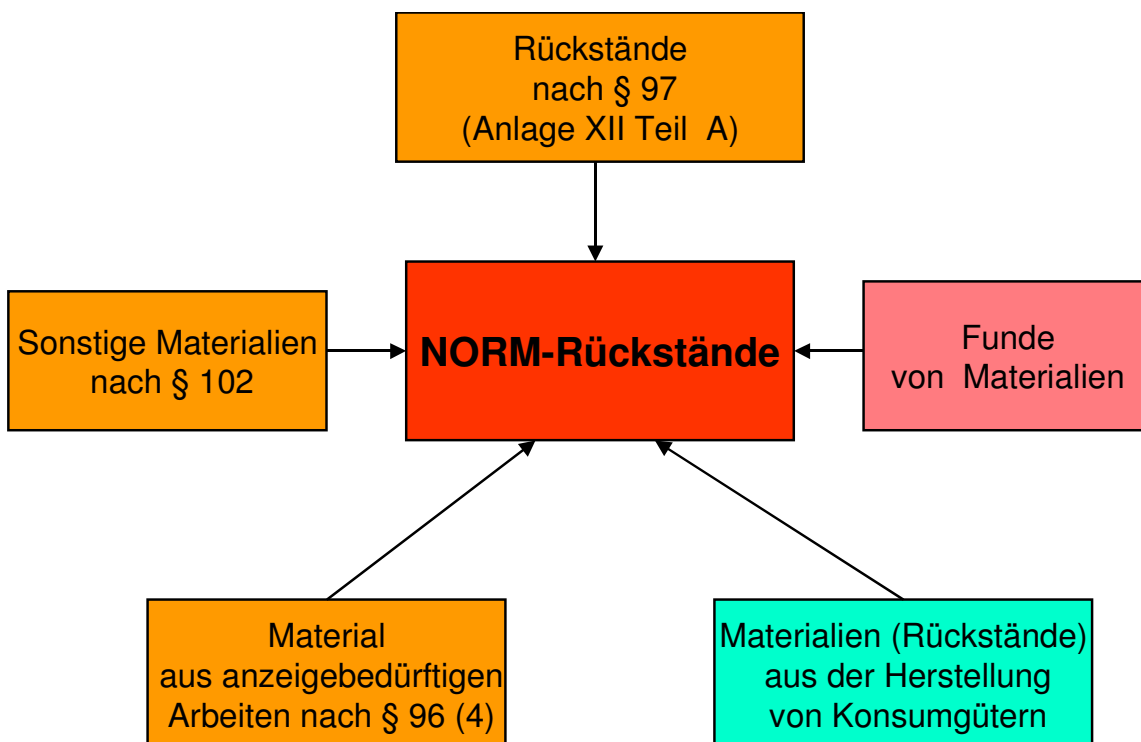


Abbildung 3-3 Herkunftsbereiche für NORM-Rückstände

Bei Arbeiten können Materialien anfallen, die zwar keine Rückstände im Sinne der Anlage XII Teil A StrlSchV sind, die aber auch zu erheblich erhöhten Strahlenexpositionen von Einzelpersonen der Bevölkerung führen können. In solchen Fällen kann die Behörde nach § 102 StrlSchV eine Überwachung für diese Materialien anordnen, Schutzmaßnahmen treffen sowie die Stelle bestimmen, an der diese Materialien aufzubewahren sind oder die Art und Weise festlegen, wie diese Materialien zu beseitigen sind. Auch im § 118 Abs. 5 StrlSchV wird darauf verwiesen, dass sonstige Materialien im Sinne des § 102 StrlSchV aus Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten und Arbeiten wie Rückstände zu behandeln sind.

Auch bei anzeigebedürftigen Arbeiten nach Anlage XI Teil B StrlSchV können Materialien anfallen, die keine Rückstände im Sinne der Anlage XII Teil A StrlSchV sind, die aber eine Überwachung erfordern. In solchen Fällen kann die Behörde auf der Grundlage von § 96 Abs. 4 StrlSchV festlegen, auf welche Weise diese Materialien zu entsorgen sind. Beispiele dafür sind Arbeiten mit thorierten Schweißelektroden oder Thoriumlegierungen, nicht mehr benötigte Uran- und Thorium-Chemikalien und Abfälle aus der Nutzung von Thoriumgasglühstrümpfen.

Weitere Stoffe, auf die die Begriffsdefinition "Materialien" im Sinne der StrlSchV zutrifft und die strahlenschutzrechtlich überwacht werden, kommen vor, wenn Uran oder Thorium (in der Praxis meist Thorium) Produkten zugesetzt werden um die physikalischen (jedoch nicht die kernphysikalischen) oder chemischen Eigenschaften dieser Elemente zu nutzen (Teil 4 StrlSchV Schutz des Verbrauchers beim Zusatz radioaktiver Stoffe zu Produkten). Produkte mit derartigen Zusätzen (Lampen, Schweißelektroden, thorierte Gläser) sind keine NORM-Rückstände. Bei der Produktion selbst fallen aber diverse Materialien an, die entsorgt werden müssen und die daher als NORM-Rückstände klassifiziert werden können.

In Anlehnung an die Studie [8] wurden deshalb für die Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit die NORM-Rückstände nach Bereichen geordnet, denen sie im Strahlenschutzrecht zuzuordnen sind ("Zuordnungsbereiche"). Folgende Zuordnungsbereiche (ZOB) wurden definiert:

Zuordnungsbereich 1: Überwachungsbedürftige Rückstände nach § 97 StrlSchV, die nach der gegenwärtigen Rechtspraxis nicht aus der Überwachung entlassen werden können. Hier sind auch die Rückstände nach § 101 und § 118 Abs. 5 StrlSchV einzuordnen, für die eine Überwachung angeordnet wird.

Zuordnungsbereich 2: Sonstige überwachte Materialien nach § 102 StrlSchV einschließlich der Materialien nach § 118 Abs. 5 StrlSchV, für die eine Überwachung angeordnet wird.

Zuordnungsbereich 3: Materialien aus anzeigebedürftigen Arbeiten, die nicht konventionell entsorgt werden können.

Zuordnungsbereich 4: Abfälle aus der Herstellung von Konsumgütern oder anderen Produkten unter Zusatz von (natürlichem) Uran und/oder Thorium.

Zuordnungsbereich 5: Funde von Materialien (Analog zu § 71 Abs. 2 StrlSchV).

Zuordnungsbereich 6: Abfälle aus Einrichtungen, in denen sich radioaktive Stoffe unter strahlenschutzrechtlicher Kontrolle befinden (z. B. Landessammelstellen).

Dieser Zuordnungsbereich wurde eingerichtet, da sich verschiedene Materialien, die den Zuordnungsbereichen 1 - 5 zuzurechnen sind, insbesondere Funde von Materialien und Materialien (Rückstände) aus der Herstellung von Konsumgütern oder anderen Produkten, bereits dort eingelagert worden sind. Betrachtet werden in dieser Studie nur Stoffe, die als NORM-Rückstände im Sinne der o. g. Definition angesehen werden können. Dort eingelagerte Stoffe, denen bei der Herstellung natürliche Radionuklide zugesetzt wurden, um deren ionisierende Strahlung zu nutzen (z. B. Leuchtfarben), sind in diesem Kontext keine NORM-Rückstände und werden daher in dieser Studie nicht näher untersucht.

Rückstände und Materialien weisen ganz unterschiedliche Werte der spezifischen Aktivität auf. Für die Relevanz im Hinblick auf die Aufgabenstellung ist das von Bedeutung, da erste Erfahrungen der Bearbeiter zeigten, dass für NORM-Rückstände mit einer geringen spezifischen Aktivität die Wahrscheinlichkeit für eine Entlassung zur Verwertung oder Beseitigung höher ist als bei NORM-Rückständen mit einer höheren spezifischen Aktivität. Ausgehend von diesen Erfahrungen wurde deshalb zu Beginn des Projektes als Arbeitshypothese folgende Unterteilung eingeführt, die auch für die Strukturierung der Mengen- und Aktivitätsströme hilfreich ist:

- Nicht relevant (N-NORM) sind NORM-Rückstände mit einer spezifischen Aktivität C von $< 5 \text{ Bq/g}$ für $C = C_{\text{U}238\text{max}} + C_{\text{Th}232\text{max}}$. Enthalten die NORM-Rückstände ausschließlich Pb-210, so gilt $C < 50 \text{ Bq/g}$. Diese Rückstände können ohne Entlassung in Versatzbergwerken oder Untertagedeponien verwertet oder beseitigt werden. Jede andere Art der Verwertung oder Beseitigung nach KrWG setzt allerdings eine

Entlassung voraus. Sie müssen für den Transport nicht nach Kriterien der Klasse 7 ADR [14] deklariert werden.

- Gegebenenfalls relevant (X-NORM) sind NORM-Rückstände mit einer spezifischen Aktivität von $> 5 \text{ Bq/g}$ bis $< 50 \text{ Bq/g}$ für $C = C_{\text{U}238\text{max}} + C_{\text{Th}232\text{max}}$. Das sind Rückstände oder sonstige Materialien, für die bei gemeinsamer Deponierung mit anderen Rückständen und Abfällen ein vereinfachter Nachweis der radiologischen Unbedenklichkeit (Nachweis der Einhaltung des Richtwertes von 1 mSv im Kalenderjahr) nach Anlage XII Teil C StrlSchV geführt werden kann, die für den Transport aber ggf. nach Kriterien der Klasse 7 ADR [14] deklariert werden müssen.
- Als relevant (R-NORM) werden im Rahmen dieser Studie NORM-Rückstände mit einer spezifischen Aktivität $C > 50 \text{ Bq/g}$ für $C = C_{\text{U}238\text{max}} + C_{\text{Th}232\text{max}}$ klassifiziert. Grundlage für die Entlassung dieser Rückstände zur Verwertung oder Beseitigung nach KrWG ist immer eine Dosisabschätzung nach Anlage XII Teil D StrlSchV, mit der die Einhaltung des Richtwertes von 1 mSv im Kalenderjahr nachzuweisen ist. Sie müssen für den Transport nach den Kriterien der Klasse 7 ADR deklariert werden.

Eine Einstufung als R-NORM ist noch nicht gleichbedeutend mit einer Kategorisierung als NORM-Abfall. Die Entscheidung darüber, NORM-Rückstände als NORM-Abfall zu kategorisieren oder als konventionellen Abfall zu behandeln, hängt ausschließlich davon ab, ob sie durch Behördenentscheid (z. B. Entlassung oder Anordnung) aus dem Geltungsbereich der StrlSchV entlassen werden. Ist eine Entlassung möglich, können sie aus der Sicht des Strahlenschutzes als konventioneller Abfall nach dem KrWG beseitigt werden.

Nur NORM-Rückstände, unabhängig davon aus welchem der oben definierten Zuordnungsbereiche sie stammen und unabhängig davon, ob sie zunächst als N-NORM, X-NORM oder R-NORM eingestuft worden sind, werden als NORM-Abfälle kategorisiert, wenn sie nicht entlassen werden können. Nur diese so definierten NORM-Abfälle wären in einem Endlager für radioaktive Abfälle zu beseitigen.

Die Entlassung aus dem Geltungsbereich der StrlSchV ist für die Abschätzung der im Projekt auszuweisenden Mengen- und Aktivitätsströme von ausschlaggebender Bedeutung. Im folgenden Kapitel werden deshalb die strahlenschutzrechtlichen Regelungen und die Bedingungen behandelt, die für eine Entlassung aus dem Geltungsbereich der StrlSchV zu beachten sind, und die Ergebnisse der Recherchen zur Praxis der Entlassung zusammenfassend dargestellt.

4 Praxis der Entlassung von NORM-Rückständen zur Verwertung und Beseitigung und die Auswirkungen auf die Mengenbilanzen von NORM-Abfällen

4.1 Regelungen in der StrlSchV zur Entlassung von NORM-Rückständen zum Zwecke der Verwertung oder Beseitigung

Die Regelungen zur Entlassung von Rückständen aus der Überwachung zum Zwecke einer bestimmten Verwertung oder Beseitigung wurden im § 98 StrlSchV getroffen. Die generelle Vorgehensweise zur Entlassung ist in der Abbildung 3-2 beschrieben worden. Der Maßstab dafür, ob Rückstände aus der Strahlenschutzüberwachung entlassen werden können oder weiterhin überwachungsbedürftig sind, ist der Richtwert für die effektive Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr für die Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung, der durch die beabsichtigte Verwertung oder Beseitigung auch ohne weitere Maßnahmen nicht überschritten werden darf. Bei der Verwertung oder Beseitigung tätige Arbeitnehmer gelten als Einzelpersonen der Bevölkerung.

Die zuständige Behörde entlässt Rückstände aus der Überwachung auf Antrag zum Zweck einer bestimmten Verwertung oder Beseitigung durch schriftlichen Bescheid. Grundlage für einer Entlassung ist eine Prüfung des Einzelfalls und eine Nachweisführung, dass bei der vorgesehenen Verwertung und Beseitigung der o. g. Richtwert der effektiven Dosis nicht überschritten wird (§ 98 Abs. 1 StrlSchV). Die Nachweisführung muss unter Berücksichtigung der spezifischen Stoffeigenschaften nach den in der Anlage XII Teil D genannten Grundsätzen erfolgen (§ 98 Abs. 2 StrlSchV). Es ist hervorzuheben, dass eine obere Grenze der spezifischen Aktivität, bei deren Überschreitung eine Entlassung ausgeschlossen ist, nicht festgelegt wurde. Bei gemeinsamer Deponierung mit anderen Rückständen kann die Behörde nach Anlage XII Teil C StrlSchV verfahren. Wenn die dort formulierten Anforderungen erfüllt sind, ist die Einhaltung des Richtwertes der effektiven Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr gewährleistet.

Nach § 98 Abs. 3 StrlSchV kann eine Entlassung nur erfolgen, wenn keine Bedenken gegen die abfallrechtliche Zulässigkeit des vorgesehenen Verwertungs- oder Beseitigungsweges und seiner Einhaltung bestehen. Deshalb ist der für die Entlassung zuständigen Behörde eine Erklärung des Antragstellers über den Verbleib des künftigen Abfalls und eine Annahmeerklärung des Verwerters oder Beseitigers vorzulegen. Der Antragsteller hat eine Kopie dieser Annahmeerklärung der Behörde zuzuleiten, die nach dem KrWG zuständig ist. Zwischen den Behörden soll nach § 98 Abs. 3 StrlSchV Einvernehmen hinsichtlich der Anforderungen an den Verwertungs- oder Beseitigungsweg hergestellt werden. Die Entlassung eines Rückstandes aus der Überwachung durch die zuständige Be-

hörde ersetzt nicht die nach dem KrWG geltenden Bestimmungen über eine ordnungsgemäße Entsorgung.

Verschiedene Gründe können also dafür ausschlaggebend sein, dass eine Entlassung aus dem Geltungsbereich der StrlSchV nicht erfolgen kann. Nicht nur eine Überschreitung des Richtwertes der effektiven Dosis wäre ein Grund dafür, auch wenn die im § 98 Abs. 3 StrlSchV ausdrücklich genannten Voraussetzungen nicht erfüllt werden, kann eine Entlassung nicht erfolgen.

4.2 Praxis der Entlassung von NORM-Rückständen aus der Überwachung

4.2.1 Praxis der Entlassung zur Verwertung

Die Recherchen haben ergeben, dass gegenwärtig NORM-Rückstände nur in wenigen Fällen verwertet werden. Ein gebräuchliches Verfahren zur Verwertung von Rückständen aus der Erdöl-/Erdgasindustrie war die Rückverfüllung von Bohrlöchern der Erdöl- und Erdgasförderung nach Entfernung der Fördersonden. Diese müssen gemäß Abschlussbetriebsplan nach Bundesberggesetz (BbergG) [15] wieder verfüllt und verplombt werden. Hierzu wurden z. B. Scales verwendet, die aus den Steigrohren mittels Hochdruckwasserstrahlverfahren entfernt und mit Zement vermischt worden sind. Da der Ausschluss einer Grundwasserkontamination, der nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [16] erforderlich ist, nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden kann, wird dieses Verfahren von der zuständigen Bergbehörde neuerdings nicht mehr zugelassen. Maßgeblicher Grund der Ablehnung ist allerdings nicht die Höhe der radioaktiven Kontamination, sondern das Vorhandensein von Quecksilber in den Rückständen.

Eine weitere Möglichkeit der Verwertung von NORM-Rückständen war der Versatz untertägiger bergbaulicher Anlagen. Nach Anlage XII Teil B Nr. 3 StrlSchV gilt für die untertägige Verwertung und Deponierung die Überwachungsgrenze $C = 5 \text{ Bq/g}$. Rückstände bis zur Höhe dieser spezifischen Aktivität bedürfen bei der untertägigen Verwertung oder Deponierung nach § 98 Abs. 2 StrlSchV keiner Überwachung. Bei einer spezifischen Aktivität oberhalb dieses Wertes handelt es sich dagegen um überwachungsbedürftige Rückstände, und auch für die untertägige Verwertung oder Deponierung wäre eine Entlassung nach § 98 StrlSchV erforderlich. Der notwendige Transport der Rückstände zum Ort der Deponierung muss aber in beiden Fällen nach Klasse 7 ADR erfolgen, also unabhängig davon, ob für die Rückstände eine Überwachung nach StrlSchV von vornherein nicht erforderlich ist, da die Bedingungen des § 97 Abs. 2 StrlSchV in Verbindung mit Anlage XII Teil B

StrlSchV eingehalten worden sind, oder ob es sich um überwachungsbedürftige Rückstände handelte, die entlassen worden sind und danach ebenfalls keiner Überwachung mehr bedürfen.

Aus der Transportdeklaration ergaben sich somit Einschränkungen, wenn im Planfeststellungsbescheid die Annahme von Materialien, die nach Klasse 7 ADR deklariert werden müssen, ausgeschlossen worden ist. Neuerdings werden aber höherer Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen gestellt [17], die in die aktuelle Fassung der Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (Versatzverordnung – VersatzV, [18]) aufgenommen wurden. Die meisten der für die untertägige Verwertung oder Beseitigung infrage kommenden NORM-Rückstände erfüllen die dort festgelegten physikalisch-chemischen Anforderungen nicht. Aus diesem Grunde wird von dieser Option der Verwertung praktisch kein Gebrauch mehr gemacht.

Für eine Verwertung von NORM-Rückständen zur Gewinnung von Wertstoffen gibt es den Recherchen zufolge nur noch drei Anwendungsfälle. Es handelt sich dabei um die

- die Verarbeitung von Schrott (Einschmelzen von Schrott) in der Siempelkamp Nukleartechnik GmbH Krefeld,
- die Gewinnung von Quecksilber aus Rückständen der Erdöl-/Erdgasgewinnung (Scales, Schlämme) in der Gesellschaft für Metallrecycling mbH Leipzig (GMR)
- die Gewinnung von Quecksilber aus Rückständen der Erdöl-/Erdgasgewinnung (Scales, Schlämme) in der DELA GmbH Dorsten.

Diese Anlagen nehmen grundsätzlich Materialien an, die für den Gewinnungsprozess geeignet sind und deren Verarbeitung durch die geltenden Rechtsvorschriften erlaubt ist. Die spezifische Aktivität der Rückstände ist kein Kriterium für eine Verweigerung der Annahme. Auch Materialien, die nach Klasse 7 ADR transportiert werden müssen, werden angenommen. Die Firmen beseitigen die bei ihnen anfallenden Abfälle nach den in den Genehmigungen festgelegten Bedingungen.

Die Fa. Siempelkamp Nukleartechnik GmbH Krefeld verarbeitet kontaminierte Rohre und Anlagenteile aus der Erdöl- und Erdgasgewinnung, die auch Quecksilber enthalten können. Die Fa. Siempelkamp verfügt sowohl über eine Genehmigung zum Einschmelzen von radioaktiv kontaminiertem Material als auch von quecksilberhaltigen Materialien. Diese Genehmigung schließt auch die Beseitigung der dabei anfallenden NORM-Rückstände auf

der betriebseigenen Deponie ein, wenn die Rückstände nicht weiter verwertet werden können (Aschen und Schlacken). Eine Entlassung nach § 98 StrlSchV erfolgt deshalb nicht. Werden Materialien mit hoher spezifischer Aktivität (Annahmewert abhängig von der in den Aschen und Schlacken aus der Schmelze erwarteten Gesamtaktivität) verarbeitet, so dass eine Beseitigung auf der betriebseigenen Deponie nicht nach den genehmigten Bedingungen erfolgen kann, muss der Anlieferer die nach der Schmelze anfallenden Rückstände wieder zurücknehmen.

Bei der Quecksilbergewinnung der Firmen GMR Leipzig und DELA Dorsten wird aus NORM-Rückständen der Erdöl- und Erdgasgewinnung (z. B. quecksilberhaltige Schlämme und Scales) metallisches Quecksilber mit sehr hohem Reinheitsgehalt gewonnen. Die natürlichen Radionuklide, vor allem Radiumisotope, gelangen in die Rückstände. Die spezifische Aktivität dieser Rückstände ist im Regelfall etwas höher als die der Rückstände, die in den Prozessen eingesetzt werden.

Die bei der Fa. GMR Leipzig anfallenden NORM-Rückstände werden nach § 98 StrlSchV entlassen. Grundlage dafür ist der nach Anlage XII Teil D StrlSchV geführte Nachweis, dass der Richtwert der effektiven Dosis von 1 mSv pro Kalenderjahr eingehalten wird. Voraussetzung dafür ist die Immobilisierung der Rückstände mit Geopolymer. Nur solche Rückstände werden von der Deponie angenommen (in diesem Fall die Deponie Cröbern, DK III). Die Deklaration der Rückstände nach Klasse 7 ADR bei der Anlieferung spielt bei der Annahmefähigkeit der Deponie keine Rolle. In der Genehmigung ist die Annahme derartiger Rückstände ausdrücklich erlaubt.

Weitere Methoden der Verwertung mit anschließender Rückstandseseitigung sind derzeit nicht bekannt und auch zukünftig wenig wahrscheinlich. Im Gegenteil, es ist davon auszugehen, dass z. B. die Kapazitäten der Anlagen zum Quecksilberrecycling zukünftig heruntergefahren werden müssen, da der Beschluss der EU zur Beschränkung der Produktion und Verwendung von Quecksilber (ausgenommen ist nur die Verwendung in Energiesparlampen) dem Fortbestehen dieser Betriebe entgegensteht.

Im Hinblick auf die Mengenbilanzen der NORM-Rückstände, die möglicherweise als NORM-Abfälle zu beseitigen sind, ergibt sich aus den Recherchen, dass die Mengen der Rückstände durch die Verwertung nicht nennenswert verringert werden. Bei den Mengenbilanzen sollten die zur Verwertung gelangenden Rückstände deshalb berücksichtigt werden, auch wenn heute dafür noch Beseitigungswege existieren.

4.2.2 Praxis der Entlassung zur Beseitigung

Der übliche Weg der Beseitigung von NORM-Rückständen sollte nach einer Entlassung die Beseitigung nach dem KrWG sein. Die Auswertung der Recherchen zum Aufkommen und zur Entsorgung von NORM-Rückständen zeigte, dass NORM-Rückstände in vielen Fällen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung entlassen und konventionell, d. h. im Geltungsbereich des KrWG beseitigt worden sind. Das gilt auch für solche NORM-Rückstände, deren spezifische Aktivität 50 Bq/g überschreitet ("R-NORM"), obwohl wegen der begrenzten Bereitschaft der Beseitiger zur Annahme von Materialien, die als Transport nach Klasse 7 ADR deklariert worden sind, nur wenige Möglichkeiten zur Beseitigung zur Verfügung stehen. Allerdings war eine Entlassung nicht immer möglich. Nach den Recherchen sind unterschiedliche Gründe dafür maßgebend, dass Rückstände nicht aus der Überwachung zum Zwecke der Beseitigung entlassen werden konnten.

Die Recherchen ergaben aber keinen Hinweis darauf, dass wegen der Höhe der spezifische Aktivität der Richtwert der effektiven Dosis von 1 mSv pro Kalenderjahr für Personen der Bevölkerung bei der beabsichtigten Beseitigung nicht oder nur mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen eingehalten werden kann und deshalb eine Entlassung aus Gründen des Strahlenschutzes versagt werden musste. Im Regelfall erfolgte die Prüfung darüber, ob der Richtwert der effektiven Dosis eingehalten wird, nach Anlage XII Teil C StrlSchV. In einigen Fällen erfolgte eine Entlassung auf der Grundlage einer Dosisabschätzung nach Anlage XII Teil D StrlSchV. In wenigen Fällen lieferten die nach der StrlSchV Verantwortlichen die Rückstände bei einer Landessammelstelle oder einem anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Lager freiwillig ab. In einigen Fällen ordnete die Behörde an, dass überwachungsbedürftige Rückstände in einer Landessammelstelle oder in einem anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Lager sichergestellt werden. Die Gründe dafür sind nicht bekannt. Wegen der Art der Rückstände und der bei diesen Rückständen bekannten spezifischen Aktivität kann ausgeschlossen werden, dass die spezifische Aktivität für die Entscheidung ausschlaggebend war.

Es gibt auch keine Hinweise dafür, dass fehlendes Einvernehmen, das nach § 98 Abs. 3 StrlSchV zwischen der nach dem KrWG zuständigen Behörde und der für den Strahlenschutz zuständigen Behörde vorliegen muss, eine Entlassung verhindert hat.

Vielmehr ist die mangelnde Bereitschaft des Beseitigers zur Annahme von entlassenen überwachungsbedürftigen Rückständen Grund dafür, dass NORM-Rückstände nicht entlassen werden können. Schließlich ist eine Annahmeerklärung des Verwerter oder Beseitigers eine unabdingbare Voraussetzung für eine Entlassung. Die Verweigerung einer der-

artigen Erklärung erfolgt aus unterschiedlichen Gründen. Um dies zu verdeutlichen, gibt die Tabelle 4-1 beispielhaft einen Überblick über Deponien in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.

Tabelle 4-1: Überblick über Deponien in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern und deren Annahmefähigkeit von NORM-Rückstände

Depo- nie- klasse	Deponie	Betreiber	grundlegende Annah- meerklärung für NORM- Rückstände nach einer Entlassung.	Bemerkung
DK I	Deetz	MEAB ¹	Ja	Nicht für mit * gekennzeichnete Abfälle
DK II	Vorketzin	MEAB ¹	Ja	
DK II	Schöneiche	MEAB ¹	Ja	
DK II	Lübben- Ratsvorwerk	KAEV ²	Ja/Nein	Nur Entsorgung der in seinem Gebiet angefallenen Abfälle
DK II	Hörlitz	DG Schwarze Elster	Nein	Bedenken wegen Radioaktivität bzgl. Sickerwasserbehandlung über öffentliche Kläranlage
DK II	Nauen- Schwane- beck	Landkreis Havelland	Ja/Nein	Nur für Abfälle aus Havelland zuständig, Annahme nur über Zusammenarbeit der Kommunen möglich (Sondergenehmigung Andienung)
DK III	IAG Selmsdorf	Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH	Nein	keine Annahme
DK III	Hochhalde Schkopau	MDSE ³	Ja	Ende 2012 Annahmeschluss, Auslaufen der Genehmigung
DK III	Cröbern (bei Leipzig)	WEV ⁴ Großpösna	Ja/Nein	Annahme von ADR Kl. 7 Transporten (Gefahrgut) nur für immobilisierte Rückstände von GMR
DK III	IAD Wetro, Puschwitz	P-D Industriegesellschaft mbH	Ja	Annahme von ADR Kl. 7 Transporten (Gefahrgut) zu Sonderbedingungen möglich

* Die mit (*) versehenen Abfallarten sind gefährliche Stoffe im Sinne des § 48 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes

¹ Märkische Entsorgungsanlagen Betriebsgesellschaft mbH

² Kommunaler Abfallentsorgungsverband "Niederlausitz"

³ Mitteldeutsche Sanierungs- und Entsorgungsgesellschaft mbH

⁴ Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH

Aus den in der Tabelle 4-1 zusammengestellten Rechercheergebnisse geht hervor, dass in den o. g. Bundesländern gegenwärtig nur noch drei Deponien prinzipiell zur Annahme und Beseitigung von entlassenen NORM-Rückstände bereit sind, bei zwei Deponien ist die Bereitschaft zur Annahme aus formalen oder rechtlichen Gründen (vorliegende Genehmigungen) eingeschränkt und von der Erfüllung bestimmter Bedingungen abhängig. Bei der Deponie IAD Wetro ist die ehemals uneingeschränkte Annahmefähigkeit neuerdings nur noch auf NORM-Rückstände beschränkt, die im Land Sachsen anfallen und von den zuständigen Behörden des Landes entlassen worden sind.

Obwohl die Deponie der MEAB in Deetz grundsätzlich NORM-Rückstände nach einer Entlassung annimmt, käme sie für die Beseitigung nur in Ausnahmefällen in Frage, da die meisten NORM-Rückstände gefährliche Stoffe im Sinne des § 48 KrWG sind, die nicht auf Deponien der Klasse DK I beseitigt werden dürfen. Die radioaktive Kontamination selbst ist kein Kriterium für einen gefährlichen Stoff im Sinne des § 48 KrWG. Die Beseitigung von NORM-Rückständen kann also nur auf Deponien erfolgen, auf denen auch gefährliche Stoffe im Sinne des § 48 KrWG beseitigt werden können. Damit beschränkt sich die Gruppe der Deponien, die in diesen Bundesländern für eine Beseitigung von entlassenen Rückständen ohne Einschränkungen in Frage kommen, auf zwei Deponien der DK II.

Da die Einschränkung für die Annahme von NORM-Rückständen generell gilt, kommen grundsätzlich also nur Deponien der DK II und DK III für eine Beseitigung von entlassenen NORM-Rückständen in Frage. Allerdings weisen die durchgeführten Recherchen daraufhin, dass bei vielen Deponien die in den Betriebsgenehmigungen festgelegten Annahmefähigkeiten eine Entsorgung von radioaktiven Stoffen generell ausgeschlossen ist, ohne dass der Begriff "radioaktiver Stoff" erläutert oder z. B. durch Zahlenwerte der spezifischen Aktivität präzisiert worden ist.

Deshalb wird für Rückstände, die nach Klasse 7 ADR deklariert werden müssten, die Annahme verweigert, weil diese Rückstände von den Beseitigern wegen dieser Deklaration als radioaktive Stoffe betrachtet werden, obgleich sie aus der Überwachung entlassen worden sind. Das führt dazu, dass für Rückstände mit höherer spezifischer Aktivität (z. B. R-NORM), die nach Klasse 7 ADR zu deklarieren sind, eine Annahme zur Beseitigung heute praktisch ausgeschlossen ist.

Zunehmend ist zu beobachten, dass Deponien zur Annahme von Rückständen nicht mehr bereit sind, wenn bekannt ist, dass diese Rückstände Radionuklide enthalten und somit als "radioaktiv" bezeichnet werden. Das gilt erst recht für die Rückstände, die in der StrlSchV genannt werden. Diese Einschätzung ist dabei unabhängig davon, ob sie wegen

der Unterschreitung der allgemeinen Überwachungsgrenzen nicht oder nach einer Entlassung nicht mehr in den Geltungsbereich der StrlSchV fallen. Eine Stigmatisierung der Beseitiger und kommerzielle Interessen spielen dabei eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Untertagedeponien scheiden für die Entsorgung meist aus, entweder wegen der geringen Mengen, die zur Entsorgung angeboten werden oder wegen der mit Planfeststellungsbeschluss ausgeschlossenen Annahme von nach Klasse 7 ADR angelieferten Rückständen.

Aus dieser hier beschriebenen Sachlage folgt, dass in der Zukunft Deponien, auf denen Rückstände nach einer Entlassung beseitigt werden können, nur noch in sehr beschränktem Maße zur Verfügung stehen werden. Aus den Recherchen, die im Rahmen der Untersuchungen durchgeführt worden sind, ergibt sich, dass **die restriktive Haltung der Verwerter oder Beseitiger zur Annahme von NORM-Rückständen bereits heute für die Mengenzuweisungen an NORM-Abfällen ausschlaggebend ist. Wegen der Rechtslage wird sich an dieser Situation voraussichtlich auch nichts ändern.**

5 Zusammenfassung der Mengen an NORM-Rückständen, deren Entlassung aus der Strahlenschutzüberwachung unwahrscheinlich ist

5.1 Vorbemerkungen

Bereits im Jahre 2003 wurden erste Abschätzungen zum Aufkommen an Materialien mit erhöhter natürlicher Radioaktivität (NORM-Rückstände) für einzelne Materialgruppen (Verursachergruppen) durchgeführt. Das daraus entwickelte Mengengerüst gab eine erste Orientierung über die in Deutschland zu erwartenden Mengen-/Aktivitätsströme von NORM-Rückständen, die für eine Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle in Betracht kommen könnten [8]. Weiterführenden Recherchen für die Zeiträume 2003 - 2012 wurden im Rahmen dieses Vorhabens durchgeführt. Dabei standen die Recherchen über das mögliche Aufkommen von NORM-Abfällen, die in einem Endlager für radioaktive Abfälle zu entsorgen sind, im Vordergrund. Die Ergebnisse der Vorhaben StSch 4396 [9], [10] und StSch 4386 [11] wurden dabei in die Untersuchungen einbezogen.

Für die Bearbeitung wurden die infrage kommenden Industrien und weitere Bereiche, in denen NORM-Rückstände oder andere Materialien anfallen können, systematisch auf das Vorkommen von solchen Rückständen/Materialien untersucht, für die aus strahlenschutz- und/oder abfallrechtlicher Sicht eine konventionelle Entsorgung nicht möglich ist bzw. ein bestehender Entsorgungsweg bei veränderter Rechtslage oder veränderter Situation in der jeweiligen Industrie wegfallen könnte.

Parallel dazu wurden Behörden und Unternehmen zu Rückstandskonzepten und Rückstandsbilanzen befragt, insbesondere zu Aufkommen an NORM-Rückständen, zur Entlassung und dabei auftretenden Problemen, zu Beseitigungswegen und zu bestehenden und erwarteten Schwierigkeiten bei der Beseitigung. Dafür wurden Fragebögen entwickelt.

Im Vorhaben wurden vor allem auf Grundlage dieser Abfragen zu den Konzepten und Bilanzen die Mengen der entlassenen und die Mengen der in der Überwachung verbleibenden Stoffe (NORM-Abfälle) und deren spezifische Aktivitäten genauer ermittelt und beschrieben.

In diese Untersuchungen wurden auch die Landesammelstellen, andere genehmigte Zwischenlager und nicht zuletzt Betriebe einbezogen, bei denen NORM-Abfälle vorhanden sein können, die in den Bilanzen für die Materialien berücksichtigt werden müssen, die dann in einem Endlager für radioaktive Abfälle zu entsorgen sind.

Die allgemein zugängliche Literatur zu diesen Themen wurde ausgewertet. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen dargestellt. Diese bilden die Grundlage für eine ausführliche Diskussion über diverse NORM-Abfälle, die voraus-

sichtlich eine Ablieferung an ein Endlager für radioaktive Abfälle erfordern. Diese in Tabellen zusammengefassten Ergebnisse werden dann nach einem Abgleich mit den Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad bewertet.

5.2 Identifizierte NORM-Rückstände, die zu NORM-Abfällen werden können

Aus den durchgeführten Recherchen (Fragebögen, allgemeine Befragungen, Behördeninformationen, Literaturlauswertungen, Verbandsmitteilungen etc.) und den vielfältigen Erfahrungen der Bearbeiter im Consulting sind die möglichen NORM-Abfälle im Sinne dieser Studie für die Zuordnungsbereiche 1 - 6 in der Tabelle 5-1 ausgewiesen. Dabei handelt es sich nicht immer um NORM-Rückstände, die wegen der Höhe der spezifischen Aktivität als R-NORM einzustufen sind.

Tabelle 5-1: Identifizierte NORM-Rückstände, die ggf. als NORM-Abfälle beseitigt werden müssen

<p>Zuordnungsbereich 1: Überwachungsbedürftige Rückstände</p> <p>Mögliche NORM-Abfälle sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • NORM-Rückstände der Erdöl-Erdgasgewinnung, die mangels konventioneller Entsorgungsmöglichkeiten in Landessammelstellen oder anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten oder per Anordnung nach § 96 StrlSchV betriebenen Lagern bis zur weiteren Entscheidung sichergestellt werden sollen, • Rückstände oder sonstige Materialien aus der Sanierung vormals industriell genutzten Flächen. <p>Durch fehlende Annahmefähigkeit der Entsorger können auch bei anderen X-NORM oder R-NORM relevante Mengen potentieller NORM-Abfälle entstehen. Nach den Recherchen trifft das vor allem für die Verarbeitung von Zinnschlacken zu. Dieser Fall kann exemplarisch auch für andere Rückstände dienen.</p>
<p>Zuordnungsbereich 2: Sonstige überwachte Materialien</p> <p>Mögliche NORM-Abfälle sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • NORM-Rückstände der tiefen Geothermie • Ionenaustauscher zur U-Abtrennung aus Trink- und Mineralwasser
<p>Zuordnungsbereich 3: Andere Materialien</p> <p>Mögliche NORM-Abfälle sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uran- und Thoriumchemikalien, die zu chemisch-analytischen oder chemisch-präparativen Zwecken verwendet werden. • Materialien der Glühlampenproduktion • Th-Mg-Legierungen
<p>Zuordnungsbereich 4: Abfälle aus der Herstellung von Produkten durch Zusatz radioaktiver Stoffe</p> <p>Mögliche NORM-Abfälle sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materialien aus der Produktion thoriertes Elektroden, die an die zuständige LSSt abgegeben wurden und die auch in Zukunft anfallen können
<p>Zuordnungsbereich 5: Funde</p> <p>Mögliche NORM-Abfälle sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funde mit natürlichen Radionukliden, die in zuständigen Landessammelstellen oder in anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Lagern sichergestellt werden.
<p>Zuordnungsbereich 6: NORM-Abfälle aus strahlenschutzrechtlich überwachten Anlagen oder Einrichtungen</p> <p>Mögliche NORM-Abfälle sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abfälle mit ausschließlich natürlichen vorkommenden Radionukliden. Formal ausgenommen können die Abfälle werden, bei denen die Radioaktivität genutzt worden ist (z. B. Rückstände mit Ra-226-haltigen Leuchtfarben) • NORM-Rückstände, die in weiteren strahlenschutzrechtlich genehmigten Lagern sichergestellt sind. • Chemikalien und anderen NORM-Rückständen aus den Zuordnungsbereichen 3, 4 und 5.

5.3 Abschätzung der Mengen von NORM-Rückständen, die ggf. als NORM-Abfälle beseitigt werden müssen

5.3.1 Einführung von Fallgruppen zur Abschätzung der Mengen an NORM-Rückständen

Für die Abschätzung der Mengen an NORM-Rückständen, deren Entlassung aus der Strahlenschutzüberwachung unwahrscheinlich ist und die deshalb ggf. in ein Endlager zu verbringen sind (NORM-Abfälle), wurden 4 Fallgruppen definiert:

Fallgruppe 1: Bereits in Landessammelstellen oder anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Lagern sichergestellte NORM-Rückstände.

Fallgruppe 2: NORM-Rückstände, die längerfristig regelmäßig in ein strahlenschutzrechtlich genehmigtes Lager überführt werden.

Fallgruppe 3: NORM-Rückstände, die derzeit konventionell entsorgt werden, deren Entsorgung wegen einer sinkenden Bereitschaft der Entsorger zur Annahme unsicher ist.

Fallgruppe 4: NORM-Rückstände, die aufgrund von Änderungen bei Industrien oder bei rechtlichen Rahmenbedingungen ggf. in der Zukunft anfallen können.

Diese Fallunterscheidung lehnt sich eng an die bereits in der Studie [8] eingeführten Fallgruppen an.

Die **Fallgruppe 1** umfasst eine zunächst als fixes Inventar anzusetzende Menge von NORM-Rückständen zum gegenwärtigen Zeitpunkt. Diese Menge kann sich im Verlauf der Zeit durch neue Anlieferungen erhöhen. Andererseits ist nicht ausgeschlossen, dass aufgrund bereits vorliegender Erfahrungen solche bereits lagernde Abfälle entlassen und konventionell entsorgt werden können.

Die **Fallgruppe 2** beschreibt die nach aktueller Kenntnis derzeit realistisch zu erwartenden Jahresmengen an NORM-Rückständen, die in Landessammelstellen oder anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Anlagen sichergestellt werden. Alternative Entsorgungsoptionen und damit Voraussetzungen für eine Entlassung aus dem Geltungsbereich der StrlSchV sind gegenwärtig nicht erkennbar. Deshalb wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass diese Rückstände auch künftig in einer Landessammelstelle oder in einer anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Anlage zwischengelagert werden und schließlich in einem Endlager beseitigt werden müssen.

Bereits in der Studie [8] wurde eine Fallgruppe 3 eingeführt, um die Unsicherheiten der Entsorgung aufgrund der eingeschränkten Annahmefähigkeit von Klasse 7 ADR

Transporten bei Entsorgern zu berücksichtigen. Dieser Sachverhalt ist auch weiterhin relevant.

Die **Fallgruppe 3** dient dazu, mögliche Aufkommen von NORM-Abfällen bei einem angenommenen nachhaltigen Ausschluss der konventionellen Entsorgungswege darzustellen.

Die **Fallgruppe 4** wurde zwar in der Studie [8] nicht als Fallgruppe speziell ausgewiesen. In dieser weiterführenden Studie werden aber Prognosen zu möglichen NORM-Rückständen diskutiert.

5.3.2 Lagerbestände von NORM-Rückständen gemäß Fallgruppe 1

Die aktuellen Bestände von NORM-Rückständen in Landessammelstellen und anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Lagern gemäß Fallgruppe 1 konnten aufgrund mangelnder Kooperationsbereitschaft einiger Betreiber nicht so detailliert ermittelt werden, wie es bei der Aufgabenplanung beabsichtigt war. Die erhaltenen Antworten erlaubten aber eine belastbare Schätzung der gesamten Lagerbestände. In der Tabelle 5-2 sind die ermittelten Lagerbestände von NORM-Rückständen zusammengestellt. Soweit es sich aus den verfügbaren Informationen ableiten ließ, wurden die Bestände nach ihrer Herkunft den Zuordnungsbereichen dieser Studie zugeordnet.

Die Mengen von NORM-Rückstände wie Chemikalien, "Mischabfälle" und Funde, die mit unterschiedlicher Bezeichnung auch in den Landessammelstellen oder Lagern vorkommen können und für die die entsprechenden Fragen in einigen Recherchen unbeantwortet blieben, wurden auf der Basis der erhaltenen Informationen abgeschätzt.

Die so ermittelte Gesamtmenge beläuft sich auf ca. 450 - 480 t. Der größte Anteil befindet sich in Lagern in Rheinland-Pfalz, wobei die Abfälle der ehemaligen Urananlage Ellweiler allein knapp 50 % des Mengeninventars ausmachen.

Zusätzlich zu den Lagerbeständen mit NORM-Rückständen im Sinne der hier genutzten Begriffsbestimmungen befinden sich in den Landessammelstellen noch Bestände an Abfällen mit natürlich vorkommenden Radionukliden (vor allem Radium), deren Radioaktivität jedoch genutzt wurde.

Tabelle 5-2: Lagerbestände von NORM-Rückständen gemäß Fallgruppe 1

Herkunft aus Zuordnungsbereich	Industriebereich	Menge	Bemerkungen
1 Überwachungsbedürftige Rückstände	Erdöl-/Erdgasgewinnung	61,2 t	Schätzwert
	Uranerz (Ellweiler)	ca. 200 t	800 Fässer á 170 l. Dichte geschätzt 1,5 kg/l.
	Bodenkontaminationen / Altlastensanierung	0,5 t	
2 Sonstige überwachte Materialien	Geothermie (Herkunft: RP)	13 t	Zur konventionellen Entsorgung vorgesehen
	Ionenaustauscher	--	Bisher noch keine Bestände gemeldet.
	Mischabfälle	6 t	3,4 t in LSSt, Rest: Schätzwert
3 Andere Materialien	Chemieindustrie, Th-Oxalat	11 t	
	Glühlampenproduktion	4,6 t	
	Chemieindustrie; Th-Abfälle	55,2 t	
	Glasindustrie	29 t	
	Chemieindustrie (Katalysatoren)	22,2 t	
	Bundeswehr (Th-Mg-Metallteile)	7,5 t	
	Chemikalien	1 t	Schätzwert, Gesamtbestände alle dt. LSSt
	Gebrauchte Gasglühstrümpfe	10 - 30 t	Schätzwert
4 Abfälle aus der Herstellung von Produkten durch Zusatz radioaktiver Stoffe	Herstellung von Gasglühstrümpfen	33,4 t	Beim Rückbau von Produktionsanlagen angefallen
	Herstellung thoriierter Elektroden	1 t	Schätzwert für sonstige Abfälle in allen LSSt
5 Funde	Materialien unterschiedlicher Herkunft	2 t	Schätzwert für Bestände in allen LSSt
Summe		ca. 450 - 480 t	

5.3.3 Abschätzung der derzeitigen realen und möglichen Mengenströme

Ordnet man die im Zuge der vielfältigen Recherchen ermittelten Mengenströme von NORM-Rückständen, die zu NORM-Abfällen werden können, den Fallgruppen 2 und 3 zu, so ergeben sich die in der Tabelle 5-3 zusammengefassten Mengenströme von NORM-Rückständen.

Tabelle 5-3: Derzeitige reale und mögliche Mengenströme von NORM-Rückständen (Fallgruppen 2 und 3)

Zuordnungsbereiche	Fallgruppe 2 Langfristig regelmäßige Abfallströme in genehmigtes Lager	Fallgruppe 3 gegenwärtig konventionell entsorgte Abfallströme mit unsicherer Beseitigung
1 Überwachungsbedürftige Rückstände	Altlastensanierung: 0,1 t/a (nicht regelmäßig, aber im längerfristigen Mittel zu erwarten)	Erdöl-/Erdgasindustrie: ca. 150 t/a Verarbeitung Zinnerze (hier: Zinnerzschlacke): ca. 10.000 t/a Altlastensanierung: 10 - 100 t/a
2 Sonstige überwachte Materialien	Geothermie: 2,3 t/a	Geothermie: 1,2 t/a (zusätzlich zu Fallgruppe 2) Uran-Abtrennung aus Trinkwasser: 15 t/a
3 Andere Materialien	U-, Th-Chemikalien, Rückstände der Lampenproduktion: 0,1 t/a Gebrauchte Gasglühstrümpfe: 4 t/a	keine
4 Abfälle aus der Herstellung von Produkten durch Zusatz radioaktiver Stoffe	Keine	Herstellung thorierte Elektroden: 1 t/a
5 Funde	0,1 t/a (außerdem noch Funde mit natürlich vorkommenden Radionukliden, deren Strahlung genutzt wurde)	3 - 30 t/a
Summe	ca. 6 - 7 t/a	200 t/a bis > 10.000 t/a

Aus den Daten der Tabelle 5-3 ist ersichtlich, dass die regelmäßig anfallenden Mengen an NORM-Rückständen klein gegenüber den gegenwärtig sichergestellten Beständen, vor allem gegenüber den Mengen sind, die in Landessammelstellen und sonstigen strahlenschutzrechtlich überwachten Anlagen zwischengelagert worden sind. Das Gesamtinventar der NORM-Rückstände in diesen Zwischenlagern wird sich daher bei der derzeitigen Praxis der Bewertung und Entsorgung von NORM-Rückständen in Zeiträumen von 10 Jahren nur wenig verändern. Die im Falle eines Komplettausfalls konventioneller Entsorgungswege anfallenden Mengen an NORM-Rückständen, die nicht mehr konventionell beseitigt werden können und damit als NORM-Abfälle zu beseitigen wären, sind demgegenüber sehr groß. Die Auswirkungen können heute nicht abgeschätzt werden, da viele Faktoren zu betrachten sind.

Es ist immerhin möglich, dass wegen der großen Mengen zu beseitigender Rückstände aus kommerziellen Gründen Einrichtungen geschaffen werden oder durch Änderung der Annahmebedingungen wieder zur Verfügung stehen, in denen entlassene NORM-Rückstände nach dem KrWG beseitigt werden können, da fehlendes kommerzielles Interesse gegenwärtig auch ein Grund für eine Annahmeverweigerung ist. Fehlende Verwertungs- oder Beseitigungsmöglichkeiten können aber auch eine Ursache dafür sein, dass längerfristig industriellen Prozesse, die Ursache für NORM-Rückstände sind, eingestellt werden. Schließlich muss der Verpflichtete nach § 100 Abs. 2 StrlSchV ein Konzept über die Verwertung und Beseitigung der Rückstände erstellen und der Behörde auf Verlangen vorlegen.

5.4 Prognose für das zukünftige Aufkommen an NORM-Abfällen

5.4.1 Rechtliche Änderungen

5.4.1.1 Euratom Grundnormen

Der Vorschlag der Europäischen Kommission zur Einführung von neuen EURATOM Grundnormen vom 29.09.2011 [13] enthält mehrere Festlegungen, die sich auf die Bewertung und Entsorgung von NORM auswirken können.

Der Artikel 24 des Vorschlags neuer Grundnormen fordert von den Mitgliedstaaten die Tätigkeiten zu ermitteln, die *"mit natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien verbunden sind und die zu einer Exposition von Arbeitskräften und Einzelpersonen der Bevölkerung führen, die unter Strahlenschutzgesichtspunkten nicht außer Acht gelassen werden kann."*

Dabei sollen die in der Anlage V genannten Industriezweige berücksichtigt werden, die in der Tabelle 5-4 aufgelistet worden sind. Verglichen mit den Anlagen XI und XII Teil A StrlSchV ist diese Liste deutlich weiter gefasst. Das bedeutet jedoch nicht automatisch, dass künftig diese Prozesse in den Geltungsbereich der nationalen Strahlenschutzregelungen fallen werden. Es ist nach wie vor eine Aufgabe der nationalen Behörden, die aus der Sicht des Strahlenschutzes relevanten Tätigkeiten festzulegen.

Durch die Implementierung der neuen Grundnormen kann es Veränderungen bei den zu berücksichtigenden Prozessen und den zu berücksichtigenden Rückständen (Anlage XII Teil A) geben. So könnten Rückstände, die bei der Wasseraufbereitung oder bei Geothermieanlagen anfallen, in diese Liste aufgenommen werden. Ob sich daraus allerdings Veränderungen bei Art und Menge der NORM-Rückstände ergeben, ist fraglich. Schließlich hat die zuständige Behörde auf der Grundlage des § 102 StrlSchV bereits jetzt die Möglichkeit, im Einzelfall für Materialien, die nicht Rückstände im Sinne der Anlage XII Teil A sind, eine Überwachungspflicht festzulegen, wenn wegen der Höhe möglicher Strahlenexpositionen Maßnahmen erforderlich sind.

Tabelle 5-4: Liste von NORM-Industrien nach Anhang V [13]

Positivliste nach [13]	derzeitige Einordnung in Zuordnungsbereiche (ZOB)
(1) Gewinnung seltener Erden aus Monazit	ZOB 1 (Rückstände in Sinne von § 97 StrlSchV)
(2) Herstellung von Thoriumverbindungen und Thorium-haltigen Produkten	ZOB 4, ZOB 3
(3) Verarbeitung von Niob-/Tantalierz	ZOB 1; ZOB 3 (Arbeiten mit Pyrochlorerzen)
(4) Erdöl- und Erdgasproduktion	ZOB 1
(5) Gewinnung geothermischer Energie	ZOB 2
(6) TiO ₂ -Pigmentherstellung	ZOB 2
(7) thermische Phosphorproduktion	ZOB 1
(8) Zirkon- und Zirkonium-Industrie	ZOB 2
(9) Herstellung von Phosphatdüngemitteln	Teilweise von ZOB 1 erfasst
(10) Zementherstellung, Instandhaltung von Klinkeröfen	Bisher in Deutschland nicht gezielt untersucht.
(11) Kohlekraftwerke, Wartung von Heizkesseln	Relevant: Pb-210 Anreicherungen an Kesselwänden. Bisher in Deutschland nicht gezielt untersucht.
(12) Herstellung von Phosphorsäure	ZOB 1
(13) Produktion von Primäreisen	ZOB 1 (nur Gichtgasstäube)
(14) Zinn-/Blei-/Kupferschmelze	ZOB 1 (nur Stäube der Primärverhüttung)
(15) Grundwasserfilteranlagen	ZOB 2
(16) Förderung von anderen Erzen als Uranerz	ZOB 1

Eine weitere Veränderung in der rechtlichen Einstufung ist bei der Uranabtrennung bei der Trink- oder Mineralwasserproduktion möglich. Diese Prozesse und die dabei anfallenden Rückstände werden derzeit dem Teil 3 der StrlSchV zugeordnet. Damit werden die anfallenden Rückstände, insbesondere die Ionenaustauscher, zu NORM-Rückständen. In den neuen EURATOM-Grundnormen wird Uran generell dem Kernbrennstoffkreislauf zugeordnet und nicht mehr als NORM eingestuft, auch wenn seine kernphysikalischen Eigenschaften nicht genutzt werden. Aus den Recherchen ist die Absicht erkennbar, Urankonzentrat aus der Regeneration der Ionenaustauscherharze (IA-Harze) als Wertstoff zu vermarkten. Die Anforderungen an den Strahlenschutz können dann nicht mehr aus dem Regelungsbereich des Teils 3 der StrlSchV hergeleitet werden. Das hat aber keine Auswirkungen auf die Durchführbarkeit, da die Vermarktung von Urankonzentrat zulässig bleibt. Im Hinblick auf die Rückstandsbilanzen sollten sich deshalb auch keine Veränderungen ergeben.

Der Vorschlag der neuen EURATOM-Grundnormen sieht auch vor, Freigrenzen ("Freistellungswerte") und Freigabewerte zu vereinheitlichen. Feststoffe mit spezifischen Aktivitäten bis zu 1 Bq/g für alle Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen sind demnach von strahlenschutzrechtlichen Regelungen freigestellt. Ausnahme ist die Wiederverwertung von Rückständen in Baumaterialien oder eine Beeinflussung spezifischer Expositionspfade wie z. B. dem Trinkwasser.

Das kann Auswirkungen auf die Situation in Deutschland haben. Zwar gilt als allgemeine Überwachungsgrenze nach Anlage XII Teil B Ziff. 1 StrlSchV auch der Zahlenwert von 1 Bq/g, bei dessen Unterschreitung und bei Beachtung der Bedingungen für eine Beseitigung die betreffenden Rückstände keiner weiteren Überwachung bedürfen. Allerdings gilt dieser Wert für die Summe $C_{U-238max} + C_{Th-232max}$ (Radionuklid der jeweiligen Zerfallsreihe mit der größten spezifischen Aktivität), während nach dem Entwurf der EURATOM Grundnormen der Zahlenwert von 1 Bq/g für jedes Radionuklid der U-238 und der Th-232 Zerfallsreihe gilt. Aufgrund dessen wären bei gleichem Aufkommen an Rückständen wie z. Zt. und bei Beibehaltung der gegenwärtigen Rechtspraxis weniger Rückstände als NORM-Rückstände einzustufen. Auf die Bereitschaft der potentiellen Beseitiger zur Annahme dieser Rückstände zur Beseitigung und damit auf die Menge der NORM-Rückstände, die als mögliche NORM-Abfälle anfallen könnten, wird das aber ohne Einfluss bleiben. Ausschlaggebend für eine Annahmeverweigerung der Beseitiger sind andere Gründe (s. Abschnitt 4), in der Mehrzahl der Fälle die Deklaration als Transport nach Klasse 7 ADR.

Für die in dieser Studie betrachtete Beseitigung von NORM-Rückständen höherer spezifischer Aktivität als 5 Bq/g (Pb-210, Po-210 > 50 Bq/g), also von X-NORM und R-NORM, ergeben sich unmittelbar auch keine Veränderungen im Mengengerüst. Von größerer Bedeutung ist allerdings die Forderung der neuen Grundnormen, dass die zusätzliche Dosis, die eine Person aufgrund einer "freigestellten Tätigkeit" bei natürlich vorkommenden Radionukliden wahrscheinlich erfährt, jährlich höchstens 0,3 mSv nicht überschreiten darf. Damit wird die Dosischwelle, die einer Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zugrunde zu legen ist, deutlich reduziert. Ob und in welchem Maße sich das auf die derzeit geltenden Überwachungsgrenzen für Rückstände (Anlage XII Teil B) und der Voraussetzungen für eine Entlassung bei gleichzeitiger Deponierung mit anderen Rückständen (Anlage XII Teil C) auswirken wird, hängt von der Vorgehensweise (Expositionspfade, Modelle, Parameter) bei der Ableitung dieser Kriterien ab. Nach einer Information des BfS verzichtet die EC neuerdings auf das Kriterium der jährlichen effektiven Dosis von 0,3 mSv an Stelle von 1 mSv, so dass sich an den Voraussetzungen für die Entlas-

sung, insbesondere bei der Vorgehensweise nach Anlage XII Teil C StrlSchV zum Nachweis der Einhaltung des Richtwerts der effektiven Dosis im Kalenderjahr bei gemeinsamer Deponierung von NORM-Rückständen mit anderen Rückständen oder Abfällen vermutlich nichts ändern wird.

Ob und in welchem Maße die Veränderungen in den Grundnormen dazu führen, dass mehr NORM-Rückstände nicht entlassen werden können, kann heute nicht abgeschätzt werden. Sicher ist jedoch, dass die Bereitschaft der Beseitiger zur Annahme von Rückständen nicht zunehmen wird, wenn diese in der StrlSchV erwähnt werden. Das gilt nach den Erfahrungen im Grunde für alle Rückstände (N-NORM, X-NORM, R-NORM), erst recht aber für entlassene Rückstände, die zudem als Transport nach Klasse 7 ADR deklariert werden.

5.4.1.2 Abfallrecht

Am 01.06.2012 trat das "Gesetz zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts" in Kraft und damit wurde das bisherige Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz außer Kraft gesetzt [5]. Kern des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) ist die neue fünfstufige Abfallhierarchie (§ 6 KrWG) mit der grundsätzlichen Stufenfolge aus

- Vermeidung,
- Vorbereitung zur Wiederverwendung,
- Recycling,
- sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung sowie
- Beseitigung.

Vorrang hat die aus Sicht des Umweltschutzes jeweils beste Option. Dabei sind neben den ökologischen Auswirkungen auch technische, wirtschaftliche und soziale Folgen zu berücksichtigen. Die Kreislaufwirtschaft wird damit stärker als bisher auf Abfallvermeidung und Recycling ausgerichtet. Die Verwertung von NORM-Rückständen wird aber nicht nennenswert zunehmen. Aber auch wenn NORM-Rückstände zunächst verwertet werden, fallen danach wieder NORM-Rückstände an, die zu beseitigen sind.

Das Recycling soll durch umfassende Getrennthaltungspflichten gefördert und gesichert werden. Neben den schon bislang festgelegten allgemeinen Getrennthaltungspflichten (§ 9 Abs. 1 und § 15 Abs. 3 KrWG) gilt für gefährliche Abfälle im Sinne des KrWG in Zukunft ein grundsätzliches Vermischungsverbot (§ 9 Abs. 2 KrWG). Wird dieses Verbot

auch im gewerblichen Bereich konsequent umgesetzt, kann es durch Sammlung von thoriierten Schweißelektroden, Lampenelektroden und ggf. anderen Thorium- oder NORM-haltigen Produkten zu einem steigenden Aufkommen an NORM-Rückständen aus dem Zuordnungsbereich 3 kommen.

Unklar sind derzeit noch die Auswirkungen weiterer EU-Regelungen zum Abfallrecht. Dies betrifft z. B. die Kriterien zur Bestimmung der Abfalleigenschaften bei Stoffen oder Produkten. Nach den Regelungen für Eisen-, Stahl- und Aluminium-Schrott sollten 2012 entsprechende Regelungen (EU-Verordnungen) für Kupfer, Glas, Papier, biologisch abbaubare Abfälle und Plastikabfall veröffentlicht werden. Auch hieraus können sich längerfristig Konsequenzen in Hinblick auf die Möglichkeit zur Beseitigung von NORM-Rückständen ergeben, wenn sie zwar aus der Sicht des Strahlenschutzes entlassen werden könnten, aber keine geeignete Deponie zur Verfügung steht.

Da Entwürfe dieser Regelungen noch nicht vorliegen, können mögliche Auswirkungen dieser Regelungen auf die Mengen von NORM-Rückständen derzeit nicht bewertet werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird angenommen, dass sich daraus keine Änderungen der abgeschätzten Mengen ergeben. Die Entwicklungen sollten jedoch sorgfältig verfolgt werden, um daraus Trends frühzeitig zu erkennen, die Auswirkungen auf die Mengbilanzen von NORM-Abfällen haben können.

5.4.2 Veränderungen in den NORM-Industrien

5.4.2.1 Vorbemerkungen

Im Folgenden werden für einige wichtige NORM-Industrien, für die in besonderem Maße Veränderungen absehbar sind, Trends aufgezeigt und die daraus resultierenden Veränderungen im Hinblick auf das Aufkommen an NORM-Rückständen diskutiert. Konjunkturbedingte Veränderungen in den Industrien (z. B. Verringerung der Fördermengen in der Erdölindustrie) können natürlich auch Auswirkungen auf das Mengengerüst von NORM-Rückständen haben. Diese Änderungen können aber nicht betrachtet werden.

5.4.2.2 Erdöl-Erdgasgewinnung

Beim Erdgas ist in den Jahren seit 1995 ein Rückgang der Förderung um mehr als 30 % zu verzeichnen. Die Verringerung der Erdölförderung ist dagegen deutlich geringer (ca. 10 %). Allerdings haben sich die Fördermengen in den Fördergebieten verschoben. Die Hauptfördergebiete liegen derzeit in Schleswig-Holstein.

Mit dem Rückgang der Förderung ist generell ein Rückbau von Förderanlagen verbunden, wodurch es zu einem erhöhten Aufkommen an NORM-Rückständen kommen wird. Wie sich diese Tendenz in den Folgejahren verändern wird, konnte aus den Recherchedaten nicht abgeleitet werden.

Der WEG schätzte jedoch im Februar 2012 ein [19], dass der Rückgang der Erdgasförderung durch hohe Investitionen, technologische Entwicklung und erfolgreiche Bohrungen abgeschwächt und die Erdölproduktion sogar gesteigert wird. Die vorhandenen geologischen Reserven erlauben auch in den nächsten 10 Jahren eine nennenswerte Gewinnung in Deutschland. Aus dieser Einschätzung resultiert, dass für die nähere Zukunft (Zeithorizont 10 Jahre) mit einem ähnlichen Aufkommen an NORM-Rückständen aus der Gewinnung von Erdöl und Erdgas in Deutschland gerechnet werden muss.

Als wesentliche Veränderung der Erdgasgewinnung wird derzeit die Gewinnung von "unkonventionellem Gas" diskutiert. "Unkonventionell" ist dabei nicht das Gas, sondern die Lagerstätte, in der es enthalten ist. Bei dem Gas handelt es sich um Erdgas gleicher Zusammensetzung wie in anderen Erdgaslagerstätten.

Konventionelle Vorkommen enthalten Erdgas in gut durchlässigen Gesteinen unter einem undurchlässigen Deckgestein. Bei den unkonventionellen Vorkommen ist das Erdgas im Untergrund gebunden. In Deutschland wird mit großen Mengen an Kohleflözgas und Schiefergas gerechnet. Kohleflözgas und Schiefergas ist Erdgas, das nach seiner Bildung

im Muttergestein Kohle bzw. Tonstein ("Schiefer") gebunden wurde, nur zum Teil liegt es im Poren- und Kluftraum vor. Die Gewinnung erfordert neuartige Techniken, wie das Hydraulic Fracturing Verfahren ("Fracking") (s. [19]).

Bisher liegen keine Daten dazu vor, ob und in welchem Umfang die Förderung von Kohleflözgas und Schiefergas zu NORM-Rückständen führt. In einer britischen Studie [20], in der die Umweltauswirkungen der Schiefergasförderung umfassend analysiert werden, finden sich nur allgemeine Hinweise auf mögliches Auftreten von NORM, aber keine konkreten Daten. Es muss allerdings zumindest in solchen Lagerstätten, in denen Lagerstättenwässer mit hohen Salzgehalten vorliegen, auch mit nennenswerten Radium- und Bleikonzentrationen in den Wässern und deshalb bei der Förderung auch mit Scales gerechnet werden, die nennenswerte Radium- und Pb-210-Konzentrationen enthalten. Die Auswirkungen auf die Mengen an NORM-Rückständen, die dann in der Praxis anfallen können, sind derzeit nicht abschätzbar. Es wird daher empfohlen, bei allen diesbezüglichen Erkundungen eine Prüfung radiologischer Auswirkungen vorzusehen und insbesondere Daten zu erheben, die eine Aussage zum Anfallen von NORM-Rückständen erlauben.

5.4.2.3 Geothermie

Mit dem Gesetz über erneuerbare Energien [21] wurden deutliche Anreize für die Nutzung regenerativer Energien gesetzt. Diese Fördermaßnahme wirkte sich auch auf die Nutzung der tiefen Geothermie und die Entwicklung der geothermischen Erzeugung von Elektroenergie aus. Neben dem Kraftwerk Neustadt/Glewe (2004) wurden geothermische Kraftwerke in Landau/Pfalz (2007), Unterhaching/Bayern (2009) und Bruchsal/Baden-Württemberg (2009) errichtet [22]. Das Kraftwerk Insheim/Pfalz ist im November 2012 in Betrieb genommen worden.

Ein weiterer Ausbau dieser Energie ist angestrebt. In der Studie "Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global" [23] wird ein Szenario 2011 A untersucht, das bezüglich des Ausbaus erneuerbarer Energien im Stromsektor als mittleres Szenario eingestuft wird. Das Szenario berücksichtigt den Kernenergieausstieg entsprechend des Bundestagsbeschlusses vom 30. Juni 2011. Nach diesen Daten muss mittelfristig mit einem bedeutenden Anstieg geothermischer Stromerzeugung gerechnet werden.

Allerdings bestehen noch erhebliche technologische Probleme und offene Fragen bei der Bewertung der Umweltauswirkungen (z. B. seismische Ereignisse). Prognosen sind des-

halb aus der Sicht der Bearbeiter gegenwärtig schwierig. In der Studie [22] wird davon ausgegangen, dass auf längere Sicht zunächst keine geothermischen Anlagen mit elektrischen Leistungen über 10 MW (bei Dauerlast maximal ca. 80 GWh pro Jahr) ans Netz gehen werden. Weiterhin wird in [22] eingeschätzt, dass der im EEG 2009 enthaltene Technologiebonus für petrothermale Anlagen (Hot-Dry-Rock-Technologie, HDR) vor 2020 vermutlich kaum in nennenswerten Umfang in Anspruch genommen werden wird, da sich die HDR-Technologie noch im Forschungsstadium befindet und es sich bei allen für die Zukunft geplanten Projekten noch um hydrothermale Anlagen handelt. Auch für die Zeit danach werden nur wenige Anlagen dieses Typs erwartet.

Nichtsdestoweniger muss in Bezug auf die Mengen von NORM-Rückständen aus geothermischen Anlagen mit einem Anstieg gerechnet werden. Eine lineare Extrapolation der derzeit geschätzten Mengen von 3 - 4 t/a bei einer erzeugten Energie von 27 GWh in 2010 auf das Jahr 2020 führt zu Jahresmengen von einigen 100 t an NORM-Rückständen. Diese Menge verbunden mit den bei Geothermieanlagen häufig festgestellten relativ hohen spezifischen Aktivitäten der Ablagerungen würde zu signifikanten Veränderungen im Mengengerüst bei den NORM-Rückständen führen. Über Möglichkeiten und Grenzen der Entlassung dieser Rückstände sind derzeit keine Aussagen möglich. Allerdings muss für einen Großteil der Menge mit dem Überschreiten der Freistellungswerte der Klasse 7 ADR gerechnet werden. Bei einer unverändert restriktiven Haltung der Entsorgungswirtschaft bei Annahmeerklärungen zu Entlassungen aus der Strahlenschutzüberwachung ist folglich mit erheblichen Schwierigkeiten bei der konventionellen Entsorgung dieser Rückstände zu rechnen.

5.4.3 Auswirkungen der Änderungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen sowie Veränderungen in den jeweiligen Industriezweigen auf die Mengebilanzen von NORM-Rückständen/NORM-Abfällen

Die Änderungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen sowie Veränderungen in den jeweiligen Industriezweigen werden mittelfristig zu Veränderungen des Mengenaufkommens an NORM-Rückständen führen. Einige derzeit noch berücksichtigte Industrien, in denen nur N-NORM anfallen, werden in Zukunft durch die deutliche Anhebung der generellen Freigrenze auf 1 Bq/g für natürliche Radionuklide nicht mehr in den Geltungsbereich der strahlenschutzrechtlichen Regelungen fallen.

Veränderungen sind in der Erdöl/Erdgasindustrie, im Bereichen der Geothermie, der Wasseraufbereitung und ggf. auch im Bereich Metallurgie zu erwarten. In welchem Umfang sich dadurch das Aufkommen an NORM-Rückständen und damit möglicherweise an NORM-Abfällen erhöhen wird, kann derzeit nicht abgeschätzt werden. Bisher sind Rückstände aus der Stilllegung von Betriebsflächen (§ 101 StrlSchV) kaum in den Mengebilanzen enthalten, sie sind aber in größeren Mengen z. B. in der Erdöl- und Erdgasindustrie zu erwarten (s. auch Abschnitt 6.3 Betriebliche Lager). In welchem Maße daraus zusätzliche Mengen von NORM-Abfällen resultieren, kann heute noch nicht eingeschätzt werden. Auch bei der Stilllegung von Unternehmen, in denen natürlich radioaktive Stoffe als Zusatz zu Produkten verwendet werden und die unter einer strahlenschutzrechtlichen Genehmigung nach § 7 StrlSchV betrieben wurden, ist mit einem Anfall von NORM-Rückständen zu rechnen. Allerdings ist eine Abschätzung der erwartenden Mengen schwierig. Nach den bisherigen Erfahrungen der Bearbeiter sollte eine Gesamtmenge von 10 t in 10 Jahren eine hinreichend konservative Schätzung sein.

Ein wesentlicher Anstieg möglicher Mengen an NORM-Rückständen ist bei einem Ausbau der tiefen Geothermie zu erwarten. Aus den derzeitigen Prognosen zur Nutzung der tiefen Geothermie ergeben sich Schätzwerte von einigen 100 t NORM-Rückständen. Aus heutiger Sicht wird ein Wertebereich von 30 - 300 t/a als realistisch angesehen.

Es muss jedoch auch damit gerechnet werden, dass die Uranextraktion aus dem Trinkwasser weiter zunimmt. In Anbetracht der rechtlichen Auslegbarkeit dieser Technologie im System der neuen europäischen Grundnormen wird für uranbeladene Ionenaustauscher ein zusätzlicher Mengenstrom von 15 t pro Jahr (zusätzlich zur aktuellen Schätzung) in die Bilanz eingestellt.

Alle sich aufgrund von Änderungen bei Industrien und rechtlicher Rahmenbedingungen resultierenden Mengenabschätzungen sind in der Tabelle 5-5 zusammengefasst.

Tabelle 5-5: Mögliche zukünftige NORM-Rückstände aufgrund von Änderungen bei Industrien und rechtlicher Rahmenbedingungen (Fallgruppe 4)

Zuordnungsbereiche	Fallgruppe 4
1 Überwachungsbedürftige Rückstände	Kein erhöhter Anfall an NORM-Rückständen aus den derzeit in der Anlage XII Teil A StrlSchV benannten Industrien absehbar. Zusätzliche Mengen sind bei der Stilllegung von Betriebsflächen zu erwarten. Eine Abschätzung der Mengen ist derzeit nicht möglich.
2 Sonstige überwachte Materialien	Geothermie: 30 - 300 t/a Uran-Abtrennung aus Trinkwasser: 15 t/a (zusätzlich zu bisheriger Menge)
3 Andere Materialien	0,1 - 1 t/a (Sammlung von Schweißelektroden, Lampenelektroden und anderen thorierten Produkten)
4 Abfälle aus der Herstellung von Produkten durch Zusatz radioaktiver Stoffe	Schließung von Produktionsstandorten: Gesamtmenge 10 t in 10 Jahren
5 Funde	Keine wesentliche Veränderung zu erwarten.
6 NORM in strahlenschutzrechtlich überwachten Anlagen oder Einrichtungen	Zunahme der Inventare durch Anlieferungen aus den Zuordnungsbereichen 1 bis 5. Kein eigenständiges zusätzliches Aufkommen.
Summe	ca. 50 bis 300 t/a

Ob diese Mengen jedoch als NORM-Abfälle zu beseitigen sind oder nicht, hängt von den Möglichkeiten einer Entlassung nach § 98 StrlSchV ab. Strahlenschutzgründe würden einer Entlassung nicht entgegenstehen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen des KrWG und vor allem die Bereitschaft der Beseitiger zur Annahme von NORM-Rückständen als Voraussetzung für eine Entlassung dieser Rückstände aus dem Geltungsbereich der StrlSchV sind ausschlaggebend. Daraus könnte sich als "Worst Case" zukünftig eine generelle Ablehnung der Annahme von NORM-Rückständen durch die Beseitiger ergeben, zumindest für die Kategorien R- und X-NORM. Die Folge wäre, dass NORM-Rückstände dieser Kategorien nicht mehr entlassen werden können und ohne Ausnahme als NORM-Abfälle eingestuft und in einem Endlager beseitigt werden müssten.

6 Identifikation bisher vorhandener Lagerstandorte und Zwischenlagermöglichkeiten und deren Kapazitäten

6.1 Vorbemerkungen

Nachfolgend werden die vorhandenen Standorte, an denen NORM-Rückstände zwischengelagert werden und die dort eingelagerten Mengen an NORM-Rückständen bewertet. Es handelt sich dabei um Landessammelstellen, die zentrale Sammelstelle der Bundeswehr für radioaktive Abfälle (ZESAM), diverse betriebliche Lager und sonstige Lagerstandorte bzw. Zwischenlager, für die strahlenschutzrechtliche Genehmigungen bzw. behördliche Anordnungen vorliegen.

6.2 Landessammelstellen

Die Informationen, die mit Hilfe der Recherchen oder aus frei zugänglichen Quellen gewonnen werden konnten, bilden die Datengrundlage für die folgende zusammenfassende Darstellung über die in den Landessammelstellen eingelagerten Mengen von NORM-Rückständen. Die Darstellung enthält auch Angaben zur Behandlung bzw. Vorbehandlung dieser Rückstände, zur Kapazität der Landessammelstellen und ihrer Auslastung.

Originäre Aufgabe der Landessammelstellen ist die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung und ihre Konditionierung nach den geltenden Endlagerbedingungen. Abfälle aus Kernkraftwerken dürfen dort nicht gelagert werden. Neben den Herkunftsbereichen Medizin, Industrie und Forschung werden in Landessammelstellen Funde sichergestellt. Dazu gehören auch Gegenstände mit natürlich vorkommenden Radionukliden, wie z. B. Radiumbecher, Radiumkissen oder auch U- bzw. Th-Chemikalien.

Die Recherchen ergaben, dass in den Landessammelstellen auch NORM-Rückstände gelagert werden, die nicht entlassen wurden. Die Annahme von NORM-Rückständen liegt im Ermessen der Landessammelstelle, sie erfolgt in einigen Fällen auf Veranlassung der zuständigen Behörde [24]. Werden NORM-Rückstände von den Landessammelstellen angenommen, geschieht das in der Regel mit dem Ziel ihrer Verwertung oder Beseitigung außerhalb der strahlenschutzrechtlichen Regelungen. Die Landessammelstellen sehen sich dabei als Zwischenlager. In einigen Fällen wurden NORM-Rückstände bereits nach Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad konditioniert, ohne dass die Möglichkeit einer Entlassung geprüft worden ist. **Diese Rückstände können nach den Rechercheergebnissen nicht mehr entlassen werden. Es handelt sich dabei um NORM-Abfälle.**

In [25] wurde eine Übersicht über alle Betreiber von Sammelstellen für radioaktive Abfälle in Deutschland gegeben und die Herkunft der dort angenommenen Abfälle spezifiziert. Die im Ergebnis von Recherchen (Fragebögen) ermittelten Inventare an NORM-Rückständen in den Landessammelstellen sind meist über einen Zeitraum von mehreren Jahren entstanden. Sie enthalten jedoch auch radioaktive Abfälle, die dem Teil 2 der StrlSchV zuzuordnen sind (z. B. Radium-haltige Abfälle aus der Produktion oder Verwendung von Leuchtfarben). Allerdings sind die Mengen im Vergleich zur Gesamtmenge gering. Grund für diese Zusammenfassung, ist die Gesamt-Alpha-Aktivität, die in den z. Zt. vorliegenden Endlagerbedingungen (Endlagerbedingungen für das Endlager Schacht Konrad) begrenzt ist.

Im Hinblick auf eine mögliche Zwischenlagerung von NORM-Rückständen wurden die Kapazitäten der Landessammelstellen geprüft. In den meisten Landessammelstellen sind noch ausreichende Kapazitäten vorhanden. Die o. g. Restkapazitäten müssen allerdings primär für die Abfälle aus Medizin, Forschung etc. freigehalten werden, zu deren Annahme und Zwischenlagerung die Landessammelstellen verpflichtet sind.

Die Bewertung der vorhandenen Kapazitäten geht davon aus, dass in absehbarer Zeit ein Endlager zur Verfügung steht, in das die radioaktiven Abfälle verbracht werden können. Aus einigen Landessammelstelle wurden bereits Teilmengen von NORM-Rückständen auf konventionellen Deponien nach Entlassung aus der Überwachung gem. § 98 StrlSchV beseitigt. Andere Länder prüfen derzeit die Möglichkeiten für eine Entlassung der NORM-Rückstände zur Beseitigung auf konventionellen Deponien. Ob und wenn ja in welchem Umfang die Mengen der eingelagerten NORM-Rückstände auf diese Weise reduziert werden können, kann gegenwärtig nicht eingeschätzt werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass nach Fallgruppe 1 vor allem in den Landessammelstellen ca. 450 - 480 t an NORM-Rückständen zwischengelagert worden sind. Ob dafür noch eine Entlassung möglich ist, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden. In Anbetracht der mehr und mehr sinkenden Bereitschaft von Deponiebetreibern zur Annahme derartiger Rückstände ist die Wahrscheinlichkeit dafür als gering einzuschätzen. Deshalb muss man davon ausgehen, dass die gesamten dort lagernden Mengen an NORM-Rückständen als NORM-Abfälle in ein dafür geeignetes Endlager verbracht werden müssen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, sind in den Landessammelstellen noch freie Kapazitäten vorhanden, die aber wegen der Verpflichtung zur Aufnahme von radioaktiven Abfällen aus dem Rege-

lungsbereich Tätigkeiten (Teil 2 StrlSchV) nicht oder nur in einem begrenzten Rahmen für die Lagerung von NORM-Rückständen zur Verfügung stehen.

6.3 Sonstige Lagerstandorte und Zwischenlager

6.3.1 Vorbemerkung

Im Folgenden wird zwischen atom- oder strahlenschutzrechtlich genehmigten Lagerstandorten und Zwischenlagern und auf Grundlage einer Anordnung der zuständigen Landesbehörde nach § 95 Abs. 1 bzw. § 96 Abs. 5 StrlSchV betriebenen betrieblichen Lagern unterschieden.

6.3.2 Atom- oder strahlenschutzrechtlich genehmigte Lagerstandorte und Zwischenlager

Neben den Landessammelstellen gibt es weitere Einrichtungen in der Landeszuständigkeit, in denen radioaktive Stoffe zeitweise sichergestellt werden können. Diese Einrichtungen können sowohl atomrechtliche nach § 9a Abs. 3 AtG genehmigte Zwischenlager von radioaktiven Abfällen aus kerntechnischen Anlagen sein aber auch spezielle Räume zur Sammlung, Lagerung oder Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen, für die eine Genehmigung nach § 7 StrlSchV vorliegt. Diese Inventare werden nicht als Inventar der Landessammelstelle erfasst und deshalb auch nicht jährlich bei den Angaben über das Inventar der Landessammelstellen an das BfS berücksichtigt. Die Recherchen gestalteten sich deshalb schwierig.

Neben den Einrichtungen der Länder gibt es auch Unternehmen, die Dienstleistungen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle anbieten. Diese Einrichtungen haben entweder eine Genehmigung nach § 9a Abs. 3 AtG oder nach § 7 StrlSchV.

Da die Abfragen bei den Firmen unbeantwortet blieben, konnten die bei diesen Dienstleistern vorhandenen Lagerbestände an NORM-Rückständen im Rahmen dieses Vorhabens nicht ermittelt werden, auch nicht die noch vorhandenen Kapazitäten. Man muss aber davon ausgehen, dass sowohl die in vorangegangenen Studien [9], [10]) ausgewiesenen Th-Abfälle als auch die Radium-haltigen Rückstände der Erdöl-/Erdgasindustrie, die nach Angaben des Wirtschaftsverbandes Erdöl- und Erdgasgewinnung (WEG) an Entsorger abgegeben wurden, sich in einem dieser Lager befinden.

Folglich ist auch in anderen Lagern, die nach § 7 StrlSchV genehmigt sind und die nicht als Landessammelstellen fungieren, ein beträchtliches Inventar an NORM-Rückständen vorhanden, aus den genannten Gründen konnten die Mengen nicht abschließend ermittelt

werden. Bei Planungen muss also berücksichtigt werden, dass aus der Fallgruppe 1 insgesamt mehr als die angegebenen Mengen von 450 - 480 t resultieren werden.

Welche Lagerkapazitäten noch und über welche Zeiträume zur Verfügung stehen, konnte nicht geklärt werden. Wie aber aus der generell bekundeten Absicht zur Schließung solcher Lager abgeleitet werden kann, sollte diese Lagermöglichkeit für Einschätzungen über längere Zeiträume nicht in Betracht gezogen werden.

6.3.3 Betriebliche Lager

Bei Betrieben der Industrie, in denen überwachungsbedürftige Rückstände anfallen, stehen oft betriebliche Entsorgungsanlagen/Deponien zur Verfügung, auf denen die NORM-Rückstände unmittelbar und in Übereinstimmung mit den Bedingungen der Anlage XII Teil B StrlSchV gelagert werden können. Es fallen aber auch Rückstände an, für die die rechtlich zulässigen Beseitigungs- und Verwertungswege und die dafür geltenden Verwertungs- und Überwachungsgrenzen nicht eingehalten werden können. Sie werden auf Betriebsflächen bis zu einer Entscheidung über eine Verwertung oder Beseitigung gelagert. Die Lagerung wird als Teil einer regulären Entsorgungskette verstanden. Diese betrieblichen Lagerflächen werden auf Grundlage einer Anordnung der zuständigen Landesbehörde nach § 95 Abs. 1 bzw. Abs. 12 (bei Arbeitsfeldern nach Anlage XI Teil B) bzw. nach § 96 Abs. 5 mit entsprechender Anwendung der Absätze 1 bis 4 und des § 95 StrlSchV (bei anderen als in Anlage XI Teil B genannten Arbeitsfeldern) betrieben. Damit wird auch dem § 97 Abs. 4 StrlSchV Rechnung getragen, wonach die Rückstände gegen das Abhandenkommen und vor dem Zugriff durch Unbefugte zu sichern sind.

Das trifft vor allem für Betriebe der Erdöl-Erdgasindustrie zu. In allen Fällen handelt es sich um NORM-Rückstände, die zur Entlassung vorgesehen sind, die aber aus verschiedenen Gründen bisher noch nicht entlassen werden konnten. Außerdem handelt es sich um kontaminierte Materialien, insbesondere Steigrohre, aus denen die Rückstände durch geeignete technische Maßnahmen (Hochdruckwasserstrahlreinigung) entfernt werden, die danach geeignet zu beseitigen sind. Die gereinigten Steigrohre sind dann nicht mehr überwachungsbedürftig, sie können dann verwertet (z. B. eingeschmolzen) werden. Die Betriebsplätze sind gekennzeichnet und entsprechend gesichert.

Nach bisheriger Einschätzung erfüllen alle Rückstände aus der Erdöl-Erdgasgewinnung die abfallrechtlichen Anforderungen an eine konventionelle Entsorgung nach KrWG, so dass nach einer Entlassung nach § 98 StrlSchV eine konventionelle Entsorgung möglich wäre. Eine Ausnahme sind Palmitat-haltige Rückstände die aus abfallrechtlichen Gründen

schwierig zu entsorgen sind. Über die vorliegenden Mengen dieser Rückstände gibt es keine Informationen.

Wenn NORM-Rückstände im Verlaufe des Betriebes nicht entlassen werden können, müssen sie spätestens im Falle einer Betriebsschließung von den Betriebflächen soweit entfernt werden, dass durch die Rückstände keine Einschränkung der Nutzung begründet ist (§ 101 StrlSchV). Das Kriterium dafür ist wiederum die effektive Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr. In welchem Maße aber aus der Beseitigung von Verunreinigungen von Betriebsgrundstücken NORM-Rückstände resultieren, kann derzeit nicht abgeschätzt werden. Die im Rahmen der Studie abgeschätzten Mengen an NORM-Rückständen sollten deshalb nicht als Obergrenze eines möglichen Mengenaufkommens von NORM-Abfällen verstanden werden. **Somit ist festzustellen, dass in anderen Lagern, die auf Grundlage einer Anordnung der zuständigen Landesbehörde nach § 95 Abs. 1 bzw. Abs. 12 bzw. nach § 96 Abs. 5 i. V. m. § 95 StrlSchV betrieben werden, NORM-Rückstände zwar sichergestellt worden sind, um sie später in dem Abfallrecht unterliegenden Anlagen (Deponien) zu beseitigen, doch als generelle Möglichkeit zur Zwischenlagerung von NORM-Abfällen können diese Anlagen nicht betrachtet werden.**

Einen zusammenfassenden Überblick über die Mengenströme bei der Entstehung von NORM-Abfällen gibt die Abbildung 6-1.

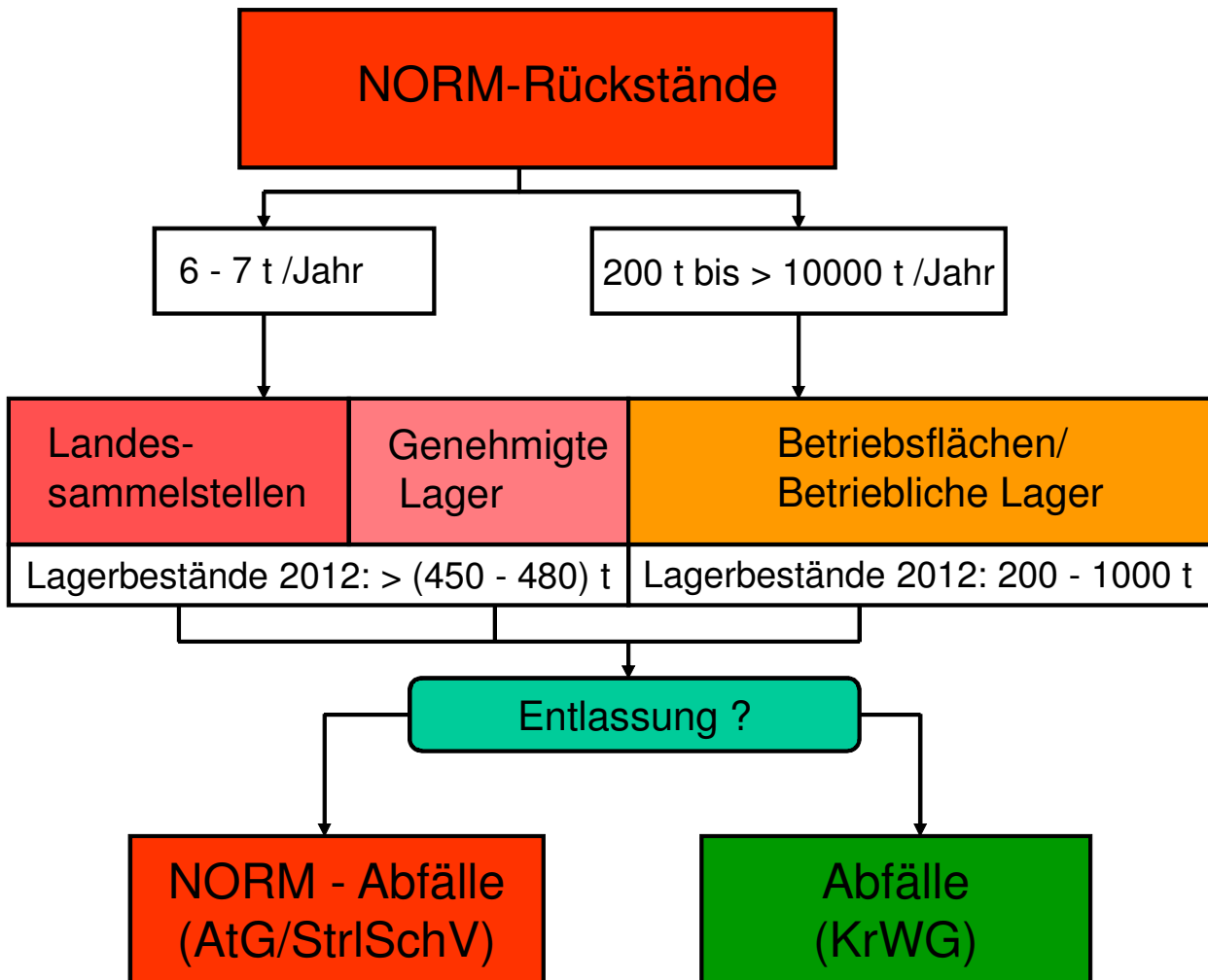


Abbildung 6-1 Mengenströme für die Entstehung von NORM-Abfällen

7 NORM-Rückstände, die nicht aus der Überwachung entlassen werden können und voraussichtlich die Ablieferung an ein Endlager für radioaktive Abfälle erfordern

7.1 Vorbemerkungen

Im Folgenden wird dargestellt, ob und in welchem Maße die NORM-Rückstände, die aus den vorher genannten Gründen oder wegen einer möglichen Anordnung nach § 99 StrlSchV nicht aus der Überwachung entlassen werden können, die Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle erfüllen. Die Prüfung erfolgt der Aufgabenstellung entsprechend am Beispiel der Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad. Als weitere Möglichkeit wird die Endlagerung von NORM-Abfällen auf Standorten der Wismut GmbH geprüft, auf denen Rückstände der Sanierung von Hinterlassenschaften der Uranerzeugung deponiert werden, die in vielerlei Hinsicht (z. B. Nuklidvektor, spezifische Aktivität, stoffliche Zusammensetzung) mit NORM-Abfällen vergleichbar sind.

7.2 Anforderungen an endzulagernden radioaktive Abfälle am Beispiel der Endlagerungsbedingungen für den Schacht Konrad in Bezug auf NORM-Abfälle

Nach [7] müssen radioaktive Abfälle, die an das Endlager Konrad angeliefert werden, konditioniert, d. h. verarbeitet und/oder verpackt sein. Darin besteht eine wesentliche Aufgabe der Landessammelstellen. Sie müssen die bei ihnen angelieferten radioaktiven Abfälle so konditionieren, dass sie die nachfolgend beschriebenen Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen) für das Endlager Konrad erfüllen. Das gilt folglich auch für an Landessammelstellen angelieferte oder dort bereits vorhandene NORM-Abfälle, falls diese nicht anderweitig verwertet (z. B. Einschmelzen) oder nach Entlassung aus der Überwachung auf konventionellen Deponien deponiert werden können. Auch für NORM-Abfälle, die nicht in Landesammelstellen zwischengelagert werden, müssten diese Anforderungen erfüllt werden, um eine Endlagerung in Betracht ziehen zu können. In den folgenden Abschnitten werden deshalb die Anforderungen an radioaktive Abfälle für eine Endlagerung im Endlager Konrad zusammenfassend dargestellt. An Hand dieser Anforderungen wird dann geprüft, ob die vorhandenen und zu erwartenden NORM-Abfälle diesen Anforderungen entsprechen.

7.2.1 Grundsätzlichen Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen)

Einleitend werden in [7] diejenigen radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aufgelistet, die in das Endlager Konrad eingelagert werden sollen, und zwar aus

- Forschungseinrichtungen,
- Kernkraftwerken,
- Wiederaufarbeitungsanlagen,
- der Industrie des Kernbrennstoffkreislaufs,
- der Stilllegung und dem Abbau kerntechnischer Anlagen und mit besonderer Relevanz für diese Studie und
- Landessammelstellen.

Diese radioaktiven Abfälle dürfen nicht mit Stoffen, für die das KrWG gilt oder die nach § 1 Abs. 3, Nr. 1 und 3 bis 8 nicht unter dieses Gesetz fallen, vermischt werden.

Die Endlagerbarkeit dieser Abfälle wurde in Sicherheitsanalysen des bestimmungsgemäßen Betriebs, von Störfällen, der thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins, der Kritikalitätssicherheit und der radiologischen Langzeitauswirkungen untersucht. Aus diesen Untersuchungen sind die Kriterien abgeleitet worden, an Hand derer über die Endlagerbarkeit von radioaktiven Abfällen entschieden wird.

NORM-Abfälle sind hier nicht explizit aufgelistet. Eine Prüfung, ob die Endlagerung von NORM-Abfällen in dem Endlager Konrad deshalb von vornherein ausgeschlossen werden muss, war nicht Gegenstand des Vorhabens.

Für die Prüfung der Endlagerbarkeit von NORM-Abfällen sind die Kriterien zur Begrenzung der thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins und zur Gewährleistung der Kritikalitätssicherheit nicht relevant und werden deshalb hier auch nicht weiter diskutiert. Die Prüfung der Endlagerbarkeit erfolgt an Hand der Grundanforderungen, die an die radioaktiven Abfälle gestellt werden, der Anforderungen an die Abfallgebinde, der aus den Sicherheitsanalysen abgeleiteten Anforderungen an das Abfallprodukt und der Kriterien zur Begrenzung von nichtradioaktiven schädlichen Stoffen.

7.2.2 Anforderungen an die Abfallprodukte

7.2.2.1 Grundanforderungen

Abfallprodukte müssen u. a. folgenden allgemeinen Grundanforderungen genügen:

- Die Abfallprodukte müssen in fester Form vorliegen
- Die Abfallprodukte dürfen nicht faulen oder gären
- Fixierte radioaktive Abfälle (z. B. mit Zement, Beton, Bitumen) dürfen mit den Fixierungsmitteln und der Verpackung nur minimal (chemisch) reagieren
- Das Fixierungsmittel muss abgebunden und erstarrt sein
- Radioaktive Abfälle müssen in zugelassenen Verpackungen verpackt sein. Für Th-haltige Abfälle gilt, wenn Verpackungen ohne spezifische Dichtheit Rn-220 freisetzen können, dass der Abfall von 40 mm inaktivem Beton völlig umschlossen sein muss. Diese kann entfallen, wenn die Aktivität für Th-232, Ra-228, Ac-228, Th-228 und Ra-224 jeweils $1 \cdot 10^6$ Bq bei unfixiertem und $5 \cdot 10^7$ Bq bei fixiertem Abfall pro Gebinde unterschritten wird.
- Für die Begrenzung der Freisetzung von Rn-222 wurden keine Bedingungen festgelegt, doch gilt z. B. nach der Benutzungsordnung der ZRA Berlin [26], dass radium- und Thorium-haltiges Material so zu verpacken ist, *"dass ein Austritt von Emanationsprodukten..."* – also auch Rn-222 – *"verhindert wird"*. Außerdem ist nach Anhang II Tabelle 2 in [7] das Mutternuklid Ra-226 begrenzend.

Weitere Grundanforderungen, die an die Abfallprodukte gestellt werden, betreffen z. B. die Begrenzungen für spaltbare Stoffe außer Natururan und abgereichertes Uran (siehe Abschnitt 4.1 in [7]). Sie sind im Zusammenhang mit NORM-Abfällen nicht relevant.

7.2.2.2 Abfallproduktgruppen

Bei der Prüfung der Endlagerbarkeit müssen die Abfallprodukte zunächst in eine der folgenden 6 Abfallproduktgruppen (APG 01 bis APG 06) zugeordnet werden:

- APG 01 (z. B. Bitumen und Kunststoffprodukte)
- APG 02 (z. B. Feststoffe)
- APG 03 (z. B. metallische Feststoffe)
- APG 04 (z. B. Presslinge),
- APG 05 (z. B. betonierete oder zementierte Abfälle),
- APG 06 (z. B. Konzentrate)

Die Abfallproduktgruppen (APG) unterscheiden sich hinsichtlich der Anforderungen, die an die Qualität eines Produktes aus sicherheitstechnischer Sicht gestellt werden. Die Anforderungen nehmen von APG 01 bis APG 06 zu. Für eine Zuordnung zur APG 01 müssen nur die Grundanforderungen erfüllt sein (s. Abschnitt 7.2.2.1). Bei der APG 06 muss das Abfallprodukt nicht nur die Grundanforderungen erfüllen, sondern darüber hinaus noch aus einem festen Körper mit einer Druckfestigkeit von 10 N/mm² bestehen und darf nicht brennbar sein. Zur Prüfung der Endlagerbarkeit muss ein Abfallprodukt der Abfallproduktgruppe zugeordnet werden, deren Qualitätsmerkmale es erfüllt. Für die jeweilige APG wurden Aktivitätsbegrenzungen festgelegt (Anhang II in [7]). Zusätzlich sind noch die Abfallbehälterklassen I und II (ABK I oder ABK II) zu beachten, für die die Anforderungen ebenfalls in [7] spezifiziert worden sind.

7.2.2.3 Aus Sicherheitsanalysen abgeleitete Begrenzung der Aktivität in den Abfallprodukten

Die Endlagerbarkeit von Abfallprodukten mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung im Endlager Konrad wurde in Sicherheitsanalysen untersucht. Daraus wurden Aktivitätsbegrenzungen für die endzulagernden Radionuklide abgeleitet. Hier werden nur die Ergebnisse der Analysen betrachtet, die für die Bewertung der Endlagerbarkeit von NORM-Abfällen von Bedeutung sein können. Deshalb werden die aus Analysen zur thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins und aus Kritikalitätsanalysen abgeleiteten Begrenzungen der Aktivität nicht betrachtet.

Die zulässigen Aktivitäten von Radionukliden oder Radionuklidgruppen pro Abfallgebinde wurden aus den Sicherheitsanalysen für die Betriebs- und Nachbetriebsphase des Endlagers Konrad abgeleitet. Aus den **Analysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb** wurden **Garantiewerte** für fünf Radionuklide (u. a. Ra-226) und zwei Radionuklidgruppen (nicht spezifizierte sonstige Alpha- und Beta/Gamma-Strahler) und Richtwerte (z. B. für Ra-226 das 10⁴-fache der Garantiewerte) für die jährlich einlagerbare Aktivität eines Radionuklids oder einer Radionuklidgruppe abgeleitet. Bei den Analysen zum bestimmungsgemäßen Betrieb wurden Behälter ohne und mit unterschiedlichen Durchlässigkeiten (Durchlässigkeitsfaktoren von 0,01 bis 0,0001) betrachtet, und dafür entsprechende Garantiewerte festgelegt.

Aus **Störfallanalysen** wurden **Aktivitätsgrenzwerte** für die radiologisch wichtigsten Radionuklide (Leitnuklide) und nicht spezifizierten Alpha und Beta/Gammastrahlern abgeleitet. Wenn die Qualitätsmerkmale eines Abfallproduktes erfüllt sind, kann das betreffende Abfallprodukt die für die jeweilige APG geltenden Aktivitätsgrenzwerte ausschöpfen.

Die aus den Sicherheitsanalysen abgeleiteten Anforderungen (Aktivitätsbegrenzungen) gelten unabhängig voneinander. Die jeweils restriktivste Anforderung hinsichtlich der Aktivität der Radionuklide oder Radionuklidgruppen muss eingehalten werden. Darüber hinaus müssen die Anforderungen, die sich in anderen Rechtsvorschriften [27] festgelegten Grenzwerte für die maximal zulässige Aktivität pro Abfallgebinde eingehalten werden.

Das System der Aktivitätsbegrenzungen in den Abfallgebinden soll am Beispiel der für Ra-226 festgelegten Kriterien erläutert werden. Die aus den Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb abgeleiteten Aktivitätsbegrenzungen (Garantiewerte) wurden für zwei Abfallproduktgruppen (metallische Feststoffe und sonstige Abfallproduktgruppen) festgelegt. NORM-Abfälle sollten vor allem der Gruppe "sonstige Abfallproduktgruppen" zugeordnet werden. Die Aktivitätsgrenzen für Ra-226 reichen für Abfallprodukte in unfixierter Form in einer Verpackung ohne spezifizierte Dichtheit von $9\text{E}+6$ Bq pro Abfallgebinde, in fixierter Form in der gleichen Verpackung $1,4\text{E}+8$ Bq pro Abfallgebinde, bis zu $4,8\text{E}+12$ Bq (Abfallprodukte in fixierter oder unfixierter Form in einer Verpackung mit einem Durchlässigkeitsfaktor von $\leq 0,0001$).

Aus den Störfallanalysen wurden die Aktivitätsgrenzwerte für jede APG in Kombination mit der Abfallbehälterklasse (ABK I, ABK II) festgelegt. Bei der ABK I gelten für Ra-226 die Grenzwerte $6,3\text{E}+07$ Bq (APG 01) bis $6,3\text{E}+10$ Bq (APG 06) pro Verpackung. Für die APG 02 (Feststoffe), die für NORM-Abfälle typisch sein sollte gelten $2,1\text{E}+09$ Bq pro Verpackung. Bei störfallfester Verpackung in einem Behälter der ABK I kann das Abfallprodukt die Grenzwerte der APG 06 ausschöpfen. In diesem Fall können auch die über die Grundanforderungen hinausgehenden und aus sicherheitstechnischer Sicht an die Abfallprodukte gestellten Anforderungen der APG 02 bis 06 entfallen. Die Grenzwerte für die übrigen natürlichen Radionuklide, die bei NORM-Abfällen zu beachten wären, liegen über den Grenzwerten für Ra-226.

Für Verpackungen der ABK II gelten generell höhere Anforderungen. Deshalb sind auch die Aktivitätsgrenzwerte für die Abfallprodukte, die in solchen Verpackungen beseitigt werden sollen, höher. Die Aktivitätsgrenzwerte gelten einheitlich für alle APG. Für Ra-226-haltige Abfälle, die in einer Verpackung beseitigt werden sollen, die der ABK II entspricht, beträgt der Grenzwert $1,6\text{E}+12$ Bq pro Abfallgebinde.

Von Bedeutung für die Prüfung der Endlagerbarkeit von NORM-Abfällen sind auch die maximal einlagerbaren Aktivitäten am Ende der Betriebsphase des Endlagers sowie die mittleren Aktivitätskonzentrationen, die aus dem Gesamtvolumen der Abfallgebände von 303.000 m³ (Abfallgebändevolumen) für das gesamte Endlager berechnet worden sind. Die entsprechenden Werte sind in der Tabelle 7-1 zusammengestellt, wobei die mittleren Aktivitätskonzentrationen mit Zustimmung des BfS überschritten werden können [7], da diese lediglich einen Richtwert darstellen, der darauf hinweist, dass ein Ausgleich mit anderen Abfallgebänden geschaffen werden muss, um die Gesamtbegrenzungen der maximal einlagerbaren Aktivitäten (Tabelle 8 in [7]) einhalten zu können.

Tabelle 7-1: Maximal einlagerbare Aktivitäten und mittlere Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide und Radionuklidgruppen am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad (nach Anhang II, Tabelle 8 und 9 in [7])

Radionuklid Radionuklidgruppe	Aktivität [Bq]	Aktivitätskonzentration [Bq/m ³]
H-3	6,0E+17	
C-14	4,0E+14	
I-129	7,0E+11	
Ra-226	4,0E+12	1,3E+07
Th-232	5,0E+11	1,6E+06
U-235	2,0E+11	6,6E+05
U-236	1,0E+12	
U-238	1,9E+12	6,2E+06
Pu-239	2,0E+15	
Pu-241	2,0E+17	
Gesamt α-Strahler	1,5E+17	4,9E+11
Gesamt β-, γ-Strahler	5,0E+18	

7.2.3 Massenbegrenzungen nichtradioaktiver schädlicher Stoffe

In Anhang IV von [7] sind die maximal einlagerbaren Massen nichtradioaktiver schädlicher Stoffe getrennt nach

- Stoffen gemäß Liste I der Anlage zur Grundwasserverordnung (Tabelle 11),
- Stoffen gemäß Liste II der Anlage zur Grundwasserverordnung (Tabelle 12),
- sonstigen Stoffen, die schädliche Verunreinigungen im Sinne des § 137 des niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) bewirken können (Tabelle 13)

aufgelistet.

Die für NORM-Abfälle möglicherweise relevanten nichtradioaktiven schädlichen Stoffe enthalten nachfolgende Tabellen 7-2 bis 7-4, die Auszüge aus den Tabellen 11, 12 und 13 des Anhangs IV von [7] entsprechen.

Tabelle 7-2: Maximal einlagerbare Massen an Stoffen gemäß Liste I der Anlage zur Grundwasserverordnung am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad [7].

Stoff	Masse
<u>Nr. 1 der Liste I</u>	
Halogenierte Naphthaline	8,6 g
<u>Nr. 2 der Liste I</u>	
Tributylphosphat	821 kg
Dibutylphosphat	789 kg
Hexamethylphosphorsäuretriamid	8,6 g
<u>Nr. 3 der Liste I</u>	
Eine Ablagerung von Stoffen nach Nr. 3 der Liste I wurde nicht beantragt und ist daher auch nicht zulässig.	
<u>Nr. 4 der Liste I</u>	
Gold	1.470 kg
Caesium	3.870 kg
Platin	10,3 g
<u>Nr. 5 der Liste I</u>	
Quecksilber	43,7 kg
<u>Nr. 6 der Liste I</u>	
Cadmium	182.000 kg
<u>Nr. 7 der Liste I</u>	
Ölrückstände	73.900 kg
Öl	48.400 kg
Alkane (Paraffine)	2.770 kg
Polystyrol	2.450.000 kg
Polyethylen (PE)	144.000 kg
Polypropylen (PP)	35.000 kg
<u>Nr. 8 der Liste I</u>	
Cyanide	27.400 kg

Tabelle 7-3: Maximal einlagerbare Massen an Stoffen gemäß Liste II der Anlage zur Grundwasserverordnung am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad [7].

Stoff	Masse
Nr. 1 der Liste II	
Zink	539.000 kg
Kupfer	2.630.000 kg
Nickel	5.530.000 kg
Chrom	3.050.000 kg
Chrom (VI)	80.000 kg
Blei	33.400.000 kg
Selen	48,7 kg
Arsen	337 kg
Antimon	31.600 kg
Molybdän	169.000 kg
Zinn	72.400 kg
Barium	774.000 kg
Uran	23.500 kg ¹
Kobalt	86.200 kg
Thallium	64,9 kg
Tellur	32,4 kg
Silber	103.000 kg
Nr. 2 der Liste II	
Biozide, Mikrobiozide	4.650 kg (Selbstbeschränkung auf 930 kg)
Nr. 3 der Liste II	
Aluminium	32.000.000 kg
Chlor	292.000 kg
Eisen	632.000.000 kg
Mangan	2.650.000 kg
Natrium	5.860.000 kg
Sulfat (SO ₄)	1.310.000 kg
Benzalkoniumchlorid	258 kg
Calcium	180.000.000 kg
Kalium	3.480.000 kg
Magnesium	7.650.000 kg
NO ₃	632.000 kg
SiO ₂	743.000 kg
Nr. 4 der Liste II	
Organische Siliziumverbindungen	74.800 kg
Nr. 5 der Liste II	
Phosphate	165.000 kg
Calciumpyrophosphat	202.000 kg
Komplexphosphate	20.600 kg
Zn-Phosphat/Oxid	64.600 kg
Nr. 6 der Liste II	
Fluoride (anorganisch)	290.000 kg
Nr. 7 der Liste II	
Nitrite	12.900 kg

¹ zusätzlich zur Uranmenge (U-238) gemäß Tabelle 8 in [7]

Tabelle 7-4: Maximal einlagerbare Massen von Stoffen, die schädliche Verunreinigungen im Sinne des § 137 des Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) bewirken können, am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad [7]

Stoff	Masse
Wismut	36.400 kg
Thorium	11.600 kg ¹

¹ zusätzlich zur Thoriummenge (Th-232) gemäß Tabelle 8 in [7]

Wie aus Tabelle 7-3 ersichtlich ist, dürfen 11.600 kg Thorium zusätzlich zu der in Tabelle 8 in [7] genannten (d. h. aus der angegebenen Aktivität berechneten) Thoriummenge eingelagert werden.

7.2.4 Anforderungen an Abfallgebinde

In [7] werden Anforderungen für die Abfallgebinde formuliert, in die die radioaktiven Abfälle verpackt werden müssen. Sie betreffen die Ortsdosisleistung (einschließlich des Anteils durch Neutronen), die Flächenkontamination und die drucklose Anlieferung.

Die Ortsdosisleistung an der Oberfläche eines Abfallgebundes wird durch Mittelwert von 2 mSv/h und einen lokalen Maximalwert von 10 mSv/h begrenzt. Bei zylindrischen Abfallgebunden darf die Ortsdosisleistung in einem Meter Abstand, bei kubischen Abfallgebunden in zwei Metern Abstand von der Oberfläche des Abfallgebundes nur jeweils 0,1 mSv/h betragen. Diese Werte müssen zum Zeitpunkt der Anlieferung an das Endlager eingehalten werden. Die Einhaltung dieser Grenzwerte dürfte für Abfallgebinde, die mit NORM-Rückständen gefüllt sind, kein Problem darstellen.

Für nicht festhaftende Flächenkontaminationen sind über eine Fläche von 100 cm² gemittelte Grenzwerte einzuhalten. Sie betragen für Alphastrahler, für die in der StrlSchV eine Freigrenze von 5E+03 Bq festgelegt worden ist, 0,5 Bq/cm². Diese wären für Abfallgebinde mit NORM-Rückständen relevant, da die Freigrenzen für U-238_{sec} und Th-232_{sec} jeweils 1E+03 Bq betragen. Für andere Radionuklide, die in NORM-Rückständen vorliegen können, gelten höhere Freigrenzen (z. B. für Ra-226 1E+04 Bq und für Ra-228 1E+05 Bq), und damit auch höhere Grenzwerte für die Flächenkontamination der Abfallgebinde

(5 Bq/cm²). Auch diese Grenzwerte sollten bei Abfallgebinden mit NORM-Rückständen einzuhalten sein.

Schließlich wird die weitgehend drucklose Anlieferung der Abfallgebinde gefordert. Auch diese Forderung kann bei Abfallgebinden mit NORM-Rückständen erfüllt werden.

7.3 Prüfung der Endlagerbarkeit von NORM-Abfällen mit Ra-226 oder Th-232 als Leitnuklid

7.3.1 Prüfung der Endlagerbarkeit einzelner Abfallgebinde

Die Prüfung erfolgt für eine Verpackung der NORM-Abfälle in einem Container vom Typ I (siehe Anhang I Tabelle 1 in [7]). Dieser Container hat ein Bruttovolumen von 3,9 m³. Bei Hochdruckverpressung können darin bis zu 16 Fässer a 200 l (entsprechend 3,2 m³ Nettovolumen) konditioniert werden. Mit einer Dichte von 2 g/cm³ beträgt die Masse des Abfallproduktes 6,4E+06 g pro Container. Wegen der Möglichkeit der Emanation von Rn-222 muss die Ra-226 Aktivität fixiert sein.

Die maximal zulässige Aktivität (Garantiewert) für fixierte Abfälle in Verpackungen ohne spezifizierte Dichte darf maximal 1,4E+08 Bq Ra-226 pro Abfallgebinde betragen (siehe Abschnitt 7.2.2.3). Daraus würde sich ergeben, dass NORM-Abfälle (z. B. APG 02, Feststoffe) mit einer spezifischen Aktivität bis 27 Bq/g Ra-226 bei Nutzung eines solchen Behälters den Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad entsprechen und folglich eingelagert werden können. Dieser Wert der spezifischen Aktivität gilt für das Abfallgebinde, während die spezifische Aktivität in einem einzelnen Fass⁸ auch höher sein kann.

Da verschiedene NORM-Abfälle in Landessammelstellen deutlich höhere spezifische Ra-226-Aktivitäten aufweisen, wären für eine Beseitigung im Endlager Konrad nur Verpackungen mit spezifizierter Dichte zu verwenden. Je nach Durchlässigkeitsfaktor der Verpackung wäre die Ra-226 Aktivität pro Verpackung um den Faktor 100 bis 10.000 höher (s. Abschnitt 7.2.2.3).

Mit den Festlegungen über die Gesamtaktivität und über die mittlere Aktivitätskonzentrationen (in Bq/m³) pro Radionuklid bzw. Radionuklidgruppen, die am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad eingehalten werden sollen, wurde eine weitere Begrenzung der Aktivität bewirkt. Der Wert für Ra-226 beträgt demnach 1,3E+07 Bq/m³. Nach der vorherigen Beispielrechnung ergibt sich bereits bei Verwendung von Verpackungen ohne spezifizierte Dichte eine mittlere Aktivitätskonzentration des Ra-226 von 5,4E+07 Bq/m³ (bei

⁸ Ein Fass gilt für das Endlager Konrad als Innenbehälter.

einer angenommenen Dichte von 2 g/cm^3), d. h. das 4-fache des Wertes in Anhang II, Tabelle 9 in [7]. Nach Information des ZRA Berlin befindet sich im ZRA ein Bestand von 25 Containern Typ KC-4 mit Thorium-haltigen Rückständen u. a. aus der Glühstrumpfherstellung der Auer-Werke, die nach "Konrad-Bedingungen" konditioniert wurden. Die mittlere Aktivitätskonzentration für Th-232 beträgt nach Tabelle 9 in Anlage II in [7] $1,6\text{E}+06 \text{ Bq/m}^3$. Dieser Wert ist in den Gebinden, die vor Aktualisierung der Endlagerungsbedingungen hergestellt wurden, deutlich überschritten. Die Einlagerung dieser Gebinde wäre dennoch möglich, wenn dafür eine Zustimmung des BfS vorliegt [7].

Offen ist allerdings die Frage, ob bei einem Material, in dem Ra-226 und alle übrigen Radionuklide der U-238 Zerfallsreihe im Gleichgewicht vorhanden sind, alle Alphastrahler in dieser Zerfallsreihe aufsummiert werden müssen. Hier ist die Verfahrensweise nach Informationen des ZRA nicht eindeutig geregelt. Während das ZRA mit Verweis auf die StrlSchV das Nuklid mit der höchsten Aktivitätskonzentration verwendet, werden in anderen Landessammelstellen alle Alphastrahler einer Zerfallsreihe zur Ermittlung der Gesamtalphaaktivität aufsummiert. Folglich ergeben sich bei der jährlichen Berichterstattung der Landessammelstellen an den Bund erhebliche Differenzen bei den Angaben zu den Gesamtalphaaktivitäten.

Wie in diesem Abschnitt gezeigt, ist eine Konditionierung von NORM-Abfällen gemäß den Endlagerungsbedingungen prinzipiell möglich und wurde teilweise auch schon durchgeführt. Die Beispielrechnung verdeutlicht jedoch, dass die zulässige mittlere Aktivitätskonzentration gemäß Tabelle 9 in Anlage II in [7] durch solche Abfallgebände überschritten werden kann. Aus diesem Grund ist erst einmal zu prüfen, ob dies der Regelfall bei den vorhandenen Lagerbeständen ist und welche Auswirkung dies auf die Ausschöpfung der maximal einlagerbaren Aktivität des Endlagers Konrad hat.

7.3.2 Bewertung der Lagerbestände und Prognosen zum zukünftigen Aufkommen von NORM-Abfällen aus den Fallgruppen 1 bis 4 im Hinblick auf ihre Endlagerbarkeit

In der Tabelle 7-5 werden die aktuellen Bestände an NORM-Abfällen gemäß Fallgruppe 1 dahingehend geprüft, inwiefern sie die Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad einhalten bzw. inwiefern Problemfälle erkennbar werden. Die Spalte "Bemerkungen" dient dabei als Hinweis für problematische NORM-Rückstände und in der Spalte "Menge endlagertauglich" werden die konservativ geschätzten Mengen angegeben, die in Konrad endgelagert werden könnten.

Für diese NORM-Abfälle hat jedoch die Entlassung zur Verwertung oder Beseitigung Vorrang vor der Endlagerung.

Tabelle 7-5: Lagerbestände von NORM-Rückständen in Landessammelstellen und anderen strahlenschutzrechtlich genehmigten Anlagen (Fallgruppe 1)

Herkunft aus Zuordnungsbereich	Industriebereich	Menge	Bemerkungen zu Lagerbeständen	Menge endlager-tauglich	Bemerkung
1 (Überwachungsbedürftige Rückstände)	Erdöl-/Erdgasgewinnung	61,2 t	siehe Tabelle 5-2	0	Mit diesem Lagerbestand ist die maximale Hg-Menge von 43,7 kg (Tabelle 5-4 in [7]) um ein Mehrfaches überschritten.
	Uranerz (Ellweiler)	ca. 200 t	800 Fässer á 170 l. Dichte geschätzt 1,5 kg/l.	0	ca. 400 Fässer mit hohen Urangelhalten zur Vermarktung vorgesehen entsprechend dem Prinzip "Verwertung vor Beseitigung". Verbleibende ca. 100 t belasten das zulässige Inventar an U, Th und Ra-226 erheblich bzw. Werte nach Anhang II Tabelle 9 [7] sind überschritten
	Bodenkontaminationen / Altlastensanierung	0,5 t		0,5 t	In dieser geringen Menge prinzipiell statthaft.
2 (Sonstige überwachte Materialien)	Geothermie (Herkunft: RP)	13 t	Zur konventionellen Entsorgung vorgesehen	0	Ra-226 Aktivitätskonzentrationen meist höher als Aktivitätskonzentration in Anhang II Tabelle 9 [7].
	Ionenaustauscher	--	Bisher noch keine Bestände gemeldet.		
	Mischabfälle	6 t	3,4 t LLSt, Rest: Schätzwert anderer LSSt	0 - 3 t	Einzelfallprüfung bezüglich Einhaltung der Aktivitätswerte nach Anhang II in [7] erforderlich. Ggf. ist die Endlagerung wegen Überschreitung der Maximalmengen nicht radioaktiver schädlicher Stoffe auszuschließen.
3 (Andere Materialien)	Chemieindustrie, Th-Oxalat	11 t		0	Th-232 Aktivitätskonzentrationen höher als die Aktivitätskonzentration in Anhang II Tabelle 9 [7].

Herkunft aus Zuordnungsbe- reich	Industriebereich	Menge	Bemerkungen zu Lager- beständen	Menge endlager- tauglich	Bemerkung
	Glühlampenproduk- tion	4,6 t		0	Bereits konditionierter NORM-Abfall (Typ KC-4 Container). Th-232 Aktivitätskonzentra- tion ist höher als die Aktivitätskonzentri- on in Anhang II Tabelle 9 [7].
	Chemieindustrie; Th-Abfälle	55,2 t		0 - 8	Th-232 Aktivitätskonzentrationen höher als die Aktivitätskonzentration in Anhang II Ta- belle 9 [7].
	Glasindustrie	29 t (0-15 t)		0 - 15	Th-232 Aktivitätskonzentrationen höher als die Aktivitätskonzentration in Anhang II Ta- belle 9 [7].
	Chemieindustrie (Katalysatoren)	22,2 t		0	Primär abhängig vom Gehalt an nicht radio- aktiven gefährlichen Stoffen und nach Höhe der Aktivitätskonzentration
	Bundeswehr (Th- Mg-Metallteile)	7,5 t		0	Th-232 Aktivitätskonzentrationen höher als Aktivitätskonzentration in Anhang II Tabelle 9 [7].
	Chemikalien	1 t	Schätzwert, Gesamtbe- stände aller LSSt	0	Die Aktivitätskonzentrationen von U, Ra bzw. Th sind meist > 1.000 Bq/g und somit sind sowohl maximale Aktivitätswerte pro Gebin- de (Anhang II Tab. 2-4) als auch mittlere Ak- tivitätskonzentrationen nach Anhang II Ta- belle 9 [7] überschritten.
	Gebrauchte Gas- glühstrümpfe	10 – 30 t	Schätzwert	0	Bereits konditionierter Abfall (Typ KC-4 Con- tainer). Th-232 Aktivitätskonzentrationen ist höher als die Aktivitätskonzentration in An- hang II Tabelle 9 [7]
4(Abfälle aus der Herstellung von Produkten durch Zusatz radioakti-	Herstellung von Gasglühstrümpfen	33,4 t	Beim Rückbau von Pro- duktionsanlagen angefal- len	0	Bereits konditionierter Abfall (Typ KC-4 Con- tainer). Th-232 Aktivitätskonzentrationen ist höher als die Aktivitätskonzentration in An- hang II Tabelle 9 [7].

Herkunft aus Zuordnungsbe- reich	Industriebereich	Menge	Bemerkungen zu Lager- beständen	Menge endlager- tauglich	
ver Stoffe)	Herstellung thorier- ter Elektroden	1 t	Schätzwert für sonstige Abfälle in allen LSSSt	0,2 t	Bei Elektroden mit 40 Bq/g, 80 Bq/g bzw. 160 Bq/g Th-232 Überschreitung des Wertes nach Anhang II Tabelle 9 [7].
5 (Funde)	Materialien unter- schiedlicher Her- kunft	2 t (0-1 t)	Schätzwert für Bestände in allen LSSSt	0 - 1t	Einzelfallprüfung in Abhängigkeit von Höhe der spezifischen Aktivität und Gehalt an nicht radioaktiven gefährlichen Stoffen.
Summe		450 - 480 t		0,7 - 44,7 t,	Die endlagertauglichen Mengen sind größtenteils bereits konditioniert.

Wie aus der Tabelle 7-5 hervorgeht, sind nur 0,7 t (0,15 %) bis maximal 44,7 t (9,6 %) im Endlager Konrad endlagerbar. Dazu zählen auch die Mengen, die bereits nach "Konrad-Bedingungen" konditioniert worden sind und nicht mehr ausgelagert und auf konventionellen Deponien beseitigt werden können. Bei einer Vielzahl der NORM-Abfällen werden die zulässigen mittleren Aktivitätskonzentrationen überschritten (Anhang II Tabelle 9 in [7]). Dies verweist darauf, dass diese NORM-Abfälle die maximal einlagerbare Aktivität überschreiten könnten, da NORM-Abfälle zu Beginn der Planungen des Endlagers Konrad nicht vorgesehen waren. Darüber hinaus enthalten einige NORM-Abfälle nicht radioaktiv schädliche Stoffe die einer besonderen Begutachtung bedürfen und die ggf. aufgrund dieser Stoffe nicht eingelagert werden könnten.

In der Tabelle 7-6 werden die aus der Erhebungen (Recherchen, Fragebögen) resultierenden Mengen an NORM-Abfällen der Fallgruppen 2 und 3 dahingehend geprüft, inwiefern sie die vorher beschriebenen "Konrad-Bedingungen" einhalten. Für diese NORM-Abfälle hat jedoch auch die Entlassung (zur Verwertung oder Beseitigung) Vorrang vor der Endlagerung. Ebenso wie in Tabelle 7-5 wurden in der folgenden Tabelle 7-6 die möglichen Überschreitungen der Garantiewerte nach Anlage II Tabelle 2 bei Einhaltung des jährlichen Richtwertes bzw. der Aktivitätskonzentration gemäß Tabelle 9 bei Einhaltung der Gesamtaktivitäten relevanter natürlicher Radionuklide gemäß Tabelle 8 in [7] nicht berücksichtigt.

Tabelle 7-6: Derzeitig reale und mögliche Mengenströme von NORM-Abfällen
(Fallgruppen 2 und 3)

Zuordnungs- bereiche	Fallgruppe 2	Bemerkung	Fallgruppe 3	Bemerkung
1 (Überwachungs- bedürftige Rückstände)	Altlastensanie- rung: 0,1 t/a (nicht regel- mäßig, aber im längerfristigen Mittel zu erwar- ten)	In dieser geringen Menge prinzipiell ja, aber Auslage- rung zur Deponie- rung hat Vorrang.	Erdöl-/Erdgas- industrie: ca. 150 t/a Verarbeitung Zinnerze (hier: Zinnerzschlacke): ca. 10.000 t/a Altlastensanie- rung: 10 - 100 t/a	Maximale Hg-Menge von 43,7 kg ([7]) überschritten ist. max. Massen an Stoffen nach Liste II z. B. Zn überschrit- ten sowie auch Ge- samt- α -Aktivität [7] Verunreinigung mit Stoffen gem. Liste II, z. B. KW's, [7]
2 (Sonstige überwachte Materialien)	Geothermie: 2,3 t/a		Geothermie: 1,2 t/a (zusätzlich zu Fallgruppe 2) Uran-Abtrennung aus Trinkwasser: 15 t/a	Wie bei Rückstän- den Erdöl/Erdgas oft Hg vorhanden Mittlere Aktivitäts- konzentration von U- 238 nach Anhang II Tabelle 9 [7] über- schritten.
3 (Andere Materialien)	U-, Th- Chemikalien, Rückstände der Lampenproduk- tion 0,1 t/a Verbrauchte Gasglühstrümp- fe: 4 t/a	Maximale Aktivi- tätswerte pro Ge- binde (Anhang II Tab. 2-4 [7]) als auch mittlere Ak- tivitätskonzentra- tionen nach An- hang II Tabelle 9 [7] überschritten. Th-232- Aktivi- tätskonzentration ist höher als die Aktivitätsgrenze in Anhang II Tabelle 9 [7]	keine	
4 (Abfälle aus der Herstel-)	Keine		Herstellung tho- rierter Elektroden:	Bei Elektroden mit 40 Bq/g, 80 Bq/g

lung von Produkten durch Zusatz radioaktiver Stoffe)			1 t/a	bzw. 160 Bq/g Th-232 Überschreitung des Wertes nach Anhang II Tabelle 9 [7]
5 (Funde)	0,1 t/a (außerdem noch Funde mit natürlich vorkommenden Radionukliden, deren Strahlung genutzt wurde)	Überschreitung der mittleren Aktivitätskonzentrationen nach Anhang II Tabelle 9 [7]	3 – 30 t/a	Geschätzt, aus verschiedener Herkunft. Auslagerung zur Deponierung hat Vorrang
Summe	ca. 6 - 7 t/a		200 t/a bis > 10.000 t/a	
Summe Prüfung nach Endlagerungsbedingungen Endlager Konrad	0 - 0,1 t/a		0 - <30 t/a	

Wie aus der Tabelle 7-6 hervorgeht, sind nur maximal 0,1 t/a der NORM-Abfälle der Fallgruppe 2 und weniger als 10 t/a der NORM-Abfälle der Fallgruppe 3 im Endlager Konrad endlagerbar.

Bei den Abfällen der Fallgruppe 2 handelt es sich um Abfallströme, die regelmäßig anfallen werden und in ein strahlenschutzrechtlich genehmigtes Lager überführt werden müssen. Demgegenüber gehören die NORM-Abfälle der Fallgruppe 3, die gegenwärtig konventionell entsorgt werden, generell nicht zu den radioaktiven Abfällen, zu deren Annahme eine Landessammelstelle oder ein anderes strahlenschutzrechtlich genehmigtes Lager verpflichtet ist. Deren Annahme liegt, wie bereits erwähnt im Ermessen des Betreibers und kann bei dessen Ablehnung nur nach § 99 StrlSchV von der zuständigen Behörde angeordnet werden.

In den Tabellen 7-5 und 7-6 sind im Wesentlichen die NORM-Rückstände der Positivliste von NORM-Industrien nach Anhang V [13] enthalten, sofern sie zu den NORM-Abfällen im Sinne dieser Studie gehören. Wenn diese Liste jedoch in deutsches Recht umgesetzt wird, kommen weitere Mengen an NORM-Rückständen aus Industrie-Branchen nach [13] mit einer spezifischen Aktivität bis zu wenigen Bq/g hinzu, deren zukünftige Entsorgung auf konventionellen Deponien ebenso ungewiss ist, wie auch für die NORM-Rückstände bisher.

7.3.3 Prüfung der Endlagerbarkeit im Bezug zu den genehmigten maximal einlagerbaren Stoffen und Aktivitäten

Eine generelle Prüfung der Endlagerbarkeit aller entstehenden NORM-Abfälle in das Endlager Konrad setzt die Kenntnis aller derzeit anfallender NORM-Rückstände und Eigenschaften voraus. In diesem Forschungsvorhaben konnte jedoch nur ein Teil der bekannten Mengen ermittelt werden, die zuvor bewertet wurden. Mittels der Bewertung der bekannten Abfallströme wird deutlich, dass diese bei der Planung des Endlagers nicht berücksichtigt wurden und eine Endlagerung in das Endlager das Kontingent für die geplanten radioaktiven Abfälle reduzieren würde. Dies betrifft zum einen die Aktivität (natürliche Radionuklide), das Volumen und die nicht radioaktiven schädlichen Stoffe.

Der Einfluss auf die Ausschöpfung der maximal einlagerbaren Aktivität kann mittels der Thoriumabfälle ermittelt werden. Im Kapitel 7.3.2 wurde bei der Bewertung ermittelt, dass bei einer Vielzahl der NORM-Abfälle die zulässige mittlere Aktivitätskonzentration überschritten wird. Bei einem angenommenen mittleren Th-Gehalt von 2 % (entsprechend 80 Bq/g Th-232) aller Thorium-haltigen NORM-Abfälle in den Landessammelstellen wäre dieser Wert bei ca. 550 t ausgeschöpft, d. h. allein der geschätzte Bestand der Landessammelstellen von ca. 200 t (s. Tabelle 5-2) ergibt bei dieser Annahme bereits ca. 40 % dieses Wertes. Nach Information des ZRA Berlin wird diese Annahme durch das Ergebnis einer Erhebung der Energiewerke Nord (EWN) zur Auslastung der Landessammelstellen und sonstiger genehmigter Zwischenlagern gestützt, wonach allein das Thorium-Inventar der beiden Landessammelstellen Berlin und Niedersachsen ausreicht, die o. g. zulässige Thoriummenge für das Endlager Konrad zu 42 % auszulasten.

Der derzeitige Bestand (Fallgruppe 1) ist im Bezug auf das in Konrad einlagerbare Volumen vernachlässigbar. Bei der Bestandserhebung wurden jedoch NORM-Abfallströme identifiziert, die, wenn keine konventionelle Entsorgung möglich ist und diese in das End-

lager Konrad verbracht werden müssten, das genehmigte einlagerbare Volumen innerhalb weniger Jahre ausschöpfen könnten.

Eine Analyse der nicht radioaktiven schädlichen Stoffe ist dahingehend schwieriger, weil zum einen die stofflichen Eigenschaften der verschiedenen NORM-Abfälle bekannt sein müssen und zum anderen erst eine Bewertung der Stoffe gemäß Liste II [7] bezüglich des Gefährdungspotentials durchgeführt werden muss. Hier ist zu klären, in welcher Form ein schädlicher Stoff (z. B. Quecksilber) vorliegt, welche anderen Verbindungen in dem Abfall vorhanden sind und welches Verhalten dieser Stoff über einen entsprechenden Zeitraum aufweist. Es ist jedoch davon auszugehen, dass aufgrund des Kontingentes an einlagerbaren nicht radioaktiven schädlichen Stoffen, diese einen Einfluss auf die Einlagerbarkeit der geplanten radioaktiven Abfälle haben könnten.

7.4 Standorte der Wismut GmbH

Die Einlagerung von NORM-Abfällen auf Standorten der Wismut GmbH sollte aus fachlichen Gründen möglich sein, da die stoffliche Charakteristik der NORM-Abfälle mit den Rückständen, die z. B. bei der Sanierung der Wismut-Liegenschaften anfallen (insbesondere bei der Reinigung der verschiedenen Wässer anfallenden Rückstände), weitestgehend vergleichbar ist. Die Mengen an NORM-Abfällen sind im Vergleich mit den Rückstandsmengen der Wismut GmbH gering.

Seit Beginn der Sanierungsarbeiten der WISMUT GmbH 1991 wurden u. a. Halden umgelagert oder abgedeckt, Grubenbaue geflutet und industrielle Absetzanlagen saniert. Die mit Radionukliden (insbesondere Uran und Radium) und weiteren Schadstoffen (u. a. Arsen, Eisen, Mangan, Nickel, Zink) belasteten Rückstände werden entsprechend dem Stand der Technik behandelt, immobilisiert und innerhalb der WISMUT GmbH in den in der Tabelle 7-7 genannten Deponien oder Verwahrstandorten beseitigt.

Tabelle 7-7: Deponien oder Verwahrstandorte der WISMUT GmbH

Entsorgungsanlage	Art der eingelagerten Abfälle	Kapazität	Betrieb	Bemerkungen
Tagebaurestloch Lichtenberg	ehemalige Halden des Ronneburger Reviers südlich der Bundesautobahn A4	ca. 125 Mio. m ³	Einlagerung abgeschlossen, Konturierung und Abdeckung erfolgt	keine Einlagerung mehr möglich
Deponie Lichtenberg	Abfallmengen des Altdeponiekomplexes Lichtenberg sowie Ablagerung mehrfach kontaminierter Materialien	ca. 1,17 Mio. m ³	Einlagerung abgeschlossen, Konturierung und Abdeckung erfolgt	keine Einlagerung mehr möglich
Aufschüttkörper Lichtenberg	immobilisierte Rückstandsschlämme aus der Wasseraufbereitung der WBA Ronneburg bis 2012	k. A.	in Betrieb	keine Einlagerung Wismut-externer Rückstände möglich
Immobilisatlager, Schmirchauer Höhe	immobilisierte Rückstandsschlämme aus der Wasseraufbereitung der WBA Ronneburg ab 2012	k. A.	in Betrieb	keine Einlagerung Wismut-externer Rückstände möglich
Absetzanlage Culmitzsch, Becken B	immobilisierte Rückstandsschlämme aus der Wasseraufbereitung der WBA Seelingstädt	k. A.	in Betrieb	keine Einlagerung Wismut-externer Rückstände möglich
Absetzanlage Helmsdorf	immobilisierte Rückstandsschlämme aus der Wasseraufbereitung der WBA Helmsdorf	k. A.	in Betrieb	keine Einlagerung Wismut-externer Rückstände möglich
Verwahrstandort Halde 371, Schlema-Alberoda	Einlagerungen von kontaminierten Materialien aus Flächensanierung, Demontage und Abbruch sowie von Immobilisaten aus der Wasserbehandlung	k. A.	in Betrieb	keine Einlagerung Wismut-externer Rückstände möglich
Königstein, Halde Schüsselgrund	Rückständen der Wasserbehandlung, kontaminierten Bodenabtrag und Abbruchmassen	k. A.	in Betrieb	keine Einlagerung Wismut-externer Rückstände möglich

Die Einlagerungs- und Verwahrstandorte sind nach Bergrecht genehmigt, wobei in der Betriebsplanzulassung die strahlenschutz-, wasser- und bodenschutzrechtlichen Belange berücksichtigt worden sind.

Im Jahre 2000/2001 wurde die Einlagerung von NORM-Abfällen bei der WISMUT GmbH projektmäßig verfolgt. Es fanden mehrere Beratungen mit den Bergämtern und der Strahlenschutzbehörde in Sachsen statt. Schließlich wurde die Beseitigung von NORM-Abfällen bei der WISMUT GmbH durch die sächsischen Bergämter aus rechtlichen Gründen abgelehnt.

Eine Annahme von NORM-Abfällen zur Beseitigung bei der WISMUT GmbH widerspricht zudem ihrem Gesellschaftszweck (Stilllegung der Bergbaubetriebe sowie die Sanierung und Rekultivierung der Bergbaualtlasten) und ist somit auszuschließen.

7.5 Zusammenfassung über bestehende Möglichkeiten Endlagerung von NORM-Abfällen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sowohl von den Lagerbeständen an NORM-Rückständen gemäß Fallgruppe 1 (siehe Tabelle 7-5) mit maximal 45 t von ca. 450 - 480 t (9,6 %) als auch von den realen und möglichen Massenströmen von NORM-Rückständen bzw. Abfällen der Fallgruppen 2 und 3 (siehe Tabelle 7-6) mit maximal 0,1 t/a (von ca. 6 - 7 t/a) der Fallgruppe 2 und weniger als 30 t/a (von 200 t/a bis zu 10.000 t/a) der Fallgruppe 3 nur ein geringer Teil im Endlager Konrad endlagerbar ist. Auch für die Endlagerung der Thorium-haltigen Abfälle gibt es Einschränkungen auf Grund der Mengen. Allein das Thorium-Inventar der beiden Landessammelstellen Berlin und Niedersachsen reicht aus, die zulässige Thorium-Menge des Endlagers Konrad zu 42 % auszulasten.

Die Beseitigung der NORM-Abfälle nach den heute geltenden Endlagerungsbedingungen kann deshalb nicht als generelle Lösung für das Problem der Beseitigung von NORM-Abfällen in Betracht gezogen werden. Da auch die Beseitigung von NORM-Abfällen gemeinsam mit den bei der Sanierung der Wismut-Standorte anfallenden Rückständen ausgeschlossen ist, bestehen für die Beseitigung von solchen Rückständen, die nicht aus der Strahlenschutzüberwachung entlassen werden können und als NORM-Abfälle zu beseitigen sind, keine Möglichkeiten für die Beseitigung.

8 Abschätzung der Kosten und Beurteilung von Wirtschaftlichkeitsaspekten für die Optionen der Zwischen- und Endlagerung

Als Maßstab für einen überschlägigen Kostenvergleich zwischen der Endlagerung mit vorheriger Zwischenlagerung in einer Landessammelstelle und einer Verwahrung in einer NORM-Deponie wurden relevante Kostenarten gemäß Preisliste der Landessammelstelle Berlin [28] und Kosten pro m³ Abfallvolumen für Schacht Konrad nach einer aktuellen Studie der Energiewerke Nord (EWN) [29] mit Kosten pro Tonne Abfall bei Entsorgung auf konventionellen Deponien verglichen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in der Tabelle 8-1 zusammengefasst.

Tabelle 8-1: Auszug aus der Preisliste der Landessammelstelle für radioaktive Abfälle Berlin [28]

Abfallart	Kennziffer	Abfallsorte	Annahmepreis
Fest, nicht brennbar, nicht kompaktierbar	117	Uran- /Thoriumverb.	121 €/Einheit (Glühstrümpfe, Chemikalien etc.; bei größeren Mengen Fasspreise (s. unten))
	114 116	Bauschutt, Erde Sonstiges	200l-Fass: 12.000,- € 100l-Fass: 6.000,- € Pro Liter*: 60,- €
Fest, nicht brennbar, kompaktierbar	123	Sonstiges	Wie oben zzgl. Mehraufwand
Radium	61	Strahlenquellen, kontaminiertes Material	283 €/l (bis 3E5 Bq) 470 €/l (bis 3E7 Bq) 692 €/l (bis 3E8 Bq)
nicht brennbar, wässrige Lösung	32	Schlamm, Konzentrat	Pro m ³ : 10.000,- € Pro l: 150,-
Freigebbare radioaktive Stoffe (kontaminierte Gegenstände, Material, Abfälle)	111F- 224F, 31F-35F		Pro l: 5,50* €

* Berechnung erfolgt nach Behältervolumen [28]

Hinzu kommen Zuschläge für:

- Erhöhte ODL an Abfallgebinden 130,- / 216,- €
- Personalkosten und -zuschläge 80,- €/Std. + 2,- bis 5,- €/kg
- Anlagenkosten 350,- / 550,- €/Std.
- Behältergebühr Container: 200,- € ;
200l-Fass für feste Abfälle: 30,- €
- Transportgebühr > 200l: 198,00 €
- Zwischenlagerung ohne Eigentumsübertragung: 300,- € pro m²/Mon.

Nach Information der ZRA Berlin [28] kostete die Konditionierung von Th-Rückständen (25 Container) 2.850 €/m³.

Nach [29] erhöht sich der bisherige Kostenabsatz für die Endlagerung von 1 m³ Abfallgebindevolumen von bisher angenommenen 12.800 €/m³ auf 18.500 bis 20.200 €/m³. Diese Kosten sind jedoch in den Gesamtkosten für 1 m³ Abfallgebindevolumen, die von den Landessammelstelle in Rechnung gestellt werden bereits enthalten.

Die Kosten der Entsorgung von einer Tonne Abfall auf konventionellen Deponien sind nach Informationen der Deponiebetreiber, die entlassene NORM-Rückstände annehmen, in der Tabelle 8-2 zusammengestellt.

Tabelle 8-2: Kosten der Entsorgung von einer Tonne Abfall auf ausgewählten konventionellen Deponien

Deponie-klasse	Deponie	Richtpreis* [€/t, netto]	Bemerkungen
DK I	Deetz	20,5	Nur wenn Abfall-Schlüssel/phys.-chem. Parameter passen
DK II	Vorketzin, Schöneiche	55,-	
DK II	Lübben	62,-	ggf. Sonderkonditionen
DK III	Cröbern	47,-	Klasse 7 ADR hauptsächlich von GMR (konditioniert)
DK III	IAD Wetro	52,-	Klasse 7 ADR zu Sonderkonditionen

Die Kosten für den Transport werden nicht berücksichtigt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Transportkosten für NORM-Abfälle in ein Endlager für radioaktive Abfälle höher sind, da der Transport nach Klasse 7 ADR durchgeführt werden muss, was bei einem Transport "entlassener" NORM-Rückstände auf eine Deponie nur der Ausnahmefall ist.

Wie aus dem Vergleich der o. g. Kosten für die Konditionierung, Zwischen- und Endlagerung mit denen der Deponierung auf einer konventionellen Abfalldeponie hervorgeht, ergibt sich offenbar ein wesentlicher Kostenvorteil für die zuletzt genannte Deponierung. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Kosten für die Deponierung (angegeben in €/t) etwa mit dem Faktor 2 zu multiplizieren sind (bei einer angenommenen Dichte von 2 t/m³). Außerdem ist bekannt, dass die Deponierungskosten nur für größere Abfallmengen gelten,

wobei diese in der angelieferten Form direkt in den Deponiekörper eingebaut werden können. Bei zusätzlicher Vorbehandlung und/oder Kleinmengen erhöht sich der Preis im Allgemeinen deutlich. Das betrifft auch NORM-Rückstände, insbesondere wenn diese nach Klasse 7 ADR angeliefert werden müssen. Auskünfte werden von den Betreibern im Regelfall nur gegenüber dem Anlieferer gegeben. Es ist davon auszugehen, dass hier ein nicht nachprüfbarer "Risikoaufschlag" erhoben wird.

Derartige überhöhte Preise sind aber nur erzielbar, wenn ein gewisser "Entsorgungsnotstand" besteht oder vorgegeben wird, denn schließlich sind die Betreiber konventioneller Deponien nicht verpflichtet NORM-Rückstände anzunehmen. Diese Situation würde sich jedoch ändern, sobald eine Deponie eingerichtet wird, die ausschließlich zur Beseitigung von NORM-Rückständen bzw. NORM-Abfällen (je nach Rechtsgrundlage, siehe Abschnitt 9) dient. Das lässt sich am Beispiel der VLLW-Deponie Morvilliers (Frankreich) verdeutlichen. Diese Deponie wird privatwirtschaftlich durch die Fa. ANDRA betrieben. Sie hat eine Kapazität von 650.000 m³. Nach Angaben des Betreibers [30] betragen die Kosten für Standortauswahl und Bau ca. 40 Millionen € und die mittleren Betriebskosten liegen bei lediglich 270 €/t.

Wie trotz aller Unsicherheiten aus dem Vergleich der o. g. Kosten für die Konditionierung, Zwischen- und Endlagerung mit denen der Deponierung auf einer konventionellen Abfalldeponie hervorgeht, ergibt sich erwartungsgemäß ein wesentlicher Kostenvorteil für eine Beseitigung nach dem KrWG. Dieser Kostenunterschied wird besonders schwerwiegend, da die Entlassung von NORM-Rückständen zur Beseitigung nach dem KrWG nicht aus Strahlenschutzgründen wegen zu hoher Werte der spezifischen Aktivität und deshalb zu besorgender Strahlenexpositionen von mehr als 1 mSv pro Kalenderjahr versagt wird und deshalb die Beseitigung in einem Endlager für radioaktive Abfälle in Betracht gezogen werden muss, sondern aus anderen Gründen nicht erfolgen kann (keine Deponierung von "radioaktiven Stoffen" u. ä. Gründe, siehe Abschnitt 4).

9 Möglichkeiten für die Entsorgung (Endlagerung) von NORM-Abfällen

9.1 Vorbemerkung

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt (s. Abschnitt 4), dass in der Mehrzahl der Fälle die mangelnde Bereitschaft des Verwerters oder Beseitigers zur Annahme von entlassenen überwachungsbedürftigen Rückständen der Grund dafür ist, dass überwachungsbedürftige Rückstände nicht aus dem Geltungsbereich der StrlSchV entlassen werden können und als NORM-Abfall zu behandeln sind. Die Verweigerung einer Annahmeerklärung für eine Beseitigung erfolgt aus unterschiedlichen Gründen. Zunehmend wird die Annahme verweigert, wenn bekannt ist, dass die Rückstände Radionuklide enthalten und somit als "radioaktiv" bezeichnet werden. So wird die Annahme von Rückständen verweigert, die in der StrlSchV genannt werden, auch wenn die Überwachungsgrenzen nicht überschritten sind, erst recht aber die Annahme solcher Rückstände, die nach Klasse 7 ADR deklariert werden müssen. Eine Stigmatisierung der Deponiebetreiber und damit zusammenhängende kommerzielle Interessen spielen dabei eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Damit sind die Voraussetzungen für die Prüfung der abfallrechtlichen Zulässigkeit des vorgesehenen Verwertungs- oder Beseitigungsweges (Erklärung des Antragstellers zur Annahme überwachungsbedürftiger Rückstände zum Zwecke einer bestimmten Verwertung oder Beseitigung, Annahmeerklärung des Verwerters oder Beseitigers) und dadurch wiederum die Voraussetzungen für die Entlassung nach § 98 Abs. 3 StrlSchV nicht gegeben. Diese Stoffe müssen als NORM-Abfälle beseitigt werden.

Für einen erheblichen Anteil dieser NORM-Abfälle könnten bei einer beabsichtigten Einlagerung in das Endlager Konrad Schwierigkeiten wegen der planfestgestellten Randbedingungen und der Einlagerung der geplanten radioaktiven Abfälle resultieren. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, andere Möglichkeiten für eine aus der Sicht des Strahlenschutzes sichere Entsorgung der NORM-Abfälle aufzuzeigen. Das ist eine unabdingbare Voraussetzung dafür, dass die zuständige Behörde anordnen kann, auf welche Weise diese Stoffe aus der Sicht des Strahlenschutzes sicher entsorgt werden können (siehe § 99 StrlSchV). Die Optionen dafür skizziert die Abbildung 9-1.

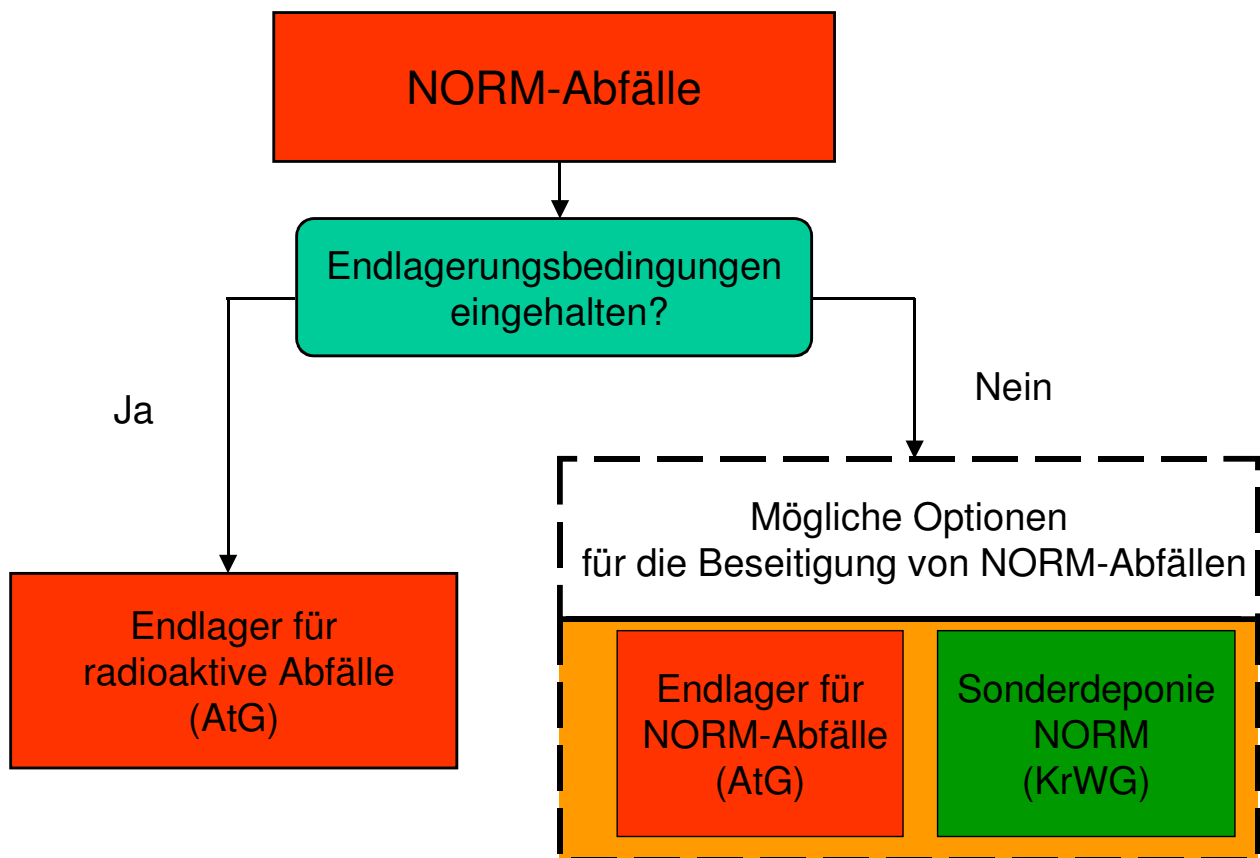


Abbildung 9-1 Mögliche Optionen für die Einlagerung von NORM-Abfällen

Für eine Endlagerung von NORM-Abfällen können zwei prinzipielle Vorgehensweisen diskutiert werden:

- Es wird eine Deponie speziell für die Annahme von NORM-Rückständen, die aus der Überwachung entlassen worden sind bzw. entlassen werden sollen, eingerichtet oder eine bereits bestehende Deponie auf diese Zweckbestimmung hin ertüchtigt. Dazu müssten die Annahmebedingungen dieser Deponie dahingehend spezifiziert werden, dass Stoffe, deren spezifische Radioaktivität die allgemeinen Überwachungsgrenzen nach Anlage XII Teil B StrlSchV nicht überschreiten oder die von der zuständigen Behörde nach § 98 StrlSchV entlassen worden sind, nicht als radioaktive Stoffe im Sinne der Annahmebedingungen der Deponie zu betrachten sind und deshalb angenommen werden können. Das muss auch die Stoffe einschließen, deren Transport nach Klasse 7 ADR gekennzeichnet werden muss. Für den Betreiber einer solchen Anlage besteht die Verpflichtung, diese Rückstände in jedem Fall anzunehmen und zu beseitigen, wenn sie die abfallrechtlichen Kriterien erfüllen. Die Deponieklasse für diese Anlage muss deshalb so gewählt werden, dass alle bisher und perspektivisch in Frage kommenden Rückstände (mindestens jedoch die Rückstände, die in der Anlage XII Teil A StrlSchV aufgeführt worden sind) dort beseitigt werden können. Die Annahmefähigkeit der Deponie wird durch ihre Zweckbestimmung somit von vornherein festgelegt¹. Sofern auch die Bedingungen der abfallrechtlichen Zulässigkeit erfüllt werden, kann auch eine Entlassung der Rückstände aus der Strahlenschutzüberwachung erfolgen. Die Beseitigung erfolgt dann ausschließlich nach dem KrWG (**Sonderdeponie NORM**, s. Abbildung 9-1).
- Es wird eine Deponie errichtet, in der NORM-Rückstände entsorgt werden können, ohne dass eine Entlassung aus der Strahlenschutzüberwachung erforderlich ist (NORM-Abfälle). Die Beseitigung dieser NORM-Abfälle erfolgt dann nach den Vorschriften des AtG und der StrlSchV (**Endlager für NORM-Abfälle**, s. Abbildung 9-1).

In beiden hier betrachteten Fällen sind die Anforderungen an den Strahlen- und Umweltschutz einzuhalten. Für den Strahlenschutz bedeutet dies, dass die Strahlenexposition im

¹ Ob sich die Deponie in staatlicher oder privater Hand befinden soll, kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht entschieden werden. Allerdings stehen keiner Option eindeutige Gründe entgegen. In beiden Optionen ist der Betreiber verpflichtet, NORM-Rückstände anzunehmen (sofern die abfallrechtlichen Bedingungen erfüllt werden können) und damit eine Entlassung zu ermöglichen.

Zusammenhang mit der Deponierung auf einer konventionellen Deponie für NORM-Rückstände (Fall 1) die jährliche effektive Dosis für Personen der Bevölkerung von 1 mSv nicht überschreiten darf (§ 97 Abs. 1 StrlSchV). Das gilt auch für die Beschäftigten, die nach der StrlSchV als Personen der Bevölkerung eingestuft werden.

Für eine Deponie für NORM-Abfälle/Endlager für NORM-Abfälle (Fall 2), bei der es sich um Arbeiten gemäß § 2 Abs. 1 Satz 2 StrlSchV handelt, wären die Regelungen des Teils 3 der StrlSchV anzuwenden. Für den Strahlenschutz der Beschäftigten sind diese Anforderungen in Teil 3 Kapitel 2 StrlSchV festgelegt. Das betrifft vor allem die Pflicht zur Anzeige (§ 95 Abs. 2), die Einhaltung der Grenzwerte (§ 95 Abs. 4 bis 8), Überwachung der Strahlenexposition für Beschäftigte, die anzeigebedürftige Arbeiten ausführen (§ 95 Abs. 10) einschließlich der Aufzeichnung, Aufbewahrung und Übermittlung der Ergebnisse (§ 96 Abs. 1 bis 3) und Gewährleistung einer ärztlichen Überwachung für diese Beschäftigten. Das Gebot, *alle geeigneten Maßnahmen zu treffen, um unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls die Strahlenexpositionen so gering wie möglich zu halten*, ist von genereller Bedeutung (§ 94 StrlSchV). Es gilt deshalb auch für den Schutz von Personen der Bevölkerung, für die der Grenzwert von 1 mSv im Kalenderjahr einzuhalten ist.

Wegen der Zuordnung zu unterschiedlichen Rechtsgebieten ergeben sich auch unterschiedliche Vorgehensweisen für die Planung, die Genehmigung, den Betrieb und die Überwachung der Anlagen und nicht zuletzt für die behördlichen Zuständigkeiten.

Nach einer Entlassung zur Beseitigung durch die zuständige Behörde gilt nur noch der Regelungsrahmen des KrWG. Voraussetzung für die Entlassung ist jedoch eine Einzelfallprüfung für jeden Anwendungsfall im Einvernehmen mit der für das KrWG zuständigen Behörde.

Ein Endlager, in dem NORM-Abfälle beseitigt werden, fällt in den Geltungsbereich des AtG und der StrlSchV. Eine Entlassung erfolgt nicht. Alle in der Überwachung verbleibenden Rückstände (NORM-Abfälle) werden dort beseitigt. Gleichwohl sind bestimmte konventionelle Abfalleigenschaften zu erfüllen, um das Endlager im Hinblick auf nichtradiologische Aspekte (Geotechnik, Gewässerschutz etc.) sicher zu betreiben.

Diese Unterscheidung bestimmt damit auch wesentliche Verfahrensfragen bei der Planung, Genehmigung, Betrieb und Überwachung dieser Deponien, die in den folgenden Abschnitten diskutiert werden.

9.2 Optionen für eine Endlagerung von NORM-Abfällen

9.2.1 Fall 1: Errichtung einer NORM-Deponie für NORM-Rückstände (Deponie nach KrWG)

Da in der Deponie definitionsgemäß NORM-Rückstände nach der Entlassung aus der Strahlenschutzüberwachung beseitigt werden und die Eigenschaft "radioaktiv" bei der Entsorgung keine Rolle mehr spielt, ist für die Beseitigung nur noch das KrWG anzuwenden. Für die Errichtung einer Deponie ist nach § 35 Abs. 2 KrWG deshalb ein Planfeststellungsverfahren mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach UVPG [31] durchzuführen.

Bei der Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens und der UVP sind aus Sicht der Bearbeiter die Standortsuche und die Bewertung der Umweltauswirkungen insbesondere im Hinblick auf den Wasserpfad von besonderer Bedeutung.

Entsprechend § 6 Abs. 3 Nr. 5 UVPG sind Alternativen darzustellen und zu überprüfen. Dies schließt in der Praxis alternative Standorte der Deponie ein. Demzufolge sind verschiedene Standorte für die NORM-Deponie zu prüfen und überschlägig zu bewerten, wobei aus technischer, strahlenschutz- oder umweltschutzrechtlicher Sicht völlig ungeeignete Varianten auszuschließen sind. Das UVPG verlangt nicht, dass alle Varianten mit der gleichen Intensität zu prüfen sind wie die Vorzugsvariante bzw. der Vorzugsstandort².

Die Suche nach einem Vorzugsstandort sollte aus Sicht der Bearbeiter dieser Studie Deponiestandorte umfassen, welche bereits NORM-Rückstände annehmen und für die die Bevölkerung eine Akzeptanz entwickelt hat.

Die Untersuchung sowohl der kurz- als auch der langfristigen Umweltauswirkungen im Rahmen der UVP hat alle Wirkungspfade zu betrachten. Bei einer Deponie für NORM-Rückstände sind voraussichtlich Auswirkungen auf die üblicherweise in einer UVP zu betrachtenden Wirkungspfade Luft (Staub, Radon), Boden, Schalleinwirkungen und Ökosysteme kurz- und langfristig gut beschreib- und beherrschbar.

Hinsichtlich des Wasserpfades sind hingegen die Beschreibung und Bewertung insbesondere der langfristigen Auswirkungen auf das Grundwasser von besonderer Bedeutung. Dieser Aspekt ist aus der Erfahrung der Gutachter bereits in den Genehmigungsverfahren zur Entlassung von NORM-Rückständen zur Beseitigung auf Deponien nach § 98 Abs. 2 StrlSchV i. V. m. Anlage XII Teil D bekannt.

² Siehe z. B.: UVP-Leitfaden. Freistaat Sachsen, Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit. Dresden, Dezember 2006

Hierbei sind grundsätzlich die folgenden Schritte erforderlich:

- Hydrogeologische Charakterisierung des Deponieumfeldes, Grundwasserleiter, Barrieren, einschließlich jahreszeitlicher Schwankungen,
- Hydrogeologische Beurteilung des Deponiekörpers einschließlich ggf. vorhandener geologischer Barrieren (z. B. großflächige und mächtige Tonschürzen) einschließlich eines hydrogeologischen Modells,
- Beurteilung des Laugungs- bzw. Mobilisierungsverhaltens von radioaktiven und nichtradioaktiven Inhaltsstoffen aus den zu deponierenden Rückständen durch statische und sequentielle Laugungsuntersuchungen,
- Ableitung von ggf. erforderlichen Maßnahmen zur Verringerung des Schadstoff- und Radionuklidaustrags (beispielsweise durch Verfestigung/Immobilisierung [32] durch langzeitstabile Alumosilikate), wie sie für NORM-Rückstände aus der Demerkurisierung oder "Entquickung" von Scales und Schlämmen der Erdöl-/Erdgasgewinnung vor der Einlagerung auf der Deponie Cröbern bei Leipzig eingesetzt wird,
- Bewertung der geotechnischen und hydraulischen Stabilität des Deponiekörpers und der Oberflächenabdichtung über einen festzulegenden Betrachtungszeitraum. Der Betrachtungszeitraum sollte sich mindestens an den Vorgaben in Anlage 1 der Deponieverordnung (DepV) [33] orientieren, in der ein Zeithorizont von 100 Jahren genannt ist. Ggf. kann auch der Zeithorizont für Langzeitbetrachtungen an Wismut-Standorten (s. [34], [35]) herangezogen werden, der in Anlehnung an die internationale Praxis 200 bis 1000 Jahre beträgt [36] und
- Festlegung eines auf die Spezifik von NORM abgestimmten Monitoringprogramms und ggf. Einbeziehung aktiver Wasserfassungs- und Behandlungsmaßnahmen bis zum Nachweis der dauerhaften Einhaltung von Qualitätszielen im Grundwasser.

Ein Teil der oben genannten Aspekte kann konkret erst für die jeweiligen Rückstände bestimmt werden. Allerdings scheint es im Sinne des Genehmigungsverfahrens empfehlenswert, für typische Rückstände bereits während des Planfeststellungs-/UVP-Verfahrens überschlägige Betrachtungen anzustellen. Zunächst sollte aber eine Recherche der bereits vorliegenden umfangreichen Erfahrungen sowohl in Deutschland als auch international durchgeführt werden.

9.2.2 Fall 2: Errichtung einer NORM-Deponie für NORM-Abfälle (Endlager nach § 9a Abs. 3 AtG)

9.2.2.1 Genehmigungsverfahren

Nach § 9a Abs. 3 AtG haben die Länder Landessammelstellen für die Zwischenlagerung der in ihrem Gebiet angefallenen radioaktiven Abfälle einzurichten und zu betreiben, während der Bund Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten hat. Daraus ergibt sich für die Zielstellung dieser Studie, dass der **Bund für die Errichtung eines Endlagers für NORM-Abfälle zuständig wäre**, sollte diese Option für die Deponierung der Rückstände, die nicht aus der Überwachung entlassen werden können, gewählt werden.

Entsprechend § 9b Abs. 1 AtG erfordern die Errichtung und der Betrieb eines Endlagers für radioaktive Abfälle ein Planfeststellungsverfahren sowie entsprechend § 9b Abs. 2 die Durchführung einer UVP. Ebenfalls nach § 3 UVPG und Anlage 1 Nr. 11.2 ist eine UVP für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur Sicherstellung oder zur Endlagerung radioaktiver Abfälle durchzuführen. Eine analoge Vorgehensweise wäre auch für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers für NORM-Abfälle erforderlich.

Die grundsätzlichen Schritte sowohl des Planfeststellungsverfahrens als auch der UVP entsprechen der Darstellung in Abschnitt 9.2.1. Darüber hinaus ist in § 14 UVPG hinsichtlich der federführenden Behörde folgendes geregelt: *"Bedarf ein Vorhaben einer Genehmigung nach dem Atomgesetz sowie einer Zulassung durch eine oder mehrere weitere Behörden und ist eine der zuständigen Behörden eine Bundesbehörde, ist die atomrechtliche Genehmigungsbehörde federführende Behörde."*

9.2.2.2 Abfallrechtliche Aspekte

Radioaktive Stoffe im Sinne des Atomgesetzes (§ 2 AtG) fallen nicht in den Geltungsbereich des KrWG (siehe § 2, Punkt 5 des KrWG). Dennoch müssen auch in einer Deponie für NORM-Abfälle die aus dem Abfall- und Deponierecht bekannten Anforderungen an den Umweltschutz erfüllt sein, um einen mit Blick auf konventionelle Schadstoffe und geotechnische Stabilität sicheren Betrieb zu gewährleisten. Die Anforderungen an die chemische und physikalische Beschaffenheit der NORM-Abfälle sind von besonderer Bedeutung. Vor allem die Gehalte an Schwermetallen, Metalloiden (z. B. Arsen) und sonstigen toxischen oder umweltgefährdenden Stoffen müssen beachtet werden.

Darüber hinaus sind

- das Laugungsverhalten von Inhaltsstoffen, insbesondere toxischen Stoffen wie Schwermetallen, Salzen etc.,
- die biologische Stabilität und Gasbildung und
- die mechanische Stabilität, Stichfestigkeit, Wassergehalt, etc.

zu beachten.

Diese Aufzählung ist nicht abschließend. Die Festlegung der Endlagerungsbedingungen bzw. der erforderlichen Vorbehandlung der NORM-Abfälle, um die geforderten Abfalleigenschaften zu erreichen, wird sich an den Erfahrungen aus dem konventionellen Abfallrecht orientieren müssen, insbesondere den in der Praxis bewährten Regelungen [37]. Auch bei einem Endlager für NORM-Abfälle ist anzunehmen, dass, wie bei konventionellen Deponien, ein Abfallartenkatalog mit den jeweiligen Abfallschlüsselnummern entsprechend der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) [38] erarbeitet werden muss. Der Abfallartenkatalog, der bei konventionellen Deponien Genehmigungsbestandteil ist, sollte auch für ein Endlager für NORM-Abfälle von vornherein so gestaltet sein, dass er den größten Teil der zu entsorgenden Stoffströme umfasst.

9.2.3 Umweltauswirkungen und Standortsuche

Hinsichtlich der Bewertung der Umweltauswirkungen sind grundsätzlich die Ausführungen in den Abschnitten 9.2.1 und 9.2.2 und für eine Identifizierung und Bewertung von Standortvarianten sind ebenfalls die Anforderungen aus dem UVPG (§ 6 Abs. 3 Nr. 5 UVPG) zu berücksichtigen. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Vorbelastung des Begriffs "Endlager" die Suche und Bewertung eines geeigneten Standortes erschweren wird.

9.2.4 Internationale Standards und Richtlinien bei oberflächennahen Endlagern

9.2.4.1 Allgemeine Anforderungen

Für die Entsorgung von radioaktivem Abfall in einem oberflächennahen Endlager oder einer Endlager-Deponie sind in den Mitgliedsstaaten der IAEO unter anderem die folgenden Regelungen zu beachten. Auch bei der Beseitigung von NORM-Abfällen wären sie zu beachten. Es handelt sich um:

- Waste Safety Requirements WS-R-1: Near Surface Disposal of Radioactive Waste (IAEA, 1999) und
- Specific Safety Requirements SSR-5: Disposal of Radioactive Waste (IAEA, Wien 2011).

Die Definition verschiedener Arten radioaktiven Abfalls erfolgt im General Safety Guide GSG-1 [39] der IAEA. Die hier betrachteten NORM-Abfälle sind im Rahmen der Definitionen in GSG-1

- VLLW (Very Low Level Waste) und/oder
- LLW (Low Level Waste).

Die Sicherheitsanforderung (Safety Requirement) SSR-5 sieht für die Beseitigung von VLLW Spezielle Deponien (Specific landfill disposal) und für LLW Oberflächennahe Beseitigungsanlagen (Near surface disposal) vor.

WS-R-1 verlangt insbesondere eine umfassende Bewertung der Sicherheit und Erfüllung von Sicherheitsanforderungen und die Definition sowohl von radiologischen als auch nicht-radiologischen (physikalischen, chemischen, biologischen) Annahmekriterien (s. Abschnitt 3 und 5 in "Safety Assessment and Compliance with Safety Requirements").

9.2.4.2 Safety Case

Neben allgemeinen organisatorischen und technischen Anforderungen, die in einem Planfeststellungs- und UVP-Verfahren in der deutschen Gesetzgebung berücksichtigt sind, ergibt sich aus SSR-5 (Requirement 11) auch die Forderung nach Erstellung eines "Safety Case". Der Safety Case ist ein gesondertes Dokument, welches alle Argumente für die Sicherheit des Endlagers und die Berücksichtigung der bestehenden Unsicherheiten enthält.

Ein Beispiel für einen Safety Case der LLW-Deponie Drigg (Cumbria, UK), welche auch NORM aus der Erdöl-/Erdgasindustrie annimmt, ist unter [40] verfügbar.

Die methodische Entwicklung von Safety Cases ist in Deutschland nach Wissen der Bearbeiter bislang nicht abgeschlossen, so dass keine allgemein akzeptierte Gliederung, Bearbeitungsmethodik etc. existiert. Es liegen zwar verschiedene Veröffentlichungen hierzu für die Endlagerung (kerntechnischer) **hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen** vor [41]. Ob diese Überlegungen aber auf NORM-Abfälle anwendbar sind oder aufgrund der NORM-Spezifik stark vereinfacht werden können, konnte im Rahmen der Aufgabenstellung dieser Studie nicht betrachtet werden.

9.3 Internationales Beispiel (Großbritannien)

Als Beispiel für die Vorgehensweise bei der Entsorgung von NORM-Abfällen ist die Vorgehensweise in Großbritannien geeignet. Der bedeutendste NORM-Stoffstrom in Großbritannien sind Rückstände der Erdöl-/Erdgasindustrie, als Optionen stehen grundsätzlich Offshore- und Onshore-Entsorgungswege zur Verfügung. Aufgrund der OSPAR-Konvention zum Schutz der Nordsee und des Nordatlantik, bei der radioaktive Ableitungen von Produktionsplattformen in Offshore-Gewässer zu minimieren sind, werden Onshore-Entsorgungswege für NORM politisch unterstützt [42]. (siehe z. B. auch die Genehmigungsbescheide für Einlagerung von NORM auf den Deponien Stoneyhill [43]). In der "Policy for the Long Term Management of Solid Low Level Radioactive Waste in the United Kingdom" [44] wird unter der Thematik "Non-nuclear LLW" die Notwendigkeit anerkannt, sichere Entsorgungswege unter anderem für NORM offen zuhalten bzw. einzurichten. Dies soll vorrangig über private Anbieter erfolgen, sollte dieser Weg jedoch nicht zu ausreichender Entsorgungskapazität führen, werden dafür Rechtsvorschriften/Standards in Erwägung gezogen.

9.4 Weiterführender Untersuchungsbedarf

Es wurde aufgezeigt, dass die Entsorgung von NORM-Rückständen prinzipiell in 2 Varianten in Angriff genommen werden könnte:

- Entweder Beseitigung in einer speziellen NORM-Deponie nach KrWG (Deponie für NORM-Rückstände, die aus dem Geltungsbereich der StrlSchV entlassen worden sind oder entlassen werden können) mit gesicherter Annahmefähigkeit des Beseitigers (Fall 1) oder
- Beseitigung in einer Deponie für NORM-Abfälle (Deponie für NORM-Abfälle nach AtG [4]), vergleichbar mit einem Endlager (Fall 2)

In der Diskussion über die Realisierung dieser Optionen sind erste wichtige Anhaltspunkte, z. B. Planfeststellungsverfahren, Umweltverträglichkeitsprüfungen und Internationale Standards und Richtlinien bei oberflächennahen Endlagern gemäß Aufgabenstellung dargestellt worden. Eine weiterführende Betrachtung der Option Deponie für NORM-Rückstände nach KrWG vs. Option Deponie für NORM-Abfälle als Endlager nach AtG sollte deshalb die nachfolgend aufgeführten Fragestellungen einschließen.

- Ist die Standortsuche bei der Option Endlager durch die Vorbelastung des Begriffes in der Öffentlichkeit stark erschwert?
- Sollten bereits bestehende konventionelle Deponien (Erweiterung um einen besonders ausgewiesenen NORM-Bereich) in die Standortsuche einbezogen werden?
- Wie sollte ein Safety Case für NORM-Endlager strukturiert werden?
- Welche vorlaufenden Untersuchungen zur orientierenden Charakterisierung von NORM-Abfällen bzw. NORM-Rückständen (Laugungsfähigkeit, Immobilisierbarkeit) sollten durchgeführt werden?
- Wie sollte die Bewertungsmethodik zur Dosisabschätzung des Wasserpfades bei einer NORM-Deponie bzw. einem NORM-Endlager gestaltet werden?
- Wie sollte die Öffentlichkeit in die Standortsuche und den Genehmigungsprozess eingebunden werden, um negative Erfahrungen, wie sie auch bei LLW-Deponien (z. B. in Großbritannien) gemacht wurden, zu minimieren?
- Welche abfallrechtlichen Bedingungen sind bei einem NORM-Endlager, welches nicht dem KrWG unterliegt, dennoch inhaltlich zu beachten?

10 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der vorliegende Endbericht beschreibt und bewertet die Ergebnisse von detaillierten Untersuchungen zu gegenwärtig existierenden vorhandenen und zukünftig zu erwartenden Stoffströmen von NORM-Rückständen, die nicht aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung entlassen werden können, zu den Möglichkeiten einer sicheren Zwischenlagerung und Beseitigung im Sinne einer Endlagerung.

Nach den Rechercheergebnissen zu Art und Menge der NORM-Rückstände, die wahrscheinlich nicht aus der Strahlenschutzüberwachung nach § 98 StrlSchV entlassen werden können, befindet sich die Hauptmenge von ca. 450 bis 480 t derzeit in den Landessammelstellen und sonstigen strahlenschutzrechtlich genehmigten bzw. überwachten Anlagen und Lagern. Bei einem Wegfall der bisherigen konventionellen Entsorgungspraxis könnte eine Menge von über 10.000 t/a wegen fehlender Möglichkeiten für eine Entlassung aus dem Geltungsbereich der StrlSchV als NORM-Abfälle anfallen. Zudem ist aufgrund von zu erwartenden Änderungen in einzelnen Branchen der NORM-Industrie und den rechtlichen Rahmenbedingungen sowie aus dem Rückbau von Anlagen der NORM-Industrie und der Sanierung von mit NORM kontaminierten Flächen mit einem weiteren Anfall von NORM-Abfällen bis ca. 300 t pro Jahr zurechnen.

Bei den identifizierten Lagerstandorten und Zwischenlagermöglichkeiten handelt es sich um Landessammelstellen, die zentrale Sammelstelle der Bundeswehr für radioaktive Abfälle (ZESAM), diverse betriebliche Lager und sonstige Lagerstandorte bzw. Zwischenlager, für die strahlenschutzrechtliche Genehmigungen bzw. Anordnungen vorliegen.

Die Landessammelstellen enthalten bereits ein umfangreiches Inventar an NORM-Rückständen, deren Entlassung zum Zwecke der Wiederverwertung oder konventionellen Entsorgung in Anbetracht der mehr und mehr sinkenden Bereitschaft von Deponiebetreibern zur Annahme derartiger Rückstände als gering einzuschätzen ist. Deshalb muss man davon ausgehen, dass die gesamten dort lagernden Mengen als NORM-Abfälle in ein Endlager für radioaktive Abfälle verbracht werden müssen.

Das gilt auch für das Inventar in den anderen nach § 7 StrlSchV genehmigten Lagern und für das Inventar in betrieblichen Lagern, die auf Grundlage einer Anordnung der zuständigen Landesbehörden nach § 95 bzw. nach § 96 StrlSchV betrieben werden. In den zuletzt genannten Lagern werden NORM-Rückstände, die aus dem Betriebsprozess anfallen, mit dem Ziel sichergestellt, sie später in dem Abfallrecht unterliegende Anlagen (Deponien) zu beseitigen. Eine Zwischenlagerung betriebsfremder NORM-Rückstände ist ausgeschlossen.

Nach der derzeitigen Praxis erfolgt in den meisten Fällen eine Beseitigung von NORM-Rückständen nach Entlassung aus der Strahlenschutzüberwachung noch auf konventionellen übertägigen Abfalldeponien. Wie am Beispiel einiger Deponien gezeigt wurde, beschränkt sich jedoch die prinzipielle Annahmefähigkeit der Deponiebetreiber auf wenige Deponien. Eine untertägige Beseitigung oder Verwertung von NORM-Rückständen ist mittlerweile nur noch in Ausnahmefällen möglich.

Eine Verwertung von NORM-Rückständen erfolgt derzeit in drei Anlagen in Deutschland. Es handelt sich dabei um

- Siempelkamp Nukleartechnik GmbH Krefeld (Einschmelzen von Metallen)
- GMR Gesellschaft für Metallrecycling mbH Leipzig (Quecksilber Recycling)
- DELA GmbH Dorsten (Quecksilber Recycling).

Sie entsorgen die bei ihnen anfallenden Abfälle bzw. NORM-Rückstände auf eigenen zugelassenen Entsorgungswegen oder geben sie an die ursprünglichen Abfallbesitzer zurück.

Für die identifizierten NORM-Rückstände, die nicht aus der Überwachung entlassen werden können und folglich die Ablieferung an ein Endlager für radioaktive Abfälle erfordern, wurden die endzulagernden Massen, Aktivitätsinventare und Inventare an chemisch-toxischen Stoffen mit den Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad abgeglichen.

Im Ergebnis dieses Abgleichs sind von den in den Landessammelstellen zwischengelagerte NORM-Abfällen nur 0,7 t (0,2 %) bis maximal 44,7 t (9,6 %) im Endlager Konrad einlagerbar.

Die übrigen NORM-Abfälle (Fallgruppe 2 und 3) können gegenwärtig nur mit teils großen Unsicherheiten abgeschätzt werden, wobei maximal etwa 10 t NORM-Abfälle in Konrad einlagerbar wären. Für diese NORM-Abfälle haben jedoch die Vermarktung oder Entlassung (Deponierung) Vorrang vor der Endlagerung, solange diese Option noch besteht.

Allerdings muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass nur beschränkte Verwertungsmöglichkeiten bestehen und die Bereitschaft der Deponiebetreiber zur Annahme von Rückständen zur Beseitigung abnimmt, unabhängig davon ob die Rückstände die allgemeinen Überwachungsgrenzen nach Anlage XII Teil B StrlSchV einhalten oder ob sie aus nach § 98 Abs.1 StrlSchV entlassen werden könnten.

Es wurde auch recherchiert, ob eine Einlagerung von NORM-Rückständen in Anlagen der WISMUT möglich ist. Diese Option wurde jedoch durch die sächsischen Bergämter aus formal-rechtlichen Gründen abgelehnt, da eine Annahme von NORM-Abfällen zur Endla-

gerung bei WISMUT ihrem Gesellschaftszweck (Stilllegung der Bergbaubetriebe sowie die Sanierung und Rekultivierung der Bergbaualtlasten) widerspricht.

Trotz einzelner Engpässe in Landessammelstellen ist in strahlenschutzrechtlich genehmigten oder nach behördlicher Anordnung betriebenen Lagern gegenwärtig noch ausreichende Zwischenlagerkapazität für NORM-Rückstände vorhanden. Auf Grund der zunehmenden Weigerung der Deponiebetreiber NORM-Rückstände, die aus der Strahlenschutzüberwachung nach § 98 StrlSchV entlassen wurden, anzunehmen und zu beseitigen, werden die Zwischenlagerkapazitäten schnell erschöpft sein. Das ist umso mehr der Fall, als auch NORM-Rückstände mit geringer spezifischer Aktivität, die nach dem vereinfachten Verfahren aus der Strahlenschutzüberwachung entlassen werden könnten (Anlage XII Teil C StrlSchV), bei Annahmeverweigerung der Betreiber konventioneller Deponien zunächst nach § 99 StrlSchV sichergestellt werden müssen. Hierzu fehlen aber die Lagermöglichkeiten.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass für den größten Teil der erwarteten NORM-Rückstände, die nicht aus der Strahlenschutzüberwachung entlassen werden können und als NORM-Abfälle zu beseitigen sind, geeignete Endlagermöglichkeiten geschaffen werden müssen. Das Endlager Konrad steht hierfür nicht bzw. möglicherweise nur für die bereits nach Konrad-Bedingungen in den Landessammelstellen konditionierten NORM-Abfälle zur Verfügung.

Geeignete und auch ökonomisch vertretbare Beseitigungsmöglichkeiten für NORM-Abfälle müssen deshalb geschaffen werden. Anderenfalls ist mit der Stilllegung von Produktionsanlagen der NORM-Industrie in Deutschland oder mit einer Abwanderung ins Ausland zu rechnen. Davon betroffen wären auch hochmoderne und prosperierende Industriebranchen, wie die Titandioxid- und die Zirkon-Industrie. Im Ausland, wie z. B. in Frankreich oder Großbritannien, bestehen bereits entsprechende kostengünstige und langzeitsichere Entsorgungsmöglichkeiten, wie im Kostenvergleich und der Darstellung von Optionen der übertägigen Entsorgung von NORM-Abfällen dargestellt wurde.

Bei der Prognose zum Aufkommen an NORM-Abfällen ist immer zu berücksichtigen, dass aufgrund rechtlicher Rahmenbedingungen die Wirtschaft Projekte nicht in Angriff nehmen wird, bei denen die Entsorgung der eventuell anfallenden Rückstände Probleme bereiten wird. Dies ist auch einer der Gründe, warum das Aufkommen an NORM-Abfällen gegenwärtig begrenzt erscheint.

11 Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV), Bundesgesetzblatt 2001, ausgegeben zu Bonn am 26. Juli 2001, Nr. 38
- [2] 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 (ABl. Nr. L 159 vom 29. Juni 1996, S. 1)
- [3] Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK), Heft 10 1997
- [4] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz), in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 6 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- [5] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)
- [6] Ableitung von Überwachungsgrenzen für Reststoffe mit erhöhten Konzentrationen natürlicher Radionuklide, Brenk Systemplanung Bearbeitungs-Nr. 9410-2, 1999
- [7] Bundesamt für Strahlenschutz. Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Oktober 2010) - Endlager Konrad -; SE-IB-29/08-REV-1; 11. Januar 2011
- [8] Abschlussbericht zum Vorhaben SR 2416 des Bundesamtes für Strahlenschutz. Mengenaufkommen an NORM-Rückständen für das deutsche Entsorgungskonzept. HGN-IAF-Öko-Institut 2003
- [9] Anforderungen an die Deponierung von überwachungsbedürftigen NORM-Rückständen (Teilbericht, Arbeitspunkt 3.1 des Vorhabens StSch 4396), Brenk Systemplanung GmbH, Juni 2006
- [10] Fachberatung des BMU bei der Bundesaufsicht über die Verwertung und Beseitigung von Rückständen aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität (Vollzug der §§ 97 ff StrlSchV) Vorhaben StSch 4396, Abschlussbericht zu AP 3.2, GRS mbH, Juni 2006
- [11] Erfassung und radiologische Bewertung von Hinterlassenschaften mit NORM-Materialien aus früheren Tätigkeiten und Arbeiten einschließlich der modellhaften Untersuchung branchentypischer Rückstände, Vorhaben StSch 4386, TÜV Süd, Juni 2005
- [12] Safety Glossary. IAEA Vienna 2007
- [13] Vorschlag für Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung – Vorlage eines Entwurfs nach Artikel 31 Euratom-Vertrag zur

- Stellungnahme durch den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss. Europäische Kommission 29.09.2011
- [14] Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße – ADR, Neufassung des ADR vom 25. November 2010, BGBl. 2010 II S. 1412
- [15] Bundesberggesetz – BBergG vom 13. August 1980
- [16] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG), 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585)
- [17] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln – Allgemeiner Teil; Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20; Überarbeitung Endfassung v. 06.11.2003
- [18] Versatzverordnung - VersatzV), 24.07.2002. "Versatzverordnung vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2833)"
- [19] <http://www.erdoel-erdgas.de/FAQ>, Antworten auf haeufig gestellte Fragen-319-1-161b.html. Abgerufen März 2012
- [20] Wood, R., P. Gilbert, M. Sharmina, K. Anderson, A. Footitt: Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts. Research report. Tyndall Centre, University of Manchester. Final Draft, January 2011
- [21] Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), BGBl. I S. 1918, 2004)
- [22] Wenzel, B., J. Nitsch: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Bericht: Entwicklung der EEG-Vergütungen, EEG-Differenzkosten und der EEG-Umlage bis zum Jahr 2030 auf Basis eines aktualisierten EEG-Ausbaupfades. BMU FKZ 03MAP146. Dezember 2010
- [23] Nitsch, J., Th. Pregger, T. Naegler, D. Heide, D. L. de Tena, F. Trieb, Y. Scholz, K. Nienhaus, N. Gerhardt, M. Sterner, T. Trost, A. von Oehsen, R. Schwinn, C. Pape, H. Hahn, M. Wickert, B. Wenzel: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht. BMU - FKZ 03MAP146 (März 2012)
- [24] Zentralstelle für radioaktive Abfälle (ZRA) „Bericht über weiteren Verlauf der Verhandlungen und der Ergebnisse“ an die Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung von Berlin. VC 1, 1528B, Berlin, den 15.06.2011
- [25] Zwischenlager und Sammelstellen für radioaktive Abfälle in Deutschland. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dorothee Menzner, Ralph Lenkert, Herbert Behrens, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE.– Drucksache 17/4093. Deutscher Bundestag 17. Wahlperiode. Drucksache 17/4329. 17.12.2010
- [26] Helmholtz Zentrum Berlin (HZB). Benutzungsordnung der Landessammelstelle für radioaktive Abfälle Berlin – Zentralstelle für radioaktive Abfälle (ZRA). Ausgabe 2005; Stand 1.1.2005.

- [27] Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter vom 06.08.1975, BGBl. 1975, Teil I Nr.95, S. 2121, Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen - Gefahrgutverordnung Straße –GGVS, BGBl.1993, Teil I Nr.66, S. 2023, Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn - Gefahrgutverordnung Eisenbahn – GGVE, BGBl. 1991, Teil I Nr. 35, S. 1224
- [28] Preisliste der Landessammelstelle für radioaktive Abfälle Berlin - Zentralstelle für radioaktive Abfälle – (ZRA). Stand: 16. Januar 2009
- [29] Energiewerke Nord (EWN): Was ist noch zu tun, um Deutschland „konradfähig“ zu machen. Iris Graffunder, EWN-GE, TÜV-Seminar Erfahrungen mit den „neuen“ Endlagerungsbedingungen, Hannover, 07.-08. November 2012
- [30] <http://www.andra.fr/radioactive-waste/radioactive-waste-disposal.htm>
- [31] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 17. August 2012 (BGBl. I S. 1726) geändert worden ist
- [32] E. Hermann, C. Kunze, R. Gatzweiler, G. Kießig, J. Davidovits (1999) Solidification of various radioactive residues by Géopolymère with special emphasis on long-term stability, Proc. Int. Conf. Geopolymer 99, Saint Quentin, France, pp. 211-228
- [33] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
- [34] H. Biele, S. Hurst: Long-term Aspects of Uranium Mining Remediation. In: B. Merkel, A. Hasche-Berger (Eds.): Uranium in the Environment – Mining Impact and Consequences, Springer Verlag, Berlin, New York, Tokyo (2006)
- [35] Pelz, F., Jakubick, A.T., Roberds, W., Voss, C. Kunze, C. (1996), Multi-Attribute Decision Analysis of Remediation Options for Uranium Mill Tailings Impoundment in Eastern Germany, Inter. Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment: Moving toward Risk-Based Regulation, ANS Meeting, Park City, Utah, September 29-October 3, 1996
- [36] US EPA (2010): Code of Federal Regulations - Title 40: Protection of Environment. PART 192: HEALTH AND ENVIRONMENTAL PROTECTION STANDARDS FOR URANIUM AND THORIUM MILL TAILINGS. Subpart A: Standards for the Control of Residual Radioactive Materials from Inactive Uranium Processing Sites - 192.02 - Standards.
- [37] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
- [38] Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 22 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist

- [39] General Safety Guide GSG-1: Classification of Radioactive Waste. IAEA Wien 2009
- [40] <http://www.llwrsite.com/environmental-safety-case/esc-documentation>
- [41] K.-J. Röhlig: Das Konzept des Safety Case – Internationale Entwicklungen zur Demonstration der Langzeitsicherheit von Endlagern. In: P. Hocke, G. Arens (BMU) (Hg.): Die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Gesellschaftliche Erwartungen und Anforderungen an die Langzeitsicherheit. Tagungsdokumentation zum „Internationalen Endlagersymposium Berlin, 30.10. bis 01.11.2008“. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Version 12.04.2010
- [42] Identification and assessment of alternative disposal options for radioactive oil-field wastes. Summary Guidance. Project UKRSR07, SNIFFER, März 2005
- [43] SEPA Scottish Environment Protection Agency: Application by SITA UK Limited for Authorisation to Accumulate and Dispose of Radioactive Waste under the Radioactive Substances Act 1993. Stoneyhill Landfill, Stoneyhill Environmental Park, Peterhead, Aberdeenshire AB42 0PR. Decision Document, 2012
- [44] Policy for the Long Term Management of Solid Low Level Radioactive Waste in the United Kingdom, Defra, DTI and the Devolved Administrations, 26.03.2007

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 30 18333 - 0

Telefax: + 49 30 18333 - 1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz