



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

KONKRETISIERUNG DER REGULATORISCHEN ANFORDERUNGEN AN DIE CHARAKTERISIERUNG UND BEWERTUNG DER CHEMOTOXISCHEN INHALTSSTOFFE VON RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN UND MÖGLICHKEITEN ZUR UMSETZUNG

BMU - 2007 - 694



BMU – 2007-694

**„Konkretisierung der regulatorischen
Anforderungen an die Charakterisierung und
Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von
radioaktiven Abfällen und Möglichkeiten zur
Umsetzung“**

Stoller Ingenieurtechnik GmbH
Dresden

IMPRESSUM

Dieser Band enthält einen Abschlussbericht über ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördertes Vorhaben. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BMU übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Eigentümer behält sich alle Rechte an der weiteren Nutzung oder Vervielfältigung des Berichts vor.

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

Herausgeber:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Referat RS I 2
Postfach 12 06 29
53048 Bonn

Erscheinungsjahr: 2007

Vertrag SR 2417

**Konkretisierung der regulatorischen Anforderungen an die
Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen
Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen und Möglichkeiten
zur Umsetzung**

– Kurzfassung zum Abschlussbericht –

**C. Herzog
B. Liebscher
L. Schneider**

Dresden, 30.04.2003

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

1 Einleitung

Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen gelangen Stoffe unterschiedlichster chemischer Zusammensetzung in die Einlagerungsbereiche. Dabei können die Abfälle selbst, die Materialien, mit denen die Abfallstoffe fixiert wurden oder die Behältermaterialien chemische Bestandteile enthalten, die für die Sicherheit der Nachbetriebsphase von Bedeutung sind. Insbesondere sind bei einem zu unterstellenden Kontakt mit dem Grundwasser mögliche schädliche Verunreinigungen des Grundwassers durch diese Abfallmaterialien zu prüfen und zu bewerten.

Für die Schachtanlage Konrad ist eine solche Bewertung bereits im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens erfolgt; für das Endlager Morsleben wird die Bewertung derzeit im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die Stilllegung durchgeführt.

Unter Berücksichtigung, dass für die zukünftige Endlagerung radioaktiver Abfälle noch ein geeigneter Standort und ein entsprechendes Endlagerkonzept festzulegen sind, wird es als sinnvoll und erforderlich angesehen, in Erweiterung und Verallgemeinerung der konkreten Verfahren für Konrad und Morsleben die Anforderungen des Grundwasserschutzes und des Bodenschutzes im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen zu überprüfen.

Schwerpunkte des Vorhabens waren:

1. Identifizierung potenzieller chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen hinsichtlich einer Grundwassergefährdung,
2. Zusammenstellung bestehender technischer Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe sowie die Recherche sowohl von gesetzlichen und untergesetzlichen Anforderungen als auch von umweltrelevanten Rechtsvorschriften und untergesetzlichen Regelwerken,
3. Ableitung von Anforderungen und Kriterien für die Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe und Beschreibung geeigneter Verfahren zur Bestimmung der Inhaltsstoffe,
4. Erarbeitung eines Regelungsrahmens für die Charakterisierung der chemotoxischen Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen.

Hierbei ist ausschließlich der Bereich der chemisch-stofflichen Zusammensetzung endzulagernder radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung betrachtet worden.

Weiterhin wurden die Betrachtungen und Bewertungen für das Endlager Konrad zur Gefährdung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe berücksichtigt.

Als Grundlagen bzw. Vorgaben im Hinblick auf den Grundwasser- und Bodenschutz und die chemisch-stoffliche Zusammensetzung radioaktiver Abfälle dienten das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sowie die Grundwasserverordnung, die Trinkwasserverordnung, das Bundes-Bodenschutzgesetz sowie die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Verordnungen und Regelwerke für die Entsorgung chemotoxischer konventioneller Abfälle. Direkte Festlegungen für die radioaktiven Abfälle enthalten die novellierte Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und die Endlagerungsbedingungen für die Schachtanlage Konrad. Darüber hinaus wurden weitere nationale und internationale Vorschriften und Veröffentlichungen recherchiert, um ggf. entsprechende Entwicklungstrends zu erkennen.

Die Zusammenstellung von technischen Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe basiert auf gesetzlichen Anforderungen im Bereich der Abfallentsorgung und darüber hinaus auf einer Reihe von Befragungen und Informationen über Maßnahmen zur Handhabung und Kontrolle radioaktiver Abfälle.

2 Chemotoxische Inhaltsstoffe

Zur Endlagerung vorgesehene radioaktive Abfälle beinhalten Behälter-, Fixierungs- und Abfallmaterialien, die wiederum Stoffe enthalten, welche bei einem Kontakt mit dem Grundwasser zur schädlichen Verunreinigung des Wassers beitragen können.

Für die Identifizierung chemotoxischer Abfallinhaltsstoffe wurden die Grundwasserverordnung, die Trinkwasserverordnung, Richtlinien des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.), Empfehlungen der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) und weitere Regelwerke recherchiert und deren Relevanz bewertet. Weiterhin fanden die Anforderungen an die Deklaration stofflicher Bestandteile von radioaktiven Abfällen lt. Strahlenschutzverordnung und weitere Vorschriften Berücksichtigung.

Mögliche stoffliche Bestandteile und chemotoxische Inhaltsstoffe in Behälter-, Fixier- und Abfallmaterialien wurden identifiziert und aufgelistet (siehe Tabelle 1).

Von besonderer Bedeutung für den Schadstoffeintrag sind vor allem die Abfallinhaltsstoffe, die in einem beachtenswerten Volumen- bzw. Massenanteil vorliegen. Sehr große Volumen- und Masseanteile bilden erfahrungsgemäß Behälter- und Fixierungsmaterialien, d. h. unlegierter Stahl, Gusseisen und Beton. In wesentlich geringeren Anteilen kommen Bleiabschirmungen zum Einsatz, die allerdings beträchtliche Mengen an chemotoxischen Bestandteilen liefern.

In Bezug auf die Abfallmaterialien selbst sind erfahrungsgemäß eher die in geringen Mengen anfallenden Stoffe diejenigen mit einem relativ hohen chemotoxischen Potential wie z. B. Öle und Ölrückstände, Lösungsmittel, sowie die größeren Mengen an verfestigten Flüssigabfällen mit Tensiden, Komplexbildnern, Borverbindungen und Salzen.

Zu beachten ist, dass die Stoffgruppen der Listen I und II der Grundwasserverordnung teilweise nicht konkret untersetzt worden sind. Den Stoffzuordnungen zu diesen Gruppen liegen deshalb im Wesentlichen die Zuordnungen aus der Gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis des Planfeststellungsbeschlusses für Konrad zu Grunde. Für zukünftige Bewertungen wären diese Zuordnungen z. B. für Kunststoffmaterialien (Polyethylen u. a.) oder andere Materialien zu überprüfen und ggf. toxikologisch zu begründen.

3 Regulatorische und technische Grundlagen

Für die Konkretisierung und Zusammenstellung zu beachtender gesetzlicher und untergesetzlicher Anforderungen an Art und Menge von chemotoxischen Inhaltsstoffen in den radioaktiven Abfällen wurden entsprechende regulatorische Grundlagen recherchiert:

- Vorschriften und Regelungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle,
- Vorschriften und Regelungen zum Grundwasserschutz,
- Vorgaben zu Richt- oder Grenzwerten von chemotoxischen Stoffen in Grund- und Trinkwasser,
- abfallrechtliche Regelungen und
- Vorgaben zu Deklarations- und Grenzwerten für Abfälle, die deponiert werden sollen.

Die Übersicht zu diesen Regelungen zeigt, dass für die Verbringung von Abfällen in unterirdische Deponien Grenzwerte für Gehalte chemotoxischer Stoffe in Abfällen für den Versatz (Versatzverordnung) vorgesehen sind, die jedoch nicht für Endlager radioaktiver Abfälle gelten. In der Deponieverordnung sind bei den Zuordnungskriterien lediglich Grenzwerte für die Deponieklassen vorgegeben, ausgenommen davon sind Deponien im Salzgestein. Für eine Untertagedeponie im Salinar sind in der Deponieverordnung in § 7 (nicht zugelassene Abfälle) lediglich Abfälle genannt, die nicht in einer Deponie der Klasse 4 im Salzgestein abgelagert werden dürfen, Grenzwerte hierfür sind nicht genannt. Im letzteren

Fall wird davon ausgegangen, dass nach Vorliegen eines Langzeitsicherheitsnachweises ein vollständiger Einschluss der Abfälle im Salzgestein gewährleistet und von einem Laugenzutritt nicht auszugehen ist. Dies gilt jedoch nur für Untertagedeponien chemisch-toxischer Abfälle.

Bezüglich des Grundwasserschutzes ist zu beachten, dass lt. WHG § 34 Abs. 2 Stoffe nur so gelagert oder abgelagert werden dürfen, dass eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist. Dabei wird nicht weiter ausgeführt, welche konkreten Schutzziele mit den verwendeten Begriffen der „schädlichen Verunreinigung“ und der „nachteiligen Veränderung“ des Grundwasserzustandes einhergehen. Durch die in der Anlage zur Grundwasserverordnung, Listen I und II, genannten Stofffamilien und Stoffgruppen werden die beiden Begriffe zwar stofflich näher bestimmt, jedoch nicht die Grenzwerte für Konzentrationen (Grenz- bzw. Richtwerte). Hierzu sind jedoch keine diesbezüglichen Ausführungsbestimmungen erlassen worden, in denen die Vorgehensweise zum Nachweis der Einhaltung des o. g. Schutzzieles festgelegt ist. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen.

Vor diesem Hintergrund können daher nur Maßstäbe herangezogen werden, die von der Sache her grundsätzlich geeignet sind, die im Einzelfall unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten zu erwartenden „schädlichen Verunreinigungen“ bzw. „nachteiligen Veränderungen“ des oberflächennahen bzw. des potenziell zur Trinkwassergewinnung geeigneten Grundwassers zu konkretisieren und etwaige Beeinträchtigungen zu bewerten. Als solche Maßstäbe können die in den Regelwerken enthaltenen quantitativen Begrenzungen herangezogen werden (Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, Grenzwerte der Trinkwasserverordnung, Richtwerte des DVGW).

Von diesen Regelwerken hat nur die Unterlage der LAWA unmittelbaren Bezug zum Grundwasser. Die hier betrachteten Schadstoffeinträge in das Grundwasser erfolgen dabei entweder über die ungesättigte Zone (Sickerwasser) oder über die gesättigte Zone (Kontaktgrundwasser). Der Schadstoffeintrag über den Pfad „Zutritt von flüssiger Phase aus tiefen geologischen Formationen in das oberflächennahe Grundwasser“ (d. h. innerhalb der gesättigten Zone aus tiefliegenden Schichten in den quartären Aquifer) ist nicht berücksichtigt worden.

Die Trinkwasserverordnung ist in Verbindung mit einer Nutzung des Grundwassers für die Trinkwassergewinnung gleichwohl für die Bewertung der Grundwasserqualität geeignet, ihre Gültigkeit bezieht sich jedoch nur auf bereits aufbereitetes Trinkwasser.

Die DVGW-Richtlinie ist nicht für eine Grundwasserbewertung vorgesehen; da aber ein unmittelbarer Bezug zur Trinkwasserverordnung vorliegt, sind die in ihr enthaltenen Begrenzungen grundsätzlich auch für eine Grundwasserbewertung geeignet.

Selbst in diesen und in weiteren recherchierten und derzeit gültigen Regelwerken fehlen für einige in der Grundwasserverordnung (Listen I und II) genannten Stoffe und Stoffgruppen jegliche Richt- oder Grenzwerte. Dies betrifft:

- Beryllium, Silber, Tellur, Titan,
- organische Siliziumverbindungen, Silikate.

Die dargelegte regulatorische Lücke existiert generell für untertägige Abfalldeponien, auch für Deponien chemotoxischer Abfälle, die nicht als langfristig dicht angesehen werden können. Die Versatzverordnung deckt nur einen Teil der Problematik der chemotoxischen Bestandteile in Abfällen ab, gilt jedoch nicht für Endlager für radioaktive Abfälle.

Bisherige Anfragen bei der Europäischen Kommission zeigten, dass in den nächsten 3 bis 5 Jahren keine Richtlinien oder Empfehlungen zum Grundwasserschutz bezogen auf Untertagedeponien zu erwarten sind und sich damit auch zu dieser Problematik in den nächsten 5 bis 10 Jahren keine Veränderung der in Deutschland existierenden gesetzlichen Situation ergeben wird.

Die maßgeblich für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Betracht kommenden Regelwerke mit darin enthaltene Festlegungen bzw. Anforderungen sind in der Tabelle 2 aufgelistet.

Im Hinblick auf das Ziel, die regulatorischen Anforderungen an die Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen zu konkretisieren, sind die im Punkt 6 erläuterten Lücken und Defizite identifiziert worden.

Im Weiteren wurden technische Möglichkeiten zur Charakterisierung der identifizierten chemotoxischen Stoffe recherchiert, hierzu wurden Gespräche mit Mitarbeitern von Produktkontrollstellen und Abfallkonditionierern geführt.

Hinsichtlich der recherchierten Annahmebedingungen und Dokumentationsmethoden für die Erfassung und Handhabung radioaktiver Abfälle wurde festgestellt, dass das von den Kernkraftwerken genutzte AVK-System verbreitet genutzt und behördlich anerkannt ist. Die Deklaration der Radionuklidgehalte ist hierin festgelegt, einheitliche Vorgaben zur Deklaration der stofflichen Abfallbestandteile fehlen aber. Neben dem AVK-System gibt es bei Abfallerzeugern und Sammelstellen weitere Dokumentationssysteme, deren Aufbau und Inhalte nicht in allen Details einheitlich sind. Bei einigen Abfallerzeugern und Konditionierern sind Analysenmethoden und Verfahren zur Entnahme von Rückstellproben bereits für andere Zwecke im Einsatz, die zum Teil für den Nachweis chemotoxischer Stoffe genutzt werden könnten.

4 Anforderungen und Kriterien an die Stoffcharakterisierung

Als Basis für die Ableitung von Anforderungen, Kriterien und Maßnahmen zur Stoffcharakterisierung dienen die Bestimmungen der novellierten Strahlenschutzverordnung, die Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und die Produktkontrolle für die Endlager Konrad und Morsleben, sowie Bestimmungen zum Grundwasserschutz hinsichtlich der Verunreinigung mit chemotoxischen Stoffen.

Zur bisherigen Verfahrensweise der Produktkontrolle liegen positive Erfahrungen vor, für die Zukunft wird jedoch zusätzlich der Nachweis der Nichtgefährdung des Grundwassers durch chemotoxische Stoffe gefordert, wie dies bereits der Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad ausweist. Aus diesem Grund zielen die erarbeiteten Vorschläge auf eine Untersetzung bzw. Erweiterung der bereits bestehenden Bestimmungen zur Charakterisierung und zu Kontrollmaßnahmen für radioaktive Abfälle ab.

Die aus den vorliegenden Untersuchungen abgeleiteten Anforderungen und Kriterien an die Stoffcharakterisierung und an die Überprüfung der durch die Abfalllieferer zu treffenden Angaben im Rahmen der vorzusehenden Kontrollmaßnahmen sind in Konsultationen mit Mitarbeitern des Umweltbundesamtes, der Europäischen Kommission, von Produktkontrollstellen, Abfallkonditionierern und der Kali und Salz Entsorgung GmbH (Betreiber von Untertagedeponien für chemisch-toxische Abfälle) diskutiert worden.

Die stoffliche Charakterisierung der verschiedenen Abfallbestandteile dürfte für Behälter-, Verpackungs- und Fixierungsmaterialien, die auch den größten Mengenanteil an endzulagerndem Material bilden werden, sowohl für die Ablieferer als auch die Produktkontrollstellen ohne erhöhten Aufwand möglich sein. Ebenso sollten homogene Abfallströme, die in großen Mengen auftreten, mittels Routineuntersuchungen bzw. durch Anwendung von Stoffvektoren gut charakterisierbar sein. Besondere Beachtung bei der Erarbeitung von Deklarations- und Kontrollmaßnahmen sollte den Abfallströmen von Kleinlieferern und aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen geschenkt werden. Diese Abfälle werden zwar nicht den mengenmäßigen Hauptanteil bilden, können aber insbesondere auf Grund schwer zu spezifizierender oder auch bisher in radioaktiven Abfällen nicht gehandhabter Stoffkompositionen grundwasserrelevante Bestandteile beinhalten.

Eine Übersicht zu Anforderungen und vorgeschlagenen Methoden zur Charakterisierung stofflicher Bestandteile in Behälter-, Fixier- und Abfallmaterialien enthält die Tabelle 3.

5 Vorschläge für einen Regelungsrahmen

Im Rahmen des Vorhabens waren Vorschläge zur Konkretisierung bzw. zur Um- und Untersetzung der Anforderungen in einem Regelungsrahmen zu erarbeiten.

Hierzu wurden zusätzliche Gespräche mit Fachexperten wie auch mit Abfallkonditionierern und Abfalllieferern zu gesetzlichen Regelungen, zur Charakterisierung von Stilllegungsabfällen und zu Kontrollmöglichkeiten geführt.

Regelungen für den Grundwasserschutz

Wie bereits erwähnt, gibt es für den Fall der untertägigen Endlagerung radioaktiver Abfälle keine verbindlichen gesetzlichen Regelungen, die sich auf den Schutz des Grundwassers vor der Verunreinigung durch chemotoxische Inhaltsstoffe beziehen.

Eine Untersetzung der grundlegenden Bestimmungen, d. h. des Wasserhaushaltsgesetzes und der Grundwasserverordnung für die Errichtung und den Betrieb von unterirdischen Abfalldeponien und insbesondere von unterirdischen Endlagern für radioaktive Abfälle wäre deshalb seitens des Bundes dringend erforderlich, um die Rechtssicherheit der Genehmigungsverfahren zu erhöhen.

Nach derzeitigem Rechtsstand fehlen den Landesbehörden entsprechende konkrete und verbindliche Regelungen, so dass im Rahmen einer Genehmigungserteilung durch die Behörden die jeweilige Herangehensweise in deren Ermessen liegen wird. So werden vor einer zukünftigen Beantragung einer wasserrechtlichen Genehmigung für ein Endlager im Dialog mit der jeweiligen Genehmigungsbehörde standortspezifische Werte für einzuhaltende Qualitätsparameter des Grundwassers und die konkreten zu deklarierenden chemotoxischen Stoffe festzulegen sein, ohne dass damit die Rechtssicherheit bei der Genehmigung gegeben wäre.

Analog durchzuführender Modellierungen für die Bewertung der Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager in das Grundwasser sollten auch der Eintrag chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser und sich daraus ergebende Konsequenzen für die Grundwasserbeschaffenheit anhand von Modellrechnungen bewertet werden.

Datenerfassung zu stofflichen Abfallbestandteilen

Die Bestimmungen der neuen StrlSchV und die Festlegungen im Artikel 32 des Gesetzes zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung erfordern eine umfassende Dokumentation zu radioaktiven Abfällen. So wird im Rahmen der Berichterstattung ein Bestandsverzeichnis der radioaktiven Abfälle gefordert, das die Beschreibung des Materials und weitere Angaben wie Volumen, Masse, Radioaktivität beinhaltet.

Weiterhin wird in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis des Planfeststellungsbeschlusses für Konrad gefordert, dass „die nicht radioaktiven schädlichen Stoffe ... nach Art und Menge fortlaufend zu erfassen und zu bilanzieren“ sind. Die StrlSchV sieht eine Dokumentation des gesamten Entsorgungsweges vor, angefangen vom Entstehen der Rohabfälle über zwischengelagerte Abfälle bis zu endlagergerecht konditionierten Abfallprodukten, wozu die Deklaration und Dokumentation stofflicher Bestandteile gehören. Hierzu sollten in Ergänzung bzw. analog zu bestehenden Datenerfassungssystemen Vorgaben erarbeitet und festgelegt werden.

Anforderungen an endzulagernde Abfälle und an die Kontrollmaßnahmen

Der bisherige Regelungsrahmen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Morsleben und in der Schachanlage Konrad beinhaltet die Endlagerungsbedingungen und Bestimmungen zur Produktkontrolle. Dieser Regelungsrahmen wird bei einer Inbetriebnahme des Endlagers Konrad deutlich erweitert, da vor der Inbetriebnahme die Nebenbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses einschließlich der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis

umgesetzt werden müssen. Mit dieser Umsetzung ist auch eine Erweiterung der Endlagerbedingungen Konrad im Hinblick auf Angaben zur stofflichen Zusammensetzung der endzulagernden radioaktiven Abfälle verbunden. Für das Endlager Konrad ist insbesondere sicher zu stellen, dass für die in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis aufgeführten und mit Grenzwerten belegten chemotoxischen Stoffe (nach Listen I und II der Grundwasserverordnung und nach weiteren Regelwerken) Deklarationsvorschriften festgelegt werden. Derartige Vorschriften werden auch für ein zukünftiges Endlager zu erstellen sein.

Die herausgearbeiteten Anforderungen werden in Regelungen umgesetzt werden müssen, welche entsprechende Anforderungen an die Abfälle, die Deklaration von stofflichen Bestandteilen, den Nachweis, die Dokumentation und Kontrollmaßnahmen festlegen. Dazu gehören:

- *Festlegungen zu den zu deklarierenden und zu dokumentierenden Bestandteilen, einschließlich der Negativtestierung für zu vermeidende oder auszuschließende Bestandteile*
zu vermeiden: z. B. Ni/Cd-Akkumulatoren, Pb-haltige Abfälle u. ä.;
auszuschließen: z. B. Bestandteile, die nicht in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis enthalten sind, wie beispielsweise nicht aufgeführte organische Halogen- oder Phosphorverbindungen oder auch die organischen Zinnverbindungen)
- *Festlegung einer Liste von auszuschließenden Bestandteilen (s. o.)*
- *Vorschriften für Nachweismethoden*
- *Vorschriften für die Kontrollmaßnahmen*

6 Zusammenfassung der erkannten Probleme

Aus der Analyse der bestehenden rechtlichen und regulatorischen Situation können im Hinblick auf das Ziel, die regulatorischen Anforderungen an die Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen zu konkretisieren, folgende Defizite genannt werden, für die unbedingter Regelungsbedarf besteht:

1. Bestimmungen zu radioaktiven Abfällen:

Es fehlen konkrete Vorschriften zur qualitativen und quantitativen Deklaration chemotoxischer Bestandteile, für Ermittlungs- und Nachweismethoden und für die Dokumentation.

Die Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung sind durch die Erarbeitung von Vorschriften für Dokumentations- und Kontrollmaßnahmen zu untersetzen, die ähnlich bzw. ergänzend zu den Endlagerungsbedingungen und Produktkontrollvorschriften für die Endlager Morsleben und Konrad standortunabhängig zu erarbeiten sind.

2. Gewässer- und Bodenschutz:

Für die Endlagerung chemisch-toxischer Abfälle wird zu Grunde gelegt, dass aus Untertagedeponien im Salzgestein chemotoxische Stoffe nicht in das Grundwasser gelangen können. Entsprechend den Anforderungen der TA Abfall ist das Salzgestein gegenüber Flüssigkeiten und Gasen dicht. Durch gutachterliche Stellungnahmen und standortbezogene Sicherheitsbeurteilungen wird nachgewiesen, dass die Abfälle dauerhaft trocken abgelagert werden und der Abschluss der Abfälle von der Biosphäre dauerhaft gewährleistet ist.

Für die Bewertung einer Beeinflussung des Grundwassers durch chemotoxische Stoffe, die aus untertägigen Endlagern für radioaktive Abfälle in das Grundwasser gelangen können, fehlen entsprechende Bewertungsgrundsätze.

Die Schaffung einheitlicher Bewertungsmaßstäbe und eindeutiger rechtlicher Grundlagen durch die Untersetzung der grundlegenden Bestimmungen, d. h. des Wasserhaushaltsgesetzes und der Grundwasserverordnung für die Errichtung und den Betrieb von unterirdischen Abfalldeponien und insbesondere von unterirdischen Endlagern für radioaktive Abfälle wäre deshalb seitens des Bundes dringend erforderlich.

Analog durchzuführender Modellierungen für die Bewertung der Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager in das Grundwasser sollten auch der Eintrag chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser und sich daraus ergebende Konsequenzen für die Grundwasserbeschaffenheit anhand von Modellierungen bewertet werden.

3. *Richtwerte:*

Für die Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung gibt es keine Toleranz- oder Richtwerte für Konzentrationen im Grundwasser. Anhaltspunkte können nur die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, trinkwasserbezogene Richtlinien oder Grenzwerte liefern. Diese Vorgehensweise ist aber z. B. auf sehr tief liegende stark salzhaltige Grundwasserleiter nicht übertragbar, da deren Nutzung zur Trinkwassergewinnung kaum in Frage kommen wird. Selbst in diesen und in weiteren recherchierten und derzeit gültigen Regelwerken fehlen für einige in der Grundwasserverordnung (Listen I und II) genannten Stoffe und Stoffgruppen jegliche Richt- oder Grenzwerte. Dies betrifft:

- Beryllium, Silber, Tellur, Titan,
- organische Siliziumverbindungen, Silikate.

4. *Grundwasserrelevante Stoffe:*

Die Stoffgruppen der Listen I und II sind nicht konkret untersetzt. Eine Festlegung von Einzelstoffen, die zu den Stoffgruppen der Listen I und II zu zählen sind, wäre unbedingt erforderlich.

5. *Analysenmethoden:*

Eine Analytik radioaktiver Abfallstoffe auf chemotoxische Bestandteile ist bisher nicht vorgesehen. Für den Fall, dass die noch festzulegenden Kontrollmaßnahmen die Durchführung von Analysen in bestimmtem Umfang erfordern, wären Vorschriften für die Probenahme und die Analysenverfahren festzulegen. Hierzu sind seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Festlegungen zu treffen, um für künftige Endlager die Rechtssicherheit für Genehmigungen zu schaffen.

7 Vorschläge für weiterführende Arbeiten

Aus gegenwärtiger Sicht werden folgende weiterführende Arbeiten als erforderlich angesehen, für die folgende Maßnahmen zur Umsetzung der abgeleiteten Methoden vorgeschlagen werden:

Vorschlag 1 (chemotoxische Bestandteile von Behälter-/Verpackungsmaterialien)

Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer sollten Daten zu Behältern/Verpackungen gesammelt werden, aus denen hersteller- und verpackungstyp-spezifische Stoffvektoren insbesondere zu chemotoxischen Bestandteilen zusammengestellt werden können. Damit würde erreicht, dass die Abfalllieferer nur vereinfachte Angaben zum Verpackungstyp und Hersteller zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben.

Es sollten die in den Werkstoffen weiter vorhandenen Spurenelemente (z. B. im unlegierten Massenbaustahl: Cu, Cr, Co, Mn, usw.) mit der in der entsprechenden DIN genannten Obergrenze abgeschätzt und Stoffvektoren inkl. Fehlerbandbreiten generiert werden.

Vorschlag 2 (chemotoxische Bestandteile von Fixierungsmaterialien)

Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer sollten die Daten üblicher Fixierungsmaterialien gesammelt werden, aus denen hersteller- und materialspezifische

Stoffvektoren zusammengestellt werden können. Damit würde erreicht, dass die Abfalllieferer nur Angaben zum verwendeten Fixierungsmaterial und verfahrensspezifische Angaben (Mischungsverhältnisse, eingesetzte Mengen) zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben. Mit der Erarbeitung von Stoffvektoren und Variationsbreiten könnten die vorzusehenden Kontrollmaßnahmen vereinfacht und automatisiert werden.

Vorschlag 3 (chemotoxische Bestandteile von Abfallmaterialien)

Folgende Vorgaben für die Beschreibung der Abfälle und für anzuwendende Stoffvektoren, sowie von Vorschriften für die Entnahme von Rückstellproben und für ggf. einsetzbare Analyseverfahren sollten erarbeitet werden:

- a) Erstellung von herkunftsspezifischen Stoffvektoren zu den einzelnen Abfällen, vorerst nur für Stoffvektoren aus größeren Stoffströmen. Als Grundlagen können dazu dienen:
 - Von Abfallerzeugern oder aus anderen Quellen bekannte Abfallspezifikationen und -zusammensetzungen,
 - Berücksichtigung von Analyseergebnissen, sofern diese bereits vorliegen oder ohne größeren zusätzlichen Aufwand erhalten werden können,
 - ggf. Angaben aus Abwasseranalysen, sofern dadurch bestimmte Stoffe zu berücksichtigen sind oder ausgeschlossen werden können,
 - ggf. Berücksichtigung von Materialbilanzen (Einkauf und Einsatzmengen) über bestimmte relevante Stoffe.
- b) Festlegung einer Nomenklatur für die Auflistung von Abfallbestandteilen und für Negativtestierungen durch die Abfalllieferer (Vermeidungsstrategie).
- c) Erarbeitung von Vorschriften zur Entnahme repräsentativer Mischproben (Rückstellproben).
- d) Auswahl geeigneter Verfahren zur Analyse der Gasphase oder auch freier Flüssigkeiten für die Kontrollverfahren.
- e) Festlegung geeigneter Verfahren und Messwertgrenzen für die ggf. in Einzelfällen erforderliche chemische Analyse (z. B. bei Vorliegen einer unvollständigen Datenbasis).

Tabelle 1: Zusammensetzung der Behälter-, Fixierungs- und Abfallmaterialien

Abfallkomponente / Hauptbestandteile	Relevante chemotoxische Bestandteile ^{*)}			
	Behälter	Liste I	Liste II	Sonstige
Stahl, Gusseisen			Cr, Zn (Fe, Mn)	Bi
Kunststoffbeschichtung, -verkleidung, -ausschäumung	(Polyester-/ Alkydharz, PUR, PE)			
Beton			Cr, Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, (Ca, Al, Fe, Mg, K, Sulfat)	Th
Blei			Pb, As	
Fixierungsmaterial				
Beton, Zement, Emulgatoren Bitumen, Gips, PVC, PS	(PAK, Paraffine, PVC, PS)		Cr, Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, (K, Ca, Al, Fe, Mg, Sulfat)	Th, organ. Salze, Fettsäuren
Kieselgur, Vermiculit			Cr, Ti, (Ca, Al, Fe, Mg, K, Na, Chlorid)	
Abfallstoffe				
Fe-Metalle, NE-Metalle	Hg, Cd		Pb, Cu, Cr, Mo, Ti, Ni, Zn, Co, V, Sn, Sb, Se, As, Ag, U, Be (Fe, Al, Mn, Mg)	Bi, Zr
Beton, Zement, Asbest, Isolationsmaterial	(PS, Formaldehydharz)		Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Cr(VI), Pb, (Ca, Al, Fe, K, Mg, Sulfat)	Th, Asbest
Glas, Keramik			B, Pb, Ba (Al, K, Ca, Na, Mg)	
Zellulose, Holz	PBSM			
PE, PVC, PP, PS, Kautschuk, Silikone	(PE, PP, PVC, PS, PTFE, Silicone, Divinylbenzol)			
Asche, Schlacke	(PAK, PCDD/F)		Schwermetalle, Fluorid (Sulfat, Nitrat, Chlorid)	
Betriebs-, Dekontaminations-, Laborabwässer (Salze, Säuren, Lösungsmittel)	Mikrobiozide, (BTEX, Kerosin, Tenside, Komplexbildner)		Schwermetalle, Fluoride, P-Verbindungen, (Na, Fe, Ca, Mg, Chlorid, Sulfat, Nitrat)	
Konzentrate (Salze, Borate, Komplexbildner)	(Tenside, Komplexbildner)		Schwermetalle, B, Nitrit, Phosphate, (Na, Fe, Ca, Mg, Chlorid, Sulfat, Nitrat)	
Schlämme (Salze, Öle, Sand, Korrosionsprodukte)	Cyanid, Öle, (PS, Divinylbenzol)		Schwermetalle, Mo, U, Phosphat, (Al, Na, B, Fe, Mn, Sulfat, Chlorid, Nitrat)	Ru, Rh, Pd, Zr, Pu
IAH (PS, Divinylbenzol)	(PS, Divinylbenzol)		Schwermetalle	
Filterhilfsmittel (Kieselgur, A-Kohle, Zellulose)	(PS, Divinylbenzol)		(Al, Ca, Fe, Mg, Na, K)	
Lösungsmittel, Öle, Emulgatoren, medizinische Abfälle	PCB, halogenierte KW; Mikrobiozide, Öle, TBP, DBP, (PAK, BTEX, Kerosin, Dodecan, PCDD/F; Formaldehyd)			organische Salze, Fettsäuren
Sonstige (Chemikalien, Salze, Lacke, Farben, Strahlenquellen u. a.)	(PE, Paraffin u. a. nicht näher spezifizierbare Stoffe)		Schwermetalle, (Salze u. a. nicht näher spezifizierbare Stoffe)	

^{*)} In Klammern stehende Stoffe sind nicht explizit in den Listen I und II genannt; ihre Relevanz als grundwassergefährdender Stoff wäre im jeweiligen speziellen Fall zu prüfen.

Tabelle 2: Zusammenfassung relevanter Regelungen

Gesetz / Regelwerk	Festlegungen / Anforderungen
AtG	UVP im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens

StrISchV	<ul style="list-style-type: none">- Benennung radioaktiver Abfälle- Dokumentation und Buchführung
Abfallkontrollrichtlinie	<ul style="list-style-type: none">- Dokumentation der Abfallflusskontrolle- Entnahme von Rückstellproben von Abfallchargen- Deklaration der Abfallzusammensetzung
Endlagerungsbedingungen Konrad und Morsleben	<ul style="list-style-type: none">- qualitative Angaben zu Abfallart, Fixierungsmitteln und Behältern- Dokumentation der Angaben in Begleitpapieren
EU-Wasserrahmenrichtlinie	Liste prioritärer und prioritär gefährlicher Stoffe
Grundwasserverordnung	Listen I und II zu gefährlichen Stoffen und Stoffgruppen
LAWA - Geringfügigkeitsschwellen	Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasser- verunreinigungen für anorganische und organische Parameter

Tabelle 3: Mögliche Methoden zur stofflichen Charakterisierung verschiedener Abfallbestandteile

Bestandteil	Anforderungen	Kriterien	Methoden
Behälter-, Verpackungsmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in den Behälter- und Verpackungsmaterialien, die als chemotoxische Bestandteile den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitbarkeit von Angaben zu chemotoxischen Bestandteilen in den einzelnen Behälterarten, Verfüll- und Abschirmmaterialien aus Herstellerspezifikationen • Anforderungen/Listen zur Angabe von Behälterdaten und Deklaration von Bestandteilen (noch festzulegen) • Mögliche stoffliche Bestandteile: siehe Abschnitt 2 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BMU/BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation und an Kontrollmaßnahmen; Empfehlung von zu bevorzugenden oder auch zu vermeidenden Behälterarten, Verfüll- und Abschirmmaterialien; 2 <u>Ablieferer</u>: Dokumentation lt. Anforderungen zur Produktkontrolle, inkl. Anhang von Materialspezifikationen, die von den Behälterherstellern erhalten werden; Angabe der Art und Mengen von Behälter-, Verfüll- und Abschirmmaterialien 3 <u>Kontrollmöglichkeiten</u>: Prüfung der Unterlagen auf Vollständigkeit und Richtigkeit; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen
Fixierungsmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in Bindemitteln, Sorptionsmitteln u. a. Hilfsstoffen zur Abfallkonditionierung, die den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitbarkeit von Angaben zu chemotoxischen Bestandteilen in den einzelnen Binde- und Sorptionsmitteln, sowie sonstigen Hilfsstoffen aus Herstellerspezifikationen • Ableitbarkeit von Angaben aus Dokumentationen zu Konditionierungsverfahren • Anforderungen/Listen zur Angabe von Daten zu Fixierungsmaterialien und Deklaration von Bestandteilen (noch festzulegen) • Mögliche stoffliche Bestandteile: siehe Abschnitt 2 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BMU/BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation von Konditionierungsverfahren und an Kontrollmaßnahmen; Empfehlung von zu bevorzugenden oder auch zu vermeidenden Fixierungsmaterialien 2 <u>Ablieferer</u>: Dokumentation zu Konditionierungsverfahren inklusive Anhang von Materialspezifikationen zu den Fixierungsmaterialien; Angabe von Art und Menge der Fixierungsmaterialien, von Verhältnissen Abfall : Fixierungsmaterial 3 <u>Kontrollmöglichkeiten</u>: Prüfung lt. Anforderungen an Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren bzw. Stichprobenkontrollen inkl. Prüfung der Dokumente zu Fixierungsmaterialien; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen

Fortsetzung Tabelle 4: Mögliche Methoden zur stofflichen Charakterisierung verschiedener Abfallbestandteile

Bestandteil	Anforderungen	Kriterien	Methoden
Abfallmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in den Abfällen, die den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Für die einzelnen Abfallarten, noch festzulegende Stofflisten zu stofflichen Bestandteilen • Mögliche Bestandteile: siehe Abschnitt 2 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BMU/BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation und an Kontrollmaßnahmen; Vorgabe einer Deklarationsliste zu Abfallbestandteilen; Vorschriften zur Bildung von Rückstellproben 2 <u>Ablieferer</u>: Entnahme von Rückstellproben zu jeder Abfallcharge; Dokumentation lt. Anforderungen zur Produktkontrolle, inkl. qualitativen und quantitativen Angaben zu Abfallbestandteilen lt. einer Deklarationsliste; Angabe von Verhältnissen Abfall : Fixierungsmaterial 3 <u>Kontrollmöglichkeiten</u>: Prüfung lt. Anforderungen an Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren bzw. Stichprobenkontrollen; Kontrolle u. ggf. Prüfung der Rückstellproben; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen

Vertrag SR 2417

**Konkretisierung der regulatorischen Anforderungen an die
Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen
Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen und Möglichkeiten
zur Umsetzung**

– 1. Zwischenbericht: Identifizierung chemotoxischer Inhaltsstoffe –

**C. Herzog
B. Liebscher
L. Schneider**

Dresden, 05.04.2002

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Inhalt

	Seite
Inhalt	2
Tabellenverzeichnis	2
Abkürzungen	4
1 Einleitung	5
2 Bestandteile radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ..	5
2.1 Stoffliche Bestandteile von Behältermaterialien	5
2.2 Stoffliche Bestandteile von Konditionierungsmaterialien	6
2.3 Stoffliche Bestandteile von Abfallmaterialien	6
3 Grundwassergefährdende Inhaltsstoffe	11
3.1 Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung	11
3.2 Weitere Verordnungen, Regelwerke und Empfehlungen	12
4 Identifizierung chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen	14
4.1 Chemotoxische Inhaltsstoffe in Behältermaterialien	14
4.2 Chemotoxische Inhaltsstoffe in Konditionierungsmaterialien	15
4.3 Chemotoxische Inhaltsstoffe in Abfallmaterialien	16
5 Zusammenfassung und weitere Bearbeitung	22
6 Literatur	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bezeichnung des Abfalls nach StrlSchV /VO-01b/	8
Tabelle 2: Kapitel des Europäischen Abfallverzeichnisses	10
Tabelle 3: Liste I der Grundwasserverordnung	11
Tabelle 4: Liste II der Grundwasserverordnung	12
Tabelle 5: Behältermaterialien	15
Tabelle 6: Konditionierungsmaterialien	15
Tabelle 7: Abfallmaterialien	18

Tabelle 8: Zusammensetzung der Behälter-, Konditionierungs- und Abfallmaterialien23

Abkürzungen

AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BTX	Benzol, Toluol, Xylol
BTEX	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, Styrol, Cumol
DBP	Dibutylphosphat
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
FuE	Forschung und Entwicklung
KKW	Kernkraftwerke
KW	Kohlenwasserstoffe
LAW	schwach radioaktiver Abfall
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LHKW	halogenierte Kohlenwasserstoffe C1- und C2
MAW	mittelradioaktiver Abfall
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
NTA	Nitritriessigsäure
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PBSM	Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel
PSM	Pflanzenschutzmittel
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVC	Polyvinylchlorid
PVDF	Polyvinylidenfluorid
StriSchV	Strahlenschutzverordnung
TBP	Tributylphosphat
TWVO	Trinkwasserverordnung
VDK	Verdampferkonzentrate
VwVwS	Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe
WAA	Wiederaufbereitungsanlage

1 Einleitung

Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen gelangen Stoffe unterschiedlichster chemischer Zusammensetzung in die Einlagerungsbereiche. Dabei können die Abfälle selbst, die Materialien, mit denen die Abfallstoffe konditioniert wurden oder die Behältermaterialien chemische Bestandteile enthalten, die für die Sicherheit der Nachbetriebsphase von Bedeutung sind. Insbesondere sind bei einem zu unterstellenden Kontakt mit dem Grundwasser mögliche schädliche Verunreinigungen des Grundwassers durch diese Abfallmaterialien zu prüfen und zu bewerten.

Für die Schachanlage Konrad ist eine solche Bewertung bereits im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens erfolgt; für das Endlager Morsleben wird die Bewertung derzeit im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die Stilllegung durchgeführt.

Unter Berücksichtigung, dass für die zukünftige Endlagerung radioaktiver Abfälle noch ein geeigneter Standort und ein entsprechendes Endlagerkonzept festzulegen sind, wird es als sinnvoll und erforderlich angesehen, in Erweiterung und Verallgemeinerung der konkreten Verfahren für Konrad und Morsleben die Anforderungen des Grundwasserschutzes und des Bodenschutzes im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen zu überprüfen.

Erster zu bearbeitender Schwerpunkt des Vorhabens war die Identifizierung potentieller chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen hinsichtlich einer Grundwassergefährdung.

Hierbei ist ausschließlich der Bereich der chemisch-stofflichen Zusammensetzung endzulagernder radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung betrachtet worden.

Als Grundlagen bzw. Vorgaben im Hinblick auf den Grundwasser- und Bodenschutz und die chemisch-stoffliche Zusammensetzung radioaktiver Abfälle dienten die Grundwasserverordnung /VO-97/, die Trinkwasserverordnung /VO-01a/, die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung /VO-99/, das Wasserhaushaltsgesetz /WHG-96/; weiterhin die novellierte Strahlenschutzverordnung /VO-01b/, die Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad /BRE-95/ sowie weitere Vorschriften und Veröffentlichungen.

Weiterhin wurden die Betrachtungen und Bewertungen für das Endlager Konrad zur Gefährdung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe /BRE-98/ berücksichtigt.

2 Bestandteile radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Endzulagernde Abfallgebilde setzen sich aus einer Vielzahl von organischen und anorganischen nichtradioaktiven Stoffen zusammen. Um eine mögliche Gefährdung des Grundwassers durch diese Stoffe prüfen und bewerten zu können, müssen Angaben über die stoffliche Zusammensetzung der für eine Endlagerung in Frage kommenden Abfallgebilde herangezogen werden, wobei eine Zuordnung zu Behältermaterial, Fixierungsmittel und Abfall möglich sein sollte.

2.1 Stoffliche Bestandteile von Behältermaterialien

In den Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle – Schachanlage Konrad – sind Grundtypen für Abfallbehälter festgelegt /BRE-95, BFS-90/. Dazu gehören Betonbehälter, Gussbehälter, Stahlblech-, Beton- und Gusscontainer sowie Innenauskleidungen. Die unterschiedlichen Behälterarten können sowohl für Abfälle aus Kernkraftwerken,

Landessammelstellen, Bereichen der Forschung als auch von sonstigen Ablieferern zum Einsatz kommen.

Als Behältermaterialien sind dabei Normal- und Schwerbeton, Gusswerkstoffe wie z. B. GGG 40, Stahlblech (z. B. St 37.2), Armierungsstahl; als Auskleidungs-, Verfüll- oder Abschirmmaterialien sind Blei, Eisen, Beton und Kies / Sand zu betrachten.

2.2 Stoffliche Bestandteile von Konditionierungsmaterialien

Zur Herstellung endlagerfähiger Abfallgebände kann eine Verfestigung flüssiger Abfälle oder eine Einbettung fester nicht formstabiler Abfälle durch Fixierungsmittel oder auch ein Vergießen von Hohlräumen in den Abfallbehältern erforderlich werden.

Als Verfestigungs- bzw. Fixierungsmittel kommen dabei Zement, Beton, Bitumen, Kunststoff /BFS-90/ oder auch Glas, Gips in Betracht. Die Verfestigung / Fixierung mittels Zement oder Beton wird dabei sehr häufig zur Konditionierung fast aller Abfallarten, unabhängig von deren Herkunft, angewandt. Die anderen Verfestigungs- oder Fixierungsmaterialien kommen kaum in Betracht.

Zur Bindung gasförmiger oder flüssiger Abfallbestandteile können außerdem Sorptionsmittel eingesetzt werden, hierzu gehören hauptsächlich Aktivkohle, Kieselgur und Vermiculit.

2.3 Stoffliche Bestandteile von Abfallmaterialien

Die sehr vielfältige Zusammensetzung der Abfallmaterialien selbst resultiert aus der unterschiedlichen Herkunft, wie z. B. der Kernbrennstoffherstellung, dem Betrieb von Kernkraftwerken, der Stilllegung und dem Abbau kerntechnischer Einrichtungen, den Forschungsbereichen und der Radioisotopenanwendung.

Typische Abfälle sind z. B.:

- | | |
|---------------------------|---|
| Kernkraftwerke: | - Verdampfer- und Filterkonzentrate |
| | - Ionenaustauscherharze |
| | - Dekontaminations- und Beizlösungen |
| | - Schlämme |
| | - Asche aus der Verbrennung fester brennbarer Abfälle |
| | - feste Mischabfälle |
| | - Schrott |
| Wiederaufarbeitung: | - Verdampferkonzentrate |
| | - Feedklärschlamm |
| | - organische Lösungen |
| | - Filter |
| Kerntechnische Industrie: | - Mischabfälle |
| | - Schlämme |
| | - Abschirmteile |
| | - Schrott |
| Stilllegung / Rückbau: | - Mischabfälle |
| | - Schrott |
| | - Bauschutt |
| Forschung: | - Misch- und Laborabfälle |
| | - Lösungsmittel, Öle |
| | - biologische Abfälle |
| | - Strahlenquellen |
| | - Abwässer |

- Isotopenanwendung:
- Mischabfälle,
 - Lösungsmittel, Öle,
 - Strahlenquellen

Abfallartenlisten für radioaktive Abfälle

Für radioaktive Abfälle sind zu deren stofflichen Charakterisierung Abfallartenlisten in der Abfallkontrollrichtlinie /RL-89/ sowie in der novellierten Strahlenschutzverordnung /VO-01b/ festgelegt worden. Laut StrlSchV § 73 sind die radioaktiven Abfällen entsprechend diesen Listen zu erfassen, wobei der Verarbeitungszustand – Rohabfall, Zwischenprodukt oder konditionierter Abfall – zu vermerken ist, sowie die Abfallbezeichnung und schließlich die Behandlungsart zu benennen sind. Die in der Strahlenschutzverordnung aufgeführte Liste zur Bezeichnung des Abfalls entspricht derjenigen der Kontrollrichtlinie, ergänzt durch zusätzlich aufgenommene Abfallkategorien. Der Einteilung der Abfälle liegen im wesentlichen physikalisch-chemische Charakteristika zu Grunde, so wird in feste und flüssige Abfälle (jeweils anorganisch und organisch), in gasförmige Abfälle, Mischabfälle und Strahlenquellen unterschieden (siehe Tabelle 1).

Die Angaben, die lt. § 73 StrlSchV für radioaktive Abfälle zu erfassen sind, sollen auch Angaben zur stofflichen Zusammensetzung beinhalten (StrlSchV Anlage X, Teil B), die in der Verordnung jedoch nicht näher spezifiziert sind.

Tabelle 1: Bezeichnung des Abfalls nach StrlSchV /VO-01b/

Bezeichnung des Abfalls		Bezeichnung des Abfalls	
A	Feste Abfälle anorganisch	B	Feste Abfälle organisch
AA	Metalle	BA	Leicht brennbare Stoffe
AAA	Ferritische Metalle	BAA	Papier
AAB	Austenitische Metalle	BAB	Textilien
AAC	Buntmetalle	BAC	Holz
AAD	Schwermetalle	BAD	Putzwolle
AAE	Leichtmetalle	BAE	Zellstoff
AAF	Stahl verzinkt	BAF	Folie
AAG	kontaminierte Anlagenteile	BAG	Polyethylen
AAH	Hülsen und Strukturteile		
AB	Nichtmetalle	BB	Schwer brennbare Stoffe
ABA	Bauschutt	BBA	Kunststoffe (ohne PVC)
ABB	Kies, Sand	BBB	PVC
ABC	Erdreich	BBC	Gummi
ABD	Glas	BBD	Aktivkohle
ABE	Keramik	BBE	Ionenaustauscherharze
ABF	Isolationsmaterial	BBF	Lacke, Farben
ABG	Kabel	BBG	Chemikalien
ABH	Glaswolle	BBH	Kehricht
ABI	Graphit	BC	Filter
ABJ	Asbest, Asbestzement	BCA	Laborfilter
ABK	Chemikalien	BCB	Luftfilterelemente
AC	Filter	BCC	Boxenfilter
ACA	Laborfilter		
ACB	Luftfilterelemente	BD	Biologische Abfälle
ACC	Boxenfilter	BDA	Kadaver
ACD	Filterkerzen	BDB	Medizinische Abfälle
AD	Filterhilfsmittel	BZ	Unsortierter Abfall
ADA	Ionenaustauscher		
ADB	Kieselgur		
ADC	Silicagel		
ADD	Molekularsieb		
AE	Sonstige		
AEA	Asche		
AEB	Schlacke		
AEC	Filterstaub, Flugasche		
AED	Salze		
AF	Kernbrennstoffe		
AFA	Kernbrennstoffe unbestrahlt		
AFB	Kernbrennstoffe bestrahlt		
AFC	Wiederaufgearbeitetes Uran		
AFD	Wiederaufgearbeitetes Plutonium		
AZ	Unsortierter Abfall		

Fortsetzung Tabelle 1: Bezeichnung des Abfalls nach StrlSchV /VO-01b/

Bezeichnung des Abfalls		Bezeichnung des Abfalls	
C	Flüssige Abfälle anorganisch	D	Flüssige Abfälle organisch
CA	Chemieabwässer	DA	Öle
CAA	Betriebsabwässer	DAA	Schmieröle
CAB	Prozessabwässer	DAB	Hydrauliköle
CAC	Dekontaminationsabwässer	DAC	Transformatoröle
CAD	Laborabwässer		
CAE	Verdampferkonzentrat	DB	Lösungsmittel
CAF	Schweres Wasser (D ₂ O)	DBA	Alkane
CAG	Säure	DBB	TBP
CAH	Lauge	DBC	Szintillationslösung
		DBD	Markierte Flüssigkeiten
CB	Schlämme/ Suspensionen	DBE	Kerosin
CBA	Abschlämungen	DBF	Alkohole
CBB	-	DBG	Aromatische Kohlenwasserstoffe
CBC	Fällschlämme	DBH	Halogenierte Kohlenwasserstoffe
CBD	Sumpfschlämme		
CBE	Dekanterrückstand	DC	Emulsionen
CBF	Feedklärschlämme		
		E	Gasförmige Abfälle
CC	Biologische Abwässer		
CCA	Medizinische Abwässer	F	Mischabfälle (A – D)
CCB	Pharma-Abwässer	FA	Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze
CCC	Fäkal-Abwässer	FB	Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze, feste Abfälle
CD	Spaltproduktkonzentrate		
		G	Strahlungsquellen
		GA	Neutronenquellen
		GB	Gammaquellen
		GC	Prüfstrahler
		GD	Diverse Quellen

Abfallverzeichnis für nicht radioaktive Abfälle

Die Kategorisierung von konventionellen, d. h. nicht radioaktiven Abfällen auf Grundlage des Europäischen Abfallverzeichnisses erfolgt nach der Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV – /VO-01c/.

In der AVV sind die Abfallarten mit Abfallschlüsselnummern versehen, wobei die Einteilung nach der Art der Abfallentstehung bzw. der Herkunft der Abfälle vorgenommen wird. Besonders überwachungsbedürftige (gefährliche Stoffe enthaltende) Abfälle sind dabei besonders gekennzeichnet. Die im Verzeichnis aufgeführten Abfallstoffe sind unter die in Tabelle 2 aufgeführten Kapitel aufgeteilt, welche die Bereiche der Abfallentstehung kennzeichnen.

Tabelle 2: Kapitel des Europäischen Abfallverzeichnisses

Europäisches Abfallverzeichnis
1. Abfälle, die beim Aufsuchen, Ausbeuten und Gewinnen sowie bei der physikalischen und chemischen Behandlung von Bodenschätzen entstehen
2. Abfälle aus Landwirtschaft, Gartenbau, Teichwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei sowie der Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln
3. Abfälle aus der Holzbearbeitung und der Herstellung von Platten, Möbeln, Zellstoffen, Papier und Pappe
4. Abfälle aus der Leder-, Pelz- und Textilindustrie
5. Abfälle aus der Erdölraffination, Erdgasreinigung und Kohlepyrolyse
6. Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen
7. Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen
8. Abfälle aus Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Beschichtungen (Farben, Lacken, Email), Klebstoffen, Dichtmassen und Druckfarben
9. Abfälle aus der fotografischen Industrie
10. Abfälle aus thermischen Prozessen
11. Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen; Nichteisen-Hydrometallurgie
12. Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen
13. Ölabfälle und Abfälle aus flüssigen Brennstoffen (außer Speiseöle, 05 und 12)
14. Abfälle aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln und Treibgasen (außer 07 und 08)
15. Verpackungsabfall, Aufsaugmassen, Wischtücher, Filtermaterialien und Schutzkleidung (a.n.g.)
16. Abfälle, die nicht anderswo im Verzeichnis aufgeführt sind
17. Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)
18. Abfälle aus der humanmedizinischen oder tierärztlichen Versorgung und Forschung (ohne Küchen- und Restaurantabfälle, die nicht aus der unmittelbaren Krankenpflege stammen)
19. Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen, öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen sowie der Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch und Wasser für industrielle Zwecke
20. Siedlungsabfälle (Haushaltsabfälle und ähnliche gewerbliche und industrielle Abfälle sowie Abfälle aus Einrichtungen), einschließlich getrennt gesammelter Fraktionen

Die einzelnen Kapitel sind weiter unterteilt und beinhalten die unterschiedlichen Abfallstoffe beispielsweise wie folgt:

- 17 Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)
- 17 06 Dämmmaterial und asbesthaltige Baustoffe
- 17 06 01*: Dämmmaterial, das Asbest enthält
- 17 06 05*: asbesthaltige Baustoffe

Gefährliche (besonders überwachungsbedürftige) Abfallarten sind durch (*) gekennzeichnet.

In diesem Verzeichnis werden die kerntechnischen Bereiche nicht berücksichtigt, deshalb ist auch eine Anwendung auf die radioaktiven Abfälle nicht praktikabel.

Eine Deklaration von Abfällen nach der AVV käme nur im Falle der Verbringung von schwach radioaktiven oder NORM-Abfällen auf konventionelle Deponien in Betracht.

3 Grundwassergefährdende Inhaltsstoffe

3.1 Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung

Zur Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch endgelagerte Abfallgebinde und darin enthaltene grundwassergefährdende Stoffe werden die Listen I und II der Grundwasserverordnung /VO-97/ zu Grunde gelegt.

Tabelle 3: Liste I der Grundwasserverordnung

Liste I der Stofffamilien und Stoffgruppen
<p>Die Liste I umfasst die einzelnen Stoffe der nachstehend aufgeführten Stofffamilien und –gruppen mit Ausnahme der Stoffe, die auf Grund des geringen Toxizitäts-, Langlebigkeits- oder Bioakkumulationsrisikos als ungeeignet für die Liste I angesehen werden.</p> <p>Stoffe, die im Hinblick auf die Toxizität, Langlebigkeit oder Bioakkumulation für die Liste II geeignet sind, sind als Stoffe der Liste II zu behandeln.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Organische Halogenverbindungen und Stoffe, die im Wasser derartige Verbindungen bilden können 2. Organische Phosphorverbindungen 3. Organische Zinnverbindungen 4. Stoffe; die im oder durch Wasser krebserregende, mutagene oder teratogene Wirkung haben; dazu gehören auch Stoffe aus Liste II, soweit sie diese Wirkung haben 5. Quecksilber und Quecksilberverbindungen 6. Cadmium und Cadmiumverbindungen 7. Mineralöle und Kohlenwasserstoffe 8. Cyanid

Den Stofffamilien und Stoffgruppen der Liste I sind nach /BRE-98/ die folgenden in radioaktiven Abfällen vorkommenden Verbindungen zuzuordnen:

- Zu 1.: o-, m-, p-Chlorphenol, 2-Chlornaphthalin, Monochlorbiphenyl, Hexachlorbenzol
 γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan)
- Zu 2.: Phosphorsäureester, Tributylphosphat, Dibutylphosphat, Hexamethylphosphorsäuretriamid
- Zu 3.: Es gibt keine Hinweise auf das Vorhandensein organischer Zinnverbindungen in radioaktiven Abfällen
- Zu 4.: Nitrilotriessigsäure (NTA), Phosphorsäureester, Hexamethylphosphorsäuretriamid
 Monochlorbiphenyl, Hexachlorbenzol, γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan)
 Toluol, Xylol
 Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Te, Tl, V, Zn (krebserregend, mutagen bzw. teratogen)
 Au, Cs, Ge, Ir, Li, Os, Pa, Pt, Rb, Rh, Sr (mutagen)
 Asbest
- Zu 5.: Hg
- Zu 6.: Cd
- Zu 7.: Ölrückstände, Öl, Kerosin
 Polystyrol, Polyethylen, Polypropylen
 Divinylbenzol
 Alkane (Paraffine)
- Zu 8.: Cyanide (K- und Ni-Hexaferrocyanoferrate)

Tabelle 4: Liste II der Grundwasserverordnung

Liste II der Stofffamilien und Stoffgruppen			
Die Liste II umfasst die einzelnen Stoffe und Stoffkategorien aus den nachstehend aufgeführten Stofffamilien und Stoffgruppen, die eine schädliche Wirkung auf das Grundwasser haben können.			
1. Folgende Metalloide, Metalle und ihre Verbindungen:			
1.1 Zink	1.8 Antimon	1.15 Uran	
1.2 Kupfer	1.9 Molybdän	1.16 Vanadium	
1.3 Nickel	1.10 Titan	1.17 Kobalt	
1.4 Chrom	1.11 Zinn	1.18 Thallium	
1.5 Blei	1.12 Barium	1.19 Tellur	
1.6 Selen	1.13 Beryllium	1.20 Silber	
1.7 Arsen	1.14 Bor		
2. Biozide und davon abgeleitete Verbindungen, die nicht in der Liste I enthalten sind			
3. Stoffe, die eine für den Geschmack oder den Geruch des Grundwassers abträgliche Wirkung haben, sowie Verbindungen, die im Grundwasser zur Bildung solcher Stoffe führen und es für den menschlichen Gebrauch ungeeignet machen können			
4. Giftige oder langlebige organische Siliziumverbindungen und Stoffe, die im Wasser zur Bildung solcher Verbindungen führen können, mit Ausnahme derjenigen, die biologisch unschädlich sind oder sich im Wasser rasch in biologisch unschädliche Stoffe umwandeln			
5. Anorganische Phosphorverbindungen und reiner Phosphor			
6. Fluoride			
7. Ammoniak und Nitrite			

Den Stofffamilien und Stoffgruppen der Liste I sind nach /BRE-98/ die folgenden in radioaktiven Abfällen vorkommenden Verbindungen zuzuordnen:

Zu 1.: alle dort aufgeführten Metalle und Metalloide

Zu 2.: Mikrobiozide

Zu 3.: o-, m-, p-Chlorphenol, Hexachlorbenzol
Ölrückstände, Öl
Kerosin
Al, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, CO₃, SO₄

Zu 4.: Siliciumverbindungen (org.), Siliconöl

Zu 5.: Calciumpyrophosphat, Phosphate, Zn-Phosphat/Oxid, Na₅-Triphosphate, Komplexphosphate, Phosphonate, Kaliumpyrophosphat, Natriumdihydrogenphosphat, Phosphorpentoxid

Zu 6.: Fluoride

Zu 7.: Nitrite

3.2 Weitere Verordnungen, Regelwerke und Empfehlungen

Konkretisierend zu den Stoffen und Stofffamilien der Listen I und II der Grundwasserverordnung bzw. darüber hinausgehend sollen die Stoffe betrachtet werden, die in Verordnungen, Regelwerken und Empfehlungen zur Beschaffenheit von Grund- und Trinkwasser begrenzt sind. Berücksichtigt werden dabei insbesondere die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung /VO-99/, die Trinkwasserverordnung /VO-01a/, das Regelwerk des DVGW für die Trinkwasserversorgung /DVG-96/ und die Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser /LAW-98a/.

BBodSchV /VO-99/ (Prüfwerte Wirkungspfad Boden – Grundwasser):

- MKW (n-Alkane (C10-39), Isoalkane, Cycloalkane, aromatische KW)
- BTEX (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)
- LHKW (halogenierte C1- und C2-KW)
- Aldrin, DDT, Phenole,
- PCB ges., PAK ges., Naphthalin
- Cyanid gesamt, ~ leicht freisetzbar
- Sb, As, Pb, Cr, Chromat, Co, Cu, Mo, Ni, Se, Zn, Sn, Hg, Cd
- Fluorid

TWVO (neu) NO-01a/ (Grenzwerte für chemische Parameter und Indikatorparameter von Trinkwasser):

- Acrylamid
- Tetra-, Trichlorethen, Trihalogenmethane, Vinylchlorid, Epichlorhydrin, 1,2-Dichlorethan
- Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte
- Benzo-(a)-pyren, Benzol, PAK
- B, Cr, Se, Sb, As, Pb, Cu, Ni, Hg, Cd
- Biozidprodukte
- Fluorid
- Cyanid
- Nitrit, Ammonium
- Bromat, Nitrat, Chlorid, Sulfat
- Al, Fe, Mn, Na

DVGW W251 /DVG-96/ (Normal- und Mindestanforderungen an Fließgewässer für die Trinkwasserversorgung):

- AOX, PSM
- org. Cl-Verbindungen (Trichlorethan, Tri-, Tetrachlorethen, Dichlormethan, Tetrachlormethan)
- Trihalogenmethane
- PAK, Kohlenwasserstoffe
- Cyanid
- As, Pb, B, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, Cd, Hg
- Phosphat
- Fluorid
- Ammonium
- Al, Ca, Fe, Mg, Mn, Na
- Chlorid, Nitrat, Sulfat
- Anionische und nichtionische Tenside, NTA, EDTA

LAWA /LAW-98a/ (Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasserschäden):

- LHKW, PBSM, PCB, Chlorphenole, Chlorbenzole
- PAK, BTX, Benzol, PCDD/F, Phenole
- Kohlenwasserstoffe
- Cyanid (gesamt und leicht freisetzbar)
- Sb, As, Pb, Cr (ges.), Cr(VI), Cu, Mo, Ni, Se, Ti, V, Zn, Hg, Cd, Ba, Co, Sn
- Fluorid

Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe /VVV-99/:

Als nicht wassergefährdende Stoffe (vorher Wassergefährdungsklasse 0) wurden z. B. die folgenden Stoffe eingestuft:

- Bitumen
- Eisen
- Kohlenstoff
- Kunststoffe, z. B. Granulate, Formteile, Fasern, Folien, Kunststoffharze, soweit sie fest, nicht dispergiert, wasserunlöslich und indifferent sind
- Metalle, soweit sie fest sind, nicht in kolloidaler Lösung vorliegen und nicht mit Wasser oder Luftsauerstoff reagieren
- Naturstoffe wie Mineralien, Sand, Holz, Kohle, Zellstoff sowie Gläser und keramische Materialien, soweit sie fest, nicht dispergiert, wasserunlöslich und indifferent sind
- Siliciumdioxid
- Zink

In den nachfolgenden Betrachtungen wurden dennoch einige zu diesen Materialien gehörenden Abfallstoffe als chemotoxisch relevant benannt. Grund dafür sind die in den voranstehenden Verordnungen bzw. Empfehlungen für diese Stoffe festgelegten Prüf- oder Grenzwerte. Bei weiteren Betrachtungen und Bewertungen zur Chemotoxizität sollte die Einstufung nach VwVwS jedoch ebenfalls Berücksichtigung finden.

4 Identifizierung chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen

4.1 Chemotoxische Inhaltsstoffe in Behältermaterialien

Die Tabelle 5 beinhaltet eine Zusammenfassung möglicher Behälterarten für die Endlagerung sowie die Zusammensetzung und die chemisch-toxischen Bestandteile, die in den Materialien enthalten sein können. Es wurden dabei alle unter den Abschnitten 3.1 und 3.2 genannten relevanten Stoffe berücksichtigt.

An organischen Bestandteilen kommen bei den Behältermaterialien Fassbeschichtungs- bzw. Inlinerwerkstoffe (z. B. Polyester-, Alkydharze, PE) oder Verfüllmaterialien (wie z. B. Polyurethanschaum) in Betracht.

Anorganische Inhaltsstoffe sind:

- Cr: Legierungsbestandteil von Stahl, Zement- und Betonbestandteil
- Pb: Abschirmmaterial in den Behältern
- Se, Ba, Ti, Tl, V, U, Th: Spurenelemente von Zement/Beton
- Al, Ca, K, Fe, Mg: Zement- und Betonbestandteile
- As: Spurenelement von Pb
- Sulfat: Zementbestandteil

Tabelle 5: Behältermaterialien

Gruppe	Behälterart	Zusammensetzung	Chem-tox. Bestandteile
A Metallbehälter	Stahlfässer	Unlegierte ferritische Stähle, Zink, Lack-/ bzw. Kunststoffbeschichtung, Kunststoffinliner	Fe, Zn, Polyesterharz, Alkydharz, PE
	Gussbehälter	Gusseisen	Fe, Bi, Mn
	Stahlcontainer	Un- bis niedriglegierte ferritische Stähle	Fe, Cr
B Betonbehälter	Normalbetonbehälter	Normalbeton, Armierungsstahl	Ca, Al, Fe, Mg, Cr, K, (Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Th), Sulfat
	Schwerbetonbehälter	Schwerbeton, Armierungsstahl	Ca, Al, Fe, Mg, Cr, Ba, K, (Se, Te, Ti, Tl, V, U, Th), Sulfat
C Abschirmungen, Verfüllungen	Stahl	Un- bis niedriglegierte ferritische Stähle	Fe, Zn
	Blei	Blei	Pb, As
	Sand, Kies	Sand, Kies	
	Beton	Normalbeton, Schwerbeton	Ca, Al, Fe, Mg, Cr, K, (Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Th), Sulfat
	Kunststoffverschäumung	Polyurethanschaum	Polyurethane

4.2 Chemotoxische Inhaltsstoffe in Konditionierungsmaterialien

Die Tabelle 6 beinhaltet eine Zusammenfassung möglicher Konditionierungsmaterialien sowie die Zusammensetzung und die chemisch-toxischen Bestandteile, die in diesen Materialien enthalten sein können. Es wurden dabei alle unter den Abschnitten 3.1 und 3.2 genannten relevanten Stoffe berücksichtigt.

Tabelle 6: Konditionierungsmaterialien

Gruppe	Konditionierungsmaterial	Zusammensetzung	Chem-tox. Bestandteile
A Bindemittel	Zement, Beton; Emulgatoren	Zement, Sand, Kies, Emulgatoren (zur Zementierung von Ölen)	Ca, Al, Fe, Mg, Cr, K, (Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Th), Sulfat, organ. Salze, Fettsäuren
	Gips	Gips	Ca, Sulfat
	Bitumen	Bitumen	Paraffine, PAK,
	Kunststoffe	PVC, Polystyrol	PVC, Polystyrol, Divinylbenzol
B Sorptionsmittel	Kieselgur	Kieselgur	Al, Ca, Fe, Mg, Na, K, Ti
	Aktivkohle	Aktivkohle	
	Vermiculit	Vermiculit	Al, Fe, Mg, Ca, K, Cr, Cl,

Materialien, die organische chemotoxische Stoffe beinhalten können, sind Bitumen, Kunststoffe und zementierte Öle. Mögliche Inhaltsstoffe sind:

- PAK: Bestandteil von Bitumen
- Paraffine: Bestandteil von Bitumen
- PVC, Polystyrol: Bestandteile von Kunststoffen
- Divinylbenzol: Bestandteil von Polystyrol
- Emulgatoren: Bestandteil von zementierten Ölen

Anorganische Stoffe beinhalten Zement, Beton, Gips, Kieselgur, A-Kohle und Vermiculit:

- Cr: Bestandteil von Zement, Beton, Vermiculit
- Se, Ba, Ti, Tl, V, U, Th: Spurenelemente von Zement, Beton, Kieselgur

- Al, Ca, K, Fe, Mg: Bestandteile von Zement, Beton, Gips, Kieselgur, Vermiculit
- Sulfat: Bestandteil von Zement, Beton, Gips

4.3 Chemotoxische Inhaltsstoffe in Abfallmaterialien

Eine Prüfung und Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe ist im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung bereits durchgeführt worden. Folgende chemisch-toxische Inhaltsstoffe wurden dabei als Abfallbestandteile identifiziert:

Organische Abfallinhaltsstoffe und deren Herkunft:

- nichtionische Tenside: in Wasch- und Reinigungsmitteln von KKW, FuE, WAA
- anionische Tenside: in Wasch- und Reinigungsmitteln von KKW, FuE, WAA
- Benzalkoniumchlorid (kationisches Tensid):
in Desinfektionsmitteln, Waschmitteln
- Na-EDTA, EDTA, Na-NTA: in Wasch- und Reinigungsmitteln von KKW, FuE, WAA
- Oxalsäure, Na-Oxalat: in Wasch- und Reinigungsmitteln von KKW, FuE, WAA
- Citronensäure, NH₄-Citrat, Trinatriumcitrat, Dinatriumhydrogencitrat:
in Wasch- und Reinigungsmitteln von KKW, FuE, WAA
- Na₂-Tartrat: in Wasch- und Reinigungsmitteln von KKW, FuE, WAA
- halogenierte Phenole (o-, m-, p-Chlorphenol):
in Abfällen der pharmazeutischen Forschung
- halogenierte Naphthaline (2-Chlornaphthalin):
in Abfällen der pharmazeutischen Forschung
- Biphenyle (Monochlorbiphenyl):
in Abfällen der pharmazeutischen Forschung
- Hexachlorbenzol: in Abfällen der pharmazeutischen Forschung
- γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan):
in PBSM, Holzabfällen
- Phosphorsäureester: in Deko- und Reinigungsabfällen von KKW, FuE; Wirkstoffe in
Reinigungsmitteln; in Beiz- und Haftmitteln
- Tributylphosphat (TBP) / Dodecan:
Extraktionsmittel bei der WAA und FuE
- Dibutylphosphat (DBP): Abbauprodukt von TBP
- Hexamethylphosphorsäuretriamid:
in Abfällen der pharmazeutischen Forschung
- Ölrückstände, Öl: aus KKW-Betrieb, FuE, Stilllegung
- Polystyrol: Ionenaustauscherharze
- Polyethylen, PE/PP, PP: Folien
- Divinylbenzol: Bestandteile von Ionenaustauschern
- Alkane (Paraffine): in Konzentraten aus FuE, in Deko- und Prozessabwässern
der WAA
- Toluol, Xylole, Kerosin: in Konzentraten aus FuE, in Deko- und Prozessabwässern
der WAA
- Mikrobiozide: in Desinfektionsmitteln (Waschmitteln)
- Si-Verbindungen (org.) (Silikonkautschuk):
aus kerntechnischer Industrie, WAA, FuE; Platinen aus KKW;
in Dichtungsmassen
- Siliconöl: in Abfällen aus FuE
- Fluoride (org.) (PTFE, PVDF, Fluorkautschuk):
Folien, Beschichtungen, Auskleidungen in Abfällen von FuE,
WAA, kerntechnischer Industrie

Anorganische Abfallinhaltsstoffe und deren Herkunft:

- Ag, Cr gesamt, Mo, Ni, Zn: in metallischen Abfällen, Schrott; Mo in Feedklärschlämmen der WAA
- As: als Spurenelement von Pb
- B, Co, Sb: in (getrockneten) VDK, Abfälle aus FuE
- Ba, Se, Te, Ti, Tl, V: Spurenelemente im Zement oder Beton
- Be: Bestandteil von Legierungen, Strahlenquellen
- Cr (VI): Spurenelement im Zement oder Beton
- Cd, Fe: in metallischen Abfällen, Schrott
- Cu, Sn: in Altkabeln, Platinen
- Hg, Cl: in Kunststoffabfällen
- Pb in Behälterauskleidungen, Abschirmelementen
- U, Th: Spurenelemente im Zement oder Beton
- Au, Cs, Li, Pt, Rb, Sr: Bestandteile von Legierungen, Strahlenquellen
- Rh/Pd: in Feedklärschlämmen der WAA
- Asbest: in Abfällen der WAA, in Betriebs- und Stilllegungsabfällen aus KKW; in Baustoffen, Pumpendichtungen
- Al, Ca, K, Mg, Th: in Abfällen aus FuE, Kernkraftwerken, der WAA; Zement- und Betonbestandteile
- Bi, Mn: Spurenelemente in Pb-Komponenten
- Na: in getrockneten VDK, KKW-, FuE-Abfälle
- NH_4^+ : in getrockneten VDK aus KKW und FuE
- NO_3^- : in LAW-, MAW-Konzentraten aus FuE
- SO_4^{2-} : in Betriebsabfällen der KKW; Zementbestandteil
- Cyanide: in Abfällen der WAA
- Fluoride (anorg.): z. B. NaF in Dekoabwässern und –konzentraten der WAA und aus FuE; Abfälle aus der Kernbrennstoffherstellung
- Nitrite: als NaNO_2 in LAW-Konzentraten aus FuE und in Abfällen der kerntechnischen Industrie
- Phosphate: Wasch- und Reinigungsmittel in KKW, FuE, WAA
- Zn-Phosphat/oxid: Bestandteile von Kunstharzfarben
- Na_5 -Triphosphat, K-/Ca-Pyrophosphat, Natriumdihydrogendiphosphat: Bestandteile von Wasch- und Reinigungsmitteln (Wasserenthärter, Säureregulatoren)
- Komplexphosphate, Phosphonate: Extraktionsmittel, komplexbildende Additive
- Phosphorpentoxid: Trocknungsmittel

Zur näheren Identifizierung der chemisch-toxischen Abfallinhaltsstoffe wurden die Elemente und Verbindungen den nach StrlSchV zu deklarierenden Abfallarten zugeordnet. Obwohl die Einteilung in anorganische und organische Abfälle entsprechend der Abfallbezeichnungsliste lt. StrlSchV bei einer genaueren Aufschlüsselung eigentlich nicht korrekt ist, wurde diese Liste zu Grunde gelegt. Dies bedeutet, dass unter der Kategorie A „Feste Abfälle anorganisch“ z. B. auch eine Reihe organischer Bestandteile zu finden sind; das gleiche trifft auf die Kategorien B, C, und D zu.

Die Tabelle 7 enthält die Aufschlüsselungen der chemisch-toxischen Bestandteile auf die einzelnen Abfallarten.

Tabelle 7: Abfallmaterialien

Abfallgruppe	Abfallart	Zusammensetzung	Chem-tox. Bestandteile
A Feste Abfälle anorganisch			
AA <i>Metalle</i>	AAA Ferritische Metalle	un- bis hochlegierte ferritische Stähle	Fe, Cr, Mo, Ti, V
	AAB Austenitische Metalle	austenitische Stähle	Ni, Co, Fe, Mn
	AAC Buntmetalle	Pb, Zn, Sn, Ni, Cu, Messing, Bronze	Pb, Cd, Co, Cu, Zn, Sn, Ni, Mn
	AAD Schwermetalle	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Co, Au, Mn, Mo, Ni, Pt, Hg, Se, Ag, V, Sn, U, W, Nb	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Co, Au, Mn, Mo, Ni, Pt, Hg, Se, Ag, V, Sn, U, W, Nb, (Mn, Sb, As)
	AAE Leichtmetalle	Al, (Mg, Be, Ti)	Al, Mg, Be, Ti
	AAF Stahl verzinkt	C-Stahl, Zink	Fe, Zn
	AAG kontaminierte Anlagenteile	Fe- und NE-Metalle	alle o. g.
	AAH Hülsen und Strukturteile ¹⁾		
AB <i>Nichtmetalle</i>	ABA Bauschutt	Beton, Schwerbeton, Baustahl, Abschirmteile, Glas-, Mineralwolle, Sand, Asbest..	Ca, Al, Fe, K, Mg, (Ba, Se, Te, Ti, Tl, Th, V, U), Pb, Sulfat, Cr(VI), Asbest
	ABB Kies, Sand	Kies, Sand	<i>keine chem.-tox. Bestandteile</i>
	ABC Erdreich	Kies, Sand, Huminstoffe	<i>keine chem.-tox. Bestandteile</i>
	ABD Glas	Gerätéglass, Bleiglas u. a.	Al, B, K, Pb, Ca, Na, Mg, Ba
	ABE Keramik	Ton-, Kaolinwaren	<i>keine chem.-tox. Bestandteile</i>
	ABF Isolationsmaterial	Glaswolle, Mineralwolle, Kunststoffe, Aluminium, Asbest, Formaldehydharz (zur Bindung von Glasfasern)	Al, K, B, Fe, Mg, Polystyrol, Formaldehydharz, Asbest
	ABG Kabel	Kupfer, Aluminium, Kunststoffe	Cu, Al, Sn, PE
	ABH Glaswolle	Glasfasern	Al, B, K, Ca, Na, Mg
	ABI Graphit	Kohlenstoff	<i>keine chem.-tox. Bestandteile</i>
	ABJ Asbest, Asbestzement	Asbest, Zement	Asbest, Ca, Al, Fe, Mg, K, (Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Th), Sulfat, Cr(VI)
	ABK Chemikalien	anorganische Säuren, Basen	Chlorid, Fluorid, Sulfat, Nitrat, Cyanid, P-Verbindungen (P-Pentoxid)
	AC <i>Filter</i>	ACA Laborfilter	Holz, Kunststoff, Metall, Gummi
ACB Luftfilterelemente		Holz, PVC, Asbest, Glasfaser, Stahl, Kunststoff, Pappe	PVC, PE, Asbest, Fe
ACC Boxenfilter		Holz, Kunststoff, Metall, Gummi	PVC, PE, PVC, Fe
ACD Filterkerzen		Keramik, Kunststoff, Glas-, Polyethylenfaser, Fe, Al, Korros.produkte, Harz	Schwermetalle, PE, Al, PS
AD <i>Filterhilfsmittel</i>	ADA Ionen-austauscher	Polystyrol, Akrylnitrilfaser, Divinylbenzol, Korros.produkte	Divinylbenzol, PS
	ADB Kieselgur	Kieselgur	Al, Ca, Fe, Mg, Na, K, Ti
	ADC Silicagel	Silicagel	<i>keine chem.-tox. Bestandteile</i>
	ADD Molekularsieb	Zeolithe	<i>keine chem.-tox. Bestandteile</i>

¹⁾ Auf Grund der Beschränkung auf nicht wärmeerzeugende Abfälle nicht relevant.

Fortsetzung Tabelle 7: Abfallmaterialien

Abfallgruppe	Abfallart	Zusammensetzung	Chem-tox. Bestandteile
AE <i>Sonstige</i>	AEA Asche	Asche	Sulfat, Nitrat, PAK, PCDD/F, Schwermetalle
	AEB Schlacke	Schlacke	Pb, Cr, As, Cd, Fluorid, PAK, PCDD/F

	AEC Filterstaub, Flugasche	Filterstaub, Asche	Cd, Hg, Pb, Cr, Zn, Ni, Sulfat, Chlorid, Fluorid, PCDD/F, PAK
	AED Salze	Sulfate, Phosphate, Halogenide, Cyanide, Nitrate, Nitrite, Borate u. a. Salze	B, Na, K, Ca, Mg, Al, As, Schwermetalle, Sulfat, Nitrit, Phosphat, Chlorid, Fluorid, Cyanid, Nitrat
AF Kernbrennstoffe	AFA Kernbrennstoffe unbestrahlt	UO ₂ , Hüllmaterial	U, Zr, Sn
	AFB Kernbrennstoffe bestrahlt ¹⁾		
	AFC Wiederaufgearbeitetes Uran	UO ₂	U
	AFD Wiederaufgearbeitetes Pu	PuO ₂	Pu
B Feste Abfälle organisch			
BA Leicht brennbare Stoffe	BAA Papier	Zellulosefasern	keine chem.-tox. Bestandteile
	BAB Textilien	Baumwolle, Kunststofffasern	keine chem.-tox. Bestandteile
	BAC Holz	Zellulose, Lignin	PBSM (z. B. Lindan)
	BAD Putzwolle	Zellulose, Baumwolle	keine chem.-tox. Bestandteile
	BAE Zellstoff	Zellulose	keine chem.-tox. Bestandteile
	BAF Folie	PE, PP	PE, PP
	BAG Polyethylen	PE	PE
BB Schwer brennbare Stoffe	BBA Kunststoffe (ohne PVC)	Polystyrol, PTFE, Silicone	Polystyrol, PTFE, Silicone
	BBB PVC	PVC	PVC
	BBC Gummi	Kautschuk, Silikonkautschuk	Silicone
	BBD Aktivkohle	C	keine chem.-tox. Bestandteile
	BBE Ionenaustauscherharze	Polystyrol, Divinylbenzol, Korrosionsprodukte	PS, Divinylbenzol, Schwermetalle
	BBF Lacke, Farben	Polyesterharze, Alkydharze, Nitroverbindungen	Polyester-, Alkydharze, Zn-Phosphat/oxid, Cd, Ti, Schwermetalle, Nitrit, Silicone
	BBG Chemikalien	Lösungsmittel, Ester, organische Säuren,..	BTEX, LHKW, Citronen-, Oxalsäure, weitere nicht spezifizierbar
	BBH Kehrlicht	Sand, Reinigungsmittel	keine chem.-tox. Bestandteile
BC Filter	BCA Laborfilter	s. o.	s. o.
	BCB Luftfilterelemente		
	BCC Boxenfilter		
BD Biologische Abfälle	BDA Kadaver	Formaldehyd, Collagene	Formaldehyd
	BDB Medizinische Abfälle	organische Stoffe, Pharmazeutika, Desinfektionsmittel	BTEX, Formaldehyd, Mikrobiozide, weitere nicht spezifizierbar

¹⁾ Auf Grund der Beschränkung auf nicht wärmeerzeugende Abfälle nicht relevant.

Fortsetzung Tabelle 7: Abfallmaterialien

Abfallgruppe	Abfallart	Zusammensetzung	Chem-tox. Bestandteile
BZ	Unsortierter Abfall	alle vorgenannten Stoffe	alle vorgenannten Bestandteile
C Flüssige Abfälle anorganisch			
CA Chemieabwässer	CAA Betriebsabwässer	Salze, Tenside, Mikrobiozide, P-Verbindungen	Na, Fe, Ca, Mg, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Phosphat, Polyphosphate, Phosphonate, Pyrophosphate, Phosphorsäureester, Tenside, Mikrobiozide
	CAB Prozessabwässer	Salze, (Alkane, Toluol, Xylole, Kerosin)	Alkane, Toluol, Xylole, Kerosin, Fluoride

	CAC Dekontaminations-abwässer	anorganische, organische Säuren, Salze und Ester, Tenside, Komplexbildner	Schwermetalle, Fluorid, Oxalsäure, Oxalat, Citrat, Citronensäure, Tartrat, Tenside, Phosphorsäureester
	CAD Laborabwässer	anorganische, organische Säuren, Salze und Ester, Lösungsmittel	Schwermetalle, Sulfat, Chlorid, Fluorid, Phosphat, BTEX, Tenside, Phosphorsäureester u.a.
	CAE Verdampfer-konzentrat	Salze, Borsäure, Borate, organische Bestandteile, Komplexbildner, Tenside	B, Na, Fe, Ca, Mg, EDTA, NTA, Na-EDTA, Na-NTA, Nitrite, Nitrate, Sulfat, Phosphat, Chlorid, Tenside
	CAF Schweres Wasser (D ₂ O) ¹⁾		
	CAG Säure	anorganische Säuren	Sulfat, Chlorid, Nitrat, Fluorid
	CAH Lauge	Laugen	Na, K, Ammonium
CB Schlämme/ Suspensionen	CBA Abschlammungen	Kieselgur, Ionenaus-tauscherharz, Öle, Fette, Salze	Polystyrol, Divinylbenzol, Öle, Na, Fe, Sulfat, Phosphat, Chlorid
	CBB -		
	CBC Fällschlämme	Sand, organische Stoffe, Öle, Salze	Al, Fe, Mn, Öle, Cyanid, Phosphat, Schwermetalle
	CBD Sumpfschlämme	Salze, Borsäure, Borate, Sand, A-Kohle, Harze	B, Polystyrol, Divinylbenzol, Nitrat, Sulfat
	CBE Dekanterrückstand	Kieselgur, Ionenaus-tauscherharz, Öle, Fette, Salze	Na, Fe, Polystyrol, Sulfat, Phosphat, Chlorid, Divinylbenzol, Öle
	CBF Feedklärschlämme	Korrosionsprodukte, Aktinide, Salze	Ru, Mo, Rh, Pd, Zr, U, Pu, Nitrat
CC Biologische Abwässer	CCA Medizinische Abwässer	Wasser mit organischen und anorganischen Verbindungen	Tenside, Mikrobiozide
	CCB Pharma-Abwässer	Wasser mit organischen und anorganischen Verbindungen	halogenierte Phenole und Naphthaline; Biphenyle, Hexachlorbenzol, Hexame-thylphosphorsäuretriamid
	CCC Fäkal-Abwässer ³⁾		
CD Spaltproduktkonzentrate ²⁾			

¹⁾ Für Endlagerung nicht relevant.

²⁾ Auf Grund der Beschränkung auf nicht wärmeerzeugende Abfälle nicht relevant.

³⁾ Für Endlagerung nicht relevant, ggf. in (behandelten) Abwässern enthalten.

Fortsetzung Tabelle 7: Abfallmaterialien

Abfallgruppe	Abfallart	Zusammensetzung	Chem-tox. Bestandteile
D Flüssige Abfälle organisch			
DA Öle	DAA Schmieröle	Öle	Öle, PAK, BTEX, PCB, Cr-VI, Schwermetalle
	DAB Hydrauliköle	Silikonöle, KW-Öle	Öle, Silicone, PCB
	DAC Transformatoröle	Öle, PCB	Öle, PCB, PCDD, PCDF
DB Lösungsmittel	DBA Alkane	Alkane	Alkane, (Paraffine)
	DBB TBP	TBP, Dodecan, DBP	TBP, Dodecan, DBP
	DBC Szintillations-lösung	Dioxan, Toluol, Xylol, Cumol	Dioxan, Toluol, Xylol, Cumol
	DBD Markierte Flüssigkeiten	Wässrige Lösungen, Lösungsmittel	Salze, BTEX, Alkohole, weitere nicht spezifizierbar
	DBE Kerosin	Kerosin	Kerosin, BTEX
	DBF Alkohole	Alkohole	Alkohole

	DBG Aromatische Kohlenwasserstoffe	BTEX	BTEX
	DBH Halogenierte Kohlenwasserstoffe	halogenierte aliphatische und aromatische KW; halogenierte Phenole, Naphthaline und Benzole	FCKW, LHKW; halogenierte Phenole, Naphthaline und Benzole
DC	Emulsionen	Öl, Wasser, Emulgatoren	Öle, organ. Salze, Fettsäuren
E	Gasförmige Abfälle ¹⁾		
F	Mischabfälle (A – D)		
FA	Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze	Harze, Kieselgur, A-Kohle, Zellulose, Salze	s. o.
FB	Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze, feste Abfälle	Harze, Kieselgur, A-Kohle, Zellulose, Salze, Metalle	s. o.
G	Strahlungsquellen		
GA	Neutronenquellen	Am-/Be-, Ra/Be-, Cf-252-Quellen u. a., nicht rostender Stahl, Abschirmmaterial	Be, Paraffin, PE, Fe, Cr, Ni, Mo, Cd, B
GB	Gammaquellen	aktivierte Materialien, nichtrostender Stahl, Abschirmmaterial (Pb)	Fe, Cr, Ni, Mo, Pb
GC	Prüfstrahler	aktivierte Materialien, nichtrostender Stahl, Abschirmmaterial (Pb)	Fe, Cr, Ni, Mo, Pb
GD	Diverse Quellen	aktivierte Materialien, nichtrostender Stahl, Abschirmmaterial (Pb)	Fe, Cr, Ni, Mo, Pb

¹⁾ Gasförmige Abfälle sind für eine Endlagerung nicht relevant.

5 Zusammenfassung und weitere Bearbeitung

Zur Endlagerung vorgesehene radioaktive Abfälle beinhalten Behälter-, Konditionierungs- und Abfallmaterialien, die wiederum Stoffe enthalten, welche bei einem Kontakt mit Grundwasser schädliche Verunreinigungen des Wassers verursachen können.

Für die Identifizierung chemisch-toxischer Abfallinhaltsstoffe wurden die Grundwasserverordnung, die Trinkwasserverordnung, Richtlinien des DVGW, Empfehlungen der LAWA und weitere relevante Regelwerke berücksichtigt.

Die Tabelle 8 enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Behälter-, Konditionierungs- und Abfallmaterialien und deren Zusammensetzung.

Sehr große Volumen- und Masseanteile bilden erfahrungsgemäß Behälter- und Konditionierungsmaterialien, d. h. unlegierter Stahl, Gusseisen und Beton. In wesentlich geringeren Anteilen kommen Bleiabschirmungen zum Einsatz, die allerdings beträchtliche Mengen an chemisch-toxischen Bestandteilen liefern.

In Bezug auf die Abfallmaterialien selbst sind eher die in geringen Mengen anfallenden Stoffe diejenigen mit einem relativ hohen chemisch-toxischen Potential wie z. B. Öl und Ölrückstände, Lösungsmittel, sowie die größeren Mengen an verfestigten Flüssigabfällen mit Tensiden, Komplexbildnern, Borverbindungen und Salzen.

Die weitere Bearbeitung wird die Recherche technischer Möglichkeiten zur Charakterisierung der identifizierten chemotoxischen Stoffe beinhalten, wofür Kontakte zu Kontrolleinrichtungen (KFA Jülich, TÜV), Konditionierern (GNS), sowie ggf. zu Abfallverursachern (Forschungszentrum Karlsruhe; Kernkraftwerk) und zu Landessammelstellen (Landessammelstelle Sachsen) hergestellt werden. Über diese Kontakte sollen außerdem Fragen zur Art und Zusammensetzung von Rohabfällen sowie zur Anwendung von Konditionierungsverfahren und der Art und Zusammensetzung dabei entstehender Abfallprodukte weiter geklärt werden.

Für die Konkretisierung und Zusammenstellung zu beachtender gesetzlicher und untergesetzlicher Anforderungen an Art und Menge von chemotoxischen Inhaltsstoffen in den radioaktiven Abfällen werden regulatorische und gesetzliche Grundlagen recherchiert und es wird Verbindung zur LAWA zwecks Konsultation und fachlicher Beratung aufgenommen.

Tabelle 8: Zusammensetzung der Behälter-, Konditionierungs- und Abfallmaterialien

Abfallkomponente	Hauptbestandteile	Relevante chem.-toxische Bestandteile
Behälter		
Stahlbehälter	Stahl, Gusseisen	Fe, Cr, Bi, Mn
	Beschichtungen	Zn, Polyester-/Alkydharz
Betonbehälter	Beton, Armierung	Ca, Al, Fe, Mg, Cr, K, Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Th, Sulfat
Auskleidung / Verfüllung	Blei	Pb, As
Konditionierungsmaterial		
Zement, Beton	Beton, Zement; Emulgatoren (zur Zementierung von Ölen)	Ca, Al, Fe, Mg, Cr, K, Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Th, Sulfat; Emulgatoren (organ. Salze, Fettsäuren)
Sorptionsmittel	A-Kohle, Kieselgur, Vermiculit	Ca, Al, Fe, Mg, Cr, K, Na, Ti, Cl
Sonstige	Bitumen, Gips, PVC, PS	PAK, Paraffine, Ca, Sulfat, PVC, PS
Abfallstoffe		
Schrott, Metalle	Fe-Metalle, NE-Metalle	Fe, Al, Pb, Cu, Cr, Mo, Ti, Ni, Zn, Co, Mn, Zr, Mg, V, Hg, Cd, Sn, Sb, Se, Bi, As, Ag, U, Be
Bauschutt u. ä.	Beton, Zement, Asbest, Isolationsmaterial	Ca, Al, Fe, K, Mg, (Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U), Pb, Th, Sulfat, Cr(VI), Asbest, PS, Formaldehydharz
Glas, Keramik	Glas, Keramik	Al, B, K, Pb, Ca, Na, Mg, Ba
Zellulosehaltig	Zellulose, Holz	PBSM
Kunststoffe	PE, PVC, PP, PS, Kautschuk, Silikone	PE, PP, PVC, PS, PTFE, Silicone, Divinylbenzol,
Asche, Schlacke	Asche, Schlacke	PAK, PCDD/F, Schwermetalle, Sulfat, Nitrat, Fluorid, Chlorid
Flüssig-wässrige Abfälle	Betriebs-, Deko-, Laborab- wässer (Salze, Säuren, Lösungsmittel)	Na, Fe, Ca, Mg, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Fluorid, P-Verbindungen, Tenside, Komplexbildner, Schwermetalle, Mikrobiozide, Kerosin, BTEX,
Konzentrate	Salze, Borate, Komplexbildner	B, Na, Fe, Ca, Mg, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Nitrit, Phosphate, Tenside, Komplexbildner, Schwermetalle,
Schlämme	Salze, Öle, Sand, Korrosionsprodukte	Al, Na, B, Fe, Mn, Schwermetalle, Sulfat, Chlorid, Phosphat, Nitrat, Cyanid, Öle, PS, Divinylbenzol, Ru, Mo, Rh, Pd, Zr, U, Pu
Ionenaustauscherharze	PS, Divinylbenzol	PS, Divinylbenzol, Schwermetalle
Filterhilfsmittel	Kieselgur, A-Kohle, Zellulose	PS, Divinylbenzol, Al, Ca, Fe, Mg, Na, K
Flüssig-organische Abfälle	Lösungsmittel, Öle, Emulgatoren, medizinische Abfälle	Öle, PAK, PCB, BTEX, TBP, DBP, Kerosin, Dodecan, PCDD/F; halogenierte Phenole, Naphthaline und Benzole; Formaldehyd, Mikrobiozide, organ. Salze, Fettsäuren
Sonstige	Chemikalien, Salze, Lacke, Farben, Strahlenquellen,..	Schwermetalle, Salze, PE, Paraffin u.a. nicht näher spezifizierbare Stoffe

6 Literatur

- /ATW-98/ Brennecke, P.: Endlagerung: Grundwasserrelevante Aspekte; atw 43. Jg., (1998) Heft 12, Dez. 1998, S. 779 ff
- /BFS-90/ Bundesamt für Strahlenschutz: Plan – Endlager für radioaktive Abfälle – Schachanlage Konrad Salzgitter; Stand 9/86 in der Fassung 4/90
- /BRE-95/ Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) – Schachanlage Konrad – ET-IB-79, BfS Salzgitter, Dez. 1995
- /BRE-98/ Brennecke, P.: Prüfung und Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe; ET-IB-94-REV-3; BfS Salzgitter, März 1998
- /DVG-96/ DVGW Regelwerk, Merkblatt W 251: Eignung von Fließgewässern für die Trinkwasserversorgung; Aug. 1996
- /LAW-98a/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), ad-hoc-AK „Prüfwerte“: Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung; 21.12.1998
- /RL-89/ Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden; Bundesanzeiger, 16.01.1989
- /VO-97/ Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997
BGBl. Teil I, Jg. 1997 Nr. 18, 21.03.1997, S. 542 ff
- /VO-99/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV);
BGBl. Teil I, Jg. 1999, Nr. 36, 12.06.1999, S. 1554 ff
- /VO-01a/ Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung von 21.05.2001;
BGBl. Teil I, Jg. 2001, Nr. 24, 28.05.2001, S. 959 ff
- /VO-01b/ Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz vom 20. Juli 2001 – Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV);
BGBl. Teil I, Jg. 2001, Nr. 38, 26.07.2001, S. 1714 ff
- /VO-01c/ Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses (Abfallverzeichnis-Verordnung- AVV) vom 10. Dez. 2001;
BGBl. Teil I, Jg. 2001, Nr. 65, 12.12.2001, S. 3379 ff
- /VVV-99/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe – VwVwS) vom 17.05.1999
Bundesanzeiger, Jg. 51 Nr. 98a, 29.05.1999
- /WHG-96/ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 12. November 1996, BGBl. Teil I, Jg. 1996, S. 1695

Vertrag SR 2417

**Konkretisierung der regulatorischen Anforderungen an die
Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen
Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen und Möglichkeiten
zur Umsetzung**

- 2. Zwischenbericht: Recherche und Zusammenstellung von
technischen und regulatorischen Grundlagen -

**C. Herzog
B. Liebscher
L. Schneider**

Dresden, 07.08.2002

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Inhalt

	Seite
Inhalt	2
Anlagenverzeichnis	3
Abkürzungen	4
1 Einleitung	6
2 Gesetzliche und untergesetzliche Anforderungen	7
2.1 Kerntechnische Sicherheit und Strahlenschutz	7
2.1.1 Atomgesetz	7
2.1.2 Strahlenschutzverordnung	7
2.1.3 Abfallkontrollrichtlinie	7
2.1.4 Anforderungen an endzulagernde Abfälle	8
2.2 Gewässerschutz	8
2.2.1 Wasserhaushaltsgesetz	8
2.2.2 Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe	8
2.2.3 Grundwasserverordnung	8
2.2.4 Abwasserverordnung	9
2.2.5 Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer	9
2.2.6 Trinkwasserverordnung	9
2.2.7 Weitere Richtlinien und Empfehlungen	9
2.2.8 Verordnungen der Bundesländer	10
2.2.9 Internationale Vorschriften	10
2.3 Bodenschutz	11
2.3.1 Bundes-Bodenschutzgesetz	11
2.3.2 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	11
2.4 Abfallwirtschaft	12
2.4.1 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	12
2.4.2 Abfallverzeichnis-Verordnung	12
2.4.3 TA Abfall	12
2.4.4 Deponieverordnung	12
2.4.5 Abfallablagerungsverordnung	12
2.4.6 Versatzverordnung	13
2.4.7 Nachweisverordnung	13
2.4.8 Richtlinien für Analysenmethoden	13
2.4.9 Verordnungen der Bundesländer	13
2.4.10 Internationale Vorschriften	13
2.5 Chemikalienrecht	14
2.5.1 Chemikaliengesetz	14
2.5.2 Gefahrstoffverordnung	14

<u>3</u>	<u>Technische Möglichkeiten zur Abfallcharakterisierung</u>	15
<u>3.1</u>	<u>Allgemeines</u>	15
<u>3.2</u>	<u>Annahmebedingungen und Methoden zur Dokumentation von Abfallinhaltsstoffen</u>	15
<u>3.3</u>	<u>Chemische Analysenverfahren</u>	16
<u>3.3.1</u>	<u>Allgemeines</u>	16
<u>3.3.2</u>	<u>Untersuchungsverfahren für Feststoffproben</u>	16
<u>3.3.3</u>	<u>Elutionsverfahren</u>	18
<u>3.3.4</u>	<u>Analysenverfahren für flüssige Abfälle</u>	18
<u>4</u>	<u>Zusammenfassung und weitere Bearbeitung</u>	19
<u>5</u>	<u>Literatur</u>	21

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Wasserrechtliche Vorschriften der Bundesländer

Anlage 2: Analysenmethoden

Tabelle 1: Analysevorschriften für Feststoffproben

Tabelle 2: Analysevorschriften für Eluat

Tabelle 3: Zusammenstellung der Analysenvorschriften

Anlage 3: Richt- und Grenzwerte

Tabelle 4: Richt- und Grenzwerte für organische Parameter

Tabelle 5: Richt- und Grenzwerte für anorganische Parameter

Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
AbfAbIV	Abfallablagerungsverordnung
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
AVK-System	Abfallflussverfolgungs- und Kontrollsystem
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BestbÜAbfV	Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol
ChemG	Chemikaliengesetz
DepV	Deponieverordnung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EG	Europäische Gemeinschaft
ET-AAS	elektrothermische Atomabsorptionsspektrometrie
EVA-K	(E)rfassungs- (V)erwaltungs- und (A)ntragserstellungsprogramm beim (K)unden
GC	Gaschromatografie
GC-ECD	Gaschromatografie mit Elektroneneinfangdetektion
GC-FID	Gaschromatografie mit Flammenionisationsdetektion
GC-MS	Gaschromatografie mit Massenspektrometrie
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GNS	Gesellschaft für Nuklearservice mbH
GRB mbH	Gesellschaft zur Behandlung radioaktiver Abfälle in Bayern mbH
EOX	Extrahierbare organisch gebundene Halogene
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
ICP-OES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
IR	Infrarot
KKW	Kernkraftwerke
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LABO	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LHKW	leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe C1- und C2
LUA NRW	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TA Abfall	Technische Anleitung Abfall
TOC	Organischer Kohlenstoff, Gesamtkohlenstoff

TrinkwV	Trinkwasserverordnung
VersatzV	Versatzverordnung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VKTA	Verein Kerntechnischer Anlagen, Rossendorf
VwVwS	Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)

1 Einleitung

Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen gelangen Stoffe unterschiedlichster chemischer Zusammensetzung in die Einlagerungsbereiche. Dabei können die Abfälle selbst, die Materialien, mit denen die Abfallstoffe konditioniert wurden, oder die Behältermaterialien chemische Bestandteile enthalten, die für die Sicherheit der Nachbetriebsphase von Bedeutung sind. Insbesondere sind bei einem zu unterstellenden Kontakt mit dem Grundwasser, mögliche schädliche Verunreinigungen des Grundwassers durch diese Abfallmaterialien zu prüfen und zu bewerten.

Für die Schachanlage Konrad ist eine solche Bewertung bereits im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens erfolgt; für das Endlager Morsleben wird die Bewertung derzeit im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die Stilllegung durchgeführt.

Unter Berücksichtigung, dass für die zukünftige Endlagerung radioaktiver Abfälle noch ein geeigneter Standort und ein entsprechendes Endlagerkonzept festzulegen sind, wird es als sinnvoll und erforderlich angesehen, in Erweiterung und Verallgemeinerung der konkreten Verfahren für Konrad und Morsleben die Anforderungen des Grundwasserschutzes und des Bodenschutzes im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen zu überprüfen.

Nach der der Bearbeitung des ersten Projektschwerpunktes (Identifizierung potenzieller chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen hinsichtlich einer Grundwassergefährdung) bestand der zweite Bearbeitungsschwerpunkt in der Zusammenstellung bestehender technischer Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe sowie in der Recherche von gesetzlichen und untergesetzlichen Anforderungen und weiterhin von umweltrelevanten Rechtsvorschriften und untergesetzlichen Regelwerken, die für die Konkretisierung der regulatorischen Anforderungen an die Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen dienlich sind.

Hierbei ist ausschließlich der Bereich der chemisch-stofflichen Zusammensetzung endzulagernder radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung betrachtet worden.

Als Grundlagen bzw. Vorgaben im Hinblick auf den Grundwasser- und Bodenschutz und die chemisch-stoffliche Zusammensetzung radioaktiver Abfälle dienten das Wasserhaushaltsgesetz /WHG-02/ sowie die Grundwasserverordnung /GVO-97/, die Trinkwasserverordnung /TVO-01/, das Bundes-Bodenschutzgesetz sowie die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung /BSV-99/, Verordnungen und Regelwerke für die Entsorgung chemotoxischer konventioneller Abfälle. Direkte Festlegungen für die radioaktiven Abfälle enthalten die novellierte Strahlenschutzverordnung /SSV-01/, die Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad /BRE-95/. Darüber hinaus wurden weitere nationale und internationale Vorschriften und Veröffentlichungen recherchiert, um ggf. entsprechende Entwicklungstrends zu erkennen.

Die Zusammenstellung von technischen Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe basiert auf gesetzlichen Anforderungen im Bereich der Abfallentsorgung und darüber hinaus auf einer Reihe von Befragungen und Informationen über Maßnahmen zur Handhabung und Kontrolle radioaktiver Abfälle.

2 Gesetzliche und untergesetzliche Anforderungen

2.1 Kerntechnische Sicherheit und Strahlenschutz

2.1.1 Atomgesetz

Entsprechend den Festlegungen des Gesetzes über die friedliche Verwendung von Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) /ATG-01/ ist bei der Planfeststellung die Umweltverträglichkeit einer Anlage zur Abfallendlagerung zu prüfen, wobei die Auswirkungen auf

- „1. Menschen, Tiere und Pflanzen,
2. Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,...“

zu berücksichtigen sind /UVP-01/.

Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen steht dabei der Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen im Vordergrund. Aus diesem Grund ist zu prüfen, welche Vorschriften zu berücksichtigen und einzuhalten sind, und welche Maßnahmen die Deklaration und Kontrolle chemisch-toxischer Abfallbestandteile erfordert.

2.1.2 Strahlenschutzverordnung

Die novellierte Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) /SSV-01/ trat am 27. Juli 2001 in Kraft.

Im Abschnitt 9 sind Festlegungen zu radioaktiven Abfällen getroffen, die von der Planung bis zur Abgabe an eine Verwahrstelle eine lückenlose Erfassung und Dokumentation erfordern. Wesentliche Inhalte der Abfallkontrollrichtlinie /AKR-89/ wurden damit in die neue Strahlenschutzverordnung übernommen.

Radioaktive Abfälle, die zum Zweck der Endlagerung konditioniert werden, sind entsprechend den Vorschriften der Strahlenschutzverordnung zu charakterisieren und zu kennzeichnen. Neben Angaben zur Radioaktivität wird auch die Deklaration der stofflichen Zusammensetzung einschließlich zugehöriger Massenangaben gefordert (StrlSchV, Anlage X, Teil B, Pkt. 4). Hierbei bleiben Festlegungen und Randbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses für das vorgesehene Bundesendlager vorbehalten.

Die Strahlenschutzverordnung enthält eine Abfallartenliste, die der stofflichen Charakterisierung der radioaktiven Abfälle dienen soll. Laut § 73, StrlSchV sind die radioaktiven Abfälle entsprechend dieser Liste zu erfassen, wobei der Verarbeitungszustand (Rohabfall, Zwischenprodukt oder konditionierter Abfall) zu vermerken ist, sowie die Abfallbezeichnung und schließlich die Behandlungsart zu benennen sind.

Die Angaben, die lt. § 73 StrlSchV für radioaktive Abfälle zu erfassen sind, sollen auch Angaben zur näheren qualitativen und quantitativen stofflichen Zusammensetzung beinhalten (StrlSchV Anlage X, Teil B), die in der Verordnung jedoch nicht näher spezifiziert sind, sondern wo nur auf den Vorbehalt der (noch nicht vorhandenen) Festlegungen und Randbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses für das vorgesehene Bundesendlager verwiesen wird.

2.1.3 Abfallkontrollrichtlinie

Die Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden (Abfallkontrollrichtlinie) /AKR-89/ gilt seit 1989 für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgegeben werden, wie z. B. für Abfälle aus Kernkraftwerken und Großforschungseinrichtungen.

Der Anwendungsbereich umfasst Rohabfälle, Zwischenprodukte, Abfallprodukte und konditionierte Abfälle und betrifft die Vorbehandlung und Konditionierung, Zwischenlagerung und die Beförderung. Es werden Festlegungen zur Abfallflusskontrolle getroffen, die bei den KKW im AVK-System, bei Forschungszentren und anderen Einrichtungen in gleichen oder ähnlichen Systemen umgesetzt worden sind.

Bezüglich der Bestimmung des Aktivitätsgehalts ist festgelegt, dass für gamma-spektrometrische Messungen Rückstellproben gezogen werden sollen, sofern dies mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Diese Rückstellproben stünden somit ggf. auch für erforderliche stoffliche Analysen zur Verfügung.

Eine Deklaration der Abfallarten wird auf der Grundlage einer Abfallartenliste gefordert. Quantitative Angaben zur stofflichen Zusammensetzung sind lt. dieser Richtlinie jedoch nicht vorgeschrieben.

2.1.4 Anforderungen an endzulagernde Abfälle

Für die Abfälle, die nach 1990 in das Endlager Morsleben eingelagert wurden und auch für die Abfälle, die in das geplante Endlager Konrad eingelagert werden sollen, wurden Anforderungen an diese endzulagernden Abfälle (Endlagerungsbedingungen) /KUG-96, BRE-95/ und Vorschriften für die Produktkontrolle /MAR-96, MAR-95/ formuliert.

An endzulagernde radioaktive Abfälle, die an die Schachanlage Konrad abgegeben werden sollen, werden lt. /BRE-95/ Anforderungen gestellt, deren Einhaltung in den Begleitpapieren zu dokumentieren ist. Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung der Abfallgebände werden qualitative Angaben zur Abfallart, zum Fixierungsmittel und zum Abfallbehälter gefordert. Quantitative Angaben, auch zu konkreten chemisch-toxischen Inhaltsstoffen sind hier ebenfalls bisher nicht vorgesehen.

2.2 Gewässerschutz

2.2.1 Wasserhaushaltsgesetz

Das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) /WHG-02/ in der geänderten Fassung von 2002 gilt für oberirdische Gewässer, Küstengewässer und das Grundwasser und beinhaltet den Grundsatz, dass jedermann verpflichtet ist, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten.

2.2.2 Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe

Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe – VwVwS) /VwV-99/ enthält Listen über die Einstufung wassergefährdender Stoffe sowie eine Liste nicht wassergefährdender Stoffe lt. WHG.

2.2.3 Grundwasserverordnung

Mit der Verordnung über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997 /GVO-97/ wurde die Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17.12.1979 über den Schutz des Grundwassers /EGR-79/ umgesetzt. Die Verordnung gilt für das Einleiten von Stoffen der Listen I und II dieser Verordnung in das Grundwasser sowie für sonstige Maßnahmen, die zu einem Eintrag dieser Stoffe in das Grundwasser führen können. So stellt das Lagern und das Ablagern von Stoffen zum Zwecke der Beseitigung eine Gewässerbenutzung dar und bedarf der

behördlichen Erlaubnis. Die Listen I und II sind von grundlegender Bedeutung für die Identifikation chemisch-toxischer Inhaltsstoffe in den radioaktiven Abfällen.

2.2.4 Abwasserverordnung

Die Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) /AWV-01/ vom 20. September 2001 bestimmt Anforderungen, die bei der Erteilung einer Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer mindestens festzusetzen sind. Die Verordnung selbst ist nicht relevant für unterirdische Abfalldeponien, von gewissem Interesse für die zu betrachtende Problematik können jedoch die aufgeführten Analysen- und Messverfahren für Abwasserproben sein.

2.2.5 Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer

Das Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) /AAG-94/ regelt die zu entrichtenden Abgaben für die Einleitung von Abwasser in ein Gewässer. Ein Bezug zu unterirdischen Abfalldeponien ist nicht gegeben, von Interesse können nur die in der Anlage A genannten Schwellenwerte für chemische Parameter und die in der Anlage B aufgeführten Analysenverfahren für Wasserproben sein.

2.2.6 Trinkwasserverordnung

Bisher gilt die Trinkwasserverordnung vom 5. November 1990. Mit der Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) /TVO-01/, die ab dem 01.01.2003 in Kraft tritt, wurde die Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch /EGR-98/ umgesetzt. Die Trinkwasserverordnung ist dem Infektionsschutzgesetz vom 20.7.2000 und dem Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz vom 9.9.1997 untergeordnet und beinhaltet Festlegungen zur Gewährleistung der Genussauglichkeit und Reinheit von Trinkwasser und legt entsprechende Grenzwerte und Anforderungen an bestimmte Parameter und Inhaltsstoffe fest.

2.2.7 Weitere Richtlinien und Empfehlungen

DVGW: Merkblatt W 251

Das DVGW-Regelwerk enthält u. a. das Merkblatt W 251 zur Eignung von Wasser aus Fließgewässern als Rohstoff für die Trinkwasserversorgung /DVG-96/.

Der Gültigkeitsbereich wird darin wie folgt festgelegt: „Die Werte für Normalanforderungen und Mindestanforderungen gelten für Wasser an der Stelle, an der es als Rohwasser zum Zweck der Trinkwassergewinnung dem Fließgewässer entnommen wird...“

Mit den darin festgelegten Normal- und Mindestanforderungen werden Zahlenwerte für einzelne Parameter im Rohwasser festgelegt, die es erlauben, Trinkwasser zu gewinnen, das den Anforderungen der Trinkwasserverordnung genügt.

LAWA: Grundwasserverunreinigungen

Unter Grundwasserschäden im Sinne der Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden sind anthropogen bedingte, nachteilige Veränderungen der Beschaffenheit des Grundwassers zu verstehen. Zu den nachteiligen Veränderungen zählen deutlich über den geogenen Hintergrund hinaus reichende Stoffkonzentrationen /LAW-93/. In diesen Empfehlungen sind für einige Leitparameter Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte festgelegt worden, die 1996 durch den LAWA-Arbeitskreis „Grundwasserschäden“, sowie 1997 nochmals durch den ad-hoc-Arbeitskreis „Prüfwerte“ überarbeitet und durch Werte für „Geringfügigkeitsschwellen“ ersetzt wurden.

Von den Mitgliedern des ad-hoc-Arbeitskreis „Prüfwerte“ der LAWA wurden Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen erarbeitet /LAW-98/. Diese Geringfügigkeitsschwellen beinhalten sowohl anorganische als auch organische Parameter und sollen als Hilfsmittel zur Einzelfallbewertung bei kleinräumigen Grundwasserschäden dienen.

Die Grundsätze des Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz sollen der umweltgerechten Verwertung von Abfällen und dem Einsatz von Produkten dienen und sind zur Beurteilung der Grundwasserverträglichkeit von Maßnahmen der Abfallverwertung und des Einsatzes von Produkten heranzuziehen, wenn diese Maßnahmen zu einem Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser und damit zu einer schädlichen Veränderung seiner chemischen Beschaffenheit führen können /LAW-99/.

LAWA, LABO und LAGA erarbeiteten gemeinsam für den Überschneidungsbereich der Arbeitsgruppen für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser Grundsätze zur Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser. Als Ort der Beurteilung ist die Stelle des Sickerwassereintrags in die gesättigte Zone bzw. der Kontaktbereich zwischen dem verunreinigten Material und dem Kontaktgrundwasser. Festgelegt sind außerdem Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen (s. o.) /LWB-98/.

Die LAWA-Empfehlungen beziehen sich auf den Grundwasserschutz und auf Grundwasserschäden durch oberirdische Altlasten und AbfalldPONen und sind damit nicht direkt auf die untertägige Endlagerung radioaktiver Abfälle anzuwenden. Die Herangehensweise für die Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit und die empfohlenen Geringfügigkeitsschwellen können jedoch orientierend für die Identifizierung chemotoxischer Inhaltsstoffe der radioaktiven Abfälle und für die Bewertung einer möglichen Grundwasserverunreinigung durch diese Stoffe dienen.

2.2.8 Verordnungen der Bundesländer

Die einzelnen Bundesländer haben zur Umsetzung des WHG /WHG-02/ Wassergesetze, daraus abgeleitete Anlagenverordnungen und zur Umsetzung von EG-Richtlinien bzw. bundesweit geltender Verordnungen und Richtlinien landeseigene Verordnungen zur Qualität von Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung erlassen. Eine Zusammenstellung der Vorschriften enthält die Anlage 1 dieses Berichtes.

Einige in den Länderverordnungen festgelegte Parameter für die Gewässerqualität können die in den EG- und Bundesverordnungen vorgegebenen Parameter noch verschärfen, so liegen z. B. einige in der Oberflächenwasserqualitätsverordnung von Baden-Württemberg aufgeführten Werte unter denen im DVGW-Merkblatt 251 genannten.

Bei einer genauen Prüfung von einzuhaltenden Qualitätszielen sind deshalb die jeweiligen Bestimmungen der Bundesländer mit einzubeziehen.

2.2.9 Internationale Vorschriften

EG-Wasserrahmenrichtlinie /EGR-00/:

Ziel der Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EG-Wasserrahmenrichtlinie /EGR-00/) ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers. Sie sieht eine Liste prioritärer einschließlich prioritär gefährlicher Stoffe vor, deren Annahme mit der Richtlinie /EGP-01/ entschieden wurde und als Anhang X der Richtlinie /EGR-00/ gilt.

Die Wasserrahmenrichtlinie enthält folgende Definitionen:

"Grundwasser": alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht;

"Grundwasserleiter": eine unter der Oberfläche liegende Schicht oder Schichten von Felsen oder anderen geologischen Formationen mit hinreichender Porosität und Permeabilität, so dass entweder ein nennenswerter Grundwasserstrom oder die Entnahme erheblicher Grundwassermengen möglich ist;

"guter chemischer Zustand des Grundwassers": der chemische Zustand eines Grundwasserkörpers, der alle in Tabelle 2.3.2 des Anhangs V aufgeführten Bedingungen erfüllt;

"prioritäre Stoffe": Stoffe, die nach Artikel 16 Absatz 2 bestimmt werden und in Anhang X aufgeführt sind. Zu diesen Stoffen gehören auch die prioritären gefährlichen Stoffe, das heißt die Stoffe, die nach Artikel 16 Absätze 3 und 6 bestimmt werden und für die Maßnahmen nach Artikel 16 Absätze 1 und 8 ergriffen werden müssen.

Von der LAWA wurde ein Handlungskonzept zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie erarbeitet /LAW-01/. Demnach sind u. a. für das Grundwasser als wichtige Fachfragen die Definition der Hauptgrundwasserleiter, das Schutzpotenzial der Deckschichten und die Ermittlung von Oberflächengewässer- und Landökosystemen, die unmittelbar vom Grundwasser abhängen, erkannt worden.

EG-Richtlinie über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe /EGR-79/:

Die Umsetzung erfolgte durch die Grundwasserverordnung von 1997 /GVO-97/ in deutsches Recht (s. Abschnitt 2.2.2).

EG-Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch /EGR-98/

Die Umsetzung erfolgt durch die Trinkwasserverordnung /TVO-01/ in deutsches Recht (s. Abschnitt 2.2.3).

WHO: Guidelines for Drinking-Water Quality /WHO-93/:

Die WHO-Guidelines geben Empfehlungen für Trinkwasserleitwerte zu 120 chemischen Parametern. Die 1993 herausgegebenen Empfehlungen erhielten 1998 eine Ergänzung mit aktualisierten Leitwerten für 22 Stoffe. Diese Richtlinie trägt empfehlenden Charakter und ist für die vorliegende Problematik nur von Interesse hinsichtlich eines Vergleiches mit anderen Richt- oder Grenzwerten für die Konzentration chemotoxischer Stoffe in Wasser.

2.3 Bodenschutz

2.3.1 Bundes-Bodenschutzgesetz

Das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) /BBG-98/ ist seit dem 01.01.1999 in Kraft und findet auf schädliche Bodenveränderungen und Altlasten Anwendung, jedoch nicht auf „Anlagen, Tätigkeiten, Geräte oder Vorrichtungen, Kernbrennstoffe oder sonstige radioaktive Stoffe, soweit Rechtsvorschriften den Schutz vor den Gefahren der Kernenergie und der Wirkung ionisierender Strahlen regeln“.

2.3.2 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) /BSV-99/ vom 12.07.1999 bestimmt Prüfwerte u. a. zur Beurteilung des Wirkungspfads Boden – Grundwasser für eventuelle Maßnahmen im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

2.4 Abfallwirtschaft

2.4.1 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG), in Kraft seit Oktober 1996, dient der Umsetzung der EG-Richtlinien über Abfälle /EGR-75/ und der Richtlinien über gefährliche Abfälle /EGR-91/. Die Vorschriften gelten für die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen, jedoch nicht „für Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe im Sinne des Atomgesetzes“ /KRW-94/.

2.4.2 Abfallverzeichnis-Verordnung

Die Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV) /AVV-01/, in Kraft seit dem 01.01.2002, basiert auf dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz und dient der Umsetzung der EG-Entscheidungen über ein Abfallverzeichnis und ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle /EGA-00/. Die Verordnung gilt für die Bezeichnung von Abfällen und für deren Einstufung nach ihrer Überwachungsbedürftigkeit. Wegen des Bezuges zum KrW-/AbfG ist keine Rechtswirkung bezüglich radioaktiver Abfälle gegeben.

2.4.3 TA Abfall

Die Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) /TAA-91/, in Kraft seit April 1991, enthält Anforderungen an die Verwertung und sonstige Entsorgung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen.

Abfälle im Sinne dieser Technischen Anleitung sind die in der Abfallbestimmungs-Verordnung (inzwischen aufgehoben und ersetzt durch die Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (BestbÜAbfV) /BAV-96/) genannten Abfälle.

Ein Bezug zu radioaktiven Abfällen ist zwar ausgeschlossen, aber der Anhang B der TA Abfall enthält u. a. Vorschriften zur Probenahme und zu Mess- und Analyseverfahren, die ggf. für die Aufgabenstellung von Interesse sein könnten.

2.4.4 Deponieverordnung

Die Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) /DVO-02/ trat am 01.08.2002 in Kraft und regelt die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung und Nachsorge von Deponien und Langzeitlagern (einschließlich Untertagedeponien). Die Grundlage bildet das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, d. h. damit ist diese Verordnung nicht für die Langzeitlagerung radioaktiver Abfälle (inklusive deren chemischer Bestandteile) gültig. Der Anhang 3 enthält Zuordnungskriterien für Deponien der Klassen 0, III und IV in anderen Gesteinen als Salzgestein.

Im Anhang 4 werden Methoden zur Probenahme, Probevorbereitung und Untersuchung von Abfällen festgelegt, die für die Aufgabenstellung von Interesse sein könnten.

Diese Verordnung dient der Umsetzung der Richtlinie des Rates über Abfalldeponien /EGR-99/, der Richtlinien des Rates über Abfälle /EGR-75/ und weiterer Richtlinien.

2.4.5 Abfallablagerungsverordnung

Die Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen (Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV) /AAV-01/ vom Februar 2001 gilt für die Ablagerung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, auf Deponien und die Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, zum Zweck der Einhaltung der Deponiezuordnungskriterien. Ein Bezug zu radioaktiven Abfällen besteht nicht.

Im Anhang 1 sind die Zuordnungswerte für die Deponieklassen 1 und 2 und im Anhang 4 Vorgaben zur Analytik enthalten, die wiederum für die Aufgabenstellung von Interesse sein könnten.

2.4.6 Versatzverordnung

Die Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (Entwurf: Versatzverordnung – VersatzV) /VVO-02/ vom 29. Juli 2002 wird am 30. Oktober 2002 in Kraft treten. Sie gilt für die Verwertung von Abfällen, die in den unter Bergaufsicht stehenden untertägigen Grubenbauen als Versatzmaterial eingesetzt werden, nicht aber „für Anlagen zur untertägigen Endlagerung von radioaktiven Abfällen“.

In der Versatzverordnung werden stoffliche Anforderungen an die Abfälle geregelt, die als Versatzmaterial dienen. Grenzwerte für bestimmte Bestandteile und geeignete Verfahren zur Probenahme und Analysen werden festgelegt, die von Interesse für die Aufgabenstellung sein können.

2.4.7 Nachweisverordnung

Die Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweisbestimmungen, in Kraft seit dem 01. Mai 2002 /NWV-02/, regelt die Nachweisführung und Überwachung bei der Entsorgung von Abfällen. Sie nimmt keinen Bezug auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle, kann aber hinsichtlich der Festlegung zukünftiger Regelungen für die Deklaration und Nachweisführung der chemischen Bestandteile radioaktiver Abfälle interessant sein.

2.4.8 Richtlinien für Analysenmethoden

In der Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen sind u. a. die Bestimmung von Schwermetallen in festen und schlammigen Abfällen /LAG-83/ und die Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten /LAG-98/ festgelegt.

Das Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen veröffentlicht Merkblätter (LUA-Merkblätter) und vom Landesamt für Umwelt Hessen gibt es das Handbuch Altlasten, die u. a. Vorschriften für Parameter und Analysenverfahren für Abfall- und Altlastenuntersuchungen beinhalten. Bundesweite Verordnungen, die Festlegungen zu Analysenmethoden enthalten, beziehen sich teilweise auf diese Vorschriften.

Weitere Richtlinien zu Analysenmethoden werden vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) herausgegeben (siehe auch Anlage 2, Tabellen 1 und 3).

2.4.9 Verordnungen der Bundesländer

Im Rahmen der Umsetzung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes und der TA Abfall haben die Länder eigene Landesabfallgesetze, Sonderabfall- und andere deponiebezogene Verordnungen erlassen. Für Deponien für besonders überwachungsbedürftige Abfälle gibt es unterschiedliche Festlegungen zu Grenzwerten von Stoffkonzentrationen im Feststoff bzw. im Eluat. Da gemäß der Punkte 2.3.1 und 2.3.2 keine Relevanz bezüglich radioaktiver Abfälle besteht, sind diese Verordnungen ebenfalls bei der Themenbearbeitung nicht näher zu betrachten.

2.4.10 Internationale Vorschriften

EG-Richtlinie über Abfälle /EGR-75/, EG-Richtlinie über gefährliche Abfälle /EGR-91/:

Die Richtlinien wurden durch das KrW-/AbfG /KRW-94/ bzw. durch die Deponieverordnung /DVO-02/ in deutsches Recht (s. Abschnitt 2.3.1) umgesetzt.

Europäisches Abfallverzeichnis /EGA-00/:

Die Umsetzung der EG-Entscheidungen über Abfallverzeichnisse erfolgte durch die Abfallverzeichnis-Verordnung /AVV-01/ in deutsches Recht (s. Abschnitt 2.3.2).

EG-Richtlinie über Abfalldeponien /EGR-99/:

Die Umsetzung der Richtlinie soll durch die Deponieverordnung /DVO-02/ in deutsches Recht (s. Abschnitt 2.3.4) erfolgen.

2.5 Chemikalienrecht

2.5.1 Chemikaliengesetz

Das Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz - ChemG) /CHG-94/ von 1994 gilt generell für gefährliche Stoffe und Zubereitungen. Ein Teil der Vorschriften (Anmeldung neuer Stoffe, Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung, Mitteilungspflichten u. a.) gilt jedoch nicht für radioaktive Abfälle im Sinne des Atomgesetzes.

2.5.2 Gefahrstoffverordnung

Die Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) /GSV-99/ in der Neufassung vom November 1999 regelt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von gefährlichen Stoffen, sowie den Umgang mit Gefahrstoffen.

3 Technische Möglichkeiten zur Abfallcharakterisierung

3.1 Allgemeines

Die zu dokumentierenden Angaben für konditionierte radioaktive Abfälle schließen lt. StrlSchV die Benennung der stofflichen Zusammensetzung qualitativ als auch quantitativ ein. Außer für die anzugebende Bezeichnung des Abfalls und die Behandlungsart sind für die Deklaration der stofflichen Bestandteile keine näheren Vorgaben getroffen worden.

Eine einheitliche Definition der stofflichen Zusammensetzung hat jedoch für eine Bewertung bestimmter (z. B. grundwasser- und umweltrelevanter) Eigenschaften des Abfalls große Bedeutung.

Bei der Behandlung radioaktiver Abfälle beschränkt sich die analytische Charakterisierung meist auf die Bestimmung von Parametern der ionisierenden Strahlung (Dosisleistung, Nuklidvektoren u. a.). Hierzu werden bei der Abfallkonditionierung z. T. Proben entnommen, die einer Radionuklidanalyse unterzogen und als Rückstellproben aufbewahrt werden.

Verschiedene Möglichkeiten für chemisch-physikalische Untersuchungen stehen im Allgemeinen in Kernkraftwerken oder in den großen Forschungseinrichtungen zur Verfügung, die verschiedenen analytischen Zwecken wie z. B. zur Kontrolle normaler Betriebsabwässer und zur Beprobung von Rückstellproben dienen.

Chemisch-physikalische Analysen von radioaktiven Abfällen werden jedoch kaum durchgeführt, da keine entsprechenden Anforderungen existieren. Unter gegenwärtigen Bedingungen sind derartige Untersuchungen von den meisten Abfallerzeugern schwer realisierbar, da zusätzliche laborative Einrichtungen geschaffen werden müssten bzw. entsprechende Kapazitäten für die Analysen fehlen.

Zur stofflichen Charakterisierung von Abfällen müssen deshalb sowohl die Möglichkeiten einer umfassenden Dokumentation auf Grundlage von Sichtkontrollen der Abfallerzeuger und darauf basierenden Plausibilitätsbetrachtungen als auch bestehende Möglichkeiten und innovative Verfahren zur chemisch-physikalischen Analyse von Abfallmaterialien betrachtet werden.

Die Zusammenstellung technischer Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe, zu denen sowohl Dokumentationsmethoden und Plausibilitätsbetrachtungen als auch analytische Verfahren gehören, soll die Grundlage für zukünftige Festlegungen bezüglich der Charakterisierung von chemotoxischen Inhaltsstoffen radioaktiver Abfälle bilden.

3.2 Annahmebedingungen und Methoden zur Dokumentation von Abfallinhaltsstoffen

Annahmebedingungen

In den Annahmebedingungen von zentralen Sammelstellen (Forschungsinstitute, Landes-sammelstellen) sind Festlegungen getroffen, welche Abfalldaten bekannt sein und auf entsprechenden Begleitscheinen angegeben werden müssen. In vielen Fällen basieren diese Anforderungen bereits auf den Vorgaben der novellierten Strahlenschutzverordnung, entsprechende Festlegungen sind z. B. in den Annahmebedingungen für Stilllegungsabfälle der kerntechnischen Anlagen des VKTA Rossendorf /VKT-01/ oder in den Annahmebedingungen der Landessammelstelle Bayern /GRB-01/ getroffen.

Die Annahmebedingungen von Deponien für chemische Sonderabfälle basieren auf anderen Vorgaben, hier wird die Annahme auf bestimmte vom Ablieferer genau zu deklarierende Abfallsorten beschränkt, nicht definierbare Mischungen aus Abfallsammlungen werden nicht entgegengenommen /KUS-01/. Entsprechend den Anforderungen der TA Abfall werden die

Angaben der Abfalllieferer in der Eingangskontrolle durch Sichtkontrolle und Identifikationsanalysen überprüft und es werden Rückstellproben entnommen.

Dokumentation

Für die Sammlung, Konditionierung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle wird lt. Strahlenschutzverordnung die Dokumentation von Angaben zur Charakterisierung dieser Abfälle gefordert.

Die KKW, die GNS als Abfallkonditionierer und die Betreiber der zentralen Zwischenlager bedienen sich dazu des Abfallflussverfolgungs- und Produktkontrollsystems (AVK-System), in dem die Daten vom entstehenden Rohabfall bis zum konditionierten Abfallgebilde aufgenommen und verwaltet werden. Mit der Aufnahme in das AVK werden Stammdaten (Massen, Volumina, Behälterdaten, Konditionierungs-/Lagerdaten usw.), radiologische Messdaten und einige weitere produktrelevante Daten erfasst /GNS-AV/, nicht jedoch Daten aus chemischen Analysen.

Forschungseinrichtungen und Landessammelstellen haben zum großen Teil ähnliche Systeme für die Registrierung und Speicherung von Daten zu den eingelagerten Abfällen eingeführt, wie z. B. das Dokumentationssystem KADABRA des Forschungszentrums Karlsruhe.

Die GRB mbH bietet ihren Kunden das Dokumentationssystem EVA-K zur Erfassung ihrer Abfalldaten und Erstellung von Ablieferungsanträgen an. Hiermit werden diverse Angaben zu Abfallverpackungen, zur Zusammensetzung der Abfallmaterialien (Abfallarten), und zur Radioaktivität erfasst und für die erforderlichen Antragsunterlagen aufbereitet /GRB-02/.

Einige Konditionierer nehmen bei der Abfallbehandlung Rückstellproben für radiologische Untersuchungen /STE-02/. Chemische Untersuchungen sind bislang damit nicht vorgesehen, inwieweit auf diese Proben zu diesen Zwecken zurückgegriffen werden könnte, müsste zukünftig in Abstimmung mit den Konditionierern noch genauer geklärt werden.

3.3 Chemische Analysenverfahren

3.3.1 Allgemeines

Die Analyse von Abfallmaterialien auf chemische Bestandteile umfasst die direkte Analyse von Feststoffproben (Abfall- oder Bodenproben) als auch die Herstellung und Untersuchung von Eluaten.

In diversen Verordnungen und Regelwerken sind entsprechende anzuwendende Verfahren festgelegt. Beispiele hierfür sind die Deponieverordnung /DVO-02/, die Versatzverordnung /VVO-02/ und die Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung /LAB-00/. Vorgeschriebene bzw. empfohlene Analysenverfahren sind z. B.:

- Gaschromatographie (GC)
- Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)
- Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)
- Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)
- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

3.3.2 Untersuchungsverfahren für Feststoffproben

In Regelwerken festgelegte Verfahren

Methoden zur chemischen Analyse von Abfällen sind bisher in der TA Abfall, Anhang B /TAA-91/ festgelegt und in den Entwürfen der Deponieverordnung, Anhang 4, /DVA-02/ und

der Versatzverordnung, Anlage 3, /VVO-02/ enthalten. Den Analysenverfahren liegen im allgemeinen DIN-Vorschriften zu Grunde.

In der Deponieverordnung /DVO-02/ ist für die Anlieferung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vorgesehen, dass dem Deponiebetreiber neben der Deklarationsanalyse zusätzlich Angaben über den Gesamtgehalt ablagerungsrelevanter Inhaltstoffe im Feststoff vorliegen müssen, soweit dies für eine Beurteilung der Ablagerbarkeit erforderlich ist. Die Analysen für die Angaben des Auslaugverhaltens in der Deklarationsanalyse und der Bestimmung des Gesamtgehalts im Feststoff sind nach Maßgabe des Anhanges 4 durchzuführen. Für die analytische Bestimmung von Abfallinhaltsstoffen beinhaltet der Anhang 4 /DVA-02/ Vorgaben zur Beprobung und Analytik.

Die Versatzverordnung /VVO-02/ bestimmt für den Einsatz von Abfällen zur Herstellung von Versatzmaterial sowie unmittelbar als Versatzmaterial, dass festgelegte Feststoffgrenz- und Zuordnungswerte im jeweiligen verwendeten unvermischten Abfall nicht überschritten werden dürfen und dass bei dem Einsatz des Versatzmaterials keine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder von oberirdischen Gewässern oder eine sonstige nachteilige Veränderung der Eigenschaften der Gewässer zu besorgen ist. Zur Untersuchung von Feststoffproben wird auf Grundsätze der Probenentnahme sowie auf Grenzwertkonzentrationen im Abfall für Metalle und organische Parameter verwiesen.

Die Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung (Teilthema 2.5: Chemische analytische Untersuchungen von Altlastenproben – Laborverfahren – /LAB-00/) geben zur Bestimmung von Metallgehalten in Feststoffen ebenfalls Empfehlungen für Analysemethoden.

Die in den Vorschriften genannten Verfahren sind meist Aufschlüsse der Feststoffproben mit Königswasser und anschließend im Allgemeinen maßanalytische Verfahren, Atomabsorptionsspektrometrie, Atomemissionsspektrometrie, gaschromatographische Verfahren zur Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen und HPLC zur Bestimmung von PAK.

Eine Übersicht über vorgeschriebene bzw. empfohlene Analysemethoden für Feststoffe und Abfälle enthalten die Tabellen 1 bis 3 der Anlage 2 zum Bericht.

Röntgenfluoreszenzanalyse

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) gehört noch nicht als Standardverfahren zu den in den Regelwerken empfohlenen Analyseverfahren. Aus diesem Grund soll im Folgenden diese Methode etwas näher beschrieben werden, zumal sie besonders für Feststoffanalysen gut geeignet ist.

Die RFA wird in den Regelwerken noch nicht als Standardverfahren herangezogen. Die RFA ist eine zerstörungsfreie analytische Technik zur Identifizierung und Konzentrationsbestimmung von Elementen in Festkörpern, Pulverproben und Flüssigkeiten /FZJ-02/. Merkmale sind:

- Zerstörungsfreie Analyse von Festkörperproben bis zu einer Größe von 48 mm Durchmesser und 25 mm Höhe.
- Identifizierungs- und Quantifizierungsmöglichkeiten für alle Elemente von Na bis U in einem Konzentrationsbereich von 1 ppm bis 100 Gew%.

Anwendbar ist die RFA auf

- unbekannte Proben zur Übersichtsanalyse und zerstörungsfreien Identifikation,
- Pulverproben, Pulverpreßlinge und Pulverschmelzlinge von Gesteinen, Boden-, Sediment- und sonstigen Feststoffproben,
- Metallproben mit blanker, ebener Oberfläche,
- Flüssigproben, welche auf Filterpapier als Träger eingetrocknet werden.

Für Materialuntersuchungen mit RFA kann die DIN 51001 – Teil 1 und 2 zu Grunde gelegt werden.

Die Untertage-Deponie für chemisch-toxische Abfälle Herfa-Neurode nutzt die Röntgenfluoreszenzspektrometrie z. B. für Identifikationsanalysen der angelieferten Abfälle /KUS-01/.

3.3.3 Elutionsverfahren

Für die Beurteilung der Grundwassergefährdung durch die Abfallablagerung werden in der Versatzverordnung /VVO-02/, in der Deponieverordnung /DVO-02/ und auch in der Ablagerungsverordnung /AAV-01/ Eluatkriterien herangezogen. Die Methoden zur Bestimmung der Eluatwerte sind in den jeweiligen Verordnungen festgelegt.

Gängige Verfahren zur Untersuchung von Eluaten, die im Allgemeinen nach DIN- oder LAGA-Richtlinien mit Wasser hergestellt werden, sind AAS, ICP-OES, photometrische und gaschromatographische Verfahren, sowie HPLC zur Bestimmung von PAK.

Eine Übersicht über vorgeschriebene bzw. empfohlene Analysemethoden für Eluate enthält die Anlage 2.

3.3.4 Analysenverfahren für flüssige Abfälle

Die unter 3.3.3 genannten Verfahren eignen sich ebenfalls zur Analyse flüssiger Abfälle. In den meisten größeren Einrichtungen (KKW, Forschungszentren) werden z. B. Abwässer zum Nachweis der Einhaltung geforderter Einleitwerte analysiert /HAL-02/. Prinzipiell wären die entsprechenden laborativen Einrichtungen auch für eine Analytik flüssiger Abfallproben geeignet, eine praktische Umsetzung ist jedoch auf Grund der erforderlichen Handhabung der Proben im Strahlenschutzbereich, aus Kapazitätsgründen und durch ggf. andere zu analysierende Parameter oftmals beschränkt oder nicht realisierbar.

4 Zusammenfassung und weitere Bearbeitung

Recherchiert und zusammengestellt wurden Deutschland- und EG-weit:

- Vorschriften und Regelungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle,
- Vorschriften und Regelungen zum Grundwasserschutz,
- Vorgaben zu Richt- oder Grenzwerten von chemotoxischen Stoffen in Grund- und Trinkwasser (siehe Anlage 3),
- abfallrechtliche Regelungen und
- Vorgaben zu Deklarations- und Grenzwerten für Abfälle, die deponiert werden sollen (siehe Anlagen 1 bis 3).

Die derzeit gültigen wie auch die in Einführung befindlichen Vorschriften und Entwürfe sind unter dem Abschnitt 2 zusammengestellt worden.

Die Übersicht zeigt, dass für die Verbringung von Abfällen in unterirdische Deponien Grenzwerte für Gehalte chemotoxischer Stoffe in Abfällen für den Versatz (Versatzverordnung) vorgesehen sind, die jedoch nicht für Endlager radioaktiver Abfälle gelten. Mit den Zuordnungskriterien lt. Deponieverordnung sind ebenfalls Grenzwerte chemotoxischer Stoffe für die Verbringung in Untertagedeponien festgelegt, ausgenommen davon sind jedoch Untertagedeponien im Steinsalz. Im letzteren Fall wird davon ausgegangen, dass nach Vorliegen eines Langzeitsicherheitsnachweises ein vollständiger Einschluss der Abfälle im Salzgestein gewährleistet ist.

Bezüglich des Grundwasserschutzes ist zu beachten, dass lt. Wasserhaushaltsgesetz grundsätzlich eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten ist. Zur Beurteilung einer solchen Verunreinigung gibt es für untertägige Deponien im Gegensatz zu obertägigen Anlagen keine Vorschriften. Die LAWA-Empfehlungen gelten für Verunreinigungen, die über das Sickerwasser in die gesättigte Zone bzw. durch direkten Kontakt mit dem Grundwasser eingetragen werden. Für Verunreinigungen die über andere (unterirdische) Pfade in das Grundwasser gelangen könnten, fehlen entsprechende Regelungen. Bei Gefährdungsabschätzungen sollte nach /KER-02/ immer der dem Abfalllager nächstliegende Grundwasserleiter betrachtet werden.

Bisherige Anfragen bei der EG zeigten, dass in den nächsten 3 bis 5 Jahren keine Richtlinien oder Empfehlungen zum Grundwasserschutz bezogen auf Untertagedeponien zu erwarten sind und damit auch zu dieser Problematik nichts in deutsches Recht umzusetzen ist.

Die grundwasserrelevanten chemotoxischen Stoffe sind in den Listen I und II der Grundwasserverordnung festgelegt worden, Richtlinien zur Bestimmung (Richtwerte, Analytik) für die betreffenden Einzelstoffe existieren jedoch nicht.

Die verschiedenen Verordnungen, die eine Abfalldeponierung betreffen, legen diverse Richt-, Grenz- oder Deklarationswerte fest, die auf spezielle Fälle (Abfälle als Versatz, Abfälle für bestimmte Deponieklassen usw.) zugeschnitten sind und nicht alle Stoffe enthalten, die in den Listen I und II der Grundwasserverordnung benannt sind.

Eine Übersicht über Festlegungen zu Geringfügigkeitsschwellen, Grenzkonzentrationen, Deklarationswerte u. ä. für Wasser, Abfälle und Eluate enthalten die Tabellen 1 und 2 der Anlage 3 zum Bericht.

Festlegungen und Empfehlungen für Analysenmethoden basieren meist auf DIN-Vorschriften oder auch auf Merkblättern des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen und auf Methoden des Handbuchs Altlasten des LfU Hessen.

Hinsichtlich der recherchierten Annahmebedingungen und Dokumentationsmethoden für die Erfassung und Handhabung radioaktiver Abfälle wurde festgestellt, dass das von den KKW

genutzte AVK-System verbreitet genutzt und behördlich anerkannt ist. Die Deklaration der Radionuklidgehalte ist hierin festgelegt, einheitliche Vorgaben zur Deklaration der stofflichen Abfallbestandteile fehlen aber. Neben dem AVK-System gibt es bei Abfallerzeugern und Sammelstellen weitere Dokumentationssysteme, deren Aufbau und Inhalte nicht in allen Details einheitlich sind.

Im Hinblick auf das Ziel, die regulatorischen Anforderungen an die Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen zu konkretisieren, wird auf folgende erkannte Defizite hingewiesen:

1. *Richtwerte:* Für die Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung gibt es keine Toleranz- oder Richtwerte für Konzentrationen im Grundwasser. Anhaltspunkte können nur die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, Richtlinien für Oberflächenwasser, das als Trinkwasser genutzt werden soll oder Grenzwerte für Trinkwasser selbst liefern.
2. *Grundwasserbeeinflussung durch Untertagedeponien:* Für die Bewertung einer Beeinflussung des Grundwassers durch chemotoxische Stoffe, die aus Untertagedeponien in das Grundwasser gelangen können, fehlen grundwasserrechtliche Bestimmungen.
3. *Grundwasserrelevante Abfallinhaltsstoffe:* Die abfallspezifischen grundwasserrelevanten Inhaltsstoffe sind für die radioaktiven Abfälle bisher nicht festgelegt.
4. *Dokumentation:* Die bisherigen Methoden zur Dokumentation insbesondere hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung der radioaktiven Abfälle sind nicht einheitlich und eine Deklaration chemotoxischer Abfallinhaltsstoffe ist nicht explizit vorgegeben.
5. *Analysenmethoden:* Die in den abfallrelevanten Vorschriften genannten Analysemethoden sind hinsichtlich der Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung unvollständig.
6. *Analytik für radioaktive Abfälle:* Eine Analytik radioaktiver Abfallstoffe auf chemotoxische Bestandteile ist bisher nicht vorgesehen. Laborative Einrichtungen zur Analytik von Feststoff- oder Flüssigproben sind in Forschungszentren und verschiedenen anderen Einrichtungen im Allgemeinen zu anderen Zwecken (Abwasserkontrolle) vorhanden.

In der folgenden Projektphase sollen aus den bisherigen Erkenntnissen Anforderungen und Kriterien zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen abgeleitet und geeignete Verfahren zur Bestimmung der chemotoxischen Inhaltsstoffe vorgeschlagen und beschrieben werden. Daraus resultierend sollen Vorschläge zur Umsetzung der Ergebnisse in einem Regelungsrahmen erarbeitet werden.

5 Literatur

- /AAG-94/ Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) vom 3. November 1994, BGBl. I S. 3371, zuletzt geändert am 9. September 2001, BGBl. I S. 2331
- /AAV-01/ Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen – AbfAbIV – vom 20. Februar 2001, BGB. I S. 305
- /AKR-89/ Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden (Abfallkontrollrichtlinie) vom 16.01.1989 (BAnz. 1989 Nr. 63 a), zuletzt ergänzt durch Bekanntmachung vom 14.01.1994 (BAnz. 1994 S. 725)
- /ATG-01/ Gesetz über die friedliche Verwendung von Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG), vom 23. Dezember 1959, Neufassung vom 15. Juli 1985, letzte Änderung durch Gesetz vom 22. April 2002, BGBl. I 2002, Nr. 26
- /AVV-01/ Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses (Abfallverzeichnis-Verordnung- AVV) vom 10. Dez. 2001; BGBl. I 2001, Nr. 65, 12.12.2001, S. 3379
- /AWV-01/ Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. September 2001 (BGBl. I S. 2440), letzte Änderung vom 02. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2497
- /BAV-96/ Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen – Bestimmungsverordnung besonders überwachungsbedürftige Abfälle – (BestbüAbfV) vom 10. September 1996, zuletzt geändert am 22. Dezember 1998 durch Artikel 3 der Zweiten Verordnung zur Änderung der chemikalien-rechtlichen Verordnung (BGBl. I Nr. 86 vom 29.12.1998 S. 3956)
- /BBG-98/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, BGBl. I 1998 S. 502, 2001 S. 2331
- /BRE-95/ Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) – Schachanlage Konrad; ET-IB-79, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- /BSV-99/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV); BGBl. I 1999, Nr. 36, 12.06.1999, S. 1554
- /CHG-94/ Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) vom 25.07.1994, BGBl. I S. 1703, zuletzt geändert am 09.09.2001, BGBl. I S. 2331
- /DVA-02/ Deponieverordnung, Anhang 4: Vorgaben zur Beprobung (Probenahme, Probevorbereitung und Untersuchung von Abfällen); vom 24. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2807
- /DVG-96/ DVGW Regelwerk, Merkblatt W 251: Eignung von Fließgewässern für die Trinkwasserversorgung; Aug. 1996
- /DVO-02/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager und zur Änderung der Abfallablagerungsverordnung (Deponieverordnung – DepV) vom 24. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2807

- /EGA-00/ Entscheidung 2000/532/EG der Kommission vom 3. Mai 2000 zur Ersetzung der Entscheidung 94/3/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß Artikel 1 Buchstabe a) der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle und der Entscheidung 94/904/EG des Rates über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle, ABl. Nr. L 226 vom 6.9. 2000 S. 3;
Änderungen: Entscheidung 2001/118/EG - ABl. Nr. L 47 vom 16.2. 2001 S. 1, ber. 2001 L 262 S. 38; Entscheidung 2001/119/EG - ABl. Nr. L 47 vom 16.2. 2001 S. 32; Entscheidung 2001/573/EG ABl. Nr. L 203 vom 28.7.2001 S. 18
- /EGP-01/ Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20 November 2001 zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG; ABl. EG Nr. L 331 S. 1 ff, vom 15.12.2001
- /EGR-75/ Richtlinie des Rates 75/442/EWG vom 15. Juli 1975 über Abfälle, ABl. Nr. L 194 vom 25.07. 1975 S. 39; Änderungen: 91/156/EWG ABl. Nr. L 78 vom 26.3. 1991 S. 32; 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12. 1991 S. 48; 94/3/EG - ABl. Nr. L 5 vom 7.1. 1994 S. 15; 96/350/EG - ABl. Nr. L 135 vom 6.6. 1996 S. 32
- /EGR-79/ Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe, ABl. EG Nr. L 20 S. 43
- /EGR-91/ Richtlinie 91/689/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 über gefährliche Abfälle, ABl. Nr. L 377 vom 31.12. 1991 S. 20; Änderungen: 94/31/EG ABl. Nr. L 168 vom 2.7. 1994 S. 28
- /EGR-98/ Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 3. November 1998, ABl. EG Nr. L 330, S. 32
- /EGR-99/ Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien, ABl. Nr. L 182 vom 16.7. 1999 S. 1
- /EGR-00/ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik; Amtsblatt Nr. L 327 vom 22.12.2000, S. 0001 - 0073
- /FZJ-02/ www.fz-juelich.de
- /GNS-AV/ AVK Abfallfluß-Verfolgungs- und Produkt-Kontrollsystem; GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen
- /GRB-01/ Annahmebedingungen der Landessammelstelle Bayern für radioaktive Abfälle, Ausgabe: Dezember 2001; GRB – Sammelstelle Bayern für radioaktive Stoffe GmbH
- /GRB-02/ EVA-K V1.3 (E)rfassungs- (V)erwaltungs- und (A)ntragerstellungsprogramm beim (K)unden – Benutzeranleitung –
GRB – Sammelstelle Bayern für radioaktive Stoffe GmbH, Stand 18.01.2002
- /GSV-99/ Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen – GefStoffV), Bekanntmachung der Neufassung der Gefahrstoffverordnung vom 15.11.1999, BGBl. I S. 739, zuletzt geändert durch die Verordnung vom 26.06.2000, BGBl. I S. 932
- /GVO-97/ Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997, BGBl. I 1997, Nr. 18, 21.03.1997, S. 542

- /HAL-02/ Halaszovich, S., Forschungszentrum Jülich; persönliche Information, Juli 2002
- /KER-02/ Kerndorff, H., Umweltbundesamt Berlin; persönliche Information, Juni 2002
- /KRW-94/ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27.09.1994, BGBl. I 1994, S. 2705
- /KUG-96/ Kugel, K.; Noack, W.; Giller, H.; Martens, B.-R.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand: August 1996; ET-IB-85; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, August 1996
- /KUS-01/ Prospekte: „Untertage-Deponie Herfa-Neurode“ und „Untertage-Deponie Zielitz“; Kali und Salz Entsorgung GmbH, Kassel, 2001
- /LAB-00/ Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung: Teilthema 2.5: Chemische analytische Untersuchungen von Altlastenproben – Laborverfahren –; Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), Altlastenausschuss (ALA) ad-hoc AG „Arbeitshilfen Qualitätssicherung“; Stand Juli 2000
- /LAG-83/ Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen; – SM 2/79 – Bestimmung von Schwermetallen in festen und schlammigen Abfällen; LAGA, Stand 12/83
- /LAG-98/ Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen; – EW 98 – Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten; LAGA, Stand 12/83
- /LAW-93/ Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Oktober 1993
- /LAW-98/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), ad-hoc-AK „Prüfwerte“: Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung; 21.12.1998
- /LAW-99/ Grundsätze des Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Stand 27.01.1999
- /LAW-01/ LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Handlungskonzept zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie; gebilligt durch die LAWA in der Vollversammlung am 22./23.03.2001
- /LWB-98/ Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 17.06.1998
- /MAR-95/ Martens, B.-R.: Produktkontrolle radioaktiver Abfälle – Schachanlage Konrad – Stand: Dezember 1995; ET-IB-45-REV-3; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- /MAR-96/ Martens, B.-R.; Giller, H.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil II: Produktkontrolle; Stand: Dezember 1996; ET-IB-85/2; BfS, Salzgitter, Dezember 1996
- /NWV-02/ Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (Nachweisverordnung - NachwV) vom 10. September 1996, BGBl. I. S. 1328, ber. BGBl. 1997 I S. 2860, zuletzt geändert mit der Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweisbestimmungen vom 25. April 2002, BGBl. I 2002, S. 1488

- /SSV-01/ Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz vom 20. Juli 2001 – Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV); BGBl. Teil I, Jg. 2001, Nr. 38, 26.07.2001, S. 1714 ff
- /STE-02/ Dr. Steinmetz, Forschungszentrum Jülich, Produktkontrollstelle; persönliche Information; 18.07.02
- /TAA-91/ Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) vom 12.03.1991, GMBL I S. 139, ber. S. 467
- /TVO-01/ Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung von 21.05.2001; BGBl. I 2001, Nr. 24, 28.05.2001, S. 959
- /UVP-01/ Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) vom 21. Feb. 1990, BGBl. I S. 205, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 27. Juli 2001, BGBl. I S. 1950
- /VKT-01/ VKTA-Regelung N 001: Entsorgung von radioaktiven Abfällen und Abwässern am Forschungsstandort Rossendorf; VKTA Rossendorf, 14.12.2001
- /VVO-02/ Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage und zur Änderung von Vorschriften zum Abfallverzeichnis vom 29. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2833
- /VVV-99/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe – VwVwS) vom 17.05.1999 Bundesanzeiger, Jg. 51 Nr. 98a, 29.05.1999
- /WHG-02/ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) Neufassung vom 12. November 1996, BGBl. I 1996, S. 1695, zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes v. 18.6.2002, BGBl. I, S. 1914, ber. S. 2711
- /WHO-93/ Guidelines for Drinking-water Quality; World Health Organization; Geneva, 1993

Anlage 1: Wasserrechtliche Vorschriften der Bundesländer

Brandenburg:

- Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG), Juli 1994
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS - Brandenburg), 19. Oktober 1995
- Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS), 27. Juli 1999

Berlin:

- Berliner Wassergesetz (BWG) Fassung vom 3. März 1989
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS), 6. März 1995
- Ausführungsvorschriften der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (AV-VAwS), 30. November 1995
- Verordnung über die Entnahme von Wasser aus oberirdischen Gewässern zum Zwecke der Trinkwasserversorgung (OberflächenwasserV), 4. Februar 1997

Baden-Württemberg:

- Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) vom 1. Januar 1999
- Verordnung des Umweltministeriums über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS - Anlagenverordnung wassergefährdende Stoffe) - Baden-Württemberg - 11. Februar 1994
- Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über die Entnahme von Wasser aus oberirdischen Gewässern zum Zweck der Trinkwasserversorgung (Oberflächenwasserqualitätsverordnung), 26. März 1997

Bayern:

- Bayerisches Wassergesetz (BayWG), 19. Juli 1994
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - VAwS), 3. August 1996
- Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Anlagenverordnung (VVAwS), 22. Januar 1997
- Verordnung über die Entnahme von Trinkwasser aus oberirdischen Gewässern zum Zweck der Trinkwassergewinnung, 30. Januar 1996

Bremen:

- Bremisches Wassergesetz (BRWG), 26. Februar 1991
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Anlagenverordnung - VAwS), 4 April 1995
- Bekanntmachung der Hinweise zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS), 1. September 1995

Hessen:

- Hessische Wassergesetz (HWG) Fassung, 22. Januar 1990
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - VAwS), 16. September 1993
- Verwaltungsvorschrift zur Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS), 31.7.1994

Hamburg:

- Hamburgisches Wassergesetz (HWaG), 20 Juni 1960
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - VAwS), 19. Mai 1998
- Hinweise zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Vollzugshinweise VAwS) Hamburg, Juli 1998

Sachsen-Anhalt:

- Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA), 21. April 1998
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS LSA), 25. Januar 1996
- Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VV VAwS LSA), 4. März 1997
- Verordnung über die Qualitätsanforderungen an oberirdische Gewässer für die Trinkwassergewinnung und deren Überwachung, 17. April 1997

Mecklenburg-Vorpommern:

- Wassergesetz des Landes Mecklenburg –Vorpommern (LWaG), 30. November 1992
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS –Anlagenverordnung) - Mecklenburg-Vorpommern, 5. Oktober 1993
- Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - Verwaltungsvorschrift - VVAwS), 5. Oktober 1993

Niedersachsen:

- Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) Fassung vom 25. März 1998
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS – Anlagenverordnung), 17. Dezember 1997

Nordrhein-Westfalen:

- Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LWG – Landeswassergesetz), 25. Juni 1995
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS), 12. August 1993
- Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VV-VAwS), 16.08.2001

- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 75/440/EWG des Rates vom 16. Juni 1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten - ABl. EG Nr. L 194 S. 34 - sowie der Richtlinie 79/869/EWG des Rates vom 9. Oktober 1979 über die Meßmethoden sowie über die Häufigkeit der Probenahmen und der Analysen des Oberflächenwassers für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten - ABl. EG Nr.271 S. 44 - (QOTV), 29. April 1997

Rheinland-Pfalz:

- Wassergesetz für das Land Rheinland-Pfalz (Landeswassergesetz - LWG -), 14. Dezember 1990
- Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung -VAwS), 1. Februar 1996
- Landesverordnung über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung, 19. Februar 1997

Sachsen:

- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG), 21. Juli 1998
- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (SächsVAwS - Sächsische Anlagenverordnung), 18. April 2000

Schleswig-Holstein:

- Wassergesetz des Landes Schleswig-Holstein (Landeswassergesetz - LWG), 13. Juni 2000
- Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Anlagenverordnung - VAwS), 29. April 1996
- Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VV-VAwS), 9. Oktober 1996

Saarland:

- Saarländisches Wassergesetz (SWG), 3. März 1998
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS), 28. April 1997
- Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS), 8. August 1997
- Verordnung über die Entnahme von Wasser aus oberirdischen Gewässern zum Zweck der Trinkwasserversorgung, 2. April 1997

Thüringen:

- Thüringer Wassergesetz (ThürWG) Fassung vom 4. Februar 1999
- Thüringer Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Thüringer Anlagenverordnung - ThürVAwS -), 25. Juli 1995
- Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Thüringer Anlagenverordnung (ThürVVAwS), 5.6. 2001
- Thüringer Verordnung über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung (ThürGewQualVO), 20. März 1997

Anhang 2: Analysemethoden**Tabelle 6:** Analysevorschriften für Feststoffproben

Parameter	Vorschriften zur Analyse von Feststoffproben nach			
	DepV /DVO-02/	VersatzV /VVO-02/	Arbeitshilfen /LAB-00/	BBodSchV /BSV-99/
<i>Cyanid, gesamt</i>	E DIN ISO 11262	E DIN ISO 11262		E DIN ISO 11262
<i>Arsen</i>	DIN EN ISO 11969	DIN EN ISO 11969	DIN EN ISO 11885 DIN EN ISO 11969	DIN EN ISO 11885 in Analogie zu E DIN ISO 11047: ET-AAS, DIN EN ISO 11969
<i>Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink</i>	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11885 E DIN ISO 11047	DIN EN ISO 11885 E DIN ISO 11047, 1995
<i>Kobalt, Mangan</i>			DIN EN ISO 11885 E DIN ISO 11047	
<i>Thallium</i>			DIN EN ISO 11885 DIN 38 406 E26	
<i>Antimon</i>			DIN EN ISO 11 969: analog Arsen	
<i>Quecksilber</i>	DIN EN 1483 EN ISO 12338	DIN EN 1483 DIN EN ISO 12338	DIN EN 1483 EN 12338	DIN EN 1483
<i>Kohlenwasserstoffe</i>	E DIN EN 14039	E DIN EN 14039		
<i>Extrahierbare organisch gebund. Halogene (EOX)</i>	DIN 38 414-Teil 17			
<i>Leichtflüchtige Halogen- kohlenwasserstoffe C1- und C2-KW</i>	DIN EN ISO 10301 Handbuch Altlasten, Bd.7: Teil 4 – Bestimmung von BTEX/LHKW	DIN EN ISO 10301		
<i>Benzol und Derivate (BTEX)</i>	DIN 38407, Teil 9 Handbuch Altlasten, Bd.7, Teil 4 (s. o.)	DIN 38407, Teil 9		
<i>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)</i>	Handbuch Altlasten, Bd. 7, LfU HE Ausgabe 1998; Merkblatt Nr.1 des LUA-NRW 1994	DIN ISO 13877 Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW, 1994		Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW 1994 E DIN ISO 13877 Handbuch Altlasten, Bd. 7, LfU HE
<i>Bestimmung von 6 poly- chlorierten Biphenylen (PCB)</i>	DIN 38 414 – S 20	DIN 38 414 – S 20		E DIN ISO 10382 DIN 38 414 – S 20 VDLUFA-Methodenbuch, Bd. VII
<i>PCB in Erdölprodukten, Altöl und Isolierflüssigk.</i>	EN 12766-1, prEN 12766-2 und IEC 61619			
<i>TOC</i>		DIN ISO 10694		
<i>PCDD/F</i>				Nach KlärschlammVO unter Beachtung von DIN 38414-24, 1998, VDI-RL 3499, Bl. 1, 1990

Tabelle 7: Analysevorschriften für Eluat

Parameter	Vorschriften zur Analyse von Eluat nach		
	Ablagerungs-V /AAV-01/ und DeponieV /DVO-02/	VersatzV /VVO-02/	TA Abfall /TAA-91/
<i>Cyanid, gesamt</i>	E DIN ISO 11262	DIN 38405-13/14 DIN ISO 11262 ISO 14403	E E DIN DIN 38405-13/14
<i>Arsen</i>	DIN EN ISO 11969 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11969	DIN 38405-D18
<i>Blei</i>	DIN 38406-E2 DIN EN ISO 11885	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E6-1
<i>Cadmium</i>	DIN EN ISO 5961 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E19-1
<i>Chrom-VI</i>	DIN 38405-D24	DIN EN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38405-D24
<i>Kupfer</i>	DIN 38406-E7 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E21
<i>Nickel</i>	DIN 38406-E11 38406-E22	DIN DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E21
<i>Zink</i>	DIN 38406-E8-1 DIN EN ISO 11885	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E8-1
<i>Fluorid</i>	DIN 38405-D4-1		DIN 38405-D4-1
<i>Chlorid</i>			DIN 38405-D1
<i>Sulfat</i>			DIN 38405-D5-2
<i>Nitrit</i>			DIN 38405-D10
<i>Ammoniumstickstoff</i>	DIN 38406-E5-1 EN ISO 11732	DIN	DIN 38406-E5-1
<i>Quecksilber</i>	DIN EN 1483	DIN EN 1483	DIN 38406-E12-3
<i>Kohlenwasserstoffe</i>		ISO/TR 11046	
<i>AOX</i>			DIN 38409-H14
<i>Benzol u. Derivate (BTEX)</i>		DIN 38407-9	
<i>PAK</i>		DIN 38407-8	
<i>PCB</i>		DIN EN ISO 6468 51527-1	DIN DIN 38407-3
<i>Naphthalin</i>		DIN 38407-9	
<i>Phenole</i>	DIN 38409-H16-3		DIN 38409-H16-3
<i>TOC</i>	DIN EN 1484		DIN 38409-H3-1

Tabelle 8: Zusammenstellung der Analysenvorschriften

Vorschrift	Ausgabe-jahr	Parameter	Methode
DIN 38405-D1	1985	Chlorid	
DIN 38405-D4-1	1985	Fluorid	
DIN 38405-D5-2	1985	Sulfat	
DIN 38405-D10	1981	Nitrit	photometrisch
DIN 38405-D13/14,	1981/88	Cyanid	maßanalyt.; photometrisch
DIN 38405-D18	1985	Arsen	AAS
DIN 38405-D24	1987	Cr(VI)	photometrisch
DIN 38406-E2	1998	Mangan	
DIN 38406-E5-1	1983	Ammonium-Stickstoff	photometrisch
DIN 38406-E6-1	1981	Blei	AAS
DIN 38406-E7	1991	Kupfer	AAS
DIN 38406-E8-1	1980	Zink	
DIN 38406-E11	1991	Nickel	AAS
DIN 38406-E12-3	1980		Quecksilber
DIN 38406-E19-1	1980	Cadmium	AAS
DIN 38406-E21	1980	Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	
DIN 38406-E22 DIN EN ISO 11885	1988	Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr	ICP-OES
DIN 38406 E26	1994	Thallium	AAS
DIN 38407-F3	1998	PCB	
DIN 38407-F8	1995	PAK	HPLC
DIN 38407-F9	1991	Benzol und Homologe	GC-FID od. GC-MS
DIN 38409-H3-1	1983	TOC	
DIN 38409-H14	1985	AOX	
DIN 38409-H16-3	1984	Phenol-Index	
DIN 38414-S17	1989	EOX	
DIN 38414-S20	1993	PCB	GC-ECD oder GC-MS
DIN 38414-S24	1998	PCDD/F	
DIN 51001-1/2			Röntgenfluoreszenzanalyse
DIN 51527-1	1987	PCB	GC-ECD od. GC-MS
DIN EN 1483 DIN EN ISO 12338	1997	Quecksilber	AAS-Kaltdampftechnik
DIN EN 1484	1997	TOC	
DIN EN 12338	1998	Quecksilber	
DIN EN ISO 5961	1998	Cadmium	
DIN EN ISO 6468	1997	PBSM	GC-ECD
DIN EN ISO 10301	1997	LHKW	GC-ECD
DIN EN ISO 11732	1997	Ammonium	
DIN EN ISO 11969	1996	Arsen	Hydrid-AAS
DIN ISO 10694	1996	organischer C und Gesamt-C	
DIN ISO 11047	1995	Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Zn	ICP-AES, AAS
DIN ISO 13877	1995	PAK	HPLC
E DIN EN 14039	2000	KW (C10 bis C40)	GC
E DIN ISO 10382	1998	PCB	GC-ECD oder GC-MS
E DIN ISO 11047	1995	Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn	Flammen- und ET-AAS
E DIN ISO 11262	1994	Cyanide	
E DIN ISO 13877	1995	PAK	HPLC
E DIN ISO 14403	1998	Cyanid	
EN 12766-1, prEN 12766-2, IEC 61619		PCB	
ISO/TR 11046	1994	MKW	GC-FID
VDI-RL 3499, Bl. 1 ¹⁾	1990	PCDD/F	
Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW ²⁾	1994	PAK	HPLC oder GC-MS
LfU HE Handbuch Altlasten, Bd.7: Analysenverfahren ³⁾	1998 bzw. 2000	PAK	
VDLUFA-Methodenbuch, Bd. VII ⁴⁾	1996		

¹⁾ VDI-Richtlinie 3499, Blatt 1: Messen von Emissionen- Messen von Reststoffen. Messen von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen in Rein- und Rohgas von Feuerungsanlagen mit der Verdünnungsmethode, Bestimmung in Filterstaub, Kesselasche und in Schlacken. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5 (Entwurf März 1990)

- 2) Landesumweltamt Nordrhein Westfalen (LUA NRW): Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Bodenproben. Merkblätter LUA NRW Nr. 1, Essen 1994
- 3) Hessische Landesanstalt für Umwelt [LfU HE): Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich. Handbuch Altlasten, Band 7, Wiesbaden 1998
- 4) Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): Methodenbuch, Band VII Umweltanalytik, VDLUFA Verlag Darmstadt 1996

Anlage 3: Richt- und Grenzwerte**Tabelle 9:** Richt- und Grenzwerte für organische Parameter

Organische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeits-schwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentra-tion TrinkwV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasser-leitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
PAK, ges.	XX	0,0002	0,0001	0,0002		20	0,0002	
- Benzo[a]pyren	X	0,00001	0,00001		0,0007			
- Naphthalin + Methyl-naphthaline	(XX)	0,002					0,002	
LHKW, ges.	X (diverse Einzelstoffe)	0,01		0,005		5	0,01	
- LHKW, karzinogen		0,003						
- Chlorethen (Vinylchlorid)		0,0005	0,0005		0,005			
- 1,2-Dichlorethan	X		0,003		0,03			
- Tetrachlorethen + Trichlorethen			0,01		0,04 / 0,07			
- Trihalogenmethane	X		0,05	0,005	0,0004 – 0,04			
- Trichlormethan (Chloroform)	X				0,2			
- Tetrachlormethan				0,001	0,002			
PBSM, ges.		0,0005	0,0005		div. Pestizide			
PBSM, Einzelstoff	(XX) (diverse Einzelstoffe)	0,0001	0,0001	0,0001				
PCB, ges.		0,00005				1	0,00005	
PCB, Einzelstoff		0,00001						
PCDD/F		0,000000005						
MKW		0,1		0,2		1000	0,2	
BTX, ges.		0,01				5 (BTEX)	0,02 (BTEX)	
- Benzol	X	0,001	0,001		0,01			
Phenole, wasserdampf-flüchtig	XX	0,02						≤ 0,05 (Gesamtphenol)

X prioritärer Stoff nach /EGP-01/

XX prioritärer gefährlicher Stoff nach /EGP-01/

(XX) wird als möglicher prioritärer gefährlicher Stoff noch überprüft /EGP-01/

Fortsetzung Tabelle 1: Richt- und Grenzwerte für organische Parameter

Organische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeits-schwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentra-tion TrinkwV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasser-leitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
Chlorphenole, ges.	(XX)	0,001			0,2			
Chlorbenzole, ges.	XX	0,001						
Epichlorhydrin			0,0001		0,0004			
Tenside				0,3				
NTA				0,02	0,2			
EDTA				0,01	0,6			
Si-Verb., organisch ¹⁾								
Sn-Verb., organisch	XX (Tributylzinn- verbindungen)				0,002 (Tributyl- zinnoxid)			
AOX	XX (Einzelstoffe)			0,06				≤ 0,05

¹⁾ in derzeit gültigen Bestimmungen sind keine Grenz- oder sonstigen Leitwerte enthalten

XX prioritärer gefährlicher Stoff nach /EGP-01/

(XX) wird als möglicher prioritärer gefährlicher Stoff noch überprüft /EGP-01/

Tabelle 10: Richt- und Grenzwerte für anorganische Parameter

Anorganische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeitsschwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentration TWV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasserleitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Metalle im Abfall VersatzV /VVO-02/ [g/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
Aluminium			0,2 ³⁾	0,5	0,2 ⁴⁾				
Antimon		0,005	0,005		0,05				
Arsen		0,01	0,01	0,01	0,01	150		0,01	≤ 0,01
Barium		0,3			0,7				
Beryllium ¹⁾				0,0002 ²⁾					
Blei	(XX)	0,01	0,01	0,02	0,01	1000	100	0,025	≤ 0,025
Bor			1	1	0,5				
Cadmium	XX	0,002	0,005	0,002	0,003	10		0,005	≤ 0,005
Chrom, ges.		0,05	0,05	0,05	0,05	600	150	0,05	
Chromat (Cr VI)		0,01						0,008	≤ 0,008
Cobalt		0,05							
Kupfer		0,02	2	0,05	2	600	10	0,05	≤ 0,05
Mangan			0,05 ³⁾	0,25	0,5				
Molybdän		0,025			0,07				
Natrium			200 ³⁾	120	200				
Nickel	X	0,02	0,02	0,04	0,02	600	25	0,05	≤ 0,05
Quecksilber	XX	0,001	0,001	0,001	0,001	10		0,001	≤ 0,001
Selen		0,01	0,01	0,01	0,01				
Silber ¹⁾									
Tellur ¹⁾									
Thallium		0,001							
Titan ¹⁾									
Uran					0,002				
Vanadium		0,02							
Zink		0,3		0,3	3	1500	100	0,5	≤ 0,05
Zinn		0,05					15		
Chlorid			250 ³⁾	200	250				

¹⁾ in derzeit gültigen Bestimmungen sind keine Grenz- oder sonstigen Leitwerte enthalten

²⁾ Wert aus DVGW W 151 (zurückgezogene Ausgabe)

³⁾ Indikatorparameter

X prioritärer Stoff nach /EGP-01/

XX prioritärer gefährlicher Stoff nach /EGP-01/

(XX) wird als möglicher prioritärer gefährlicher Stoff noch überprüft /EGP-01/

Fortsetzung Tabelle 2: Richt- und Grenzwerte für anorganische Parameter

Anorganische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeitsschwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentration TWV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasserleitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Metalle im Abfall VersatzV /VVO-02/ [g/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
Cyanid, ges.		0,05	0,05	0,05	0,07	100		0,05	
Cyanid, leicht freisetzbar		0,005							≤ 0,01
Fluorid		0,75	1,5	1	1,5				≤ 0,05
Nitrat			50	40	50				
Nitrit			0,5		3				
Phosphat				0,5					
Sulfat			250 ³⁾	150	250				
Ammonium			0,5 ³⁾	0,4	1,5				≤ 1
Na-Silikat ¹⁾									

¹⁾ in derzeit gültigen Bestimmungen sind keine Grenz- oder sonstigen Leitwerte enthalten

²⁾ Wert aus DVGW W 151 (zurückgezogene Ausgabe)

³⁾ Indikatorparameter

Vertrag SR 2417

**Konkretisierung der regulatorischen Anforderungen an die
Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen
Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen und Möglichkeiten
zur Umsetzung**

3. Zwischenbericht:

Ableitung von Anforderungen und Kriterien zur Stoffcharakterisierung
und von geeigneten technischen Verfahren

**C. Herzog
B. Liebscher
L. Schneider**

Dresden, 30.10.2002

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Inhalt

	Seite
Inhalt	2
Abkürzungen	3
1 Einleitung	4
2 Anforderungen und Kriterien zur Stoffcharakterisierung	5
2.1 Anforderungen aus gültigen Regelungen und Vorschriften	5
2.1.1 Anforderungen aus der Strahlenschutzverordnung	5
2.1.2 Anforderungen und Kriterien für die Produktkontrolle	5
2.1.3 Anforderungen aus der Grundwasserverordnung	7
2.1.4 Grenz- und Richtwerte, Geringfügigkeitsschwellen	8
2.1.5 EG-weite Regelungen	9
2.2 Abgeleitete Anforderungen und Kriterien zur Stoffcharakterisierung	9
2.2.1 Allgemeines	9
2.2.2 Behälter-/Verpackungsmaterialien	10
2.2.3 Konditionierungsmaterialien	11
2.2.4 Abfallmaterialien	11
3 Verfahren zur Bestimmung von chemotoxischen Inhaltsstoffen	13
3.1 Methoden zur Abfallcharakterisierung und Dokumentation	13
3.1.1 Allgemeines	13
3.1.2 Behälter-/Verpackungsmaterialien	13
3.1.3 Konditionierungsmaterialien	14
3.1.4 Abfallmaterialien	14
3.2 Methoden zur Überprüfung im Rahmen der Produktkontrolle	15
3.2.1 Allgemeines	15
3.2.2 Behälter-/Verpackungsmaterialien	16
3.2.3 Konditionierungsmaterialien	16
3.2.4 Abfallmaterialien	16
4 Zusammenfassung und weitere Bearbeitung	18
5 Literatur	22

Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGD	Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden
BTX	Benzol, Toluol, Xylole
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EG	Europäische Gemeinschaft
EWN	Energiewerke Nord GmbH
GNS	Gesellschaft für Nuklearservice mbH
GC	Gaschromatografie
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
ICP-OES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
KKW	Kernkraftwerke
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LHKW	leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe C1- und C2
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PBSM	Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane
PE	Polyethylen
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
VKTA	Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.
W/Z-Werte	Wasser-/Zement-Werte (Volumenverhältnis Wasser : Zement)

1 Einleitung

Die Bearbeitung des Vorhabens zur Konkretisierung regulatorischer Anforderungen an die Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen und Möglichkeiten zur Umsetzung umfasste bisher die Bearbeitung der ersten beiden Projektschwerpunkte:

1. Identifizierung potenzieller chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen hinsichtlich einer Grundwassergefährdung und
2. Zusammenstellung bestehender technischer Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe sowie die Recherche sowohl von gesetzlichen und untergesetzlichen Anforderungen als auch von umweltrelevanten Rechtsvorschriften und untergesetzlichen Regelwerken.

Als Grundlagen bzw. Vorgaben im Hinblick auf den Grundwasser- und Bodenschutz und die chemisch-stoffliche Zusammensetzung radioaktiver Abfälle dienten das Wasserhaushaltsgesetz /WHG-02/ sowie die Grundwasserverordnung /GVO-97/, die Trinkwasserverordnung /TVO-01/, das Bundes-Bodenschutzgesetz /BBG-98/ sowie die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung /BSV-99/, Verordnungen und Regelwerke für die Entsorgung chemotoxischer konventioneller Abfälle. Direkte Festlegungen für die radioaktiven Abfälle enthalten die novellierte Strahlenschutzverordnung /SSV-01/, die Abfallkontrollrichtlinie /AKR-89/, die Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle für die Schachanlage Konrad /BRE-95, MAR-95/ und für das Endlager Morsleben /KUG-96, MAR-96/. Darüber hinaus wurden weitere nationale und internationale Vorschriften und Veröffentlichungen recherchiert, um ggf. entsprechende Entwicklungstrends zu erkennen.

Die Zusammenstellung von technischen Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe basiert auf gesetzlichen Anforderungen im Bereich der Abfallentsorgung und darüber hinaus auf einer Reihe von Befragungen und Informationen über Maßnahmen zur Handhabung und Kontrolle radioaktiver Abfälle.

Darüber hinaus sind Vorschläge für eine weitere Vorgehensweise formuliert worden, die an dieses laufende Vorhaben anschließen sollte. Die Vorschläge beinhalten Möglichkeiten zur Umsetzung der im Bericht dargestellten Erkenntnisse und der vorgeschlagenen Maßnahmen zur stofflichen Charakterisierung der Abfälle.

2 Anforderungen und Kriterien zur Stoffcharakterisierung

2.1 Anforderungen aus gültigen Regelungen und Vorschriften

2.1.1 Anforderungen aus der Strahlenschutzverordnung

Im Kapitel 3, Abschnitt 9 der StrlSchV /SSV-01/ sind Festlegungen zu radioaktiven Abfällen getroffen, die von der Planung bis zur Abgabe an eine Verwahrstelle eine lückenlose Erfassung und Dokumentation erfordern.

Nach § 73 StrlSchV sind die radioaktiven Abfälle nach Anlage X, Teil A und B zu erfassen und die erfassten Angaben in einem elektronischen Buchführungssystem aufzuzeichnen.

Die in der Buchführung zu erfassenden Angaben (Anlage X, Teil B, Pkt. 4) beinhalten Daten, die einer stofflichen Charakterisierung in gewissem Umfang dienen:

1. Angaben zu den Abfallbehältern:

- Nr. 6: Gebindemasse in kg
- **Nr. 8: Behältertyp**
- Nr. 25: Klassifizierung des Behälters (endlagergerechte Bezeichnung oder Klassifizierung gemäß Festlegung durch das BfS)

2. Angaben zur Konditionierung:

- **Nr. 3: Benennung nach Anlage X Teil A**
- Nr. 22: Abfallprodukt (endlagergerechte Bezeichnung oder Klassifizierung gemäß Festlegung durch das BfS)
- **Nr. 27: Ausgeführtes Behandlungsverfahren**

3. Angaben zum Abfall:

- **Nr. 3: Benennung nach Anlage X Teil A**
- Nr. 5: Abfallmasse
- Nr. 15: Kernbrennstoff in g
- **Nr. 23: Stoffliche Zusammensetzung in kg (vorbehaltlich der Festlegungen und Randbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses für das vorgesehene Bundesendlager)**

Radioaktive Abfälle, die zum Zweck der Endlagerung konditioniert werden, sind somit ebenfalls entsprechend diesen Vorschriften zu charakterisieren und zu kennzeichnen.

Die zu erfassenden Angaben zur näheren qualitativen und quantitativen stofflichen Charakterisierung beinhalten damit Angaben, die in der Verordnung noch nicht näher spezifiziert sind. In der StrlSchV wird nur auf den Vorbehalt der (noch nicht vorhandenen) Festlegungen und Randbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses für das vorgesehene Bundesendlager verwiesen.

Eine hinreichende Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen kann damit bisher noch nicht gewährleistet werden.

2.1.2 Anforderungen und Kriterien für die Produktkontrolle

Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle sind bisher für die Schachanlage Konrad und das Endlager Morsleben erstellt worden. Für das zukünftige Endlager sind diese Vorgaben noch nicht festgeschrieben worden, sie werden sich jedoch vermutlich am bestehenden Stand der Anforderungen orientieren.

Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich deshalb auf diese Anforderungen, die ggf. für ein zukünftiges Endlager modifiziert und konkretisiert werden müssen.

Anforderungen an Behälter/Verpackungen

Für die Endlagerung vorgesehene Behälter müssen nach Vorgaben des BfS /MAR-96/ einer Bauartprüfung unterzogen werden. Dabei haben die Behälterwerkstoffe gültigen Spezifikationen zu entsprechen, DIN-Vorschriften sind zu beachten und es sind Qualitätssicherungsmaßnahmen beim Bau der Behälter zu treffen. Details zur Werkstoffauswahl hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung sind nicht vorgegeben.

Diese Behälterspezifikationen stellen eine Grundlage für die stoffliche Charakterisierung des Behältermaterials dar.

Bei einigen Verpackungsmaterialien, wie z. B. für Kartuschen, die für die Hochdruckverpressung verwendet werden und für andere Innenverpackungen (Fässer, Stahltrommeln, Kunststoffinliner), wird die Vorlage derartiger Spezifikationen bisher nicht gefordert.

Anforderungen an Konditionierungsverfahren

- Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren /MAR-96/

Zur Konditionierung radioaktiver Abfälle für eine Endlagerung werden überwiegend qualifizierte Verfahren angewendet, wobei sowohl eine kampagnenunabhängige als auch eine kampagnenabhängige Qualifizierung der Verfahren vorgenommen werden kann.

Bei beiden qualifizierten Verfahren werden die Betriebsbedingungen in Abstimmung mit dem BfS festgelegt, für die kampagnenunabhängigen Verfahren erfolgt dies in einem Handbuch. Zu den Betriebsbedingungen gehören die Prozessführung und –instrumentierung, Verfahrensparameter mit Toleranzbereichen und Kontrollmaßnahmen.

Im Fall der Fixierung radioaktiver Abfälle ist z. B. die Zusammensetzung der Rohabfälle hinsichtlich des Anteiles an Störsubstanzen zu deklarieren, für die Qualität des Fixierungsmittels wird eine Lieferspezifikation gefordert. Die Mengenverhältnisse Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe sind zu definieren.

- Stichprobenkontrollen /MAR-96/

Eine Abfallkonditionierung ist auch durch nicht qualifizierte Verfahren möglich, die dabei hergestellten Abfallgebilde werden nachträglich auf Einhaltung der Endlagerungsbedingungen kontrolliert. Grundlage ist die vom Ablieferungspflichtigen vorzulegende Dokumentation (Abfalldatenblatt) zu den Abfallgebilden. Nachzuweisen ist die Einhaltung bestimmter Grundanforderungen und Kenngrößen, wobei z. B. für das Fixierungsmaterial selbst keine Lieferspezifikation gefordert wird und hinsichtlich des anzuwendenden Mengenverhältnisses Abfall : Fixierungsmaterial Kenngrößen zur thermischen Stabilität und zur Formstabilität einzuhalten sind. Die Deklaration stofflicher oder chemischer Zusammensetzungen ist bisher nicht gefordert.

Angaben zur Zusammensetzung des Abfalls

Als eine endlagerrelevante Eigenschaft wird zwar die Zusammensetzung des Rohabfalls benannt, diese bezieht sich jedoch hauptsächlich auf den Gehalt an Radionukliden, sowie auf einzuhaltende Grundanforderungen. Neben der Angabe der Abfallart ist bisher in den Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad /BRE-95/ keine genauere Deklaration stofflicher bzw. chemischer Bestandteile gefordert. Die Detaillierung bei der Beschreibung der Abfallzusammensetzung liegt im Ermessen des Abfalllieferers bzw. der Produktkontrollstelle, was entsprechend unterschiedlich und oftmals sehr pauschal gehandhabt wird.

2.1.3 Anforderungen aus der Grundwasserverordnung

Nach der Grundwasserverordnung /GVO-97/ bedarf das Ablagern und sonstige Beseitigen von Stoffen der Listen I und II, das zu deren Eintrag in das Grundwasser führen kann, einer behördlichen Erlaubnis. Dafür ist nachzuweisen, dass die schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen sind.

Im Falle der Endlagerung chemotoxischer Stoffe wurden für Endlager in tiefen geologischen Formationen entsprechende Genehmigungen auf der Grundlage von Langzeitsicherheitsnachweisen für dieses Lager erteilt, wobei ein Eintrag chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser ausgeschlossen wird. Dieser Genehmigungsvorgang ist abweichend zur bisherigen Verfahrensweise für den Standort Konrad und nicht relevant für eine Genehmigung für Endlager radioaktiver Abfälle.

Eine entsprechende Nachweisführung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle erfordert die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung und insbesondere des Gehaltes an schädlichen Inhaltsstoffen der Listen I und II. Mögliche Abfallbestandteile, die diese Stoffe in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten können, sind in den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 genannt.

Tabelle 1: Abfallrelevante Stoffe gemäß Klassifikation der Liste I

Stoffe der Liste I	Abfallmaterial
Organische Halogenverbindungen und Stoffe, die im Wasser derartige Verbindungen bilden können	Flüssig-organische Abfälle (Lösungsmittel, Öle), Chemikalien, medizinische und pharmazeutische Abfälle
Organische Phosphorverbindungen	Abwässer, Schlämme, Suspensionen
Organische Zinnverbindungen	nicht bekannt; ggf. in Farbstoffen, Anstrichen
Stoffe, die im oder durch Wasser krebserregende, mutagene oder teratogene Wirkung haben; dazu gehören auch Stoffe aus Liste II, soweit sie diese Wirkung haben	Nicht näher bekannt bzw. in den anderen Stoffgruppen bereits enthalten
Quecksilber und Quecksilberverbindungen	Kunststoffabfälle, Chemikalien, Asche, Filterstaub
Cadmium und Cadmiumverbindungen	Metallische Abfälle, Asche, Schlacke, Filterstaub
Mineralöle und Kohlenwasserstoffe	Flüssig-organische Abfälle (Lösungsmittel, Öle), Chemikalien, Abwässer, Schlämme, Suspensionen, medizinische und pharmazeutische Abfälle
Cyanid	Fällschlämme

Tabelle 2: Abfallrelevante Stoffe gemäß Klassifikation der Liste II

Stoffe der Liste II	Abfallmaterial
Metalloide, Metalle und ihre Verbindungen (Ag, As, B, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Ti, Tl, U, V, Zn)	Metallische Abfälle, nichtmetallische anorganische Abfälle, Chemikalien, Aschen, Schlacken, Filterstäube, flüssige anorganische Abfälle
Biozide und abgeleitete Verbindungen, die nicht in der Liste I enthalten sind	Medizin- und Pharmaabfälle
Stoffe, die eine für Geschmack oder Geruch des Grundwassers abträgliche Wirkung haben; Verbindungen, die im Grundwasser zur Bildung solcher Stoffe führen und es für den menschlichen Gebrauch ungeeignet machen können	Al, Fe, Chlorid, Ammonium: enthalten in fast allen festen und flüssigen Abfälle
Giftige oder langlebige organische Siliziumverbindungen und Stoffe, die im Wasser zur Bildung solcher Verbindungen führen können, mit Ausnahme derjenigen, die biologisch unschädlich sind oder sich im Wasser rasch in biologisch unschädliche Stoffe umwandeln	nicht bekannt
Anorganische Phosphorverbindungen und reiner Phosphor	Abwässer
Fluoride	Kunststoffabfälle, Chemikalien, Abwässer
Ammoniak und Nitrite	Verdampferkonzentrate

2.1.4 Grenz- und Richtwerte, Geringfügigkeitsschwellen

Für Abfalldeponien in tiefen Gesteinsformationen sind keine Bewertungsmaßstäbe für die Belastung des Grundwassers durch Schadstoffe aus den Abfällen festgelegt worden. Generell gilt lt. Grundwasserverordnung der Grundsatz, dass eine Verschlechterung der Eigenschaften des Grundwassers zu vermeiden ist. Die Grundwasserverordnung stellt die Umsetzung der EG-Richtlinie 80/68/EWG /EGR-79/ dar, in der das Grundwasser als „alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht“ definiert ist.

Für die Abschätzung einer eventuellen Belastung durch diese Stoffe stehen damit im Wesentlichen nur die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, sowie diverse Grenzwerte für Trinkwasser, oberflächennahes Grundwasser, Prüfwerte der BBodSchV /BSV-99/ zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser zur Verfügung.

Ein Abgleich der Parameter, für die in den o. g. Regelungen und Verordnungen Bewertungsmaßstäbe vorliegen, zeigten, dass die LAWA für die meisten der in der Grundwasserverordnung genannten Parameter Geringfügigkeitsschwellen festgelegt hat. Diese Parameter lassen sich den Stoffen der Listen I und II wie folgt zuordnen:

Für Stoffe der Liste I:

- Organische Halogenverbindungen und Stoffe, die im Wasser derartige Verbindungen bilden können: **LHKW, ges.; PCB, ges.; PCDD/F; Chlorphenole; Chlorbenzole**
- Organische Phosphorverbindungen: **keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt; nur für PBSM, ges.**
- Organische Zinnverbindungen: **keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt;**
- Stoffe; die im oder durch Wasser krebserregende, mutagene oder teratogene Wirkung haben; dazu gehören auch Stoffe aus Liste II, soweit sie diese Wirkung haben: **keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt**
- Quecksilber und Quecksilberverbindungen: **Hg**
- Cadmium und Cadmiumverbindungen: **Cd**
- Mineralöle und Kohlenwasserstoffe: **MKW; PAK, ges.; BTX, ges.; Phenole, ges.**

8. Cyanid: **Cyanid, ges.**

Für Stoffe der Liste II:

1. Metalloide, Metalle und ihre Verbindungen (Ag, As, B, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Ti, Tl, U, V, Zn): **As, Ba, Co, Cr ges., Cr VI, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V, Zn (keine Geringfügigkeitsschwellen für B, Be, Te, Ti, U)**
2. Biozide und abgeleitete Verbindungen, die nicht in der Liste I enthalten sind: **PBSM, ges.**
3. Stoffe, die eine für Geschmack oder Geruch des Grundwassers abträgliche Wirkung haben; Verbindungen, die im Grundwasser zur Bildung solcher Stoffe führen und es für den menschlichen Gebrauch ungeeignet machen können: **keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt¹⁾**
4. Giftige oder langlebige organische Siliziumverbindungen und Stoffe, die im Wasser zur Bildung solcher Verbindungen führen können, mit Ausnahme derjenigen, die biologisch unschädlich sind oder sich im Wasser rasch in biologisch unschädliche Stoffe umwandeln: **keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt**
5. Anorganische Phosphorverbindungen und reiner Phosphor: **keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt¹⁾**
6. Fluoride: **Fluorid**
7. Ammoniak und Nitrite: **keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt¹⁾**

¹⁾ z. T. sind Grenzkonzentrationen in der TrinkwV und im DVGW-Regelwerk festgelegt

2.1.5 EG-weite Regelungen

Folgende Dokumente wurden bezüglich der Relevanz zur Aufgabenstellung geprüft:

- EG-Wasserrahmenrichtlinie
- Prioritätenliste für grundwasserrelevante Stoffe
- Trinkwasserrichtlinie

Es zeigte sich, dass eine Umsetzung in deutsche Richtlinien erfolgt ist. Es sind keine weiteren Regelungen oder Richtlinien gegenwärtig in Bearbeitung bzw. vorgesehen, die den Grundwasserschutz z. B. bei untertägigen Deponien betreffen.

Die bestehenden EG-Regelungen sowohl zu radioaktiven Abfällen als auch zum Grundwasserschutz enthalten keine Kriterien bzw. Anforderungen für die Charakterisierung chemotoxischer Bestandteile in diesen Abfällen.

Weiterhin sind keine Aktivitäten absehbar, die EG-weite Regelungen oder Empfehlungen zu dieser Problematik erwarten lassen.

2.2 Abgeleitete Anforderungen und Kriterien zur Stoffcharakterisierung

2.2.1 Allgemeines

Die Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung sowie die Anforderungen und Kriterien für die Produktkontrolle (siehe Abschnitte 2.1.1 und 2.1.2) sind als Grundlage für eine umfassende stoffliche Charakterisierung aller Materialien von Endlagerbehältern und -verpackungen, Konditionierungsmaterialien und Abfallstoffen zu betrachten. Eine Untersetzung bzw. Ergänzung der Produktkontrollanforderungen zum Zwecke der stofflichen Charakterisierung dieser Materialien in Form konkreter Vorgaben der Maßnahmen und des Umfangs zur Deklaration und Kontrolle wird erforderlich.

Die relevanten grundwasserrechtlichen Regelungen verlangen insbesondere die Berücksichtigung und damit die Deklaration von Stoffen der Listen I und II der Grundwasserverordnung.

2.2.2 Behälter-/Verpackungsmaterialien

Die Behälter- und Verpackungsmaterialien stellen einen Großteil des Abfallvolumens dar und sollten, da dies relativ unproblematisch ist, hinreichend stofflich charakterisiert werden. Für die stoffliche Charakterisierung von Behälter- und Verpackungsmaterialien sollten deshalb an die Lieferspezifikationen und an zusätzlich durch die Ablieferer zu deklarierende Daten folgende beispielhaft aufgeführten Anforderungen gestellt werden, die teilweise bereits in den Abfalldokumentationen gefordert sind (siehe Abschnitte 2.1.1 und 2.1.2):

- Angabe der Art / des Typs der Verpackung
 - Gussbehälter: z. B. Gussbehälter Typ I
 - Stahlcontainer: z. B. Container Typ I
 - Stahlfässer: z. B. 200 l-Rollreifenfass
 - Betonbehälter: z. B. Betonbehälter Typ I
 - Blechtrommeln für Hochdruckverpressung: z. B. 180 l-Blechkartuschen
 - Kunststoffinliner: z. B. PE-Säcke
 - Zwischenraumverfüllung: z. B. Beton
 - Abschirmung: z. B. Fe-Granulat
- Angabe der Herstellerfirma
- Angaben zu Materialarten/-sorten der Verpackung
 - Guss-, Stahlbehälter: Guss-, Stahlsorte, Art des Beschichtungsmaterials, Art des Dichtungsmaterials
 - Betonbehälter: Betonbestandteile (Zementsorte, Zuschlagstoffe); Stahlsorte des Armierungsmaterials
 - Zwischenraumverfüllung: z. B. bei Beton Angabe der Betonbestandteile (Zementsorte, Zuschlagstoffe)
 - Abschirmmaterial: ggf. genauere Bezeichnung zur Materialart
- Mengen-/Verhältnisangaben
 - Gewicht der Behälter/Verpackungen
 - Dicke der Beschichtung auf Containern, Fässern
 - Mischungsverhältnis von Betonbestandteilen
 - Masse der Armierung bei Betonbehältern
 - Masse von Verfüll- oder Abschirmmaterial pro Gebinde

Es sind insbesondere solche Kriterien für die Stoffcharakterisierung zu berücksichtigen, die dazu dienen, aus den Spezifikationen zu Materialarten und –sorten den Gehalt an chemotoxischen Bestandteilen und dessen Bandbreite abzuleiten. Zusammenstellungen zu relevanten chemotoxischen Bestandteilen enthalten die vorangegangenen Berichte /HER-01/ und /HER-02/.

Als Anforderung an den Einsatz von Behälter- und Verpackungsmaterial könnten auf Grundlage recherchierter Zusammensetzungen bestimmte Materialarten empfohlen oder auch ausgeschlossen werden. Vorstellbar wäre beispielsweise die Vermeidung chromathaltiger Zementsorten bei der Behälterherstellung oder auch bei der Verwendung von Zement/Beton als Verfüll- oder Abschirmmaterial. Bei der Auswahl ist u. U. auch der Aspekt des Gehaltes an natürlichen radioaktiven Inhaltsstoffen in den Behälter- und Verpackungsmaterialien zu berücksichtigen.

2.2.3 Konditionierungsmaterialien

Hinsichtlich der Charakterisierung von Konditionierungsmaterialien sind die Produktkontroll-Anforderungen und -Kriterien für die Konditionierungsverfahren zu Grunde zu legen. Auch hier wird eine Untersetzung und Ergänzung hinsichtlich der Maßnahmen und des Deklarations- und Prüfumfanges als erforderlich angesehen, da diese Materialien einen hohen stofflichen Anteil darstellen.

Dabei sollten für die stoffliche Charakterisierung der Konditionierungsmaterialien an die Lieferspezifikationen und an zusätzlich durch die Ablieferer zu deklarierende Daten beispielsweise die folgenden Anforderungen gestellt werden:

- Angabe der Art des Konditionierungsmaterials
 - Bindemittel: z. B. Beton, Zementleim, Gips, Bitumen o. a.
 - Sorptionsmittel: z. B. Kieselgur, Aktivkohle o. a.
 - Sonstige zur Konditionierung erforderliche Hilfsstoffe: z. B. Emulgatoren
- Angabe der Herstellerfirma
- Angaben zu Materialarten/-sorten des Konditionierungsmaterials
 - Beton, Zementleim: Bestandteile (Zementsorte, Zuschlagstoffe)
 - Gips, Bitumen, Kieselgur usw.: Sortenbezeichnung
- Mengen-/Verhältnisangaben
 - Masse oder Anteil von Bindemittel oder Sorptionsmaterial pro Gebinde und/oder
 - Mischungsverhältnis Abfall zu Konditionierungsmaterial

Kriterien für die Stoffcharakterisierung sind wiederum, dass aus den Spezifikationen zu Materialarten und –sorten der Gehalt an chemotoxischen Bestandteilen und dessen Bandbreite abgeleitet werden kann. Zusammenstellungen zu relevanten chemotoxischen Stoffen in Konditionierungsmaterialien enthalten die vorangegangenen Berichte /HER-01/ und /HER-02/.

Als Anforderung an den Einsatz von Konditionierungsmaterial könnten auf Grundlage recherchierter Zusammensetzungen bestimmte Materialarten empfohlen oder auch ausgeschlossen werden. Vorstellbar wären beispielsweise der definitive Ausschluss von Bitumen (wird als Konditionierungsverfahren ohnehin nicht mehr angewandt) oder auch die Vermeidung chromathaltiger Zementsorten bei der Zementierung flüssiger Abfälle oder dem Verguss von Abfällen mit Beton bzw. Zementleim. Im Falle der Konditionierungsmaterialien kann bei der Auswahl u. U. auch der Aspekt des Gehaltes an natürlichen radioaktiven Inhaltsstoffen zu beachten sein.

2.2.4 Abfallmaterialien

Grundlage für die stoffliche Charakterisierung von Abfallmaterialien stellt hier insbesondere die in der Strahlenschutzverordnung enthaltene Liste zur Bezeichnung des Abfalls dar. Da diese Bezeichnungen jedoch noch keine eindeutige Identifikation von Inhaltsstoffen erlauben, und auch in den Endlagerungsbedingungen und Produktkontrollanforderungen keine klaren Anforderungen an eine solche stoffliche Charakterisierung gestellt sind, müssen vor allem Anforderungen und Kriterien für eine klare Deklaration von relevanten Abfallbestandteilen erarbeitet werden, sowie Vorschriften für evtl. anzuwendende Messverfahren (Methoden, Fehler, usw.).

Die zu treffenden Angaben zu den Abfallbestandteilen müssen gewährleisten, dass der qualitative und quantitative Gehalt an chemotoxischen Bestandteilen und dessen Bandbreite abgeleitet werden kann.

Als Kriterien und Anforderungen zur stofflichen Charakterisierung der Abfallmaterialien werden angesehen:

- Untersetzung der Abfallbezeichnung aus der StrlSchV durch die in den jeweiligen Abfällen enthaltenen stofflichen Bestandteile, die noch zu definieren und in Form einer Nomenklatur vorzugeben sind.
- Angabe von Mengenanteilen der stofflichen Bestandteile in Vol% oder kg.
- Durchführung und Berücksichtigung von chemischen Analysen der Abfälle nur, soweit diese als Routineuntersuchungen bereits erfolgen und für den Abfalllieferer keinen erhöhten analytischen Aufwand darstellen.
- Daten und Erläuterungen, welche die Plausibilität getroffener Angaben belegen.

Konkrete Vorgaben für eine Deklaration / Nomenklatur einzelner Abfallbestandteile existieren noch nicht. Um eine Abschätzung der Mengen einzelner stofflicher, insbesondere chemotoxischer Bestandteile gewährleisten zu können, sind entsprechende Vorgaben dazu noch zu erarbeiten (siehe auch Abschnitt 3.1.3). Es scheint aus gegenwärtiger Sicht eine effektive Lösung darin zu liegen, Stoffvektoren mit besonderer Berücksichtigung chemotoxischer Bestandteile der Abfälle zu erstellen, um dem Abfalllieferer die stoffliche Spezifikation zu erleichtern und eine qualitätsgesicherte Zuordnung zu treffen.

3 Verfahren zur Bestimmung von chemotoxischen Inhaltsstoffen

3.1 Methoden zur Abfallcharakterisierung und Dokumentation

3.1.1 Allgemeines

Die Ablieferungspflichtigen und Konditionierer sind lt. /MAR-95, MAR-96/ für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen verantwortlich und müssen für deren Nachweis geeignete technische und organisatorisch-administrative Maßnahmen treffen. Es sind Dokumentationen vorzulegen, aus denen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen hervorgeht. Vorgaben für die Deklaration chemotoxischer Inhaltsstoffe gibt es in den bisherigen Annahmebedingungen noch nicht, so dass hierzu Ergänzungen bzw. Konkretisierungen erforderlich werden.

Für die Dokumentation von Abfallinhaltsstoffen, die Rückschlüsse auf chemotoxische Bestandteile und deren Mengen zulässt, wird die Erarbeitung von generalisierten Abfallschlüsseln und Stoffvektoren empfohlen. Die Anwendung derartiger Abfallschlüssel könnte den Aufwand für die Deklaration und Analyse von Abfallbestandteilen sowohl für die Abfalllieferer als auch die erforderlichen Maßnahmen bei der Produktkontrolle in einem vertretbaren Rahmen halten, da nur bei speziellen Abfallinhaltsstoffen eine nähere Spezifikation oder ggf. Analyse erforderlich würde. Der Großteil des stofflichen Inhalts könnte über eine Grobauswahl des Stoffs und mittels qualifizierter Stoffvektoren abgedeckt werden (ohne analytischen Aufwand).

3.1.2 Behälter-/Verpackungsmaterialien

Die Art und der Typ der derzeit verwendeten Zwischen- bzw. Endlagerbehälter werden i. allg. dokumentiert. Spezifikationen liegen bereits vor z. B. für Gussbehälter, Stahlcontainer und Betonbehälter. Für alle weiteren zum Einsatz kommenden Verpackungs-, Verfüll- und Abschirmmaterialien wären Spezifikationen zu den verarbeiteten Werkstoffen abzufordern, aus denen Angaben zur Materialzusammensetzung abgeleitet werden können.

Zur Charakterisierung der Materialzusammensetzung von Behältern und Verpackungsmitteln sollten den Datenblättern für die Endlagerung Lieferspezifikationen beigefügt werden, die insbesondere Angaben zu verwendeten Werkstoffen enthalten.

Mittels dieser Spezifikationen soll die Deklaration der stofflichen Zusammensetzung folgender Verpackungsbestandteile ermöglicht werden:

- Gussbehälter
- Stahlfässer
- Betonbehälter
- Blechtrommeln für Hochdruckverpressung
- Kunststoffinliner
- Verfüllmaterial für Behälterzwischenräume
- Abschirmmaterialien
- sonstige

Vorschlag: Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer werden in einem weiterführenden Vorhaben Daten zu Behältern/Verpackungen gesammelt, aus denen Hersteller- und Verpackungstyp-spezifische Stoffvektoren zusammengestellt werden. Damit soll erreicht werden, dass die Abfalllieferer nur Angaben zum Verpackungstyp und Hersteller zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben. Die in den Werkstoffen vorhandenen „Verunreinigungen“

(z. B. im unlegierten Massenbaustahl: Cu, Cr, Co, Mn, Al, Ni, Si, W usw.) werden mit der in der entsprechenden DIN genannten Obergrenze abgeschätzt.

3.1.3 Konditionierungsmaterialien

Für Abfälle, die endlageregerecht konditioniert werden, erfordert das Produktkontrollverfahren eine qualitätsgesicherte Konditionierung. Die Verarbeitung, d. h. die Vermischung mit Zuschlag- und Zusatzstoffen, W/Z-Werte, Mischungsverhältnisse mit den Abfallmaterialien usw., sind im Rahmen der Produktkontrollmaßnahmen zu dokumentieren, einschließlich der Art und des Herstellers von Zuschlag-/Zusatzstoffen.

Zur stofflichen Charakterisierung der Konditionierungsmaterialien sollte die Dokumentation der Konditionierungsverfahren außerdem Lieferspezifikationen beinhalten, aus denen die Zusammensetzung des jeweiligen Konditionierungsmaterials abgeleitet werden kann.

Aus der Dokumentation zum Konditionierungsverfahren im Zusammenhang mit Lieferspezifikationen müssen Angaben zur Zusammensetzung für folgende Konditionierungsmaterialien ableitbar sein:

- Bindemittel: Beton, Zementleim, Gips, Bitumen, Kunststoffe, sonstige
- Sorptionsmittel: Kieselgur, Aktivkohle, Vermiculit, sonstige
- Weitere Hilfsmittel zur Abfallkonditionierung: z. B. Emulgatoren, Neutralisationsmittel

Vorschlag: Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer werden in einem weiterführenden Vorhaben Daten zu Konditionierungsmaterialien gesammelt, aus denen Hersteller- und Material-spezifische Stoffvektoren zusammengestellt werden. Damit soll erreicht werden, dass die Abfalllieferer nur Angaben zum verwendeten Konditionierungsmaterial, zum Hersteller und verfahrensspezifische Angaben (Mischungsverhältnisse, eingesetzte Mengen) zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben.

3.1.4 Abfallmaterialien

Die Abfallmaterialien sind entsprechend der StrlSchV /SSV-01/ zu deklarieren. Eine Konkretisierung/Untersetzung in Abfallbestandteile ist anhand einer noch zu erarbeitenden Nomenklatur vorzunehmen.

Die Deklaration stofflicher Bestandteile in homogenen Stoffströmen wird relativ unkompliziert sein. Von Abfällen, die homogen in größeren Mengen anfallen, werden i. allg. Proben entnommen, die radiolytisch analysiert und charakterisiert werden. Im Wesentlichen betrifft dies Abfälle aus Kernkraftwerken wie z. B. Verdampferkonzentrate, Filterschlämme und Ionenaustauscherharze, weiterhin auch Aschen und Schlacken aus der Abfallverbrennung und aus Schmelzprozessen. Die Durchführung von chemischen Analysen der Rohabfälle oder auch der Abfallprodukte wäre für derartige Abfälle vorstellbar und erfolgt oftmals schon für freizugebende Stoffströme.

Grundsätzlich sollte jeder Abfallcharge, sowohl von homogenen als auch von inhomogenen Abfallströmen, eine Rückstellprobe entnommen werden, die für Produktkontrollmaßnahmen bereit gestellt und im Bedarfsfall für eine chemische Analyse herangezogen werden kann.

Damit werden vom Ablieferer nur die Bereitstellung der Proben, jedoch keine Deklarationsanalysen gefordert; es wird aber die Option offen gehalten, im Rahmen einer Produktkontrolle bei Bedarf entsprechende Untersuchungen durchzuführen.

Eine genaue Deklaration einzelner Bestandteile in inhomogenen festen Abfällen (Mischabfälle) ist besonders schwierig, deshalb sollte durch eine gute Vorsortierung der Abfälle diese Kategorie „Mischabfälle“ möglichst vermieden bzw. in geringem Umfang gehalten werden. Ein besonderes Augenmerk ist auf Anforderungen an eine Spezifizierung

der Abfälle zu richten, die von Kleinabfalllieferern und auch aus der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen kommen, da diese Abfälle schwierige oder bisher nicht aufgetretene Stoffkompositionen enthalten können.

Da die Kleinabfalllieferer aus den Bereichen Medizin, Industrie und Forschung meist eine gute Übersicht zu den im Einsatzbereich radioaktiver Materialien verwendeten grundwasserrelevanten Stoffen haben, sind stoffliche Angaben oft gut nachvollziehbar. Um diese Problematik auch in den Großforschungszentren ohne hohen Aufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten, sind ggf. Deklarationen zum stofflichen Ausschluss (z. B.: dieser Abfall enthält kein Hg, Pb, usw.) beizubringen. Entsprechende Vorgaben für Vermerke und Eintragungen in die Abfalldatenblätter wären noch zu erarbeiten.

Vorschlag: In Weiterführung dieses Projektes werden Vorgaben für die Beschreibung der Abfälle und für anzuwendende Stoffvektoren, sowie von Vorschriften für die Entnahme von Rückstellproben und für ggf. einsetzbare Analyseverfahren erarbeitet:

- a) *Erstellung von Stoffvektoren zu den einzelnen Abfällen, die herkunftsspezifisch sein sollten. Als Grundlagen können dazu dienen:*
 - *Von Abfallerzeugern oder aus anderen Quellen bekannte Abfallspezifikationen und -zusammensetzungen,*
 - *Berücksichtigung von Analyseergebnissen, sofern diese für bestimmte Abfallarten vorliegen oder ohne größeren zusätzlichen Aufwand erhalten werden können,*
 - *ggf. Angaben aus Abwasseranalysen, sofern dadurch bestimmte Stoffe zu berücksichtigen sind oder ausgeschlossen werden können,*
 - *ggf. Berücksichtigung von Materialbilanzen (Einkauf) über bestimmte relevante Stoffe.*
- b) *Festlegung einer Nomenklatur für die Auflistung von Abfallbestandteilen durch die Abfalllieferer.*
- c) *Erarbeitung von Vorschriften zur Entnahme repräsentativer Mischproben (Rückstellproben).*

3.2 Methoden zur Überprüfung im Rahmen der Produktkontrolle

3.2.1 Allgemeines

Die Aufgaben von Sachverständigen im Rahmen der Produktkontrollen umfassen nach /MAR-95, MAR-96/ u. a. folgende Aufgaben:

- Prüfung der von den Ablieferungspflichtigen und Konditionierern vorgelegten Dokumentationen,
- Prüfung und Begutachtung von Konditionierungsverfahren bezüglich der Qualität der Abfallprodukte einschließlich Prüfung der zu verwendenden Behälter bzw. Verpackungen,
- Kontrollen an Proben aus dem Konditionierungsprozess,
- begleitende Kontrollmaßnahmen bezüglich der Qualität der Abfallprodukte bei Anlagen, in denen radioaktive Abfälle mit qualifizierten Verfahren konditioniert werden, sowie begleitende Kontrollmaßnahmen bei der Fertigung von Behältern bzw. Verpackungen,
- Stichprobenprüfungen an Abfallgebinden (Abfallprodukt und Abfallbehälter).

Diese Aufgaben sind im Hinblick auf eine mögliche Erfassung und Quantifizierung chemotoxischer Bestandteile zu konkretisieren.

3.2.2 Behälter-/Verpackungsmaterialien

In Ergänzung bzw. Konkretisierung der Vorschriften zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle /MAR-95, MAR-96/ werden im Hinblick auf die Behälter- und Verpackungsmaterialien folgende Methoden vorgeschlagen:

- Überprüfung der abgeleiteten Angaben aus den Spezifikationen der Behälterhersteller zur Zusammensetzung von Behältermaterialien.
- Überprüfung dieser Lieferspezifikationen auf Vollständigkeit hinsichtlich der Materialdaten.
- Überprüfung und Anwendung von Stoffvektoren für die Deklaration möglicher chemotoxischer Bestandteile in den Verpackungsmaterialien.

Nachträgliche chemische Analysen der Behältermaterialien werden aus gegenwärtiger Sicht nicht als erforderlich angesehen.

3.2.3 Konditionierungsmaterialien

In Ergänzung bzw. Konkretisierung der Vorschriften zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle /MAR-95, MAR-96/ werden im Hinblick auf die stoffliche Charakterisierung der Konditionierungsmaterialien folgende Methoden vorgeschlagen, die bei der Produktkontrolle im Rahmen qualifizierter Konditionierungsverfahren und auch bei Stichprobenkontrollen erfolgen sollten:

- Überprüfung der abgeleiteten Angaben aus Spezifikationen der Hersteller von Konditionierungsmaterialien wie Zement, Kieselgur u. a. zur Zusammensetzung der Materialien.
- Überprüfung dieser Lieferspezifikationen auf Vollständigkeit hinsichtlich der Materialdaten.
- Überprüfung und Anwendung von Stoffvektoren für die Deklaration möglicher chemotoxischer Bestandteile in den Konditionierungsmaterialien.

Nachträgliche chemische Analysen der Konditionierungsmaterialien werden auch hier nicht als erforderlich angesehen.

3.2.4 Abfallmaterialien

Homogene Abfallströme

Bei kampagnenunabhängigen qualifizierten Konditionierungsverfahren werden für die Produktkontrolle in vielen Fällen Rückstellproben gebildet. Diese Proben dienen vor allem der radiologischen Charakterisierung der Abfälle, aber auch zur Kontrolle der Einhaltung bestimmter stofflicher Parameter. Für die stoffliche Charakterisierung wäre eine solche Verfahrensweise ebenfalls nutzbar. Rückstellproben sollten grundsätzlich allen Abfallchargen entnommen werden, sie könnten, mit vorhandenen chemisch-analytischen Verfahren auch nachträglich noch untersucht werden, falls dies als erforderlich angesehen wird.

Hierfür stehen eine Reihe bewährter Analyseverfahren, die in den meisten chemischen Laboratorien, so auch in Produktkontrollstellen vorhanden sind, zur Verfügung, z. B. AAS, ICP-OES, HPLC, GC, RFA.

Zur Beschränkung des analytischen Aufwandes bei großen kontinuierlich entstehenden Abfallmengen wäre es denkbar, aus einer begrenzten Anzahl von Analysenwerten abdeckende Stoffvektoren zu erstellen, die für eine Abfallcharakterisierung herangezogen werden, ohne dass weitere Analysen seitens der Ablieferer für einzelne Abfallströme durchzuführen sind.

Inhomogene Abfälle

Als problematisch stellt sich die stoffliche Charakterisierung von festen Abfällen, insbesondere Mischabfällen aus Forschungsbereichen und von kleineren Abfalllieferern dar, da hier kaum eine Entnahme repräsentativer Proben für analytische Untersuchungen möglich ist. Rückstellproben in Form von Mischproben sollten dennoch auch von diesen Abfällen entnommen werden. Hierzu sind die Methoden für eine repräsentative Probenahme festzulegen.

In der Verantwortung der Abfalllieferer liegen hier eine möglichst gute Sortierung zur Vermeidung sehr inhomogener Abfallzusammensetzungen und eine hinreichend genaue Angabe der Abfallbestandteile.

Als Maßnahmen und Methoden der Produktkontrolle werden angesehen:

- Überprüfung der Angaben der Abfalllieferer anhand von ausreichend repräsentativen Stichprobenkontrollen (Sichtkontrollen).
- Bei Hinweisen auf den Gehalt an bestimmten chemotoxischen Bestandteilen sollten gezielte Prüfungen durchgeführt werden, z. B.:
 - gaschromatografische Analyse der Gasphase im Behälter,
 - chemische Analyse von freigesetztem Wasser bei Verfahren der Hochdruckverpressung,
 - Untersuchung der Rückstellproben (Mischproben).
- Überprüfung der Angaben der Abfalllieferer auf Plausibilität, z. B. Vergleich der angegebenen Bestandteile mit Stoffen, die nachweislich gehandhabt worden sind.

4 Zusammenfassung und weitere Bearbeitung

Als Basis für die Ableitung von Anforderungen, Kriterien und Maßnahmen zur Stoffcharakterisierung dienten die Bestimmungen der novellierten Strahlenschutzverordnung, die Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und die Produktkontrolle für die Endlager Konrad und Morsleben, sowie Bestimmungen zum Grundwasserschutz hinsichtlich der Verunreinigung mit chemotoxischen Stoffen.

Zur bisherigen Verfahrensweise der Produktkontrolle liegen nach /BRE-02/ positive Erfahrungen vor, für die Zukunft wird jedoch zusätzlich der Nachweis der Nichtgefährdung des Grundwassers durch den Eintrag chemotoxischer Stoffe als erforderlich angesehen. Aus diesem Grund zielen die erarbeiteten Vorschläge auf eine Untersetzung bzw. Erweiterung der bereits bestehenden Bestimmungen zur Charakterisierung und Produktkontrolle radioaktiver Abfälle ab.

Die vorgeschlagenen Anforderungen und Kriterien an die Stoffcharakterisierung und an die Überprüfung der durch die Abfalllieferer zu treffenden Angaben im Rahmen der Produktkontrolle sind aus Beratungsergebnissen abgeleitet worden, wofür die folgenden Konsultationen geführt wurden:

- Umweltbundesamt Berlin, Herr Dr. Kerndorff: zu Regelungen und Gesetzen hinsichtlich des Grundwasserschutzes,
- Europäische Kommission / DG Environment, Herr D'Eugenio, Herr Henrich: zu EG-weiten Regelungen hinsichtlich des Grundwasserschutzes bei untertägigen Abfalldeponien,
- FZ Jülich, Herr Dr. Halaszovich, Herr Dr. Steinmetz: zu Fragen der Abfallcharakterisierung seitens der Abfalllieferer, Konditionierer und seitens der Produktkontrollstelle,
- GNS mbH, Herr Dr. Theis: zu Fragen der Abfallcharakterisierung seitens der Abfalllieferer und der Konditionierer,
- VKTA Rossendorf, Herr Loose, Herr Schlenkrich, Frau Fleck: zu Fragen der Abfallcharakterisierung seitens der Abfalllieferer,
- Kali + Salz AG, Herr Behnsen, Herr Glienke: zu Fragen der Endlagerung chemotoxischer Abfälle (gesetzliche Regelungen hinsichtlich des Grundwasserschutzes, Annahmebedingungen, stoffliche Charakterisierung der Abfälle).

Beim Forschungszentrum Karlsruhe, HDB, wurde auf unsere Anfrage hin bisher leider nicht die Veranlassung und die Möglichkeit gesehen, ein entsprechendes konsultatives Gespräch zu führen, so dass uns entsprechende Informationen bzw. Interessen nicht bekannt sind und deshalb auch die speziellen Kenntnisse und Intentionen nicht berücksichtigt werden konnten.

Die stoffliche Charakterisierung der verschiedenen Abfallbestandteile wird für Behälter-, Verpackungs- und Konditionierungsmaterialien, die auch den größten Mengenanteil an endzulagerndem Material bilden werden, sowohl für die Ablieferer als auch die Produktkontrolle relativ unkompliziert sein. Ebenso sollten homogene Abfallströme, die in großen Mengen auftreten, mittels Routineuntersuchungen bzw. durch Anwendung von Stoffvektoren gut charakterisierbar sein. Besondere Beachtung bei der Erarbeitung von Maßnahmen zur Deklaration und Produktkontrolle sollte den Abfallströmen von Kleinlieferern und aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen geschenkt werden. Diese Abfälle werden zwar nicht den mengenmäßigen Hauptanteil bilden, können aber insbesondere auf Grund schwer zu spezifizierender oder auch bisher in radioaktiven Abfällen nicht gehandhabter Stoffkompositionen grundwasserrelevante Bestandteile beinhalten.

Die Tabelle 3 enthält eine Zusammenfassung der in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Methoden zur stofflichen Charakterisierung der verschiedenen Abfallbestandteile.

Wie in den Abschnitten 3.1.2, 3.1.3 und 3.1.4 bereits dargelegt, werden aus jetziger Sicht in Fortsetzung dieses Projektes weiterführende Arbeiten als erforderlich angesehen, für die folgende Maßnahmen zur Umsetzung der abgeleiteten Methoden vorgeschlagen werden:

- 1. Sammlung von Daten zu Behältern/Verpackungen und Zusammenstellung von Hersteller- und Verpackungstyp-spezifischen Stoffvektoren,*
- 2. Sammlung von Daten zu Konditionierungsmaterialien und Zusammenstellung von Hersteller- und Material-spezifischen Stoffvektoren,*
- 3. Erarbeitung von Vorgaben für die Beschreibung der Abfälle, Festlegung einer Nomenklatur für die Auflistung von Abfallbestandteilen durch die Abfalllieferer,*
- 4. Erstellung von möglichst herkunftsspezifischen Stoffvektoren zu den einzelnen Abfällen, unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.1.4 genannten Bezugspunkte,*
- 5. Erarbeitung von Vorschriften zur Entnahme repräsentativer Mischproben (Rückstellproben) und ggf. einsetzbaren Analysenverfahren.*

Im nächsten (und letzten) zu bearbeitenden Arbeitspunkt dieses Vorhabens sollen Vorschläge zur Konkretisierung bzw. zur Um- und Untersetzung der Anforderungen in einem Regelungsrahmen erarbeitet werden.

Vor der endgültigen Formulierung aller Vorschläge im Abschlussbericht ist beabsichtigt, zusätzliche Gespräche mit der BGD GmbH Dresden zu gesetzlichen Regelungen, mit der EWN GmbH zur Charakterisierung von Stilllegungsabfällen und mit dem TÜV Nord zur Produktkontrolle zu führen. Weiterhin werden die Vorschläge nochmals mit einigen der o. g. Partner diskutiert, die ihr Interesse an weiteren Beratungen bekundet haben.

Tabelle 3: Mögliche Methoden zur stofflichen Charakterisierung verschiedener Abfallbestandteile

Bestandteil	Anforderungen	Kriterien	Methoden
Behälter-, Verpackungs- material	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in den Behälter- und Verpackungsmaterialien, die als chemotoxische Bestandteile den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten • Vermeidung von Behälter-/Verpackungsmaterialien mit bekannten Gehalten an chemotoxischen Bestandteilen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitbarkeit von Angaben zu chemotoxischen Bestandteilen in den einzelnen Behälterarten, Verfüll- und Abschirmmaterialien aus Herstellerspezifikationen • Anforderungen/Listen zur Angabe von Behälterdaten und Deklaration von Bestandteilen (noch festzulegen) • Mögliche stoffliche Bestandteile: siehe 1. Zwischenbericht 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation und Produktkontrolle; Empfehlung von zu bevorzugenden oder auch zu vermeidenden Behälterarten, Verfüll- und Abschirmmaterialien; 2 <u>Ablieferer</u>: Dokumentation lt. Anforderungen zur Produktkontrolle, inkl. Anhang von Materialspezifikationen, die von den Behälterherstellern erhalten werden; Angabe der Art und Mengen von Behälter-, Verfüll- und Abschirmmaterialien 3 <u>Produktkontrolle</u>: Prüfung der Unterlagen auf Vollständigkeit und Richtigkeit; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen
Konditionierungs- material	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in Bindemitteln, Sorptionsmitteln u. a. Hilfsstoffen zur Abfallkonditionierung, die den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten • Vermeidung von Konditionierungsmaterialien mit bekannten Gehalten an chemotoxischen Bestandteilen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitbarkeit von Angaben zu chemotoxischen Bestandteilen in den einzelnen Binde- und Sorptionsmitteln, sowie sonstigen Hilfsstoffen aus Herstellerspezifikationen • Ableitbarkeit von Angaben aus Dokumentationen zu Konditionierungsverfahren • Anforderungen/Listen zur Angabe von Daten zu Konditionierungsmaterialien und Deklaration von Bestandteilen (noch festzulegen) • Mögliche stoffliche Bestandteile: siehe 1. Zwischenbericht 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation von Konditionierungsverfahren und an die Produktkontrolle; Empfehlung von zu bevorzugenden oder auch zu vermeidenden Konditionierungsmaterialien 2 <u>Ablieferer</u>: Dokumentation zu Konditionierungsverfahren inklusive Anhang von Materialspezifikationen zu den Konditionierungsmaterialien; Angabe von Art und Menge der Konditionierungsmaterialien, von Verhältnissen Abfall : Konditionierungsmaterial 3 <u>Produktkontrolle</u>: Prüfung lt. Anforderungen an Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren bzw. Stichprobenkontrollen inkl. Prüfung der Dokumente zu Konditionierungsmaterialien; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen

Fortsetzung zu Tabelle 3: Mögliche Methoden zur stofflichen Charakterisierung verschiedener Abfallbestandteile

Bestandteil	Anforderungen	Kriterien	Methoden
Abfallmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in den Abfällen, die den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen der Strahlenschutzverordnung • Anforderungen/Listen zur Angabe von Daten zu Abfallmaterialien und Deklaration von Bestandteilen (noch festzulegen) • Mögliche stoffliche Bestandteile: siehe 1. Zwischenbericht 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation und Produktkontrolle; Vorgabe einer Deklarationsliste zu Abfallbestandteilen; Vorschriften zur Bildung von Rückstellproben 2 <u>Ablieferer</u>: Vorsortierung fester Abfälle; Entnahme von Rückstellproben zu jeder Abfallcharge; Dokumentation lt. Anforderungen zur Produktkontrolle, inkl. qualitativen und quantitativen Angaben zu Abfallbestandteilen lt. einer Deklarationsliste; Angabe von Verhältnissen Abfall : Konditionierungsmaterial 3 <u>Produktkontrolle</u>: Prüfung lt. Anforderungen an Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren bzw. Stichprobenkontrollen; Kontrolle u. ggf. Prüfung der Rückstellproben; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen

5 Literatur

- /AKR-89/ Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden (Abfallkontrollrichtlinie) vom 16.01.1989 (BAnz. 1989 Nr. 63 a), zuletzt ergänzt durch Bekanntmachung vom 14.01.1994 (BAnz. 1994 S. 725)
- /BBG-98/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, BGBl. I 1998 S. 502, 2001 S. 2331
- /BRE-95/ Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) – Schachtanlage Konrad; ET-IB-79, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- /BRE-02/ Brennecke, P. u. a.: Erfahrungen mit der Produktkontrolle endgelagerter radioaktiver Abfälle im ERAM; atw 47. Jg. (2002) Heft 10, S. 614 ff
- /BSV-99/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV); BGBl. I 1999, Nr. 36, 12.06.1999, S. 1554
- /EGR-79/ Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe, ABl. EG Nr. L 20 S. 43
- /GVO-97/ Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997, BGBl. I 1997, Nr. 18, 21.03.1997, S. 542
- /HER-01/ Herzog, C., Liebscher, B., Schneider, L.: 1. Zwischenbericht: Identifizierung chemotoxischer Inhaltsstoffe; Dresden, 05.04.2002
- /HER-02/ Herzog, C., Liebscher, B., Schneider, L.: 2. Zwischenbericht: Recherche und Zusammenstellung von technischen und regulatorischen Grundlagen; Dresden, 07.08.2002
- /KUG-96/ Kugel, K.; Noack, W.; Giller, H.; Martens, B.-R.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand: August 1996; ET-IB-85; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, August 1996
- /MAR-95/ Martens, B.-R.: Produktkontrolle radioaktiver Abfälle – Schachtanlage Konrad – Stand: Dezember 1995; ET-IB-45-REV-3; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- /MAR-96/ Martens, B.-R.; Giller, H.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil II: Produktkontrolle; Stand: Dezember 1996; ET-IB-85/2; BfS, Salzgitter, Dezember 1996
- /SSV-01/ Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz vom 20. Juli 2001 – Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV); BGBl. Teil I, Jg. 2001, Nr. 38, 26.07.2001, S. 1714 ff
- /TVO-01/ Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung von 21.05.2001; BGBl. I 2001, Nr. 24, 28.05.2001, S. 959
- /WHG-02/ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) Neufassung vom 12. November 1996, BGBl. I 1996, S. 1695, zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes v. 18.6.2002, BGBl. I, S. 1914, ber. S. 2711

Vertrag SR 2417

**Konkretisierung der regulatorischen Anforderungen an die
Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen
Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen und Möglichkeiten
zur Umsetzung**

– Abschlussbericht –

**C. Herzog
B. Liebscher
L. Schneider**

Dresden, 30.04.2003

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Inhalt

	Seite
Inhalt	2
Tabellenverzeichnis	3
Anlagenverzeichnis	3
Abkürzungen	4
1 Einleitung	6
2 Chemotoxische Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen	7
2.1 Grundwassergefährdende Stoffe und Stoffgruppen	7
2.2 Bestandteile radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung	10
2.3 Chemotoxische Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen	13
3 Regulatorische und technische Grundlagen	20
3.1 Regulatorische Grundlagen	20
3.1.1 Recherchierte Gesetze und Regelwerke	20
3.1.2 Relevante Regelwerke und deren Anforderungen	23
3.1.3 Identifizierte Lücken und Defizite	30
3.2 Technische Möglichkeiten zur Abfallcharakterisierung	32
3.2.1 Allgemeines	32
3.2.2 Annahmebedingungen und Methoden zur Dokumentation	32
3.2.3 Chemische Analysenverfahren	33
4 Abgeleitete Anforderungen und Kriterien	35
4.1 Charakterisierung der chemotoxischen Inhaltsstoffe	35
4.1.1 Allgemeines	35
4.1.2 Behälter- und Verpackungsmaterialien	35
4.1.3 Fixierungsmaterialien	36
4.1.4 Abfallmaterialien	36
4.1.5 Zusammenfassung der Charakterisierungskriterien	37
4.2 Verfahren zur Bestimmung von chemotoxischen Inhaltsstoffen	38
4.2.1 Methoden zur Abfallcharakterisierung und Dokumentation	38
4.2.2 Methoden zur Überprüfung im Rahmen von Kontrollmaßnahmen	39
4.2.3 Zusammenfassung der Verfahren zur Stoffcharakterisierung	41
4.2.4 Vorschläge für eine weitere Bearbeitung bzw. Umsetzung	42
5 Regelungsrahmen für die Charakterisierung von chemotoxischen Inhaltsstoffen	44
5.1 Regelungen für den Grundwasserschutz	44
5.2 Datenerfassung zu stofflichen Abfallbestandteilen	46

5.3	Anforderungen an endzulagernde Abfälle und an Kontrollmaßnahmen	47
6	Zusammenfassung	48
7	Literatur	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Liste I der Grundwasserverordnung	7
Tabelle 2:	Liste II der Grundwasserverordnung	8
Tabelle 3:	Bezeichnung des Abfalls nach StrlSchV /SSV-01/	12
Tabelle 4:	Behältermaterialien	14
Tabelle 5:	Chemotoxische Stoffe in Behältermaterialien	14
Tabelle 6:	Fixierungsmaterialien	14
Tabelle 7:	Chemotoxische Stoffe in Fixierungsmaterialien	15
Tabelle 8:	Abfallmaterialien	16
Tabelle 9:	Chemotoxische Stoffe nach /GVO-97/ in Abfallmaterialien	19
Tabelle 10:	Zusammenfassung der wichtigsten Regelungen	29
Tabelle 11:	Anforderungen an die Abfallcharakterisierung	37
Tabelle 12:	Umsetzung der Regelungen lt. StrlSchV	46
Tabelle 13:	Zusammensetzung der Behälter-, Fixierungs- und Abfallmaterialien	55
Tabelle 14:	Mögliche Methoden zur stofflichen Charakterisierung verschiedener Abfallbestandteile	56

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Zusammenfassung der erkannten Probleme
Anlage 2:	Wasserrechtliche Vorschriften der Bundesländer
Anlage 3:	Richt- und Grenzwerte
	Tabelle 1: Richt- und Grenzwerte für organische Parameter
	Tabelle 2: Richt- und Grenzwerte für anorganische Parameter
Anlage 4:	Analysenmethoden
	Tabelle 1: Analysevorschriften für Feststoffproben
	Tabelle 2: Analysevorschriften für Eluat
	Tabelle 3: Zusammenstellung der Analysevorschriften

Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
AbfAbfV	Abfallablagerungsverordnung
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
AVK-System	Abfallflussverfolgungs- und Kontrollsystem
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BestbÜAbfV	Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGD	Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BTEX	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, Styrol, Cumol
ChemG	Chemikaliengesetz
DepV	Deponieverordnung
DBP	Dibutylphosphat
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EU	Europäische Union
EVA-K	(E)rfassungs- (V)erwaltungs- und (A)ntragserstellungsprogramm beim (K)unden
EWN	Energiewerke Nord GmbH
FuE	Forschung und Entwicklung
FZ Jülich	Forschungszentrum Jülich GmbH
GC	Gaschromatografie
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GNS	Gesellschaft für Nuklearservice mbH
GRB mbH	Gesellschaft zur Behandlung radioaktiver Abfälle in Bayern mbH
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
ICP-OES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
KKW	Kernkraftwerke
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KW	Kohlenwasserstoffe
LABO	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LHKW	leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe C1- und C2
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
NE-Metalle	Nichteisenmetalle
NTA	Nitilotriessigsäure
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PBSM	Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel
PTFE	Polytetrafluorethylen
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
PVDF	Polyvinylidenfluorid
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TA Abfall	Technische Anleitung Abfall
TBP	Tributylphosphat
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VersatzV	Versatzverordnung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDK	Verdampferkonzentrate
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VKTA	Verein Kerntechnischer Anlagen, Rossendorf
VwVwS	Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe
WAA	Wiederaufarbeitung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)
W/Z-Werte	Wasser-/Zement-Werte (Volumenverhältnis Wasser : Zement)

1 Einleitung

Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen gelangen Stoffe unterschiedlichster chemischer Zusammensetzung in die Einlagerungsbereiche. Dabei können die Abfälle selbst, die Materialien, mit denen die Abfallstoffe fixiert wurden oder die Behältermaterialien chemische Bestandteile enthalten, die für die Sicherheit der Nachbetriebsphase von Bedeutung sind. Insbesondere sind bei einem zu unterstellenden Kontakt mit dem Grundwasser mögliche schädliche Verunreinigungen des Grundwassers durch diese Abfallmaterialien zu prüfen und zu bewerten.

Für die Schachanlage Konrad ist eine solche Bewertung bereits im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens erfolgt; für das Endlager Morsleben wird die Bewertung derzeit im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die Stilllegung durchgeführt.

Unter Berücksichtigung, dass für die zukünftige Endlagerung radioaktiver Abfälle noch ein geeigneter Standort und ein entsprechendes Endlagerkonzept festzulegen sind, wird es als sinnvoll und erforderlich angesehen, in Erweiterung und Verallgemeinerung der konkreten Verfahren für Konrad und Morsleben die Anforderungen des Grundwasserschutzes und des Bodenschutzes im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen zu überprüfen.

Schwerpunkte des Vorhabens waren:

1. Identifizierung potenzieller chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen hinsichtlich einer Grundwassergefährdung,
2. Zusammenstellung bestehender technischer Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe sowie die Recherche sowohl von gesetzlichen und untergesetzlichen Anforderungen als auch von umweltrelevanten Rechtsvorschriften und untergesetzlichen Regelwerken,
3. Ableitung von Anforderungen und Kriterien für die Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe und Beschreibung geeigneter Verfahren zur Bestimmung der Inhaltsstoffe,
4. Erarbeitung eines Regelungsrahmens für die Charakterisierung der chemotoxischen Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen.

Hierbei ist ausschließlich der Bereich der chemisch-stofflichen Zusammensetzung endzulagernder radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung betrachtet worden.

Weiterhin wurden die Betrachtungen und Bewertungen für das Endlager Konrad zur Gefährdung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe /BRE-98/ berücksichtigt.

Als Grundlagen bzw. Vorgaben im Hinblick auf den Grundwasser- und Bodenschutz und die chemisch-stoffliche Zusammensetzung radioaktiver Abfälle dienten das Wasserhaushaltsgesetz /WHG-02/ sowie die Grundwasserverordnung /GVO-97/, die Trinkwasserverordnung /TVO-01/, das Bundes-Bodenschutzgesetz sowie die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung /BSV-99/, Verordnungen und Regelwerke für die Entsorgung chemotoxischer konventioneller Abfälle. Direkte Festlegungen für die radioaktiven Abfälle enthalten die novellierte Strahlenschutzverordnung /SSV-01/ und die Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad /BRE-95/. Darüber hinaus wurden weitere nationale und internationale Vorschriften und Veröffentlichungen recherchiert, um ggf. entsprechende Entwicklungstrends zu erkennen.

Die Zusammenstellung von technischen Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe basiert auf gesetzlichen Anforderungen im Bereich der Abfallentsorgung und darüber hinaus auf einer Reihe von Befragungen und Informationen über Maßnahmen zur Handhabung und Kontrolle radioaktiver Abfälle.

2 Chemotoxische Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen

2.1 Grundwassergefährdende Stoffe und Stoffgruppen

Grundwasserverordnung

Das Wasserhaushaltsgesetz /WHG-02/ beinhaltet den Grundsatz, dass eine Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten ist. Die Grundwasserverordnung /GVO-97/ zielt auf den entsprechenden Schutz des Grundwassers ab. Die Verordnung gilt für das Einleiten / den Eintrag von Stoffen der Listen I und II dieser Verordnung in das Grundwasser. Zur Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch endgelagerte Abfallgebilde und darin enthaltene chemotoxische Stoffe werden die Listen I und II dieser Verordnung zu Grunde gelegt (siehe Tabellen 1 und 2).

Tabelle 1: Liste I der Grundwasserverordnung

Liste I der Stofffamilien und Stoffgruppen
Die Liste I umfasst die einzelnen Stoffe der nachstehend aufgeführten Stofffamilien und –gruppen mit Ausnahme der Stoffe, die auf Grund des geringen Toxizitäts-, Langlebigkeits- oder Bioakkumulationsrisikos als ungeeignet für die Liste I angesehen werden. Stoffe, die im Hinblick auf die Toxizität, Langlebigkeit oder Bioakkumulation für die Liste II geeignet sind, sind als Stoffe der Liste II zu behandeln.
<ol style="list-style-type: none"> 1. Organische Halogenverbindungen und Stoffe, die im Wasser derartige Verbindungen bilden können 2. Organische Phosphorverbindungen 3. Organische Zinnverbindungen 4. Stoffe; die im oder durch Wasser krebserregende, mutagene oder teratogene Wirkung haben; dazu gehören auch Stoffe aus Liste II, soweit sie diese Wirkung haben 5. Quecksilber und Quecksilberverbindungen 6. Cadmium und Cadmiumverbindungen 7. Mineralöle und Kohlenwasserstoffe 8. Cyanid

Für die Einlagerung im Endlager Konrad wurden lt. /BRE-98/ die in radioaktiven Abfällen vorkommenden chemotoxischen Verbindungen identifiziert, welche im Planfeststellungsbeschluss für Konrad /NMU-02/ festgeschrieben worden sind.

Als Bestandteile der Stofffamilien und Stoffgruppen der Liste I sind dort benannt worden:

- Zu 1.: o-, m-, p-Chlorphenol, 2-Chlornaphthalin, Monochlorbiphenyl, Hexachlorbenzol
γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan)
- Zu 2.: Phosphorsäureester, Tributylphosphat, Dibutylphosphat, Hexamethylphosphorsäuretriamid
- Zu 3.: Es gibt keine Hinweise auf das Vorhandensein organischer Zinnverbindungen in radioaktiven Abfällen.
- Zu 4.: Nitrilotriessigsäure (NTA),
Au, Cs, Li, Pt, Rb, Sr, (Ge, Ir, Os, Pa, Rh)
- Zu 5.: Hg
- Zu 6.: Cd
- Zu 7.: Ölrückstände, Öl, Kerosin, Toluol, Xylol
Polystyrol, Polyethylen, Polypropylen
Divinylbenzol
Alkane (Paraffine)
- Zu 8.: Cyanide (K- und Ni-Hexaferrocyanoferrate)

Tabelle 2: Liste II der Grundwasserverordnung

Liste II der Stofffamilien und Stoffgruppen					
Die Liste II umfasst die einzelnen Stoffe und Stoffkategorien aus den nachstehend aufgeführten Stofffamilien und Stoffgruppen, die eine schädliche Wirkung auf das Grundwasser haben können.					
1. Folgende Metalloide, Metalle und ihre Verbindungen:					
Zink	1.8	Antimon	1.15	Uran	
Kupfer	1.9	Molybdän	1.16	Vanadium	
Nickel	1.10	Titan	1.17	Kobalt	
Chrom	1.11	Zinn	1.18	Thallium	
Blei	1.12	Barium	1.19	Tellur	
Selen	1.13	Beryllium	1.20	Silber	
Arsen	1.14	Bor			
2. Biozide und davon abgeleitete Verbindungen, die nicht in der Liste I enthalten sind					
3. Stoffe, die eine für den Geschmack oder den Geruch des Grundwassers abträgliche Wirkung haben, sowie Verbindungen, die im Grundwasser zur Bildung solcher Stoffe führen und es für den menschlichen Gebrauch ungeeignet machen können					
4. Giftige oder langlebige organische Siliziumverbindungen und Stoffe, die im Wasser zur Bildung solcher Verbindungen führen können, mit Ausnahme derjenigen, die biologisch unschädlich sind oder sich im Wasser rasch in biologisch unschädliche Stoffe umwandeln					
5. Anorganische Phosphorverbindungen und reiner Phosphor					
6. Fluoride					
7. Ammoniak und Nitrite					

Die Abfälle, die für das Endlager Konrad erwartet werden, können lt. /BRE-98/ bzw. /NMU-02/ folgende Stoffe und Stoffgruppen der Liste II enthalten:

Zu 1.: alle dort aufgeführten Metalle und Metalloide

Zu 2.: Mikrobiozide, Biozide

Zu 3.: Al, Ca, Cl, Fe, K, Mg, Mn, Na, SO₄, Tenside, NO₃, SiO₂

Zu 4.: Siliciumverbindungen (org.), Siliconöl

Zu 5.: Calciumpyrophosphat, Phosphate, Zn-Phosphat/Oxid, Na₅-Triphosphosphate, Komplexphosphate, Phosphonate, Kaliumpyrophosphat, Natriumdihydrogenphosphat, Phosphorpentoxid

Zu 6.: Fluoride

Zu 7.: Nitrite, NH₄

Als weitere chemotoxische Stoffe, die nicht den Listen I und II der Grundwasserverordnung zugeordnet werden können, wurden aus toxikologischen Gesichtspunkten die Stoffe Th, Bi, Asbest, sowie organische Säuren und deren Salze in die Bewertung für das Endlager Konrad einbezogen.

Weitere Verordnungen, Regelwerke und Empfehlungen

Konkretisierend zu den Stoffen und Stofffamilien der Listen I und II der Grundwasserverordnung bzw. darüber hinausgehend sind zur Identifikation chemotoxischer Stoffe in radioaktiven Abfällen die Stoffe betrachtet worden, die in Verordnungen, Regelwerken und Empfehlungen zur Beschaffenheit von Grund- und Trinkwasser begrenzt sind. Berücksichtigt wurden dabei insbesondere die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung /BSV-99/, die neue Trinkwasserverordnung /TVO-01/, das Regelwerk des DVGW für die Trinkwasserversorgung /DVG-96/ und die Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser /LAW-98/.

Nachfolgend sind diese Regelwerke mit den dort genannten chemischen Parametern aufgeführt.

BBodSchV /BSV-99/ (Prüfwerte Wirkungspfad Boden – Grundwasser):

- MKW (n-Alkane (C10-39), Isoalkane, Cycloalkane, aromatische KW)
- BTEX (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)
- LHKW (halogenierte C1- und C2-KW)
- Aldrin, DDT, Phenole,
- PCB ges., PAK ges., Naphthalin
- Cyanid gesamt, ~ leicht freisetzbar
- Sb, As, Pb, Cr, Cr(VI), Co, Cu, Mo, Ni, Se, Zn, Sn, Hg, Cd
- Fluorid

TRINKWV (neu) /TVO-01/ (Grenzwerte für chemische Parameter und Indikatorparameter von Trinkwasser):

- Acrylamid
- Tetra-, Trichlorethen, Trihalogenmethane, Vinylchlorid, Epichlorhydrin, 1,2-Dichlorethan
- Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte
- Benzo-(a)-pyren, Benzol, PAK
- B, Cr, Se, Sb, As, Pb, Cu, Ni, Hg, Cd
- Biozidprodukte
- Fluorid
- Cyanid
- Nitrit, Ammonium
- Bromat, Nitrat, Chlorid, Sulfat
- Al, Fe, Mn, Na

DVGW W251 /DVG-96/ (Normal- und Mindestanforderungen an Fließgewässer für die Trinkwasserversorgung):

- AOX, PBSM
- org. Cl-Verbindungen (Trichlorethan, Tri-, Tetrachlorethen, Dichlormethan, Tetrachlormethan)
- Trihalogenmethane
- PAK, Kohlenwasserstoffe
- Cyanid
- As, Pb, B, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, Cd, Hg
- Phosphat
- Fluorid
- Ammonium
- Al, Ca, Fe, Mg, Mn, Na
- Chlorid, Nitrat, Sulfat
- Anionische und nichtionische Tenside, NTA, EDTA

LAWA /LAW-98/ (Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasserschäden):

- LHKW, PBSM, PCB, Chlorphenole, Chlorbenzole
- PAK, BTX, Benzol, PCDD/F, Phenole
- Kohlenwasserstoffe
- Cyanid (gesamt und leicht freisetzbar)
- Sb, As, Pb, Cr, Cr(VI), Cu, Mo, Ni, Se, Tl, V, Zn, Hg, Cd, Ba, Co, Sn
- Fluorid

Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe /VVV-99/:

Als nicht wassergefährdende Stoffe (vorher Wassergefährdungsklasse 0) wurden z. B. die folgenden Stoffe eingestuft:

- Bitumen
- Eisen
- Kohlenstoff
- Kunststoffe, z. B. Granulate, Formteile, Fasern, Folien, Kunststoffharze, soweit sie fest, nicht dispergiert, wasserunlöslich und indifferent sind.
- Metalle, soweit sie fest sind, nicht in kolloidaler Lösung vorliegen und nicht mit Wasser oder Luftsauerstoff reagieren.
- Naturstoffe wie Mineralien, Sand, Holz, Kohle, Zellstoff sowie Gläser und keramische Materialien, soweit sie fest, nicht dispergiert, wasserunlöslich und indifferent sind.
- Siliciumdioxid
- Zink

In den nachfolgenden Betrachtungen wurden dennoch einige zu diesen Materialien gehörenden Abfallstoffe als chemotoxisch relevant benannt. Grund dafür sind die in den voranstehenden Verordnungen bzw. Empfehlungen für diese Stoffe festgelegten Prüf- oder Grenzwerte. Bei weiteren Betrachtungen und Bewertungen zur Chemotoxizität sollte die Einstufung nach VwVwS jedoch ebenfalls Berücksichtigung finden.

2.2 Bestandteile radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Endzulagernde Abfallgebilde setzen sich aus einer Vielzahl von organischen und anorganischen nichtradioaktiven Stoffen zusammen. Um eine mögliche Gefährdung des Grundwassers durch diese Stoffe prüfen und bewerten zu können, müssen Angaben über die stoffliche Zusammensetzung der für eine Endlagerung in Frage kommenden Abfallgebilde herangezogen werden, wobei eine Zuordnung zu Behältermaterial, Fixierungsmittel und Abfall möglich sein sollte.

Stoffliche Bestandteile von Behältermaterialien

In den Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle – Schachtanlage Konrad – sind Grundtypen für Abfallbehälter festgelegt /BRE-95, BFS-90/. Dazu gehören Betonbehälter, Gussbehälter, Stahlblech-, Beton- und Gusscontainer sowie Innenauskleidungen. Die unterschiedlichen Behälterarten können sowohl für Abfälle aus Kernkraftwerken, Landessammelstellen, Bereichen der Forschung als auch von sonstigen Ablieferern zum Einsatz kommen.

Als Behältermaterialien sind dabei Normal- und Schwerbeton, Gusswerkstoffe wie z. B. GGG 40, Stahlblech (z. B. St 37.2), Armierungsstahl; als Auskleidungs-, Verfüll- oder Abschirmmaterialien sind Blei, Eisen, Beton und Kies / Sand zu betrachten.

Stoffliche Bestandteile von Fixierungsmaterialien

Zur Herstellung endlagerfähiger Abfallgebilde kann eine Verfestigung flüssiger Abfälle oder eine Einbettung fester nicht formstabiler Abfälle durch Fixierungsmittel oder auch ein Vergießen von Hohlräumen in den Abfallbehältern erforderlich werden.

Als Verfestigungs- bzw. Fixierungsmittel kommen dabei Zement, Beton, Bitumen, Kunststoff /BFS-90/ oder auch Glas und Gips in Betracht. Die Verfestigung / Fixierung mittels Zement oder Beton wird dabei sehr häufig zur Konditionierung fast aller Abfallarten, unabhängig von deren Herkunft, angewandt. Die anderen Verfestigungs- oder Fixierungsmaterialien kommen kaum in Betracht.

Zur Bindung gasförmiger oder flüssiger Abfallbestandteile können außerdem Sorptionsmittel eingesetzt werden, hierzu gehören hauptsächlich Aktivkohle, Kieselgur und Vermiculit.

Stoffliche Bestandteile von Abfallmaterialien

Die sehr vielfältige Zusammensetzung der Abfallmaterialien selbst resultiert aus der unterschiedlichen Herkunft, wie z. B. aus der Kernbrennstoffherstellung, aus dem Betrieb von Kernkraftwerken, der Stilllegung und dem Abbau kerntechnischer Einrichtungen, aus den Forschungsbereichen und aus der Radioisotopenanwendung.

Typische Abfälle sind z. B.:

- | | |
|---------------------------|--|
| Kernkraftwerke: | <ul style="list-style-type: none"> - Verdampfer- und Filterkonzentrate - Ionenaustauscherharze - Dekontaminations- und Beizlösungen - Schlämme - Asche aus der Verbrennung fester brennbarer Abfälle - feste Mischabfälle - Schrott |
| Wiederaufarbeitung: | <ul style="list-style-type: none"> - Verdampferkonzentrate - Feedklärschlamm - organische Lösungen - Filter |
| Kerntechnische Industrie: | <ul style="list-style-type: none"> - Mischabfälle - Schlämme - Abschirmteile - Schrott |
| Stilllegung / Rückbau: | <ul style="list-style-type: none"> - Mischabfälle - Schrott - Bauschutt |
| Forschung: | <ul style="list-style-type: none"> - Misch- und Laborabfälle - Lösungsmittel, Öle - biologische Abfälle - Strahlenquellen - Abwässer |
| Isotopenanwendung: | <ul style="list-style-type: none"> - Mischabfälle, - Lösungsmittel, Öle, - Strahlenquellen |

Für radioaktive Abfälle sind zu deren stofflichen Charakterisierung Abfallartenlisten in der Abfallkontrollrichtlinie /AKR-89/ sowie in der novellierten Strahlenschutzverordnung /SSV-01/ festgelegt worden. Laut StrlSchV § 73 sind die radioaktiven Abfälle entsprechend diesen Listen zu erfassen, wobei der Verarbeitungszustand – Rohabfall, Zwischenprodukt oder konditionierter Abfall – zu vermerken ist, sowie die Abfallbezeichnung und schließlich die Behandlungsart zu benennen sind. Die in der Strahlenschutzverordnung aufgeführte Liste zur Bezeichnung des Abfalls entspricht derjenigen der Kontrollrichtlinie, ergänzt durch zusätzlich aufgenommene Abfallkategorien. Der Einteilung der Abfälle liegen im wesentlichen physikalisch-chemische Charakteristika zu Grunde, so wird in feste und flüssige Abfälle (jeweils anorganisch und organisch), in gasförmige Abfälle, Mischabfälle und Strahlenquellen unterschieden (siehe Tabelle 3).

Die Angaben, die lt. § 73 StrlSchV für radioaktive Abfälle zu erfassen sind, sollen auch Angaben zur stofflichen Zusammensetzung beinhalten (StrlSchV Anlage X, Teil B), die in der Verordnung jedoch nicht näher spezifiziert sind.

Tabelle 3: Bezeichnung des Abfalls nach StrlSchV /SSV-01/

Bezeichnung des Abfalls		Bezeichnung des Abfalls	
A	Feste Abfälle anorganisch	B	Feste Abfälle organisch
AA	Metalle	BA	Leicht brennbare Stoffe
AAA	Ferritische Metalle	BAA	Papier
AAB	Austenitische Metalle	BAB	Textilien
AAC	Buntmetalle	BAC	Holz
AAD	Schwermetalle	BAD	Putzwolle
AAE	Leichtmetalle	BAE	Zellstoff
AAF	Stahl verzinkt	BAF	Folie
AAG	kontaminierte Anlagenteile	BAG	Polyethylen
AAH	Hülsen und Strukturteile		
AB	Nichtmetalle	BB	Schwer brennbare Stoffe
ABA	Bauschutt	BBA	Kunststoffe (ohne PVC)
ABB	Kies, Sand	BBB	PVC
ABC	Erdreich	BBC	Gummi
ABD	Glas	BBD	Aktivkohle
ABE	Keramik	BBE	Ionenaustauscherharze
ABF	Isolationsmaterial	BBF	Lacke, Farben
ABG	Kabel	BBG	Chemikalien
ABH	Glaswolle	BBH	Kehricht
ABI	Graphit	BC	Filter
ABJ	Asbest, Asbestzement	BCA	Laborfilter
ABK	Chemikalien	BCB	Luftfilterelemente
AC	Filter	BCC	Boxenfilter
ACA	Laborfilter		
ACB	Luftfilterelemente	BD	Biologische Abfälle
ACC	Boxenfilter	BDA	Kadaver
ACD	Filterkerzen	BDB	Medizinische Abfälle
AD	Filterhilfsmittel	BZ	Unsortierter Abfall
ADA	Ionenaustauscher		
ADB	Kieselgur		
ADC	Silicagel		
ADD	Molekularsieb		
AE	Sonstige		
AEA	Asche		
AEB	Schlacke		
AEC	Filterstaub, Flugasche		
AED	Salze		
AF	Kernbrennstoffe		
AFA	Kernbrennstoffe unbestrahlt		
AFB	Kernbrennstoffe bestrahlt		
AFC	Wiederaufgearbeitetes Uran		
AFD	Wiederaufgearbeitetes Plutonium		
AZ	Unsortierter Abfall		

Fortsetzung Tabelle 3: Bezeichnung des Abfalls nach StrISchV /SSV-01/

Bezeichnung des Abfalls		Bezeichnung des Abfalls	
C	Flüssige Abfälle anorganisch	D	Flüssige Abfälle organisch
CA	Chemieabwässer	DA	Öle
CAA	Betriebsabwässer	DAA	Schmieröle
CAB	Prozessabwässer	DAB	Hydrauliköle
CAC	Dekontaminationsabwässer	DAC	Transformatoröle
CAD	Laborabwässer		
CAE	Verdampferkonzentrat	DB	Lösungsmittel
CAF	Schweres Wasser (D ₂ O)	DBA	Alkane
CAG	Säure	DBB	TBP
CAH	Lauge	DBC	Szintillationslösung
		DBD	Markierte Flüssigkeiten
CB	Schlämme/ Suspensionen	DBE	Kerosin
CBA	Abschlämungen	DBF	Alkohole
CBB	-	DBG	Aromatische Kohlenwasserstoffe
CBC	Fällschlämme	DBH	Halogenierte Kohlenwasserstoffe
CBD	Sumpfschlämme		
CBE	Dekanterrückstand	DC	Emulsionen
CBF	Feedklärschlämme		
		E	Gasförmige Abfälle
CC	Biologische Abwässer		
CCA	Medizinische Abwässer	F	Mischabfälle (A – D)
CCB	Pharma-Abwässer	FA	Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze
CCC	Fäkal-Abwässer	FB	Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze, feste Abfälle
CD	Spaltproduktkonzentrate		
		G	Strahlungsquellen
		GA	Neutronenquellen
		GB	Gammaquellen
		GC	Prüfstrahler
		GD	Diverse Quellen

2.3 Chemotoxische Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen

Die radioaktiven Abfälle beinhalten in ihren stofflichen Bestandteilen (siehe Punkt 2.2) auch Inhaltsstoffe, die entsprechend den Betrachtungen im Punkt 2.1 als chemotoxisch einzustufen sind. Sowohl die Behälter- als auch die Fixierungs- und die Abfallmaterialien können diese Stoffe enthalten. Aus den Kenntnissen zu den Abfallzusammensetzungen von bereits in den Endlagern ERAM und Asse eingelagerten Abfällen /KUG-00/, aus den vom BfS durchgeführten Abschätzungen für das Endlager Konrad /BRE-98, NMU-02/ und aus der Recherche weiterer relevanter Untersuchungsergebnisse wie z. B. der Nagra /NAG-86/ resultiert die Zusammenstellung der nachfolgend aufgeführten Auflistungen.

Zu beachten ist, dass die Stoffgruppen der Listen I und II der Grundwasserverordnung teilweise nicht konkret untersetzt worden sind. Den Stoffzuordnungen in den Tabellen 5, 7 und 9 liegen deshalb im Wesentlichen die Zuordnungen aus der Gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis des Planfeststellungsbeschlusses für Konrad /NMU-02/ zu Grunde. Für zukünftige Bewertungen wären diese Zuordnungen zu Stoffen der Listen I oder II z. B. für Kunststoffmaterialien (PE, PVC u. a.) oder auch für Inhaltsstoffe von Zement / Beton (Al, Ca u. a.) zu überprüfen und ggf. toxikologisch zu begründen.

Chemotoxische Inhaltsstoffe in Behältermaterialien

Die Tabelle 4 beinhaltet eine Zusammenfassung möglicher Behälterarten für die Endlagerung sowie deren Zusammensetzung und die chemotoxischen Bestandteile, die in den Materialien enthalten sein können.

Tabelle 4: Behältermaterialien

Gruppe	Behälterart	Zusammensetzung
A Metallbehälter	Stahlfässer	Unlegierte ferritische Stähle, Zink, Lack-/ bzw. Kunststoffbeschichtung, Kunststoffinliner
	Gussbehälter	Gusseisen
	Stahlcontainer	Un- und niedriglegierte ferritische Stähle
B Betonbehälter	Normalbetonbehälter	Normalbeton, Armierungsstahl
	Schwerbetonbehälter	Schwerbeton, Armierungsstahl
C Abschirmungen, Verfüllungen	Stahl	Un- und niedriglegierte ferritische Stähle
	Blei	Blei
	Sand, Kies	Sand, Kies
	Beton	Normalbeton, Schwerbeton
	Kunststoffbeschichtung / -verschäumung	Polyurethanschaum
	Fassinliner	PE-Säcke

Bezogen auf die Aufteilung in Stoffe der Listen I und II der GrundwV /GVO-97/ ergibt sich die in der Tabelle 5 aufgeführte Zusammenstellung.

Tabelle 5: Chemotoxische Stoffe in Behältermaterialien

Deklaration lt. /GVO-97/	Stoffe	Herkunft / Behälterbestandteil
Liste I, Nr. 7	Polyester-, Alkydharze, PE, PUR	Fass- und Containerbeschichtung, Verfüllmaterial, Inliner
Liste II, Nr. 1	As, Cr, Pb, Zn, Se, Ba, Ti, Te, Tl, V, U,	Abschirmmaterial, Legierungsbestandteile von Stahl, Zement- und Betonbestandteile und -spurenelemente
Liste II, Nr. 3	Al, Ca, K, Fe, Mn, Mg; Sulfat	Zement- und Betonbestandteile
Sonstige	Th, Bi	Spurenelemente von Zement/Beton

Chemotoxische Inhaltsstoffe in Fixierungsmaterialien

Die Tabelle 6 beinhaltet eine Zusammenfassung möglicher Fixierungsmaterialien sowie die Zusammensetzung und die chemotoxischen Bestandteile, die in diesen Materialien enthalten sein können. Es wurden dabei alle unter Punkt 2.1 genannten relevanten Stoffe berücksichtigt.

Tabelle 6: Fixierungsmaterialien

Gruppe	Fixierungsmaterial	Zusammensetzung
A Bindemittel	Zement, Beton	Zement, Sand, Kies,
	Emulgatoren	Emulgatoren (zur Zementierung von Ölen)
	Gips	Gips
	Bitumen	Bitumen
	Kunststoffe	PVC, Polystyrol
B Sorptionsmittel	Kieselgur	Kieselgur
	Aktivkohle	Aktivkohle
	Vermiculit	Vermiculit

Bezogen auf die Aufteilung in Stoffe der Listen I und II der GrundwV /GVO-97/ ergibt sich die in der Tabelle 7 aufgeführte Zusammenstellung.

Tabelle 7: Chemotoxische Stoffe in Fixierungsmaterialien

Deklaration lt. /GVO-97/	Stoffe	Herkunft / Bestandteil des Fixierungsmaterials
Liste I, Nr. 7	PAK, Paraffine, PVC, PS, Divinylbenzol,	Bitumen, Kunststoffe
Liste II, Nr. 1	Cr, Se, Ba, Te, Ti, Tl, V, U	Bestandteile und Spurenelemente von Zement, Beton, Vermiculit, Kieselgur
Liste II, Nr. 3	Al, Ca, K, Fe, Mg, Na; Sulfat, Chlorid	Bestandteile von Zement, Beton, Gips, Kieselgur, Vermiculit
Sonstige	Th, org. Salze, Fettsäuren	Spurenelement von Zement, Beton; Emulgatoren

Chemotoxische Inhaltsstoffe in Abfallmaterialien

Zur näheren Identifizierung der chemotoxischen Abfallinhaltsstoffe wurden die Elemente und Verbindungen den nach StrlSchV zu deklarierenden Abfallarten zugeordnet. Obwohl die Einteilung in anorganische und organische Abfälle entsprechend der Abfallbezeichnungsliste lt. StrlSchV bei einer genaueren Aufschlüsselung eigentlich nicht korrekt ist, wurde diese Liste zu Grunde gelegt. Dies bedeutet, dass unter der Kategorie A „Feste Abfälle anorganisch“ z. B. auch eine Reihe organischer Bestandteile zu finden sind; das gleiche trifft auf die Kategorien B, C, und D zu.

Die Tabelle 8 enthält die Aufschlüsselungen der chemotoxischen Bestandteile auf die einzelnen Abfallarten.

Bezogen auf die Aufteilung in Stoffe der Listen I und II der GrundwV /GVO-97/ ergibt sich die in der Tabelle 9 aufgeführte Zusammenstellung.

Tabelle 8: Abfallmaterialien

Abfallgruppe	Abfallart	Zusammensetzung
A Feste Abfälle anorganisch		
<i>AA Metalle</i>	AAA Ferritische Metalle	un- bis hochlegierte ferritische Stähle
	AAB Austenitische Metalle	austenitische Stähle
	AAC Buntmetalle	Pb, Zn, Sn, Ni, Cu, Messing, Bronze
	AAD Schwermetalle	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Co, Au, Mn, Mo, Ni, Pt, Hg, Se, Ag, V, Sn, U, W, Nb
	AAE Leichtmetalle	Al, (Mg, Be, Ti)
	AAF Stahl verzinkt	C-Stahl, Zink
	AAG kontaminierte Anlagenteile	Fe- und NE-Metalle
	AAH Hülsen und Strukturteile ¹⁾	
<i>AB Nichtmetalle</i>	ABA Bauschutt	Beton, Schwerbeton, Baustahl, Abschirmteile, Glas-, Mineralwolle, Sand, Asbest..
	ABB Kies, Sand	Kies, Sand
	ABC Erdreich	Kies, Sand, Huminstoffe
	ABD Glas	Geräteglas, Bleiglas u. a.
	ABE Keramik	Ton-, Kaolinwaren
	ABF Isolationsmaterial	Glaswolle, Mineralwolle, Kunststoffe, Aluminium, Asbest, Formaldehydharz (zur Bindung von Glasfasern)
	ABG Kabel	Kupfer, Aluminium, Kunststoffe
	ABH Glaswolle	Glasfasern
	ABI Graphit	Kohlenstoff
	ABJ Asbest, Asbestzement	Asbest, Zement
	ABK Chemikalien	anorganische Säuren, Basen
<i>AC Filter</i>	ACA Laborfilter	Holz, Kunststoff, Metall, Gummi
	ACB Luftfilterelemente	Holz, PVC, Asbest, Glasfaser, Stahl, Kunststoff, Pappe
	ACC Boxenfilter	Holz, Kunststoff, Metall, Gummi
	ACD Filterkerzen	Keramik, Kunststoff, Glas-, Polyethylenfaser, Fe, Al, Korrosionsprodukte, Harz
<i>AD Filterhilfsmittel</i>	ADA Ionenaustauscher	Polystyrol, Akrylnitrilfaser, Divinylbenzol, Korrosionsprodukte
	ADB Kieselgur	Kieselgur
	ADC Silicagel	Silicagel
	ADD Molekularsieb	Zeolithe
<i>AE Sonstige</i>	AEA Asche	Asche
	AEB Schlacke	Schlacke
	AEC Filterstaub, Flugasche	Filterstaub, Asche
	AED Salze	Sulfate, Phosphate, Halogenide, Cyanide, Nitrate, Nitrite, Borate u. a. Salze

¹⁾ Auf Grund der Beschränkung auf nicht wärmeentwickelnde Abfälle nicht relevant.

Fortsetzung Tabelle 8: **Abfallmaterialien**

Abfallgruppe	Abfallart	Zusammensetzung
<i>AF Kernbrennstoffe</i>	AFA Kernbrennstoffe unbestrahlt	UO ₂ , Hüllmaterial
	AFB Kernbrennstoffe bestrahlt ¹⁾	
	AFC Wiederaufgearbeitetes Uran	UO ₂
	AFD Wiederaufgearbeitetes Pu	PuO ₂
B Feste Abfälle organisch		
<i>BA Leicht brennbare Stoffe</i>	BAA Papier	Zellulosefasern
	BAB Textilien	Baumwolle, Kunststofffasern
	BAC Holz	Zellulose, Lignin
	BAD Putzwolle	Zellulose, Baumwolle
	BAE Zellstoff	Zellulose
	BAF Folie	PE, PP
	BAG Polyethylen	PE
<i>BB Schwer brennbare Stoffe</i>	BBA Kunststoffe (ohne PVC)	Polystyrol, PTFE, Silicone
	BBB PVC	PVC
	BBC Gummi	Kautschuk, Silikonkautschuk
	BBD Aktivkohle	Kohlenstoff
	BBE Ionenaustauscherharze	Polystyrol, Divinylbenzol, Korrosionsprodukte
	BBF Lacke, Farben	Polyesterharze, Alkydharze, Nitroverbindungen
	BBG Chemikalien	Lösungsmittel, Ester, organische Säuren,..
	BBH Kehricht	Sand, Reinigungsmittel
<i>BC Filter</i>	BCA Laborfilter	s. o.
	BCB Luftfilterelemente	
	BCC Boxenfilter	
<i>BD Biologische Abfälle</i>	BDA Kadaver	Formaldehyd, Collagene
	BDB Medizinische Abfälle	organische Stoffe, Pharmazeutika, Desinfektionsmittel
<i>BZ Unsortierter Abfall</i>		alle vorgenannten Stoffe
C Flüssige Abfälle anorganisch		
<i>CA Chemieabwässer</i>	CAA Betriebsabwässer	Salze, Tenside, Mikrobiozide, P-Verbindungen
	CAB Prozessabwässer	Salze, (Alkane, Toluol, Xylole, Kerosin)
	CAC Dekontaminationsabwässer	anorganische, organische Säuren, Salze und Ester, Tenside, Komplexbildner
	CAD Laborabwässer	anorganische, organische Säuren, Salze und Ester, Lösungsmittel
	CAE Verdampferkonzentrat	Salze, Borsäure, Borate, organische Bestandteile, Komplexbildner, Tenside
	CAF Schweres Wasser (D ₂ O) ²⁾	
	CAG Säure	anorganische Säuren
	CAH Lauge	Laugen

¹⁾ Auf Grund der Beschränkung auf nicht wärmeentwickelnde Abfälle nicht relevant.

²⁾ Für Endlagerung nicht relevant.

Fortsetzung Tabelle 8: Abfallmaterialien

Abfallgruppe	Abfallart	Zusammensetzung
<i>CB Schlämme/ Suspensionen</i>	CBA Abschlammungen	Kieselgur, Ionenaustauscherharz, Öle, Fette, Salze
	CBB Ionenaustauscherharz / - suspension	Ionenaustauscherharz
	CBC Fällschlämme	Sand, organische Stoffe, Öle, Salze
	CBD Sumpfschlämme	Salze, Borsäure, Borate, Sand, A-Kohle, Harze
	CBE Dekanterrückstand	Kieselgur, Ionenaustauscherharz, Öle, Fette, Salze
	CBF Feedklärschlämme	Korrosionsprodukte, Aktinide, Salze
<i>CC Biologische Abwässer</i>	CCA Medizinische Abwässer	Wasser mit organischen und anorganischen Verbindungen
	CCB Pharma-Abwässer	Wasser mit organischen und anorganischen Verbindungen
	CCC Fäkal-Abwässer ¹⁾	
<i>CD Spaltproduktkonzentrate ²⁾</i>		
D Flüssige Abfälle organisch		
<i>DA Öle</i>	DAA Schmieröle	Öle
	DAB Hydrauliköle	Silikonöle, KW-Öle
	DAC Transformatoröle	Öle, PCB
<i>DB Lösungsmittel</i>	DBA Alkane	Alkane
	DBB TBP	TBP, Dodecan, DBP
	DBC Szintillationslösung	Dioxan, Toluol, Xylol, Cumol
	DBD Markierte Flüssigkeiten	Wässrige Lösungen, Lösungsmittel
	DBE Kerosin	Kerosin
	DBF Alkohole	Alkohole
	DBG Aromatische Kohlenwasserstoffe	BTEX
	DBH Halogenierte Kohlenwasserstoffe	halogenierte aliphatische und aromatische KW; halogenierte Phenole, Naphthaline und Benzole
<i>DC Emulsionen</i>		Öl, Wasser, Emulgatoren
E Gasförmige Abfälle ³⁾		
F Mischabfälle (A-D)		
<i>FA Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze</i>		Harze, Kieselgur, A-Kohle, Zellulose, Salze
<i>FB Ionenaustauscher / Filterhilfsmittel, Salze, feste Abfälle</i>		Harze, Kieselgur, A-Kohle, Zellulose, Salze, Metalle
G Strahlungsquellen		
<i>GA Neutronenquellen</i>		Am-/Be-, Ra/Be-, Cf-252-Quellen u. a., nicht rostender Stahl, Abschirmmaterial
<i>GB Gammaquellen</i>		aktivierte Materialien, nichtrostender Stahl, Abschirmmaterial (Pb)
<i>GC Prüfstrahler</i>		aktivierte Materialien, nichtrostender Stahl, Abschirmmaterial (Pb)
<i>GD Diverse Quellen</i>		aktivierte Materialien, nichtrostender Stahl, Abschirmmaterial (Pb)

¹⁾ Für Endlagerung nicht relevant, ggf. in (behandelten) Abwässern enthalten.

²⁾ Auf Grund der Beschränkung auf nicht wärmeentwickelnde Abfälle nicht relevant.

³⁾ Gasförmige Abfälle sind für eine Endlagerung nicht relevant.

Tabelle 9: Chemotoxische Stoffe nach /GVO-97/ in Abfallmaterialien

Deklaration lt. /GVO-97/	Stoffe	Herkunft / Abfallbestandteil
Liste I, Nr. 1	Halogenierte Phenole, ~ Naphthaline, ~ Biphenyle, ~ Benzole, PCB, FCKW	Abfälle aus pharmazeutischer Forschung, Bestandteile von Altölen, Verbrennungsrückständen, Holzschutzmitteln
Liste I, Nr. 2	Phosphorsäureester, TBP, DBP, Hexamethylphosphorsäure- triamid	Bestandteile von Dekontaminations- und Reinigungsmitteln, Beiz- und Haftmitteln, Extraktionsmittel bei WAA und FuE
Liste I, Nr. 4	EDTA, NTA; Au, Cs, Li, Pt, Rb, Sr; Rh, Pd; PAK, PCDD/F; PBSM	Bestandteile von Wasch- und Reinigungsmittel; Bestandteile von Legierungen, Strahlenquellen; Bestandteile von Feedklärschlämmen der WAA; in Verbrennungsrückständen, Altölen; Holzschutzmittel
Liste I, Nr. 5	Hg	Spurenelement in Kunststoffabfällen und Metallen, Abfälle aus FuE
Liste I, Nr. 6	Cd	Bestandteil metallischer Abfälle, Schrott, Schlacke
Liste I, Nr. 7	Ölrückstände, Öl; Dodecan; Paraffine, BTEX, Cumol, Form- aldehyd, LHKW, Kerosin; PS, Divinylbenzol; PS, PE, PP, Kunstharze	Rückstände aus allen Bereichen; Bestandteil von Extraktionsmitteln bei WAA und FuE; Lösungsmittel, Dekontaminations- und Prozessab- wässer der WAA, VDK; Ionenaustauscherharze, Schlämme; Folien, Kabel, Beschichtungen, Bestandteile von Mischabfällen;
Liste I, Nr. 8	Cyanide	In Abfällen der WAA, FuE, Schlacken
Liste II, Nr. 1	Ag, As, Cr, Mo, Ni, Zn, Pb, Be, Nb, W; B, Co, Sb; Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Cr(VI); Cu, Sn;	Metallische Abfälle, Schrott, Abschirmelemente, Bestandteile von Legierungen, Strahlenquellen; Feedklärschlämme der WAA; VDK; Spurenelemente in Zement, Beton; Schlacken Altkabel, Platinen;
Liste II, Nr. 2	Mikrobiozide, Biozide	Wasch- und Desinfektionsmittel
Liste II, Nr. 3	Tenside; Fe, Mn; Cl; Al, Ca, K, Mg; Na; Nitrat; Sulfat	Wasch-, Desinfektions- und Reinigungsmittel; Metallische Abfälle, Schrott, Pb-Komponenten In Kunststoffabfällen; Zement- und Betonbestandteile, in Abfällen aus KKW, FuE, WAA; Schlacken In VDK, KKW-, FuE-Abfällen; Zementbestandteil, Betriebsabfälle der KKW
Liste II, Nr. 4	Siliconkautschuk, Siliconöl	Abfälle der kerntechnischen Industrie, WAA, FuE; Platinen aus KKW, Dichtungsmassen
Liste II, Nr. 5	Phosphate, Phosphonate, P ₂ O ₅	Wasch- und Reinigungsmittel, Extraktionsmittel, Komplexbildner, Trocknungsmittel
Liste II, Nr. 6	PTFE, PVDF, Fluorkautschuk; Fluoride	Folien, Beschichtungen, Dekontaminationsabwässer der WAA und FuE, Abfälle aus Kernbrennstoffherstellung, Schlacken
Liste II, Nr. 7	NH ₄ ; Nitrite	VDK aus KKW und FuE; VDK aus FuE und kerntechnischer Industrie
Sonstige	Oxalsäure, Oxalate, Citronen- säure, Citrate, Tartrate; organi- sche Salze und Fettsäuren; Th; Bi; Asbest	Wasch-, Reinigungs-, Dekontaminationsmittel, Emulgatoren; Spurenelement in Zement; Spurenelement in Pb-Komponenten; In Abfällen der WAA und in Stilllegungsabfällen, Baustoffe, Pumpendichtungen

3 Regulatorische und technische Grundlagen

3.1 Regulatorische Grundlagen

3.1.1 Recherchierte Gesetze und Regelwerke

Die Recherche und Zusammenstellung bestehender Anforderungen an die Charakterisierung und Bewertung chemotoxischer Inhaltsstoffe in radioaktiven Abfällen umfasste die Analyse folgender Gesetze und Regelwerke:

Kerntechnische Sicherheit und Strahlenschutz

- Gesetz über die friedliche Verwendung von Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG), vom 23. Dezember 1959, Neufassung vom 15. Juli 1985, letzte Änderung durch Gesetz vom 22. April 2002, BGBl. I 2002, Nr. 26
- Gesetz zu dem Gemeinsamen Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung); BGBl. Teil II, Nr. 31, 20.08.1998
- Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz vom 20. Juli 2001 – Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV); BGBl. Teil I, Jg. 2001, Nr. 38, 26.07.2001
- Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden (Abfallkontrollrichtlinie) vom 16.01.1989 (BAnz. 1989 Nr. 63 a), zuletzt ergänzt durch Bekanntmachung vom 14.01.1994 (BAnz. 1994 S. 725)
- Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) – Schachanlage Konrad; ET-IB-79, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- Kugel, K.; Noack, W.; Giller, H.; Martens, B.-R.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand: August 1996; ET-IB-85; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, August 1996
- Martens, B.-R.: Produktkontrolle radioaktiver Abfälle – Schachanlage Konrad – Stand: Dezember 1995; ET-IB-45-REV-3; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- Martens, B.-R.; Giller, H.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil II: Produktkontrolle; Stand: Dezember 1996; ET-IB-85/2; BfS, Salzgitter, Dezember 1996

Gewässerschutz

- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik; Amtsblatt Nr. L 327 vom 22.12.2000
- Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe, ABl. EG Nr. L 20, S. 43

- Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 3. November 1998, ABI. EG Nr. L 330, S. 32
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG), Neufassung vom 12. November 1996, BGBl. I 1996, S. 1695, zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes v. 18.6.2002, BGBl. I, S. 1914, ber. S. 2711
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe – VwVwS) vom 17.05.1999, Bundesanzeiger, Jg. 51 Nr. 98a, 29.05.1999
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997, BGBl. I 1997, Nr. 18, 21.03.1997, S. 542
- Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. September 2001 (BGBl. I S. 2440), letzte Änderung vom 02. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2497
- Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) vom 3. November 1994, BGBl. I S. 3371, zuletzt geändert am 9. September 2001, BGBl. I S. 2331
- Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung von 21.05.2001; BGBl. I 2001, Nr. 24, 28.05.2001, S. 959
- DVGW Regelwerk, Merkblatt W 251: Eignung von Fließgewässern für die Trinkwasserversorgung; August 1996
- Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Oktober 1993
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), ad-hoc-AK „Prüfwerte“: Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung; 21.12.1998
- Grundsätze des Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Stand 27.01.1999
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Handlungskonzept zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie; gebilligt durch die LAWA in der Vollversammlung am 22./23.03.2001
- Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 17.06.1998
- Grund- und trinkwasserbezogene Verordnungen der Bundesländer (siehe Anlage 2)
- Guidelines for Drinking-water Quality – Volume 1: Recommendations; World Health Organization; Geneva, 1993; Addendum to Volume 1: Recommendations; World Health Organization; Geneva, 1998

Bodenschutz

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, BGBl. I 1998 S. 502, 2001, S. 2331
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV); BGBl. I 1999, Nr. 36, 12.06.1999, S. 1554

Abfallwirtschaft

- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27.09.1994, BGBl. I 1994, S. 2705
- Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses (Abfallverzeichnis-Verordnung- AVV) vom 10. Dezember 2001; BGBl. I 2001, Nr. 65, 12.12.2001, S. 3379
- Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) vom 12.03.1991, GMBL I S. 139, ber. S. 467
- Verordnung über Deponien und Langzeitlager und zur Änderung der Abfallablagereungsverordnung (Deponieverordnung – DepV) vom 24. Juli 2002, BGBl. Teil I, 2002
- Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen – AbfAbIV – vom 20. Februar 2001, BGB. I S. 305
- Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage und zur Änderung von Vorschriften zum Abfallverzeichnis vom 29. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2833
- Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (Nachweisverordnung - NachwV) vom 10. September 1996, BGBl. I. S. 1328, ber. BGBl. 1997 I S. 2860, zuletzt geändert mit der Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweisbestimmungen vom 25. April 2002, BGBl. I 2002, S. 1488
- Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen; – SM 2/79 – Bestimmung von Schwermetallen in festen und schlammigen Abfällen; LAGA, Stand 12/83
- Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen; – EW 98 – Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten; LAGA, Stand 12/83
- Abfallwirtschaftliche Verordnungen der Bundesländer (siehe Anlage 2)
- Richtlinie des Rates 75/442/EWG vom 15. Juli 1975 über Abfälle, ABl. Nr. L 194 vom 25.07. 1975 S. 39; Änderungen: 91/156/EWG ABl. Nr. L 78 vom 26.3. 1991 S. 32; 91/692/EWG - ABl. Nr.L 377 vom 31.12. 1991 S. 48; 94/3/EG - ABl. Nr. L5 vom 7.1. 1994 S. 15; 96/350/EG - ABl. Nr. L 135 vom 6.6. 1996 S. 32
- Richtlinie 91/689/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 über gefährliche Abfälle, ABl. Nr. L377 vom 31.12. 1991 S. 20; Änderungen: 94/31/EG ABl. Nr. L168 vom 2.7.94 S. 28
- Entscheidung 2000/532/EG der Kommission vom 3. Mai 2000 zur Ersetzung der Entscheidung 94/3/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß Artikel 1 Buchstabe a) der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle und der Entscheidung 94/904/EG des Rates über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle, ABl. Nr. L 226 vom 6.9. 2000 S. 3; Änderungen: Entscheidung 2001/118/EG - ABl. Nr. L 47 vom 16.2. 2001 S. 1, ber. 2001 L 262 S. 38; Entscheidung 2001/119/EG - ABl. Nr. L 47 vom 16.2. 2001 S. 32; Entscheidung 2001/573/EG ABl. Nr. L 203 vom 28.7.2001 S. 18
- Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien, ABl. Nr. L 182 vom 16.7.1999, S. 1

Chemikalienrecht

- Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) vom 25.07.1994, BGBl. I S. 1703, zuletzt geändert am 09.09.2001, BGBl. I S. 2331
- Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen – GefStoffV), Bekanntmachung der Neufassung der Gefahrstoffverordnung vom 15.11.1999, BGBl. I S. 739, zuletzt geändert durch die Verordnung vom 26.06.2000, BGBl. I S. 932

3.1.2 Relevante Regelwerke und deren Anforderungen

Kerntechnische Sicherheit und Strahlenschutz

Atomgesetz

Entsprechend den Festlegungen des Atomgesetzes /ATG-01/ ist bei der Planfeststellung die Umweltverträglichkeit einer Anlage zur Abfallendlagerung zu prüfen. Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen steht dabei der Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen im Vordergrund.

Strahlenschutzverordnung

Im Kapitel 3, Abschnitt 9 der novellierten Strahlenschutzverordnung /SSV-01/ sind Festlegungen zu radioaktiven Abfällen getroffen, die von der Planung bis zur Abgabe an eine Verwahrstelle eine lückenlose Erfassung und Dokumentation fordern. Nach § 73 StrlSchV sind die radioaktiven Abfälle nach Anlage X, Teil A und B zu erfassen und die erfassten Angaben in einem elektronischen Buchführungssystem aufzuzeichnen. Diese Angaben sind in der Anlage X präzisiert:

- Anlage X, Teil A: Benennung radioaktiver Abfälle (Verarbeitungszustand, stoffliche Zusammensetzung (lt. Abfallartenliste) und Deklaration der Behandlungsart)
- Anlage X, Teil B: Buchführung über radioaktive Abfälle (Angaben zu Behältern, Abfällen, stofflicher Zusammensetzung – auch quantitativ)

Die zu erfassenden Angaben (Anlage X, Teil B, Pkt. 4) beinhalten Daten, die einer stofflichen Charakterisierung in gewissem Umfang dienen:

1. Angaben zu den Abfallbehältern:

- Nr. 6: Gebindemasse in kg
- **Nr. 8: Behältertyp**
- Nr. 25: Klassifizierung des Behälters (endlagergerechte Bezeichnung oder Klassifizierung gemäß Festlegung durch das BfS)

2. Angaben zur Konditionierung:

- **Nr. 3: Benennung nach Anlage X Teil A**
- Nr. 22: Abfallprodukt (endlagergerechte Bezeichnung oder Klassifizierung gemäß Festlegung durch das BfS)
- **Nr. 27: Ausgeführtes Behandlungsverfahren**

3. Angaben zum Abfall:

- **Nr. 3: Benennung nach Anlage X Teil A**
- Nr. 5: Abfallmasse
- Nr. 15: Kernbrennstoff in g
- **Nr. 23: Stoffliche Zusammensetzung in kg (vorbehaltlich der Festlegungen und Randbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses für das vorgesehene Bundesendlager)**

Radioaktive Abfälle, die zum Zweck der Endlagerung konditioniert werden, sind somit ebenfalls entsprechend diesen Vorschriften zu charakterisieren und zu kennzeichnen.

Einige der zu erfassenden Angaben zur näheren qualitativen und quantitativen stofflichen Charakterisierung sind in der Verordnung noch nicht näher spezifiziert. Es wird nur auf den Vorbehalt der (noch nicht vorhandenen) Festlegungen und Randbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses für das vorgesehene Bundesendlager verwiesen. Eine

hinreichende Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen kann damit bisher noch nicht gewährleistet werden.

Da die Problematik der grundwasserrelevanten Stoffe nicht signifikant vom Endlagerstandort und der geologischen Formation abhängen wird, sollte im Ergebnis der Untersuchungen eine Spezifizierung der Deklarationspflicht erfolgen.

Gesetz zum Übereinkommen über nukleare Entsorgung

Die Festlegungen im Artikel 32 des Gesetzes zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung /GNE-98/ fordern eine umfassende Dokumentation zu radioaktiven Abfällen. Der vorzulegende Staatenbericht der Vertragsparteien soll u. a. ein Bestandsverzeichnis der radioaktiven Abfälle mit einer Beschreibung des Materials und weiteren Angaben wie Volumen, Masse und Radioaktivität beinhalten.

Abfallkontrollrichtlinie

Die Abfallkontrollrichtlinie /AKR-89/ gilt seit 1989^{*} für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgegeben werden, wie z. B. für Abfälle aus Kernkraftwerken und Großforschungseinrichtungen. Sie beinhaltet Festlegungen, die im Wesentlichen bereits in der Strahlenschutzverordnung vorgeschrieben sind. Vorschriften zur Abfallflusskontrolle sind bei den KKW, bei Forschungszentren und anderen Einrichtungen im AVK-System oder in vergleichbaren Datenerfassungssystemen umgesetzt worden. Bezüglich der Bestimmung des Aktivitätsgehalts ist festgelegt, dass für gamma-spektrometrische Messungen Rückstellproben gebildet werden sollen, sofern dies mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Diese Rückstellproben stünden somit ggf. auch noch im Nachhinein für erforderliche stoffliche Analysen zur Verfügung.

Endlagerungsbedingungen und Produktkontrolle

Für die Abfälle, die nach 1990 in das Endlager Morsleben eingelagert wurden und auch für die Abfälle, die in das geplante Endlager Konrad eingelagert werden sollen, wurden Endlagerungsbedingungen /KUG-96, BRE-95/ und Vorschriften für die Produktkontrolle /MAR-96, MAR-95/ formuliert. An endzulagernde radioaktive Abfälle, die an die Schachanlage Konrad abgegeben werden sollen, werden lt. /BRE-95/ Anforderungen gestellt, deren Einhaltung in den Begleitpapieren zu dokumentieren ist. Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung der Abfallgebinde werden qualitative Angaben zur Abfallart, zum Fixierungsmittel und zum Abfallbehälter gefordert. Quantitative Angaben, auch zu konkreten chemotoxischen Inhaltsstoffen sind hier bisher nicht vorgesehen.

Für das zukünftige Endlager sind diese Vorgaben noch nicht festgeschrieben worden, sie werden sich jedoch vermutlich am bestehenden Stand der Anforderungen orientieren. Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich deshalb auf diese Anforderungen, die ggf. für ein zukünftiges Endlager modifiziert und konkretisiert werden müssen.

Anforderungen an Behälter/Verpackungen

Für die Endlagerung vorgesehene Behälter müssen nach Vorgaben des BfS /MAR-95, MAR-96/ einer Bauartprüfung unterzogen werden. Dabei haben die Behälterwerkstoffe gültigen Spezifikationen zu entsprechen, DIN-Vorschriften sind zu beachten und es sind Qualitätssicherungsmaßnahmen beim Bau der Behälter zu treffen. Details zur Werkstoffauswahl hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung sind nicht vorgegeben, liegen aber bei den Herstellern vor.

Diese Behälterspezifikationen stellen eine Grundlage für die stoffliche Charakterisierung des Behältermaterials dar. Die Deklaration der Stoffe oder der chemischen Zusammensetzung ist bisher nicht gefordert. Bei einigen Verpackungsmaterialien, insbesondere von Innenverpackungen (Kartuschen, Stahltrommeln, Kunststoffinliner), ist die Vorlage von Spezifikationen bisher ebenfalls nicht gefordert.

^{*} Z. Zt. wird eine neue Abfallkontrollrichtlinie erarbeitet.

Anforderungen an Fixierungsverfahren

- Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren /MAR-95, MAR-96/

Zur Konditionierung radioaktiver Abfälle für eine Endlagerung werden überwiegend qualifizierte Verfahren angewendet, wobei sowohl eine kampagnenunabhängige als auch eine kampagnenabhängige Qualifizierung der Verfahren vorgenommen werden kann.

Bei beiden qualifizierten Verfahren werden die Betriebsbedingungen in Abstimmung mit dem BfS festgelegt, für die kampagnenunabhängigen Verfahren erfolgt dies in einem Handbuch. Zu den Betriebsbedingungen gehören die Prozessführung und –instrumentierung, Verfahrensparameter mit Toleranzbereichen und Kontrollmaßnahmen.

Bei der Fixierung radioaktiver Abfälle ist z. B. die Zusammensetzung der Rohabfälle hinsichtlich des Anteiles an Störsubstanzen zu deklarieren, für die Qualität des Fixierungsmittels wird eine Lieferspezifikation gefordert. Die Mengenverhältnisse Abfall : Fixierungsmittel : Wasser : Zuschlagstoffe sind zu definieren.

- Stichprobenkontrollen /MAR-95, MAR-96/

Durch Stichprobenkontrollen werden hauptsächlich Altabfälle, bei denen noch keine qualifizierten Konditionierungsverfahren angewandt wurden, nachträglich auf Einhaltung der Endlagerungsbedingungen kontrolliert. Grundlage ist die vom Ablieferungspflichtigen vorzulegende Dokumentation (Abfalldatenblatt) zu den Abfallgebinden. Nachzuweisen ist die Einhaltung bestimmter Grundanforderungen und Kenngrößen, wobei z. B. für das Fixierungsmaterial selbst keine Lieferspezifikation gefordert wird und hinsichtlich des anzuwendenden Mengenverhältnisses Abfall : Fixierungsmaterial Kenngrößen zur thermischen Stabilität und zur Formstabilität einzuhalten sind. Die Deklaration stofflicher oder chemischer Zusammensetzungen ist bisher nicht gefordert.

Angaben zur Zusammensetzung des Abfalls

Als eine endlagerrelevante Eigenschaft wird zwar die Zusammensetzung des Rohabfalls benannt, diese bezieht sich jedoch hauptsächlich auf den Gehalt an Radionukliden, sowie auf einzuhaltende Grundanforderungen. Neben der Angabe der Abfallart ist bisher in den Endlagerungsbedingungen keine Deklaration stofflicher bzw. chemischer Bestandteile gefordert. Die Detaillierung bei der Beschreibung der Abfallzusammensetzung liegt im Ermessen des Abfalllieferers bzw. der Produktkontrollstelle, was entsprechend unterschiedlich und oftmals sehr pauschal gehandhabt wird. Fehler von $\pm 50\%$ zu den Angaben sind durchaus üblich.

Gewässerschutz

EU-Recht

Die Prüfung der EU-Dokumente bezüglich der Relevanz zur Aufgabenstellung zeigte, dass deren Umsetzung in deutsches Recht erfolgt ist. Die bestehenden EU-Regelungen sowohl zu radioaktiven Abfällen als auch zum Grundwasserschutz enthalten keine Kriterien bzw. Anforderungen für die Charakterisierung chemotoxischer Bestandteile in radioaktiven Abfällen. Es sind auch keine weiteren Regelungen gegenwärtig vorgesehen, die den Grundwasserschutz in Verbindung mit untertägigen Deponien betreffen.

Ziel der *EG-Wasserrahmenrichtlinie* /EGR-00/ ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers. Nach Artikel 2 Nr. 2 gilt als Grundwasser „alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht“. Für alle Grundwasserkörper ist das Qualitätsziel eines „guten Zustandes“ anzustreben, der sich aus dem „guten chemischen Zustand“ und dem „guten mengenmäßigen Zustand“ zusammensetzt. Hierzu müssen die Mitgliedsstaaten alle Grundwasserkörper schützen und ggf. sanieren; ferner sind nach dem Gebot der

„Trendumkehr“ alle signifikanten und anhaltenden Trends einer Steigerung der Konzentration von Schadstoffen umzukehren.

Für die Bewertung des chemischen Zustands hinsichtlich der Schadstoffbelastung sieht die Richtlinie vor, dass aus den Messergebnissen der einzelnen Überwachungsstellen Durchschnittswerte gebildet und diese für den Grundwasserkörper als Ganzes zusammengerechnet werden. Damit sind Verunreinigungen des Grundwassers immer in ihren Auswirkungen auf den Grundwasserkörper insgesamt zu betrachten. Einzelheiten zu einheitlichen Mess- und Auswertungsmethoden und auch zu Höchstgrenzen für Überschreitungshäufigkeiten sollen erst noch in einer Folgerichtlinie festgelegt werden. /GAS-02/

Die Wasserrahmenrichtlinie wurde nachträglich mit dem Anhang X - einer *Liste prioritärer einschließlich prioritär gefährlicher Stoffe* /EGP-01/ - ergänzt.

Von der LAWA wurde ein Handlungskonzept zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie erarbeitet /LAW-01/. Demnach sind u. a. für das Grundwasser als wichtige Fachfragen die Definition der Hauptgrundwasserleiter, das Schutzpotenzial der Deckschichten und die Ermittlung von Oberflächengewässer- und Landökosystemen, die unmittelbar vom Grundwasser abhängen, erkannt worden.

Wasserhaushaltsgesetz

Das *Wasserhaushaltsgesetz* /WHG-02/ in der geänderten Fassung von 2002 setzt die EG-Wasserrahmenrichtlinie um, die für oberirdische Gewässer, Küstengewässer und das Grundwasser gilt. Im § 33a sind die entsprechenden Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser dargelegt und es wird auf das Recht der Länder verwiesen, wonach u. a. die Anforderungen an die Beschreibung, Festlegung und Einstufung, Darstellung in Karten sowie Überwachung des Zustands des Grundwassers durch Landesrecht bestimmt werden.

Bezüglich des Grundwasserschutzes ist zu beachten, dass lt. § 34 Abs. 2 WHG Stoffe nur so gelagert oder abgelagert werden dürfen, dass eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist. Dabei wird nicht weiter ausgeführt, wie die verwendeten konkreten Begriffe der „schädlichen Verunreinigung“ und der „nachteiligen Veränderung“ des Grundwasserzustandes ausgelegt werden müssen. Durch die in der Anlage zur Grundwasserverordnung, Listen I und II, genannten Stofffamilien und Stoffgruppen werden die beiden Begriffe fachlich näher bestimmt. Je nach Inventar bzw. Konzentration können die hier genannten Stoffe zu einer „schädlichen Verunreinigung“ bzw. zu einer „nachteiligen Veränderung“ des Grundwasserzustandes beitragen oder diese verursachen; daher müssen durch sie bedingte Auswirkungen auf das Grundwasser geprüft und bewertet werden. Hierzu sind jedoch keine diesbezüglichen Ausführungsbestimmungen erlassen worden, in denen die Vorgehensweise zum Nachweis der Einhaltung des o. g. Schutzzieles festgelegt ist. Auch gibt es für die Bewertung von Beeinträchtigungen des Grundwassers keine unmittelbar geltenden verbindlichen Grenz- oder Richtwerte als Maßstab. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen.

Die *Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe* /VVV-99/ enthält Listen über die Einstufung wassergefährdender Stoffe und eine **Liste nicht wassergefährdender Stoffe** lt. WHG.

Grundwasserverordnung

Für Abfalldeponien in tiefen Gesteinsformationen sind durch die Grundwasserverordnung /GVO-97/ keine Bewertungsmaßstäbe für die Belastung des Grundwassers durch Schadstoffe aus den Abfällen festgelegt worden. Generell gilt lt. dieser Verordnung der Grundsatz, dass eine Verschlechterung der Eigenschaften des Grundwassers zu vermeiden ist.

Die Grundwasserverordnung stellt die Umsetzung der EG-Richtlinie 80/68/EWG /EGR-79/ dar. Sie gilt für das Einleiten und den anderweitigen Eintrag von Stoffen der Listen I und II dieser Verordnung in das Grundwasser. So stellt das Lagern und das Ablagern von Stoffen

zum Zwecke der Beseitigung eine erlaubnispflichtige Gewässerbenutzung dar. Die Listen I und II sind somit von grundlegender Bedeutung für die Identifikation chemotoxischer Inhaltsstoffe in den radioaktiven Abfällen. Die Verordnung verpflichtet die Behörde, bei beabsichtigten Maßnahmen das Vorhandensein von Stoffen der Listen I und II zu prüfen und im Bescheid die zulässigen Konzentrationen festzulegen.

Gesetze der Bundesländer

Die einzelnen Bundesländer haben zur Umsetzung des WHG /WHG-02/ Wassergesetze, daraus abgeleitete Anlagenverordnungen und zur Umsetzung von EU-Richtlinien bzw. bundesweit geltender Verordnungen und Richtlinien landeseigene Verordnungen zur Qualität von Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung erlassen. Einige in den Länderverordnungen festgelegte Parameter für die Gewässerqualität könnten ggf. die in den EU- und Bundesverordnungen vorgegebenen Parameter noch verschärfen. Bei einer Prüfung von einzuhaltenden Qualitätszielen sind deshalb die jeweiligen Bestimmungen der Bundesländer mit einzubeziehen.

DVGW

Das DVGW-Regelwerk enthält u. a. das *Merkblatt W 251* zur Eignung von Wasser aus Fließgewässern als Rohstoff für die Trinkwasserversorgung /DVG-96/. Der Gültigkeitsbereich wird darin wie folgt festgelegt: „Die Werte für Normalanforderungen und Mindestanforderungen gelten für Wasser an der Stelle, an der es als Rohwasser zum Zweck der Trinkwassergewinnung dem Fließgewässer entnommen wird....“. Mit diesen Anforderungen werden Zahlenwerte für einzelne Parameter im Rohwasser festgelegt, die es erlauben, Trinkwasser zu gewinnen, das den Anforderungen der Trinkwasserverordnung genügt. Die Verordnung gilt jedoch ausdrücklich **nur für Fließgewässer**.

LAWA

Die LAWA-Empfehlungen beziehen sich auf den Grundwasserschutz und auf Grundwasserschäden durch oberirdische Altlasten und Abfalldeponien und sind damit **nicht direkt auf die untertägige Endlagerung radioaktiver Abfälle** anzuwenden. Die Herangehensweise für die Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit und die empfohlenen Geringfügigkeitsschwellen können jedoch orientierend für die Identifizierung chemotoxischer Inhaltsstoffe der radioaktiven Abfälle und für die Bewertung einer möglichen Grundwasserunreinigung durch diese Stoffe dienen.

In den *Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden* /LAW-93/ sind Grundwasserschäden als anthropogen bedingte, nachteilige Veränderungen der Beschaffenheit des Grundwassers definiert. Zu den nachteiligen Veränderungen zählen deutlich über den geogenen Hintergrund hinaus reichende Stoffkonzentrationen. Es sind für einige Leitparameter Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte festgelegt worden, die 1996 durch den LAWA-Arbeitskreis „Grundwasserschäden“, sowie später nochmals durch den ad-hoc-Arbeitskreis „Prüfwerte“ überarbeitet und durch Werte für „Geringfügigkeitsschwellen“ ersetzt wurden. Derzeit werden diese Geringfügigkeitsschwellen aktualisiert.

Diese *Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasserunreinigungen* /LAW-98/, die mit den Sickerwasserprüfwerten der BBodSchV /BSV-99/ abgeglichen worden sind, beinhalten sowohl anorganische als auch organische Parameter und sollen als Hilfsmittel zur Einzelfallbewertung bei kleinräumigen Grundwasserschäden dienen.

Die *Grundsätze des Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz* sollen der umweltgerechten Verwertung von Abfällen und dem Einsatz von Produkten dienen und sind zur Beurteilung der Grundwasserträglichkeit entsprechender Maßnahmen heranzuziehen, wenn diese zu einem Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser und damit zu einer schädlichen Veränderung seiner chemischen Beschaffenheit führen können /LAW-99/.

LAWA, LABO und LAGA erarbeiteten für den Überschneidungsbereich der Arbeitsgruppen für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser *Grundsätze zur Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser*. Als Ort der Beurteilung gilt die Stelle des Sickerwassereintrags in die gesättigte Zone bzw. der Kontaktbereich zwischen dem verunreinigten Material und dem Kontaktgrundwasser /LWB-98/.

Sonstige Regelungen

Eine Reihe weiterer Verordnungen und Regelwerke nehmen zwar keinen Bezug auf die Beeinflussung von Grundwasser durch Abfalldeponien, beinhalten aber Grenz- oder Richtwerte für Wasserinhaltsstoffe oder auch Analysevorschriften, die u. U. von Interesse für die Gesamtproblematik sein können. Dazu gehören:

- *Abwasserverordnung /AWV-01/* vom 20. 09.2001,
- *Abwasserabgabengesetz /AAG-94/* vom 03.11.1994,
- *Trinkwasserverordnung /TVO-01/* vom 28.05.2001, in Kraft ab dem 01.01.2003,
- „*WHO-Guidelines for drinking-water quality*“ von 1993 und 1998 /WHO-93, WHO-98/.

Bodenschutz

Nach § 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes /BBG-98/ ist Zweck des Gesetzes, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern und wiederherzustellen.

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung /BSV-99/ bestimmt Prüfwerte u. a. zur Beurteilung des Wirkungspfads Boden – Grundwasser für eventuelle Maßnahmen im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes. Bei einem Stoffeintrag in den wasserungesättigten Bereich muss sichergestellt werden, dass keine Besorgnis hinsichtlich des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Für den Pfad Boden/Grundwasser bedeutet dies, dass die Konzentration eines Schadstoffes im Sickerwasser am Ort der Beurteilung unterhalb der festgelegten Prüfwerte liegt. Die Prüfwerte gelten für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone.

Mit den Regelwerken ist insbesondere der gesetzliche Rahmen für die Beurteilung bereits vorhandener Altlasten und die sich daraus ergebenden Maßnahmen hinsichtlich des Bodenschutzes festgelegt worden. **Sie sind damit für die Einrichtung und den Betrieb untertägiger Abfalldeponien nicht relevant.**

Abfallwirtschaft

Verordnungen aus dem Bereich der konventionellen Abfallwirtschaft schließen generell die Handhabung radioaktiver Abfälle aus. Einzelne darin enthaltene Bestimmungen, Grenz- oder Richtwerte für Wasserinhaltsstoffe oder auch Analysevorschriften können aber u. U. von Interesse für die Gesamtproblematik sein. Dazu gehören:

- *Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz /KRW-94/* vom 27.09.1994,
- *Abfallverzeichnis-Verordnung /AVV-01/* vom 12.12.2001
- *Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall)* /TAA-91/ vom 12.03.1991,
- *Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (BestbÜAbfV)* /BAV-96/ vom 10.09.1996,
- *Deponieverordnung /DVO-02/* vom 24.07.2002,
- *Abfallablagerungsverordnung /AAV-01/* vom 20.02.2001,
- *Versatzverordnung /VVO-02/* vom 29.07.2002,
- *Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweisbestimmungen /NWV-02/* vom 25.04.2002.

EU-Richtlinien, die konventionelle Abfälle und Abfalldeponien betreffen, sind in deutsches Recht umgesetzt worden.

Verschiedene Richtlinien und Empfehlungen betreffen Untersuchungsmethoden für Flüssigkeiten, Feststoffe und Eluate.

Dazu gehören:

- Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen - Bestimmung von Schwermetallen in festen und schlammigen Abfällen - /LAG-83/; - Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten - /LAG-98/;
- Merkblätter des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen (LUA-Merkblätter);
- Landesamt für Umwelt Hessen: Handbuch Altlasten;
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI): Richtlinien zu Analysemethoden;
- Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): Richtlinien zu Analysemethoden.

Chemikalienrecht

Das Chemikaliengesetz /CHG-94/ gilt generell für gefährliche Stoffe und Zubereitungen. Ein Teil der Vorschriften (Anmeldung neuer Stoffe, Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung, Mitteilungspflichten u. a.) gilt jedoch nicht für radioaktive Abfälle im Sinne des Atomgesetzes.

Die Gefahrstoffverordnung /GSV-99/ regelt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von gefährlichen Stoffen, sowie den Umgang mit Gefahrstoffen.

Beide Regelwerke sind für radioaktive Abfälle kaum relevant.

Zusammenfassung

Die maßgeblich für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Betracht kommenden Regelwerke mit darin enthaltene Festlegungen bzw. Anforderungen sind in der Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: Zusammenfassung der wichtigsten Regelungen

Gesetz / Regelwerk	Festlegungen / Anforderungen
AtG	UVP im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens
StrlSchV	- Benennung radioaktiver Abfälle - Dokumentation und Buchführung
Abfallkontrollrichtlinie	- Dokumentation der Abfallflusskontrolle - Entnahme von Rückstellproben von Abfallchargen - Deklaration der Abfallzusammensetzung
Endlagerungsbedingungen Konrad und Morsleben	- qualitative Angaben zu Abfallart, Fixierungsmitteln und Behältern - Dokumentation der Angaben in Begleitpapieren
EU-Wasserrahmenrichtlinie	Liste prioritärer und prioritär gefährlicher Stoffe
Grundwasserverordnung	Listen I und II zu gefährlichen Stoffen und Stoffgruppen
LAWA - Geringfügigkeitsschwellen	Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasser- verunreinigungen für anorganische und organische Parameter

Für die Abschätzung einer eventuellen Belastung durch chemotoxische Stoffe stehen damit im Wesentlichen nur die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, sowie diverse Grenzwerte für Trinkwasser, oberflächennahes Grundwasser, Prüfwerte der BBodSchV /BSV-99/ zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser zur Verfügung.

Ein Abgleich der Parameter, für die in den o. g. Regelungen und Verordnungen Bewertungsmaßstäbe vorliegen, zeigten, dass die LAWA für die meisten – jedoch nicht für alle – der in der Grundwasserverordnung genannten Parameter Geringfügigkeitsschwellen festgelegt hat.

3.1.3 Identifizierte Lücken und Defizite

Kerntechnische Sicherheit und Strahlenschutz

Die Festlegungen der Strahlenschutzverordnung, der Abfallkontrollrichtlinie und der bisherigen Endlagerungsbedingungen und Produktkontrollmaßnahmen legen Bestimmungen zur stofflichen Charakterisierung von Abfallbestandteilen nur unzureichend und für chemotoxische Bestandteile in Bezug auf eine Grundwassergefährdung überhaupt nicht fest.

Es fehlen:

- Vorschriften zur Deklaration chemotoxischer Bestandteile in Behältermaterialien, Fixierungsmitteln und Abfallmaterialien
- Auflistung relevanter chemotoxischer Stoffe
- Vorgaben zur quantitativen Ermittlung dieser Stoffe und Festlegung zulässiger Fehlerbandbreiten
- Vorgaben zur Dokumentation

Gewässer- und Bodenschutz

Nach der Grundwasserverordnung /GVO-97/ bedarf das Ablagern und sonstige Beseitigen von Stoffen der Listen I und II, das zu deren Eintrag in das Grundwasser führen kann, einer behördlichen Erlaubnis. Dafür ist nachzuweisen, dass die schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen sind.

Im Falle der Endlagerung chemotoxischer Stoffe wurden für Endlager in tiefen geologischen Formationen entsprechende Genehmigungen auf der Grundlage von Langzeitsicherheitsnachweisen für dieses Lager erteilt, wobei ein Eintrag chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser ausgeschlossen wird. Dieser Genehmigungsvorgang ist abweichend zur bisherigen Verfahrensweise für den Standort Konrad und nicht relevant für eine Genehmigung für Endlager radioaktiver Abfälle.

Eine entsprechende Nachweisführung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle erfordert die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung und insbesondere des Gehaltes an schädlichen Inhaltsstoffen der Listen I und II der GVO. Mögliche Abfallbestandteile, die diese Stoffe in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten können, sind unter den Punkten 2.2 bzw. 2.3 genannt.

Die Deponie von Abfällen in tiefen geologischen Formationen ist abfallgesetzlich nur für konventionelle Abfälle geregelt, radioaktive Abfälle sind in diesen Regelungen definitiv ausgeschlossen worden.

Ausgehend von der Definition des Grundwassers als „alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht“, wird die Ablagerung von Abfällen in tiefen geologischen Formationen durch die WRRL, das WHG, die Grundwasserverordnung, das Bundesbodenschutzgesetz und die BBodV nicht eindeutig abgedeckt. Auch die Empfehlungen der LAWA und LABO führen hier nicht weiter.

Es fehlen:

- Definition der Eintrittsstelle von Wasser aus der unterirdischen Deponie in das Grundwasser,
- die Festlegung von zu betrachtenden Grundwasserleitern (Lage und Ausdehnung).

Weiterhin gibt es für die in der Grundwasserverordnung festgelegten Stoffe und Stoffgruppen der Listen I und II keine Toleranz- oder Richtwerte für Konzentrationen im Grundwasser. Anhaltspunkte können hier nur die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, Richtlinien für

Oberflächenwasser, das als Trinkwasser genutzt werden soll oder Grenzwerte für Trinkwasser selbst liefern, die jedoch die Stoffe der Listen I und II nur lückenhaft beinhalten.

Die Stoffgruppen der Listen I und II sind nicht konkret untersetzt.

Die vorliegenden Bestimmungen zum Grundwasser- und Bodenschutz liefern mit den bestehenden Lücken einen erheblichen Ermessensspielraum für die Genehmigungsbehörden hinsichtlich weitestgehend standortabhängiger Festlegungen:

- Definition der einzuhaltenden Grundwasserqualität (Toleranzwerte gegenüber geogenem Hintergrund),
- Definition der Eintrittsstelle von Wasser aus der Deponie in das zu schützende Grundwasser,
- Definition der Wassermenge, in die chemotoxische Stoffe eingetragen werden können und die mögliche Verdünnung bis zum Eintritt in den zu betrachtenden Grundwasserleiter,
- Festlegung von Einzelstoffen, die zu den Stoffgruppen der Listen I und II zu zählen sind.

Diese Unsicherheiten bestehen jedoch nur für die genehmigungsrechtliche Verfahrensweise für Endlager radioaktiver Abfälle.

Im Falle untertägiger Deponien für chemisch-toxische Abfälle gibt es eine andere Herangehensweise, d. h. es wird lt. TA Abfall im Rahmen des Genehmigungsverfahrens der Nachweis der Wirksamkeit von Barrieren gefordert, die einen Eintritt chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser verhindern. Durch gutachterliche Stellungnahmen und standortbezogene Sicherheitsbeurteilungen (geotechnischer Standsicherheitsnachweis, Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase und Langzeitsicherheitsnachweis) wird nachgewiesen, dass die Abfälle dauerhaft trocken abgelagert werden, da das Salzgestein als dicht gegenüber Flüssigkeiten und Gasen eingeschätzt wird. Mit der Genehmigung einer solchen Deponie wird damit per Definition ausgeschlossen, dass derartige Stoffe in das Grundwasser gelangen können, da die geologische Barriere als dicht angenommen wird.

Hieraus wird deutlich, dass ein erhebliches Ungleichgewicht bei der Beurteilung der Barrierefunktion von Wirtsgesteinen besteht, die einerseits der Endlagerung radioaktiver Abfälle und andererseits der Deponierung chemisch-toxischer Abfälle dienen sollen. Da es jedoch keinen Grund gibt, die Abfälle hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung und des chemisch-physikalischen Verhaltens ihrer schädlichen Inhaltsstoffe mit unterschiedlichen Maßstäben zu bewerten, wird dringender Handlungsbedarf dahingehend gesehen, dass auch für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen eindeutige rechtliche Grundlagen seitens des BMU geschaffen werden, die sich insbesondere auf den Grundwasserschutz beziehen.

Abfall- und Chemikalienrecht

Abfallrechtliche Bestimmungen wie das KrwAbfG, die Deponie- und die Versatzverordnung sowie weitere Regelwerke schließen alle Betrachtungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle aus bzw. sind dafür nicht relevant. Darin enthaltene Bestimmungen sowie Richt- oder Grenzwerte für chemische Parameter haben für die vorliegende Problematik bestenfalls orientierenden Wert. Einige Grenzwerte für Inhaltsstoffe in Abfällen, die in unterirdischen Deponien abgelagert werden sollen, sind lediglich in der Versatzverordnung genannt. Endlager für radioaktive Abfälle gehören **nicht** in den Geltungsbereich der Versatzverordnung.

3.2 Technische Möglichkeiten zur Abfallcharakterisierung

3.2.1 Allgemeines

Die zu dokumentierenden Angaben für konditionierte radioaktive Abfälle schließen lt. StrlSchV die Benennung der stofflichen Zusammensetzung qualitativ als auch quantitativ ein. Außer für Angaben zur Bezeichnung des Abfalls und die Behandlungsart sind für die Deklaration der stofflichen Bestandteile keine näheren Vorgaben getroffen worden. Eine einheitliche Definition der Zusammensetzung hat jedoch für eine Bewertung bestimmter (z. B. grundwasser- und umweltrelevanter) Eigenschaften des Abfalls große Bedeutung.

Bei der Behandlung radioaktiver Abfälle beschränkt sich die analytische Charakterisierung meist auf die Bestimmung von Parametern der ionisierenden Strahlung (Dosisleistung, Nuklidvektoren u. a.). Hierzu werden bei der Abfallkonditionierung z. T. Proben entnommen, die einer Radionuklidanalyse unterzogen und als Rückstellproben aufbewahrt werden.

Verschiedene Möglichkeiten für chemisch-physikalische Untersuchungen stehen im Allgemeinen in Kernkraftwerken oder in den großen Forschungseinrichtungen zur Verfügung, die verschiedenen analytischen Zwecken wie z. B. zur Kontrolle normaler Betriebsabwässer und zur Beprobung und Analytik von Rückstellproben dienen.

Chemisch-physikalische Analysen von radioaktiven Abfällen werden wegen des bisher nicht bestehenden Erfordernisses jedoch kaum durchgeführt. Unter gegenwärtigen Bedingungen sind derartige Untersuchungen von den meisten Abfallerzeugern mit geringem oder mittlerem Abfallaufkommen schwer realisierbar, da zusätzliche laborative Einrichtungen geschaffen werden müssten bzw. entsprechende Kapazitäten für die Analysen fehlen.

Zur stofflichen Charakterisierung von Abfällen sollten deshalb sowohl die Möglichkeiten einer umfassenden Dokumentation auf Grundlage von Sichtkontrollen der Abfallerzeuger und darauf basierenden Plausibilitätsbetrachtungen als auch bestehende Möglichkeiten und innovative Verfahren zur chemisch-physikalischen Analyse von Abfallmaterialien betrachtet werden.

Die Zusammenstellung technischer Möglichkeiten zur Charakterisierung chemotoxischer Inhaltsstoffe, zu denen sowohl Dokumentationsmethoden und Plausibilitätsbetrachtungen als auch analytische Verfahren gehören, sollte die Grundlage für zukünftige Festlegungen bezüglich der Charakterisierung von chemotoxischen Inhaltsstoffen radioaktiver Abfälle bilden.

3.2.2 Annahmebedingungen und Methoden zur Dokumentation

Annahmebedingungen

In den Annahmebedingungen von zentralen Sammelstellen (Forschungsinstitute, Landes-sammelstellen) sind Festlegungen getroffen, welche Abfalldaten bekannt sein und auf entsprechenden Begleitscheinen angegeben werden müssen. In vielen Fällen basieren diese Anforderungen bereits auf den Vorgaben der novellierten Strahlenschutzverordnung, entsprechende Festlegungen sind z. B. in den Annahmebedingungen für Stilllegungsabfälle der kerntechnischen Anlagen des VKTA Rossendorf /VKT-01/ oder in den Annahmebedingungen der Landessammelstelle Bayern /GRB-01/ getroffen.

Die Annahmebedingungen von Deponien für chemisch-toxische Sonderabfälle basieren auf anderen Vorgaben, hier wird die Annahme auf bestimmte vom Ablieferer genau zu deklarierende Abfallsorten beschränkt, nicht definierbare Mischungen aus Abfallsammlungen werden nicht entgegengenommen /KUS-01/. Entsprechend den Anforderungen der TA Abfall werden die Angaben der Abfalllieferer in der Eingangskontrolle durch Sichtkontrolle und Identifikationsanalysen überprüft und es werden Rückstellproben entnommen.

Dokumentation

Für die Sammlung, Konditionierung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle wird lt. Strahlenschutzverordnung die Dokumentation von Angaben zur Charakterisierung dieser Abfälle gefordert.

Die KKW, die GNS als Abfallkonditionierer und die Betreiber der zentralen Zwischenlager bedienen sich dazu des Abfallflussverfolgungs- und Produktkontrollsystems (AVK-System), in dem die Daten vom entstehenden Rohabfall bis zum konditionierten Abfallgebinde aufgenommen und verwaltet werden. Mit der Aufnahme in das AVK werden Stammdaten (Massen, Volumina, Behälterdaten, Konditionierungs-/Lagerdaten usw.), radiologische Messdaten und einige weitere produktrelevante Daten erfasst /GNS-AV/, nicht jedoch Daten aus chemischen Analysen oder Werkstoffdaten der Behälterhersteller.

Forschungseinrichtungen und Landessammelstellen haben zum großen Teil ähnliche Systeme für die Registrierung und Speicherung von Daten zu den eingelagerten Abfällen eingeführt, wie z. B. das Dokumentationssystem KADABRA des Forschungszentrums Karlsruhe.

Die GRB mbH bietet ihren Kunden das Dokumentationssystem EVA-K zur Erfassung ihrer Abfalldaten und Erstellung von Ablieferungsanträgen an. Hiermit werden diverse Angaben zu Abfallverpackungen, zur Zusammensetzung der Abfallmaterialien (Abfallsorten), und zur Radioaktivität erfasst und für die erforderlichen Antragsunterlagen aufbereitet /GRB-02/.

Einige Konditionierer nehmen bei der Abfallbehandlung Rückstellproben für radiologische Untersuchungen /STE-02/. Chemische Untersuchungen sind bislang damit nicht vorgesehen. Inwieweit auf diese Proben zu diesen Zwecken zurückgegriffen werden könnte, müsste zukünftig in Abstimmung mit den Konditionierern noch genauer geklärt werden, insbesondere wenn ein Erfordernis seitens der Genehmigungsbehörde zu beachten ist.

3.2.3 Chemische Analysenverfahren

Die Analyse von Abfallmaterialien auf chemische Bestandteile umfasst die direkte Analyse von Feststoffproben (Abfall- oder Bodenproben) als auch die Herstellung und Untersuchung von Eluat.

In diversen Verordnungen und Regelwerken sind entsprechende anzuwendende Verfahren festgelegt. Beispiele hierfür sind die Deponieverordnung /DVO-02/, die Versatzverordnung /VVO-02/ und die Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung /LAB-00/. Vorgeschriebene bzw. empfohlene Analysenverfahren sind z. B.:

- Gaschromatographie (GC)
- Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)
- Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)
- Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)
- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Untersuchungsverfahren für Feststoffproben

Methoden zur chemischen Analyse von Abfällen sind in der TA Abfall, Anhang B /TAA-91/ festgelegt und in der Deponieverordnung, Anhang 4, /DVA-02/ und der Versatzverordnung, Anlage 3, /VVO-02/ enthalten. Den Analysenverfahren liegen im allgemeinen DIN-Vorschriften zu Grunde.

In der Deponieverordnung /DVO-02/ ist für besonders überwachungsbedürftige Abfälle vorgesehen, dass dem Deponiebetreiber neben der Deklarationsanalyse zusätzlich Angaben

über den Gesamtgehalt ablagerungsrelevanter Inhaltstoffe im Feststoff vorliegen müssen, soweit dies für eine Beurteilung der Ablagerbarkeit erforderlich ist. Der Anhang 4 /DVA-02/ beinhaltet Vorgaben zur Beprobung und Analytik (Deklarationsanalyse und Bestimmung von Abfallinhaltsstoffen).

Die Versatzverordnung /VVO-02/ bestimmt für den Einsatz von Abfällen zur Herstellung von Versatzmaterial sowie unmittelbar als Versatzmaterial, dass festgelegte Feststoffgrenz- und Zuordnungswerte im jeweiligen verwendeten unvermischten Abfall nicht überschritten werden dürfen. Zur Untersuchung von Feststoffproben wird auf Grundsätze der Probenentnahme sowie auf Grenzwertkonzentrationen im Abfall für Metalle und organische Parameter verwiesen.

Die Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung (Teilthema 2.5: Chemische analytische Untersuchungen von Altlastenproben – Laborverfahren – /LAB-00/) geben zur Bestimmung von Metallgehalten in Feststoffen ebenfalls Empfehlungen für Analysemethoden.

Die in den Vorschriften genannten Verfahren sind meist Aufschlüsse der Feststoffproben mit Königswasser und anschließend im Allgemeinen maßanalytische Verfahren (AAS, AES, GC) zur Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen und HPLC zur Bestimmung von PAK.

Eine Übersicht über vorgeschriebene bzw. empfohlene Analysemethoden für Feststoffe und Abfälle enthalten die Tabellen 1 bis 3 der Anlage 4 zum Bericht.

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) gehört noch nicht als Standardverfahren zu den in den Regelwerken empfohlenen Analyseverfahren. Die RFA ist eine zerstörungsfreie analytische Technik zur Identifizierung und Konzentrationsbestimmung von Elementen in Festkörpern, Pulverproben und Flüssigkeiten. Für Materialuntersuchungen mit RFA kann die DIN 51001 – Teil 1 und 2 zu Grunde gelegt werden. Die Untertage-Deponie für chemotoxische Abfälle Herfa-Neurode nutzt die Röntgenfluoreszenzspektrometrie z. B. für Identifikationsanalysen der angelieferten Abfälle /KUS-01/.

Elutionsverfahren

Für die Beurteilung der Grundwassergefährdung durch die Abfallablagerung werden in der Versatzverordnung /VVO-02/, in der Deponieverordnung /DVO-02/ und auch in der Ablagerungsverordnung /AAV-01/ Eluatkriterien herangezogen. Die Methoden zur Bestimmung der Eluatwerte sind in den jeweiligen Verordnungen festgelegt.

Gängige Verfahren zur Untersuchung von Eluaten, die im Allgemeinen nach DIN- oder LAGA-Richtlinien mit Wasser hergestellt werden, sind AAS, ICP-OES, photometrische und gaschromatographische Verfahren, sowie HPLC zur Bestimmung von PAK.

Eine Übersicht über vorgeschriebene bzw. empfohlene Analysemethoden für Eluate enthält die Anlage 4.

Analysenverfahren für flüssige Abfälle

Die anfangs genannten Verfahren eignen sich ebenfalls zur Analyse flüssiger Abfälle. In den meisten größeren Einrichtungen (KKW, Forschungszentren) werden z. B. Abwässer zum Nachweis der Einhaltung geforderter Einleitwerte chemisch analysiert /HAL-02/. Prinzipiell wären die entsprechenden laborativen Einrichtungen auch für eine Analytik flüssiger Abfallproben geeignet, eine praktische Umsetzung ist jedoch auf Grund der erforderlichen Handhabung der Proben im Strahlenschutzbereich, aus Kapazitätsgründen und durch ggf. andere zu analysierende Parameter oftmals beschränkt oder nicht realisierbar.

4 Abgeleitete Anforderungen und Kriterien

4.1 Charakterisierung der chemotoxischen Inhaltsstoffe

4.1.1 Allgemeines

Die Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung sowie der Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad (hier: Anlage 4) sind als Grundlage für eine umfassende stoffliche Charakterisierung aller Materialien von Endlagerbehältern und –verpackungen, Fixierungsmaterialien und Abfallstoffen zu betrachten. Eine Untersetzung bzw. Ergänzung der Anforderungen an Kontrollmaßnahmen zum Zwecke der stofflichen Charakterisierung dieser Materialien in Form konkreter Vorgaben der Maßnahmen und des Umfangs zur Deklaration und Kontrolle wird erforderlich.

Die grundwasserrelevanten Regelungen verlangen insbesondere die Berücksichtigung und damit die Deklaration von Stoffen der Listen I und II der Grundwasserverordnung.

4.1.2 Behälter- und Verpackungsmaterialien

Die Behälter- und Verpackungsmaterialien stellen bis zu 50 % des Abfallvolumens dar und können hinreichend stofflich charakterisiert werden. Für die Charakterisierung sollten an die Lieferspezifikationen und an zusätzlich durch die Ablieferer zu deklarierende Daten folgende beispielhaft aufgeführten Anforderungen gestellt werden, die teilweise bereits in den Abfalldokumentationen gefordert sind (siehe Punkt 3.1.2):

- Angabe der Art / des Typs der Verpackung
 - Gussbehälter: z. B. Gussbehälter Typ I
 - Stahlcontainer: z. B. Container Typ I
 - Stahlfässer: z. B. 200 l-Rollreifenfass, verzinkt / lackiert
 - Betonbehälter: z. B. Betonbehälter Typ I
 - Blechtrommeln für Hochdruckverpressung: z. B. 180 l-Blechkartuschen
 - Kunststoffinliner: z. B. PE-Säcke
 - Zwischenraumverfüllung: z. B. Beton
 - Abschirmung: z. B. Fe-Granulat
- Angabe der Herstellerfirma und der Artikelnummer
- Angaben zu Materialarten/-sorten der Verpackung
 - Guss-, Stahlbehälter: Guss-, Stahlsorte, Art des Beschichtungsmaterials, Art des Dichtungsmaterials
 - Betonbehälter: Betonbestandteile (Zementsorte, Zuschlagstoffe); Stahlsorte des Armierungsmaterials
 - Zwischenraumverfüllung: z. B. bei Beton Angabe der Betonbestandteile (Zementsorte, Zuschlagstoffe)
 - Abschirmmaterial: ggf. genauere Bezeichnung zur Materialart
- Mengen-/Verhältnisangaben
 - Gewicht der Behälter/Verpackungen
 - Dicke der Beschichtung auf Containern, Fässern
 - Mischungsverhältnis von Betonbestandteilen
 - Masse der Armierung bei Betonbehältern
 - Masse von Verfüll- oder Abschirmmaterial pro Gebinde

Es sind insbesondere solche Kriterien für die Stoffcharakterisierung zu berücksichtigen, die dazu dienen, aus den Spezifikationen zu Materialarten und –sorten den Gehalt an chemotoxischen Bestandteilen und der Fehlerbandbreite dieser Angaben abzuleiten.

Als Anforderung an den Einsatz von Behälter- und Verpackungsmaterial könnten auf Grundlage der grundwasserrelevanten Schadstoffe und recherchierter Zusammensetzungen bestimmte Materialarten empfohlen oder auch ausgeschlossen werden.

4.1.3 Fixierungsmaterialien

Hinsichtlich der Charakterisierung von Fixierungsmaterialien sind die Produktkontroll-Anforderungen und -Kriterien für die Konditionierungsverfahren zu Grunde zu legen. Auch hier wird eine Untersetzung und Ergänzung hinsichtlich der Maßnahmen und des Deklarations- und Prüfumfanga als erforderlich angesehen, da diese Materialien ebenfalls einen relativ hohen stofflichen Anteil bezüglich Abfallvolumen/-masse darstellen.

Dabei sollten für die stoffliche Charakterisierung der Fixierungsmaterialien an die Lieferspezifikationen und an zusätzlich durch die Ablieferer zu deklarierende Daten beispielsweise die folgenden Anforderungen gestellt werden:

- Angabe der Art des Fixierungsmaterials
 - Bindemittel: z. B. Beton, Zementleim, Gips, Bitumen o. a.
 - Sorptionsmittel: z. B. Kieselgur, Aktivkohle o. a.
 - Sonstige zur Konditionierung erforderliche Hilfsstoffe: z. B. Emulgatoren
- Angabe der Herstellerfirma und Artikelnummer
- Angaben zu Materialarten/-sorten des Fixierungsmaterials
 - Beton, Zementleim: Bestandteile (Zementsorte, Zuschlagstoffe)
 - Gips, Bitumen, Kieselgur usw.: Sortenbezeichnung
- Mengen-/Verhältnisangaben
 - Masse oder Anteil von Bindemittel oder Sorptionsmaterial pro Gebinde und/oder
 - Mischungsverhältnis Abfall zu Fixierungsmaterial

Kriterien für die Stoffcharakterisierung sind wiederum, dass aus den Spezifikationen zu Materialarten und –sorten der Gehalt an chemotoxischen Bestandteilen und der Fehlerbandbreite der Angaben abgeleitet werden kann.

Als Anforderung an den Einsatz von Fixierungsmaterial könnten auf Grundlage recherchierter Zusammensetzungen bestimmte Materialarten empfohlen oder auch ausgeschlossen werden.

4.1.4 Abfallmaterialien

Grundlage für die stoffliche Charakterisierung von Abfallmaterialien stellt hier insbesondere die in der Strahlenschutzverordnung enthaltene Liste zur Bezeichnung des Abfalls dar. Da diese Bezeichnungen jedoch noch keine eindeutige Identifikation von Inhaltsstoffen erlauben, und bisher auch in den Endlagerungsbedingungen und Produktkontrollanforderungen keine Anforderungen an eine solche stoffliche Charakterisierung gestellt sind, müssen vor allem Anforderungen und Kriterien für eine Deklaration von relevanten Abfallbestandteilen erarbeitet werden, sowie Vorschriften für evtl. anzuwendende Messverfahren (Methoden, Fehler, usw.).

Die zu treffenden Angaben zu den Abfallbestandteilen müssen gewährleisten, dass der qualitative und quantitative Gehalt an chemotoxischen Bestandteilen und der Fehlerbandbreite dieser Angaben abgeleitet werden kann.

Als Kriterien und Anforderungen zur stofflichen Charakterisierung der Abfallmaterialien werden angesehen:

- Untersetzung der Abfallbezeichnung aus der StrlSchV durch die in den jeweiligen Abfällen enthaltenen stofflichen Bestandteile, die noch zu definieren und in Form einer Nomenklatur vorzugeben sind.
- Angabe von Mengenanteilen der stofflichen Bestandteile in Masse % oder Vol %.
- Durchführung und Berücksichtigung von chemischen Analysen der Abfälle nur, soweit diese als Routineuntersuchungen bereits erfolgen und für den Abfalllieferer keinen erhöhten analytischen Aufwand darstellen, oder wenn ein begründeter Verdacht für die Anwesenheit chemotoxischer Stoffe vorliegt.
- Daten und Erläuterungen, welche die Plausibilität getroffener Angaben belegen (z. B. Angabe der verarbeiteten/ verwendeten Stoffe; Analyse des Abwassers).

Konkrete Vorgaben für eine Deklaration / Nomenklatur einzelner Abfallbestandteile existieren noch nicht. Um eine Abschätzung der Mengen einzelner stofflicher, insbesondere chemotoxischer Bestandteile gewährleisten zu können, sind entsprechende Vorgaben dazu noch zu erarbeiten (siehe auch Abschnitt 4.1.3). Es scheint aus gegenwärtiger Sicht eine effektive Lösung darin zu liegen, Stoffvektoren mit besonderer Berücksichtigung chemotoxischer Bestandteile der Abfälle zu erstellen, um dem Abfalllieferer die stoffliche Spezifikation zu erleichtern und eine qualitätsgesicherte Zuordnung zu treffen.

4.1.5 Zusammenfassung der Charakterisierungskriterien

Der stofflichen Charakterisierung aller Abfallbestandteile zum Zweck der Identifikation chemotoxischer Bestandteile sind Kriterien zu Grunde zu legen, die als Bestandteil von Endlagerungsanforderungen bzw. Produktkontrollmaßnahmen festgelegt werden können.

Eine Übersicht zu erforderlichen Angaben seitens der Ablieferer als Grundlage für die Abschätzung des Gehalts an chemotoxischen Bestandteilen enthält die Tabelle 11.

Tabelle 11: Anforderungen an die Abfallcharakterisierung

<i>Verpackungs-/Behältermaterial</i>			
1. Bezeichnung der Verpackung / des Behälters	2. Deklaration der stofflichen Bestandteile lt. Hersteller-spezifikation	3. Genaue Angaben oder Abschätzung der Mengen bzw. Mengenanteile	4. Erarbeitung und Anwendung von Stoffvektoren für Verpackungsbestandteile; Identifikation von Art und Menge chemotoxischer Bestandteile
<i>Fixierungsmaterial</i>			
1. Bezeichnung des Konditionierungs-materials	2. Deklaration der stofflichen Bestandteile lt. Hersteller-spezifikation	3. Genaue Angaben oder Abschätzung der Mengen bzw. Mengenanteile	4. Erarbeitung und Anwendung von Stoffvektoren für Fixierungsmaterialien; Identifikation von Art und Menge chemotoxischer Bestandteile
<i>Abfallmaterial</i>			
1. Abfall-bezeichnung nach StrlSchV	2. Deklaration der stofflichen Bestandteile bzw. grundwasser-relevanten Stoffe lt. noch festzu-legenden Nomenklatur	3. Genaue Angaben oder Abschätzung der Mengen bzw. Mengenanteile; ggf. Analysen; sonstige Angaben zu Emissionen, Ableitungen oder Stoffinventaren	4. Erarbeitung und Anwendung von Stoffvektoren für Abfallbestandteile; Identifikation von Art und Menge chemotoxischer Bestandteile; Abschätzungen zu Fehlerbandbreiten der Stoffinhalte

4.2 Verfahren zur Bestimmung von chemotoxischen Inhaltsstoffen

4.2.1 Methoden zur Abfallcharakterisierung und Dokumentation

Die Ablieferungspflichtigen und Konditionierer sind lt. /MAR-95, MAR-96/ für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen verantwortlich und müssen für deren Nachweis geeignete technische und organisatorisch-administrative Maßnahmen treffen. Es sind Dokumentationen vorzulegen, aus denen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen hervorgeht. Vorgaben für die Deklaration chemotoxischer Inhaltsstoffe gibt es in den bisherigen Annahmebedingungen noch nicht, so dass hierzu Ergänzungen bzw. Konkretisierungen erforderlich werden. Entsprechende Forderungen enthalten auch die Festlegungen aus der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis für die Schachanlage Konrad /NMU-02/, wonach die nicht radioaktiven schädliche Stoffe zu erfassen und zu bilanzieren und für bereits konditionierte Abfälle abzuschätzen sind.

Für die Dokumentation von Abfallinhaltsstoffen, die Rückschlüsse auf chemotoxische Bestandteile und deren Mengen zulässt, wird die Erarbeitung von generalisierten Abfallschlüsseln und Stoffvektoren vorgeschlagen – sowohl für Behälter, Verpackungsmaterialien, Fixierungsmaterialien als auch für relevante Abfallströme wie z. B. Ionenaustauscherharze, Verdampferkonzentrate, Aschen. Die Erarbeitung von Stoffvektoren sollte auf der Grundlage von Lieferangaben vorgenommen werden. Die Anwendung derartiger Abfallschlüssel könnte den Aufwand für die Deklaration und Analyse von Abfallbestandteilen sowohl für die Abfalllieferer als auch die erforderlichen Kontrollmaßnahmen in einem vertretbaren Rahmen halten, da nur bei speziellen Abfallinhaltsstoffen eine nähere Spezifikation oder ggf. Analyse erforderlich würde. Der Großteil des stofflichen Inhalts könnte ohne analytischen Aufwand über eine Grobauswahl des Stoffs und mittels qualifizierter Stoffvektoren abgedeckt werden.

Von besonderer Bedeutung könnte auch ein definitiver Ausschluss bestimmter chemotoxischer Stoffe sein (z. B.: „Dieser Abfall enthält kein Pb, Hg, usw.“).

Behälter-/Verpackungsmaterialien

Die Art und der Typ der derzeit verwendeten Zwischen- bzw. Endlagerbehälter werden i. allg. dokumentiert. Spezifikationen liegen bereits vor z. B. für Gussbehälter, Stahlcontainer und Betonbehälter. Für alle weiteren zum Einsatz kommenden Verpackungs-, Verfüll- und Abschirmmaterialien wären Spezifikationen zu den verarbeiteten Werkstoffen abzufordern, aus denen Angaben zur Materialzusammensetzung abgeleitet werden können.

Zur Charakterisierung der Materialzusammensetzung von Behältern und Verpackungsmitteln sollten derartige Lieferspezifikationen den Datenblättern für die Endlagerung beigelegt werden, die insbesondere Angaben zu verwendeten Werkstoffen enthalten.

Mittels dieser Spezifikationen soll die Deklaration der stofflichen Zusammensetzung der verschiedenen Verpackungsbestandteile ermöglicht werden.

Fixierungsmaterialien

Für Abfälle, die endlagergerecht konditioniert werden, erfordert das Produktkontrollverfahren eine qualitätsgesicherte Konditionierung. Die Verarbeitung, d. h. die Vermischung mit Zuschlag- und Zusatzstoffen, Wasser-/Zement-Werte, Mischungsverhältnisse mit den Abfallmaterialien usw., sind im Rahmen der Kontrollmaßnahmen zu dokumentieren, einschließlich der Art und des Herstellers von Zuschlag-/Zusatzstoffen. Für eine Reihe von qualifizierten Konditionierungsverfahren sind Stoffvektoren zu generieren.

Zur stofflichen Charakterisierung der Fixierungsmaterialien sollte die Dokumentation der Konditionierungsverfahren außerdem Lieferspezifikationen beinhalten, aus denen die

Zusammensetzung des jeweiligen Fixierungsmaterials abgeleitet werden kann – zur Vereinfachung der Prozedur DV-unterstützt durch generalisierte Stoffvektoren.

Abfallmaterialien

Die Abfallmaterialien sind entsprechend der StrlSchV /SSV-01/ zu deklarieren. Eine Konkretisierung/Untersetzung in Abfallbestandteile sollte anhand einer einheitlichen Nomenklatur erfolgen, die noch zu erarbeiten ist.

Die Deklaration stofflicher Bestandteile in homogenen Stoffströmen wird relativ unkompliziert sein. Von Abfällen, die homogen in größeren Mengen anfallen, werden i. allg. Proben entnommen, die derzeit radiolytisch und in gewissem Umfang auch schon chemisch analysiert und charakterisiert werden.

Im Wesentlichen betrifft dies Abfälle aus Kernkraftwerken wie z. B. Verdampferkonzentrate, Filterschlämme und Ionenaustauscherharze, weiterhin auch Aschen und Schlacken aus der Abfallverbrennung und aus Schmelzprozessen, sowie Betonstrukturteile aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen. Die Durchführung von chemischen Analysen der Rohabfälle oder auch der Abfallprodukte wäre für derartige Abfälle vorstellbar und erfolgt oftmals schon für freizugebende Stoffströme.

Grundsätzlich sollte jeder Charge aus homogenen Abfallströmen eine Rückstellprobe entnommen werden, die für Kontrollmaßnahmen bereit gestellt und im Bedarfsfall für eine chemische Analyse herangezogen werden kann. Einige Abfalllieferer nehmen auch Rückstellproben aus inhomogenen Abfallströmen, obgleich dies im Allgemeinen von den meisten Lieferern und Konditionierern als nicht sinnvoll angesehen wird, da kaum repräsentative Proben entstehen. Vor dem Entscheid für eine solche Verfahrensweise wären Aufwand und Nutzen für konkrete Fälle abzuwägen.

Mit der Bereitstellung von Rückstellproben werden vom Ablieferer keine Deklarationsanalysen gefordert; es wird aber die Option offen gehalten, im Rahmen von Kontrollmaßnahmen bei Bedarf entsprechende Untersuchungen durchzuführen, sofern grundwasserrelevante Stoffe vorhanden sein könnten.

Da eine genaue Deklaration einzelner Bestandteile in inhomogenen festen Abfällen (Mischabfälle) besonders schwierig ist, sollte durch eine gute Vorsortierung der Abfälle diese Kategorie „Mischabfälle“ möglichst minimiert werden. Ein besonderes Augenmerk ist auf Anforderungen an eine Spezifizierung der Abfälle zu richten, die von Kleinabfalllieferern und auch aus der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen kommen, da diese Abfälle oft problematische oder bisher nicht aufgetretene Stoffkompositionen enthalten können.

Da die Kleinabfalllieferer aus den Bereichen Medizin, Industrie und Forschung meist eine gute Übersicht zu den im Einsatzbereich radioaktiver Materialien verwendeten grundwasserrelevanten Stoffen haben, sind stoffliche Angaben oft gut nachvollziehbar. Um diese Problematik auch in den Großforschungszentren ohne hohen Aufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten, sind ggf. Deklarationen zum stofflichen Ausschluss (z. B.: dieser Abfall enthält kein Hg, Pb, usw.) beizubringen. Hierzu sollten entsprechende Listen erarbeitet werden, die insbesondere Angaben zu Stoffen enthalten, die ausgeschlossen werden können (Negativattestierung). Entsprechende Vorgaben für Vermerke und Eintragungen in die Abfalldatenblätter wären noch zu erarbeiten.

4.2.2 Methoden zur Überprüfung im Rahmen von Kontrollmaßnahmen

Die Aufgaben von Sachverständigen im Rahmen der Produktkontrolle umfassen nach /MAR-95, MAR-96/ u. a. folgende Aufgaben:

- Prüfung der von den Ablieferungspflichtigen und Konditionierern vorgelegten Dokumentationen,

- Prüfung und Begutachtung von Konditionierungsverfahren bezüglich der Qualität der Abfallprodukte einschließlich Prüfung der zu verwendenden Behälter bzw. Verpackungen,
- Kontrollen an Proben aus dem Konditionierungsprozess,
- begleitende Kontrollmaßnahmen bezüglich der Qualität der Abfallprodukte bei Anlagen, in denen radioaktive Abfälle mit qualifizierten Verfahren konditioniert werden, sowie begleitende Kontrollmaßnahmen bei der Fertigung von Behältern bzw. Verpackungen,
- Stichprobenprüfungen an Abfallgebinden (Abfallprodukt und Abfallbehälter).

Diese Aufgaben sind im Hinblick auf eine mögliche Erfassung und Quantifizierung chemotoxischer Bestandteile zu konkretisieren. Insbesondere sind auch Vorschläge für mobile Messverfahren zu erarbeiten, die wesentliche Abfallinhaltsstoffe ohne hohen Aufwand analytisch nachweisen lassen.

Behälter-/Verpackungsmaterialien

In Ergänzung bzw. Konkretisierung der Vorschriften zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle /MAR-95, MAR-96/ werden im Hinblick auf die Behälter- und Verpackungsmaterialien folgende Methoden vorgeschlagen:

- Überprüfung der abgeleiteten Angaben aus den Spezifikationen der Behälterhersteller zur Zusammensetzung von Behältermaterialien und Prüfung, ob der ausgewählte Stoffvektor die Behältermaterialien in den vorgegebenen Fehlerbandbreiten abdeckt.
- Überprüfung dieser Lieferspezifikationen auf Vollständigkeit hinsichtlich der Materialdaten.
- Überprüfung und Anwendung von Stoffvektoren für die Deklaration möglicher chemotoxischer Bestandteile in den Verpackungsmaterialien.

Nachträgliche chemische Analysen der Behältermaterialien werden aus gegenwärtiger Sicht nicht als erforderlich angesehen, da eine qualitätsgesicherte Produktion erfolgt.

Fixierungsmaterialien

In Ergänzung bzw. Konkretisierung der Vorschriften zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle /MAR-95, MAR-96/ werden im Hinblick auf die stoffliche Charakterisierung der Fixierungsmaterialien folgende Methoden vorgeschlagen, die bei Kontrollmaßnahmen im Rahmen qualifizierter Fixierungsverfahren und auch bei Stichprobenkontrollen erfolgen sollten:

- Überprüfung der abgeleiteten Angaben aus Spezifikationen der Hersteller von Fixierungsmaterialien wie Zement, Kieselgur u. a. zur Zusammensetzung der Materialien und Prüfung, ob der ausgewählte Stoffvektor tatsächlich den Anwendungsfall in den vorgegebenen Fehlerbandbreiten abdeckt.
- Überprüfung dieser Lieferspezifikationen auf Vollständigkeit hinsichtlich der Materialdaten.
- Überprüfung und Anwendung von Stoffvektoren für die Deklaration möglicher chemotoxischer Bestandteile in den Fixierungsmaterialien.

Nachträgliche chemische Analysen der Fixierungsmaterialien werden auch hier nicht als erforderlich angesehen, da qualitätsgesicherte Konditionierungsverfahren angewandt werden.

Abfallmaterialien

Homogene Abfallströme

Bei kampagnenunabhängigen qualifizierten Konditionierungsverfahren werden für die Produktkontrolle in vielen Fällen Rückstellproben gebildet. Diese Proben dienen vor allem der radiologischen Charakterisierung der Abfälle, aber auch zur Kontrolle der Einhaltung bestimmter stofflicher Parameter. Für die stoffliche Charakterisierung wären diese Rückstellproben ebenfalls nutzbar. Rückstellproben sollten grundsätzlich allen Abfallchargen entnommen werden, sie könnten, mit vorhandenen chemisch-analytischen Verfahren auch nachträglich noch untersucht werden, falls dies aus begründetem Anlass als erforderlich angesehen wird.

Hierfür stehen eine Reihe bewährter Analyseverfahren, die in den meisten chemischen Laboratorien, so auch in Produktkontrollstellen vorhanden sind, zur Verfügung, z. B. AAS, ICP-OES, HPLC, GC, RFA.

Zur Beschränkung des analytischen Aufwandes bei großen kontinuierlich entstehenden Abfallmengen wäre es denkbar, aus einer begrenzten Anzahl von Analysenwerten abdeckende Stoffvektoren zu erstellen, die für eine Abfallcharakterisierung herangezogen werden, ohne dass weitere Analysen seitens der Ablieferer für einzelne Abfallströme durchzuführen sind. Mit der Festlegung der Stoffinventare und deren Schwankungsbreiten sind entsprechende Stoffvektoren zu generieren und bei ihrer Anwendung jeweils zu prüfen, ob sie für den speziellen Fall abdeckend sind.

Inhomogene Abfälle

Als problematisch stellt sich die stoffliche Charakterisierung von festen Abfällen, insbesondere Mischabfällen aus Forschungsbereichen und von kleineren Abfalllieferern dar, da hier kaum eine Entnahme repräsentativer Proben für analytische Untersuchungen möglich ist. Rückstellproben in Form von Mischproben, die aus radiologischen Gründen entnommen werden, sollten u. U. auch für chemische Analysen genutzt werden, sofern die Angaben zum Inhalt nicht als ausreichend angesehen werden. Methoden für eine repräsentative Probenahme wären festzulegen.

In der Verantwortung der Abfalllieferer liegen hier eine möglichst gute Sortierung zur Vermeidung sehr inhomogener Abfallzusammensetzungen und eine hinreichend genaue Angabe zu den Inhaltsstoffen der Abfallbestandteile aus der Kenntnis verwendeter Ausgangsmaterialien.

Als Maßnahmen und Methoden zur Kontrolle werden angesehen:

- Überprüfung der Angaben der Abfalllieferer anhand von ausreichend repräsentativen Stichprobenkontrollen (Sichtkontrollen) oder Plausibilitätsbetrachtungen.
- Bei Hinweisen auf den Gehalt an bestimmten chemotoxischen Bestandteilen sollten gezielte Prüfungen durchgeführt werden, z. B.:
 - gaschromatografische Analyse der Gasphase im Behälter,
 - chemische Analyse von ausgepresstem Wasser aus der Hochdruckverpressung,
 - Untersuchung der Rückstellproben (Mischproben).
- Überprüfung der Angaben der Abfalllieferer auf Plausibilität, z. B. Vergleich der angegebenen Bestandteile mit Stoffen, die nachweislich gehandhabt worden sind und die gemäß der zu erarbeitenden Liste definitiv ausgeschlossen werden können.

4.2.3 Zusammenfassung der Verfahren zur Stoffcharakterisierung

Abfallcharakterisierung und Dokumentation

Ergänzung bzw. Erweiterung von Abfalldatenblättern / Abfalldokumentationen durch:

- Anhang von Herstellerspezifikationen zu Abfallbehältern, Verpackungsmitteln und Abschirmmaterialien, mit Angaben zur Materialart und ggf. Zusammensetzung,

- Anhang von Herstellerspezifikationen zu Fixierungsmaterialien, mit Angaben zur Materialart und ggf. Zusammensetzung. Entsprechende Spezifikationen liegen entweder den Abfalllieferern bzw. Konditionierern bereits vor oder können von den jeweiligen Herstellern abgefordert werden.
- Benennung von Abfallbestandteilen nach StrlSchV, Anlage X, und ggf. genauere Unterteilung (hierzu sind Stofflisten zu erarbeiten),
- ggf. Deklaration auszuschließender chemotoxischer Bestandteile (hierzu ist ebenfalls eine Stoffliste zu erarbeiten),
- Anhang von Analyseergebnissen, soweit vorhanden bzw. erforderlich.

Zur Charakterisierung der Abfallmaterialien selbst ist die Deklaration lt. StrlSchV anzuwenden. Eine Untersetzung durch eine einheitliche Nomenklatur von möglichen Einzelbestandteilen wird in vielen Fällen erforderlich sein, eine entsprechende Nomenklatur, auch eine solche für die Deklaration auszuschließender Bestandteile, wären noch zu erarbeiten.

Neben der qualitativen Charakterisierung sind quantitative Angaben erforderlich:

- Quantitative Angaben zu Behälter-/Verpackungsmaterialien: Nettogewichte der Behälter, Mengenangaben zu Abschirm- oder Verfüllmaterialien (Masse und/oder Volumen)
- Quantitative Angaben zu Fixierungsmaterialien: Mengenangaben zu den eingesetzten Fixierungsmaterialien (Masse und/oder Volumen; Volumen- oder Mischungsverhältnisse)
- Quantitative Angaben zu Abfallmaterialien: Mengenangaben zu den enthaltenen Abfällen (Bruttogebindemasse, Abfallmasse und/oder -volumen; Volumen- oder Mischungsverhältnisse), Erarbeitung von Listen zu den zu vermeidenden grundwasserrelevanten Stoffen und für Negativattestierungen.

Kontrollmöglichkeiten

Ergänzung der Aufgaben, die als Produktkontrollmaßnahmen für Konrad und Morsleben festgelegt worden sind, durch:

- Überprüfung der Lieferspezifikationen auf Vollständigkeit hinsichtlich der Materialdaten,
- Überprüfung der aus den Spezifikationen abgeleiteten Angaben zur Zusammensetzung von Behälter-, Verpackungs- und/oder Fixierungsmaterialien,
- Überprüfung und Anwendung von Stoffvektoren für die Deklaration möglicher chemotoxischer Bestandteile in allen Abfallkomponenten,
- Analyse von Rückstellproben aus homogenen Abfallströmen.

4.2.4 Vorschläge für eine weitere Bearbeitung bzw. Umsetzung

Vorschlag 1 (chemotoxische Bestandteile von Behälter-/Verpackungsmaterialien)

Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer sollten in einem weiterführenden Vorhaben Daten zu Behältern/Verpackungen gesammelt werden, aus denen hersteller- und verpackungstyp-spezifische Stoffvektoren insbesondere zu chemotoxischen Bestandteilen zusammengestellt werden können. Damit soll erreicht werden, dass die Abfalllieferer nur vereinfachte Angaben zum Verpackungstyp und Hersteller zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben. Es sollten die in den Werkstoffen vorhandenen „Verunreinigungen“ (z. B. im unlegierten Massenbaustahl: Cu, Cr, Co, Mn usw.) mit der in

der entsprechenden DIN genannten Obergrenze abgeschätzt und somit Stoffvektoren inkl. Fehlerbandbreiten generiert werden.

Vorschlag 2 (chemotoxische Bestandteile von Fixierungsmaterialien)

Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer sollten in einem weiterführenden Vorhaben Daten zu Fixierungsmaterialien gesammelt werden, aus denen hersteller- und materialspezifische Stoffvektoren insbesondere zu chemotoxischen Bestandteilen zusammengestellt werden können. Damit soll erreicht werden, dass die Abfalllieferer nur Angaben zum verwendeten Fixierungsmaterial, zum Hersteller und verfahrensspezifische Angaben (Mischungsverhältnisse, eingesetzte Mengen) zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben. Mit der Erarbeitung von Stoffvektoren und Variationsbreiten könnte das Verfahren vereinfacht und automatisiert werden.

Vorschlag 3 (chemotoxische Bestandteile von Abfallmaterialien)

In Weiterführung dieses Projektes sollten Vorgaben für die Beschreibung der Abfälle und für anzuwendende Stoffvektoren, sowie von Vorschriften für die Entnahme von Rückstellproben und für ggf. einsetzbare Analyseverfahren erarbeitet werden:

- a) Erstellung von Stoffvektoren zu den einzelnen Abfällen, die herkunftsspezifisch sein sollten. Dies sollte vorerst nur Stoffvektoren aus größeren Stoffströmen betreffen. Als Grundlagen können dazu dienen:
 - Von Abfallerzeugern oder aus anderen Quellen bekannte Abfallspezifikationen und -zusammensetzungen,
 - Berücksichtigung von Analyseergebnissen, sofern diese für bestimmte Abfallarten vorliegen oder ohne größeren zusätzlichen Aufwand erhalten werden können,
 - ggf. Angaben aus Abwasseranalysen (Plausibilitätsbetrachtungen bei der Freigabe von Abwässern), sofern dadurch bestimmte Stoffe zu berücksichtigen sind oder ausgeschlossen werden können,
 - ggf. Berücksichtigung von Materialbilanzen (Einkauf und Einsatzmengen) über bestimmte relevante Stoffe.
- b) Festlegung einer Nomenklatur für die Auflistung von Abfallbestandteilen und für Negativattestierungen durch die Abfalllieferer.
- c) Erarbeitung von Vorschriften zur Entnahme repräsentativer Mischproben (Rückstellproben).
- d) Auswahl geeigneter Verfahren zur Analyse der Gasphase oder auch freier Flüssigkeiten.
- e) Festlegung geeigneter Verfahren und Messwertgrenzen für die ggf. erforderliche chemische Analyse durch den Abfallverursacher, Konditionierer oder die Produktkontrollstelle.

5 Regelungsrahmen für die Charakterisierung von chemotoxischen Inhaltsstoffen

5.1 Regelungen für den Grundwasserschutz

Ein Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist das Erreichen und der Erhalt des „guten chemischen Zustandes des Grundwassers“, d. h.:

Die chemische Zusammensetzung des Grundwasserkörpers ist so beschaffen, dass die Schadstoffkonzentrationen

- keine Anzeichen für Salz- oder andere Intrusionen erkennen lassen,
- die nach anderen einschlägigen Rechtsvorschriften der Gemeinschaft gemäß Artikel 17 geltenden Qualitätsnormen nicht überschreiten und
- nicht derart hoch sind, dass die in Artikel 4 spezifizierten Umweltziele für in Verbindung stehende Oberflächengewässer nicht erreicht, die ökologische oder chemische Qualität derartiger Gewässer signifikant verringert oder die Landökosysteme, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen, signifikant geschädigt werden.

Die Umweltziele nach Wasserrahmenrichtlinie, Artikel 4, beinhalten, dass die Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen und eine Verschlechterung des Zustandes aller Grundwasserkörper zu verhindern ist.

Als Grundwasser wird alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone (wassergesättigte Bodenzone) bezeichnet, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht.

Weder die Wasserrahmenrichtlinie, noch deren Umsetzung durch Verordnungen und Richtlinien in deutsches Recht beinhalten konkrete Vorgaben für einzuhaltende chemische Parameter der Grundwasserkörper. Der „gute chemische Zustand“ des Grundwassers kann, abhängig von den geologischen Bedingungen, für verschiedene Grundwasserkörper unterschiedlich sein und ist jeweils für den konkreten Anwendungsfall zu definieren. So wird z. B. der Eintrag von Salzen in stark salzhaltige Grundwässer anders zu beurteilen sein als bei einem Eintrag in Grundwasserleiter, die für eine Trinkwassergewinnung potenziell nutzbar sind.

Je nach Inventar bzw. Konzentration können die in der Anlage zur Grundwasserverordnung, Listen I und II, genannten Stofffamilien und Stoffgruppen zu einer „schädlichen Verunreinigung“ bzw. zu einer „nachteiligen Veränderung“ des Grundwasserzustandes beitragen oder diese verursachen; daher müssen durch sie bedingte Auswirkungen auf das Grundwasser geprüft und bewertet werden. Hierzu sind jedoch bisher keine diesbezüglichen Ausführungsbestimmungen erlassen worden, in denen die Vorgehensweise zum Nachweis der Einhaltung des o. g. Schutzzieles festgelegt ist. Auch gibt es für die Bewertung von Beeinträchtigungen des Grundwassers keine unmittelbar geltenden verbindlichen Grenzwerte oder Richtwerte als Maßstab. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen. Vor diesem Hintergrund können daher nur Maßstäbe herangezogen werden, die von der Sache her grundsätzlich geeignet sind, die im Einzelfall unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten zu erwartenden „schädlichen Verunreinigungen“ bzw. „nachteiligen Veränderungen“ des oberflächennahen Grundwassers zu konkretisieren und etwaige Beeinträchtigungen zu bewerten. Als solche Maßstäbe können die in den unter Punkt 3.1 genannten Regelwerken enthaltenen quantitativen Begrenzungen herangezogen werden (Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, Grenzwerte der Trinkwasserverordnung, Richtwerte des DVGW).

Von diesen Regelwerken hat nur die Unterlage der LAWA unmittelbaren Bezug zum Grundwasser. Die hier betrachteten Schadstoffeinträge in das Grundwasser erfolgen dabei entweder über die ungesättigte Zone (Sickerwasser) oder über die gesättigte Zone (Kontaktgrundwasser). Der Schadstoffeintrag über den Pfad Zutritt von flüssiger Phase aus tiefen geologischen Formationen in das oberflächennahe Grundwasser (d. h. innerhalb der gesättigten Zone aus tiefliegenden Schichten in den quartären Aquifer) ist nicht berücksichtigt worden. Die Trinkwasserverordnung ist in Verbindung mit einer Nutzung des Grundwassers für die Trinkwassergewinnung gleichwohl für die Bewertung der Grundwasserqualität geeignet, ihre Gültigkeit bezieht sich jedoch nur auf bereits aufbereitetes Trinkwasser. Die DVGW-Richtlinie ist nicht für eine Grundwasserbewertung vorgesehen; da aber ein unmittelbarer Bezug zur Trinkwasserverordnung vorliegt, sind die in ihr enthaltenen Begrenzungen grundsätzlich auch für eine Grundwasserbewertung geeignet.

Konkrete Regelungen, Vorgaben für die Einrichtung oder den Betrieb unterirdischer Deponien im Hinblick auf den Grundwasserschutz existieren nicht, sind deutschland- und EU-weit nicht vorgesehen und auch nicht geplant.

Für den konkreten Fall der Einrichtung eines unterirdischen Endlagers liegt es damit in der Verantwortung der zuständigen Landesbehörden, den einzuhaltenden chemischen Zustand der in Frage kommenden Grundwasserkörper zu definieren. Hierzu gehören die chemischen Parameter inklusive etwaiger Toleranzwerte. Dies wird standort- und grundwasserleiter-spezifisch erfolgen müssen.

Qualitativ sind die Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung zu beachten, auf deren Deklaration im Rahmen der Charakterisierung von chemotoxischen Inhaltsstoffen in radioaktiven Abfällen Wert zu legen ist. Eine generelle Vorgabe quantitativer Werte für diese Parameter, die im Falle einer Freisetzung aus endgelagerten Abfallstoffen in grundwasserführende Schichten einzuhalten sind, ist aus o. g. Gründen nicht möglich.

Für weitere toxikologisch relevante Stoffe, die in der Grundwasserverordnung nicht explizit benannt sind, kann z. B. auf Grund relativ großer in den Abfällen enthaltener Mengen eine Berücksichtigung erforderlich werden, sofern der Zustand des Grundwassers damit beeinträchtigt werden kann.

Fazit

Wie bereits erläutert, gibt es für den Fall der untertägigen Endlagerung radioaktiver Abfälle keine entsprechenden konkreten und verbindlichen Regelungen, die sich auf den Schutz des Grundwassers vor der Verunreinigung durch chemotoxische Inhaltsstoffe beziehen, obwohl der Schutz des Grundwassers generell durch das Wasserhaushaltsgesetz und die Grundwasserverordnung gefordert wird.

Es wird als erforderlich angesehen, dass seitens des Bundes eine Untersetzung der grundlegenden Bestimmungen, d. h. des Wasserhaushaltsgesetzes und der Grundwasserverordnung in verbindliche Regelungen für die Errichtung und den Betrieb von unterirdischen Abfalldeponien und insbesondere von unterirdischen Endlagern für radioaktive Abfälle erfolgt.

Nach derzeitigem Rechtsstand fehlen den Landesbehörden entsprechende konkrete und verbindliche Regelungen, so dass im Rahmen einer Genehmigungserteilung durch die Behörden die jeweilige Herangehensweise in deren Ermessen liegen wird. So werden vor einer zukünftigen Beantragung einer wasserrechtlichen Genehmigung für ein Endlager im Dialog mit der jeweiligen Genehmigungsbehörde standortspezifische Werte für einzuhaltende Qualitätsparameter des Grundwassers und die konkreten zu deklarierenden chemotoxischen Stoffe festzulegen sein, ohne dass hierfür eine Rechtssicherheit gegeben wäre.

Analog durchzuführender Modellierungen für die Bewertung der Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager in das Grundwasser sollten auch der Eintrag

chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser und sich daraus ergebende Konsequenzen für die Grundwasserbeschaffenheit anhand von Modellrechnungen bewertet werden.

5.2 Datenerfassung zu stofflichen Abfallbestandteilen

Im Kapitel 3, Abschnitt 9 der StrlSchV /SSV-01/ sind Festlegungen zu radioaktiven Abfällen getroffen, die von der Planung bis zur Abgabe an eine Verwahrstelle eine lückenlose Erfassung und Dokumentation erfordern.

Nach § 73 StrlSchV sind die radioaktiven Abfälle nach Anlage X, Teil A und B zu erfassen und die erfassten Angaben in einem elektronischen Buchführungssystem aufzuzeichnen. Weiterhin wird in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis des Planfeststellungsbeschlusses für Konrad /NMU-02/ gefordert, dass „die nicht radioaktiven schädlichen Stoffe ... nach Art und Menge fortlaufend zu erfassen und zu bilanzieren“ sind.

Die zu erfassenden Daten (Anlage X, Teil B, Pkt. 4), die einer stofflichen Charakterisierung in gewissem Umfang dienen, bedürfen einer Umsetzung im Hinblick auf die Deklaration chemotoxischer Abfallbestandteile (s. Tabelle 12):

Tabelle 12: Umsetzung der Regelungen lt. StrlSchV

Geforderte Angaben lt. StrlSchV	Um- bzw. Untersetzung durch
1. Angaben zu den Abfallbehältern: <ul style="list-style-type: none"> - Gebindemasse in kg - Behältertyp - Klassifizierung des Behälters (endlagergerechte Bezeichnung oder Klassifizierung gemäß Festlegung durch das BfS) 	Vorgaben für die Dokumentation von Behältern, Verpackungen, Verfüll- und Abschirmmaterial: <ul style="list-style-type: none"> - konkrete Angaben zu Behälter-/Verpackungstyp, Hersteller, Nettomasse - Beleg durch Produktspezifikation für alle Behälter-/Verpackungsarten
2. Angaben zur Konditionierung: <ul style="list-style-type: none"> - Benennung nach Anlage X Teil A - Abfallprodukt (endlagergerechte Bezeichnung oder Klassifizierung gemäß Festlegung durch das BfS) - Ausgeführtes Behandlungsverfahren 	Vorgaben für die Dokumentation von Fixierungsmitteln und –verfahren: <ul style="list-style-type: none"> - konkrete Angaben zu Nettomassen von Fixierungsmitteln, zu Mischungsverhältnissen - Beleg durch Produktspezifikation für alle Fixierungsmaterialien
3. Angaben zum Abfall: <ul style="list-style-type: none"> - Benennung nach Anlage X Teil A - Abfallmasse - Kernbrennstoff in g - Stoffliche Zusammensetzung in kg (vorbehaltlich der Festlegungen und Randbedingungen des Planfeststellungsbeschlusses für das vorgesehene Bundesendlager) 	Vorgaben für die Dokumentation stofflicher Abfallbestandteile: <ul style="list-style-type: none"> - Angabe der Nettomasse des Abfalls oder Abfallprodukts, des Mischungsverhältnisses mit dem Fixierungsmaterial - Angaben zur qualitativen und quantitativen stofflichen Zusammensetzung lt. noch festzulegender Deklarationsliste - Beleg durch Produktspezifikationen, Analyseergebnisse, ...

Für den gesamten Entsorgungsweg, angefangen vom Entstehen der Rohabfälle über zwischengelagerte Abfälle bis zu endlagergerecht konditionierten Abfallprodukten wird die Deklaration und Dokumentation stofflicher Bestandteile erforderlich. Hierzu sollten in Ergänzung zum AVK-System bzw. vergleichbaren Datenerfassungssystemen Vorgaben erarbeitet und verbindlich festgelegt werden.

5.3 Anforderungen an endzulagernde Abfälle und an Kontrollmaßnahmen

Der bisherige Regelungsrahmen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle im ERAM und in der Schachanlage Konrad beinhaltet die Endlagerungsbedingungen und Bestimmungen zur Produktkontrolle. Dieser Regelungsrahmen wird bei einer Inbetriebnahme des Endlagers Konrad deutlich erweitert, da vor der Inbetriebnahme die Nebenbestimmungen des Planfeststellungsbeschlusses einschließlich der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis umgesetzt werden müssen. Mit dieser Umsetzung ist auch eine Erweiterung der Endlagerungsbedingungen Konrad im Hinblick auf Angaben zur stofflichen Zusammensetzung der endzulagernden radioaktiven Abfälle verbunden. Für das Endlager Konrad ist insbesondere sicher zu stellen, dass für die in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis /NMU-02/ aufgeführten und mit Grenzwerten belegten chemotoxischen Stoffe (nach Listen I und II der Grundwasserverordnung und nach weiteren Regelwerken) Deklarationsvorschriften festgelegt werden.

Derartige Vorschriften werden auch für ein zukünftiges Endlager zu erstellen sein. Die im Punkt 4 herausgearbeiteten Anforderungen, die sich aus der neuen Strahlenschutzverordnung und aus grundwasserrechtlichen Erfordernissen ergeben, werden in entsprechenden bisher noch nicht festgelegten Anforderungen an die Abfälle, die Deklaration von stofflichen Bestandteilen, den Nachweis, die Dokumentation und Kontrollmöglichkeiten Berücksichtigung finden müssen. Dazu sind nachfolgend die wesentlichen Punkte erläutert.

Festlegung der zu deklarierenden und zu dokumentierenden Bestandteile

Auf Grundlage der Festlegungen zur Benennung von Abfallbestandteilen nach StrlSchV, Anlage X, wird eine genauere Unterteilung z. B. mittels einer noch zu erarbeitenden Stoffliste erforderlich. Basis dafür bilden die Tabellen 8 und 9 des Abschnittes 2.3, welche die schädlichen Stoffe lt. Grundwasserverordnung und lt. weiterer zum Zeitpunkt 12/2002 gültiger Regelwerke beinhalten. Darauf aufbauend sind entsprechende Festlegungen im Hinblick auf die Dokumentation der wasserrechtlich relevanten Stoffe zu treffen.

Festlegung auszuschließender Bestandteile

Für die Deklaration auszuschließender chemotoxischer Bestandteile sind ebenfalls Stofflisten zu erarbeiten. Für das Endlager Konrad betrifft dies alle schädlichen Stoffe (nach den Listen I und II lt. Grundwasserverordnung und nach weiteren Regelwerken), die nicht in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis enthalten sind, wie beispielsweise nicht aufgeführte organische Halogen- oder Phosphorverbindungen oder auch die organischen Zinnverbindungen.

Vorschriften für Nachweismethoden

Nachweismethoden für chemotoxische Abfallbestandteile sollten herkunftsspezifisch und bezogen auf Abfallkomponenten und Abfallarten zusammengestellt werden. Sie können z. B. die Anhang von Produktspezifikationen an die Abfalldokumente, weiterhin Plausibilitätsbetrachtungen, die Entnahme von Rückstellproben und für bestimmte Fälle auch die Durchführung von Analyseverfahren festlegen.

Vorschriften für die Kontrollmaßnahmen

In Ergänzung der Aufgaben, die als Produktkontrollmaßnahmen für Konrad und Morsleben festgelegt worden sind, sind Maßnahmen festzulegen, welche die Kontrolle der Daten zu chemotoxischen Inhaltsstoffen festschreiben. Für die Kontrollvorschriften sind damit die unter Punkt 4 genannten Aufgaben zu ergänzen und zu spezifizieren:

- Überprüfung der Lieferspezifikationen zu Behälter-, Verpackungs- und Fixierungsmaterialien auf Vollständigkeit,
- Überprüfung und Anwendung von Stoffvektoren für die Deklaration möglicher chemotoxischer Bestandteile in allen Abfallkomponenten,
- Analyse von Rückstellproben, soweit erforderlich.

6 Zusammenfassung

Chemotoxische Inhaltsstoffe

Zur Endlagerung vorgesehene radioaktive Abfälle beinhalten Behälter-, Fixierungs- und Abfallmaterialien, die wiederum Stoffe enthalten, welche bei einem Kontakt mit dem Grundwasser zur schädlichen Verunreinigung des Wassers beitragen können.

Für die Identifizierung chemotoxischer Abfallinhaltsstoffe wurden die Grundwasserverordnung, die Trinkwasserverordnung, Richtlinien des DVGW, Empfehlungen der LAWA und weitere Regelwerke recherchiert und deren Relevanz bewertet.

Von besonderer Bedeutung für den Schadstoffeintrag sind vor allem die Abfallinhaltsstoffe, die in einem beachtenswerten Volumen- bzw. Massenanteil vorliegen. Sehr große Volumen- und Masseanteile bilden erfahrungsgemäß Behälter- und Fixierungsmaterialien (s. Tab. 13), d. h. unlegierter Stahl, Gusseisen und Beton. In wesentlich geringeren Anteilen kommen Bleiabschirmungen zum Einsatz, die allerdings beträchtliche Mengen an chemotoxischen Bestandteilen liefern.

In Bezug auf die Abfallmaterialien selbst sind erfahrungsgemäß eher die in geringen Mengen anfallenden Stoffe diejenigen mit einem relativ hohen chemotoxischen Potential wie z. B. Öle und Ölrückstände, Lösungsmittel, sowie die größeren Mengen an verfestigten Flüssigabfällen mit Tensiden, Komplexbildnern, Borverbindungen und Salzen.

Zu beachten ist, dass die Stoffgruppen der Listen I und II der Grundwasserverordnung teilweise nicht konkret untersetzt worden sind. Den Stoffzuordnungen zu diesen Gruppen liegen deshalb im Wesentlichen die Zuordnungen aus der Gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis des Planfeststellungsbeschlusses für Konrad /NMU-02/ zu Grunde. Für zukünftige Bewertungen wären diese Zuordnungen z. B. für Kunststoffmaterialien (PE, PVC u. a.) oder andere Materialien zu überprüfen und ggf. toxikologisch zu begründen.

Regulatorische und technische Grundlagen

Für die Konkretisierung und Zusammenstellung zu beachtender gesetzlicher und untergesetzlicher Anforderungen an Art und Menge von chemotoxischen Inhaltsstoffen in den radioaktiven Abfällen wurden regulatorische und gesetzliche Grundlagen recherchiert (siehe Abschnitt 3). Dazu gehörten:

- Vorschriften und Regelungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle,
- Vorschriften und Regelungen zum Grundwasserschutz,
- Vorgaben zu Richt- oder Grenzwerten von chemotoxischen Stoffen in Grund- und Trinkwasser (siehe Anlage 3),
- abfallrechtliche Regelungen und
- Vorgaben zu Deklarations- und Grenzwerten für Abfälle, die deponiert werden sollen.

Die Übersicht zu diesen Regelungen zeigt, dass für die Verbringung von Abfällen in unterirdische Deponien Grenzwerte für Gehalte chemotoxischer Stoffe in Abfällen für den Versatz (Versatzverordnung) vorgesehen sind, die jedoch nicht für Endlager radioaktiver Abfälle gelten. In der Deponieverordnung /DVO-02/ sind bei den Zuordnungskriterien lediglich Grenzwerte für die Deponieklassen vorgegeben, ausgenommen davon sind Deponien im Salzgestein. Für eine Untertagedeponie im Salinar sind in der Deponieverordnung in § 7 – nicht zugelassene Abfälle – lediglich Abfälle genannt, die nicht in einer Deponie der Klasse 4 im Salzgestein abgelagert werden dürfen, Grenzwerte hierfür sind nicht genannt. Im letzteren Fall wird davon ausgegangen, dass nach Vorliegen eines Langzeitsicherheitsnachweises ein vollständiger Einschluss der Abfälle im Salzgestein gewährleistet und von einem Laugenzutritt nicht auszugehen ist. Die gilt jedoch ausschließlich für Untertagedeponien chemisch-toxischer Stoffe.

Bezüglich des Grundwasserschutzes ist zu beachten, dass lt. WHG § 34 Abs. 2 Stoffe nur so gelagert oder abgelagert werden dürfen, dass eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist. Dabei wird nicht weiter ausgeführt, wie die verwendeten konkreten Begriffe der „schädlichen Verunreinigung“ und der „nachteiligen Veränderung“ des Grundwasserzustandes ausgelegt werden müssen. Durch die in der Anlage zur Grundwasserverordnung, Listen I und II, genannten Stofffamilien und Stoffgruppen werden die beiden Begriffe fachlich näher bestimmt. Je nach Inventar bzw. Konzentration können die hier genannten Stoffe zu einer „schädlichen Verunreinigung“ bzw. zu einer „nachteiligen Veränderung“ des Grundwasserzustandes beitragen oder diese verursachen; daher müssen durch sie bedingte Auswirkungen auf das Grundwasser geprüft und bewertet werden. Hierzu sind jedoch keine diesbezüglichen Ausführungsbestimmungen erlassen worden, in denen die Vorgehensweise zum Nachweis der Einhaltung des o. g. Schutzzieles festgelegt ist. Auch gibt es für die Bewertung von Beeinträchtigungen des Grundwassers keine unmittelbar geltenden verbindlichen Grenz- oder Richtwerte als Maßstab. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen.

Vor diesem Hintergrund können daher nur Maßstäbe herangezogen werden, die von der Sache her grundsätzlich geeignet sind, die im Einzelfall unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten zu erwartenden „schädlichen Verunreinigungen“ bzw. „nachteiligen Veränderungen“ des oberflächennahen bzw. des potenziell zur Trinkwassergewinnung geeigneten Grundwassers zu konkretisieren und etwaige Beeinträchtigungen zu bewerten. Als solche Maßstäbe können die in den unter Punkt 3.1 genannten Regelwerken enthaltenen quantitativen Begrenzungen herangezogen werden (Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, Grenzwerte der Trinkwasserverordnung, Richtwerte des DVGW).

Von diesen Regelwerken hat nur die Unterlage der LAWA unmittelbaren Bezug zum Grundwasser. Die hier betrachteten Schadstoffeinträge in das Grundwasser erfolgen dabei entweder über die ungesättigte Zone (Sickerwasser) oder über die gesättigte Zone (Kontaktgrundwasser). Der Schadstoffeintrag über den Pfad „Zutritt von flüssiger Phase aus tiefen geologischen Formationen in das oberflächennahe Grundwasser“ (d. h. innerhalb der gesättigten Zone aus tiefliegenden Schichten in den quartären Aquifer) ist nicht berücksichtigt worden. Die Trinkwasserverordnung ist in Verbindung mit einer Nutzung des Grundwassers für die Trinkwassergewinnung gleichwohl für die Bewertung der Grundwasserqualität geeignet, ihre Gültigkeit bezieht sich jedoch nur auf bereits aufbereitetes Trinkwasser. Die DVGW-Richtlinie ist nicht für eine Grundwasserbewertung vorgesehen; da aber ein unmittelbarer Bezug zur Trinkwasserverordnung vorliegt, sind die in ihr enthaltenen Begrenzungen grundsätzlich auch für eine Grundwasserbewertung geeignet.

Selbst in diesen und in weiteren recherchierten und derzeit gültigen Regelwerken fehlen für einige in der Grundwasserverordnung (Listen I und II) genannten Stoffe und Stoffgruppen jegliche Richt- oder Grenzwerte. Dies betrifft:

- Beryllium, Silber, Tellur, Titan,
- organische Siliziumverbindungen, Silikate.

Die dargelegte regulatorische Lücke existiert generell für untertägige Abfalldeponien, auch für Deponien chemotoxischer Abfälle, die nicht als langfristig dicht angesehen werden können. Die Versatzverordnung /VVO-02/ deckt nur einen Teil der Problematik der chemotoxischen Bestandteile in Abfällen ab, gilt jedoch nicht für Endlager für radioaktive Abfälle.

Bisherige Anfragen bei der EU zeigten, dass in den nächsten 3 bis 5 Jahren keine Richtlinien oder Empfehlungen zum Grundwasserschutz bezogen auf Untertagedeponien zu erwarten sind und sich damit auch zu dieser Problematik in den nächsten 5 bis 10 Jahren keine Veränderung der in Deutschland existierenden gesetzlichen Situation ergeben wird.

Die grundwasserrelevanten chemotoxischen Stoffe sind in den Listen I und II der Grundwasserverordnung festgelegt worden, Richtlinien zur Bestimmung (Richtwerte, Analytik) für die betreffenden Einzelstoffe existieren jedoch nicht.

Die verschiedenen Verordnungen, die eine Abfalldeponierung betreffen, legen diverse Richt-, Grenz- oder Deklarationswerte fest, die jedoch grundsätzlich nicht auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle anzuwenden sind.

Festlegungen und Empfehlungen für Analysenmethoden basieren meist auf DIN-Vorschriften oder auch auf Merkblättern des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen und auf Methoden des Handbuchs Altlasten des LfU Hessen.

Im Hinblick auf das Ziel, die regulatorischen Anforderungen an die Charakterisierung und Bewertung der chemotoxischen Inhaltsstoffe von radioaktiven Abfällen zu konkretisieren, können zusammenfassend folgende Defizite genannt werden, für die unbedingter Regelungsbedarf besteht:

1. *Bestimmungen zu radioaktiven Abfällen:* Es fehlen konkrete Vorschriften zur qualitativen und quantitativen Deklaration chemotoxischer Bestandteile, für Ermittlungs- und Nachweismethoden und für die Dokumentation.
2. *Gewässer- und Bodenschutz:* Für die Endlagerung chemisch-toxischer Abfälle werden folgende Voraussetzungen zu Grunde gelegt /GLI-03/: „Aus Untertagedeponien im Salzgestein können chemotoxische Stoffe nicht in das Grundwasser gelangen. Entsprechend den Anforderungen der TA Abfall ist das Salzgestein gegenüber Flüssigkeiten und Gasen dicht, eine Wasserhaltung ist nicht erforderlich. Die Abfälle werden dauerhaft trocken abgelagert, was auch im Rahmen gutachterlicher Stellungnahmen und standortbezogenen Sicherheitsbeurteilungen nachgewiesen ist. Der Abschluss der Abfälle von der Biosphäre erfolgt dauerhaft.“ Für die Bewertung einer Beeinflussung des Grundwassers durch chemotoxische Stoffe, die aus Untertagedeponien in das Grundwasser gelangen können, fehlen entsprechende Bestimmungen und Bewertungsgrundsätze.
3. *Richtwerte:* Für die Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung gibt es keine Toleranz- oder Richtwerte für Konzentrationen im Grundwasser. Anhaltspunkte können nur die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, trinkwasserbezogene Richtlinien oder Grenzwerte liefern. Diese Vorgehensweise ist aber z. B. auf sehr tief liegende stark salzhaltige Grundwasserleiter nicht übertragbar, da deren Nutzung zur Trinkwassergewinnung kaum in Frage kommen wird.
4. *Grundwasserrelevante Stoffe:* Die Stoffgruppen der Listen I und II sind nicht konkret untersetzt.
5. *Analysenmethoden:* Die in den abfallrelevanten Vorschriften genannten Analysemethoden sind bezogen auf die Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung unvollständig. Eine Analytik radioaktiver Abfallstoffe auf chemotoxische Bestandteile ist bisher nicht vorgesehen.

Die in diesem Zusammenhang zu lösenden Probleme sind in der Anlage 1 nochmals ausführlicher aufgelistet worden.

Im Weiteren wurden technische Möglichkeiten zur Charakterisierung der identifizierten chemotoxischen Stoffe recherchiert, hierzu wurden Gespräche mit Mitarbeitern des FZ Jülich, des TÜV Hannover / Sachsen-Anhalt e. V., der GNS, der EWN Greifswald, E.ON Kernkraft und der Landessammelstelle Sachsen geführt.

Hinsichtlich der recherchierten Annahmebedingungen und Dokumentationsmethoden für die Erfassung und Handhabung radioaktiver Abfälle wurde festgestellt, dass das von den KKW genutzte AVK-System verbreitet genutzt und behördlich anerkannt ist. Die Deklaration der Radionuklidgehalte ist hierin festgelegt, einheitliche Vorgaben zur Deklaration der stofflichen Abfallbestandteile fehlen aber.

Neben dem AVK-System gibt es bei Abfallerzeugern und Sammelstellen weitere Dokumentationssysteme, deren Aufbau und Inhalte nicht in allen Details einheitlich sind. Bei einigen Abfallerzeugern und Konditionierern sind Analysemethoden und Verfahren zur Entnahme von Rückstellproben bereits für andere Zwecke im Einsatz, die ggf. für den Nachweis chemotoxischer Stoffe genutzt werden könnten.

Anforderungen und Kriterien an die Stoffcharakterisierung

Als Basis für die Ableitung von Anforderungen, Kriterien und Maßnahmen zur Stoffcharakterisierung dienten die Bestimmungen der novellierten Strahlenschutzverordnung, der Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad (hier: Anlage 4), die Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und die Produktkontrolle für die Endlager Konrad und Morsleben, sowie Bestimmungen zum Grundwasserschutz hinsichtlich der Verunreinigung mit chemotoxischen Stoffen.

Zur bisherigen Verfahrensweise der Produktkontrolle liegen nach /BRE-02/ positive Erfahrungen vor, für die Zukunft wird jedoch zusätzlich der Nachweis der Nichtgefährdung des Grundwassers durch chemotoxische Stoffe gefordert, wie dies bereits der Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad ausweist /NMU-02/. Aus diesem Grund zielen die erarbeiteten Vorschläge auf eine Untersetzung bzw. Erweiterung der bereits bestehenden Bestimmungen zur Charakterisierung und zu Kontrollmaßnahmen für radioaktive Abfälle ab.

Die aus den vorliegenden Untersuchungen abgeleiteten Anforderungen und Kriterien an die Stoffcharakterisierung und an die Überprüfung der durch die Abfalllieferer zu treffenden Angaben im Rahmen der vorzusehenden Kontrollmaßnahmen sind in den folgenden Konsultationen diskutiert worden:

- Umweltbundesamt Berlin, Herr Dr. Kerndorff: zu Regelungen und Gesetzen hinsichtlich des Grundwasserschutzes,
- Europäische Kommission / DG Environment, Herr D'Eugenio, Herr Henrich: zu EU-weiten Regelungen hinsichtlich des Grundwasserschutzes bei untertägigen Abfalldeponien,
- FZ Jülich, Herr Dr. Halaszovich, Herr Dr. Steinmetz: zu Fragen der Abfallcharakterisierung seitens der Abfalllieferer, Konditionierer und seitens der Produktkontrollstelle,
- GNS mbH, Herr Dr. Theis: zu Fragen der Abfallcharakterisierung seitens der Abfalllieferer und der Konditionierer,
- VKTA Rossendorf (Landessammelstelle Sachsen), Herr Loose, Herr Schlenkrich, Frau Fleck: zu Fragen der Abfallcharakterisierung seitens der Abfalllieferer,
- Kali und Salz Entsorgung GmbH, Herr Behnsen, Herr Glienke: zu Fragen der Endlagerung chemotoxischer Abfälle in Untertagedeponien (gesetzliche Regelungen, Annahmebedingungen, stoffliche Charakterisierung der Abfälle).

Beim Forschungszentrum Karlsruhe, HDB, bestand auf unsere Anfrage hin keine Veranlassung und kein Interesse an einem entsprechenden konsultativen Gespräch, so dass entsprechende Informationen bzw. diesbezügliche Vorgehensweisen des FZK nicht vorliegen und deshalb auch die speziellen Möglichkeiten nicht berücksichtigt werden konnten.

Die stoffliche Charakterisierung der verschiedenen Abfallbestandteile dürfte für Behälter-, Verpackungs- und Fixierungsmaterialien, die auch den größten Mengenanteil an endzulagerndem Material bilden werden, sowohl für die Ablieferer als auch die Produktkontrollstellen ohne erhöhten Aufwand möglich sein. Ebenso sollten homogene Abfallströme, die in großen Mengen auftreten, mittels Routineuntersuchungen bzw. durch Anwendung von Stoffvektoren gut charakterisierbar sein.

Besondere Beachtung bei der Erarbeitung von Deklarations- und Kontrollmaßnahmen sollte den Abfallströmen von Kleinlieferern und aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen geschenkt werden. Diese Abfälle werden zwar nicht den mengenmäßigen Hauptanteil bilden, können aber insbesondere auf Grund schwer zu spezifizierender oder auch bisher in radioaktiven Abfällen nicht gehandhabter Stoffkompositionen grundwasserrelevante Bestandteile beinhalten.

Die Tabelle 14 enthält eine Zusammenfassung der Methoden zur stofflichen Charakterisierung der verschiedenen Abfallbestandteile.

Vorschläge für einen Regelungsrahmen

Im Rahmen des Vorhabens waren Vorschläge zur Konkretisierung bzw. zur Um- und Untersetzung der Anforderungen in einem Regelungsrahmen zu erarbeiten.

Hierzu wurden zusätzliche Gespräche mit der BGD GmbH Dresden zu gesetzlichen Regelungen, mit der EWN GmbH zur Charakterisierung von Stilllegungsabfällen und mit dem TÜV Hannover Sachsen-Anhalt zu Kontrollmöglichkeiten geführt. Weiterhin waren die zwischenzeitlich erarbeiteten Vorschläge nochmals mit einigen der o. g. Abfalllieferer zu diskutieren, die ihr Interesse an weiteren Gesprächen bekundet haben.

Regelungen für den Grundwasserschutz

Wie bereits erläutert, gibt es für den Fall der untertägigen Endlagerung radioaktiver Abfälle keine verbindlichen gesetzlichen Regelungen, die sich auf den Schutz des Grundwassers vor der Verunreinigung durch chemotoxische Inhaltsstoffe beziehen.

Eine Untersetzung der grundlegenden Bestimmungen, d. h. des Wasserhaushaltsgesetzes und der Grundwasserverordnung für die Errichtung und den Betrieb von unterirdischen Abfalldeponien und insbesondere von unterirdischen Endlagern für radioaktive Abfälle wäre deshalb seitens des Bundes dringend erforderlich, um die Rechtssicherheit der Genehmigungsverfahren zu erhöhen.

Nach derzeitigem Rechtsstand fehlen den Landesbehörden entsprechende konkrete und verbindliche Regelungen, so dass im Rahmen einer Genehmigungserteilung durch die Behörden die jeweilige Herangehensweise in deren Ermessen liegen wird. So werden vor einer zukünftigen Beantragung einer wasserrechtlichen Genehmigung für ein Endlager im Dialog mit der jeweiligen Genehmigungsbehörde standortspezifische Werte für einzuhaltende Qualitätsparameter des Grundwassers und die konkreten zu deklarierenden chemotoxischen Stoffe festzulegen sein, ohne dass damit die Rechtssicherheit bei der Genehmigung gegeben wäre.

Analog durchzuführender Modellierungen für die Bewertung der Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager in das Grundwasser sollten auch der Eintrag chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser und sich daraus ergebende Konsequenzen für die Grundwasserbeschaffenheit anhand von Modellrechnungen bewertet werden.

Datenerfassung zu stofflichen Abfallbestandteilen

Die Bestimmungen der neuen StrlSchV und die Festlegungen im Artikel 32 des Gesetzes zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung /GNE-98/ erfordern eine umfassende Dokumentation zu radioaktiven Abfällen. So wird in /GNE-98/ im Rahmen der Berichterstattung ein Bestandsverzeichnis der radioaktiven Abfälle gefordert, das die Beschreibung des Materials und weitere Angaben wie Volumen, Masse, Radioaktivität beinhaltet. Die StrlSchV sieht eine Dokumentation des gesamten Entsorgungsweges vor, angefangen vom Entstehen der Rohabfälle über zwischengelagerte Abfälle bis zu endlagergerecht konditionierten Abfallprodukten, wozu die Deklaration und Dokumentation stofflicher Bestandteile gehören. Hierzu sollten in Ergänzung bzw. analog zu bestehenden Datenerfassungssystemen Vorgaben erarbeitet und festgelegt werden.

Anforderungen an endzulagernde Abfälle und an die Kontrollmaßnahmen

Der bisherige Regelungsrahmen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle im ERAM und in der Schachanlage Konrad beinhaltet die Endlagerungsbedingungen und Bestimmungen zur Produktkontrolle. Dieser Regelungsrahmen wird bei einer Inbetriebnahme des Endlagers Konrad deutlich erweitert, da vor der Inbetriebnahme die Nebenbestimmungen des Planfeststellungsbeschlusses einschließlich der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis umgesetzt werden müssen. Mit dieser Umsetzung ist auch eine Erweiterung der Endlagerungsbedingungen Konrad im Hinblick auf Angaben zur stofflichen Zusammensetzung der endzulagernden radioaktiven Abfälle verbunden. Für das Endlager Konrad ist insbesondere sicher zu stellen, dass für die in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis aufgeführten und mit Grenzwerten belegten chemotoxischen Stoffe (nach Listen I und II der Grundwasserverordnung und nach weiteren Regelwerken) Deklarationsvorschriften festgelegt werden. Derartige Vorschriften werden auch für ein zukünftiges Endlager zu erstellen sein.

Die herausgearbeiteten Anforderungen werden in Regelungen umgesetzt werden müssen, welche entsprechende Anforderungen an die Abfälle, die Deklaration von stofflichen Bestandteilen, den Nachweis, die Dokumentation und Kontrollmaßnahmen festlegen. Dazu gehören:

- *Festlegungen zu den zu deklarierenden und zu dokumentierenden Bestandteilen, einschließlich der Negativtestierung für zu vermeidende oder auszuschließende Bestandteile*
 - zu vermeiden:* z. B. Ni/Cd-Akkumulatoren, Pb-haltige Abfälle u. ä.;
 - auszuschließen:* z. B. Bestandteile, die nicht in der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis enthalten sind, wie beispielsweise nicht aufgeführte organische Halogen- oder Phosphorverbindungen oder auch die organischen Zinnverbindungen)
- *Festlegung einer Liste von auszuschließenden Bestandteilen (s. o.)*
- *Vorschriften für Nachweismethoden*
- *Vorschriften für die Kontrollmaßnahmen*

Vorschläge für weiterführende Arbeiten

Wie im Punkt 4 bereits dargelegt, werden aus gegenwärtiger Sicht folgende weiterführende Arbeiten als erforderlich angesehen, für die folgende Maßnahmen zur Umsetzung der abgeleiteten Methoden vorgeschlagen werden:

Vorschlag 1 (chemotoxische Bestandteile von Behälter-/Verpackungsmaterialien)

Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer sollten Daten zu Behältern/Verpackungen gesammelt werden, aus denen hersteller- und verpackungstyp-spezifische Stoffvektoren insbesondere zu chemotoxischen Bestandteilen zusammengestellt werden können. Damit würde erreicht, dass die Abfalllieferer nur vereinfachte Angaben zum Verpackungstyp und Hersteller zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben.

Es sollten die in den Werkstoffen weiter vorhandenen Spurenelemente (z. B. im unlegierten Massenbaustahl: Cu, Cr, Co, Mn, usw.) mit der in der entsprechenden DIN genannten Obergrenze abgeschätzt und Stoffvektoren inkl. Fehlerbandbreiten generiert werden.

Vorschlag 2 (chemotoxische Bestandteile von Fixierungsmaterialien)

Zur Vereinfachung der Deklaration durch die Abfalllieferer sollten die Daten üblicher Fixierungsmaterialien gesammelt werden, aus denen hersteller- und materialspezifische Stoffvektoren zusammengestellt werden können. Damit würde erreicht, dass die Abfalllieferer nur Angaben zum verwendeten Fixierungsmaterial und verfahrensspezifische

Angaben (Mischungsverhältnisse, eingesetzte Mengen) zu treffen und ggf. Lieferspezifikationen beizufügen haben. Mit der Erarbeitung von Stoffvektoren und Variationsbreiten könnten die vorzusehenden Kontrollmaßnahmen vereinfacht und automatisiert werden.

Vorschlag 3 (chemotoxische Bestandteile von Abfallmaterialien)

Folgende Vorgaben für die Beschreibung der Abfälle und für anzuwendende Stoffvektoren, sowie von Vorschriften für die Entnahme von Rückstellproben und für ggf. einsetzbare Analyseverfahren sollten erarbeitet werden:

- a) Erstellung von herkunftsspezifischen Stoffvektoren zu den einzelnen Abfällen, vorerst nur für Stoffvektoren aus größeren Stoffströmen. Als Grundlagen können dazu dienen:
 - Von Abfallerzeugern oder aus anderen Quellen bekannte Abfallspezifikationen und -zusammensetzungen,
 - Berücksichtigung von Analyseergebnissen, sofern diese bereits vorliegen oder ohne größeren zusätzlichen Aufwand erhalten werden können,
 - ggf. Angaben aus Abwasseranalysen, sofern dadurch bestimmte Stoffe zu berücksichtigen sind oder ausgeschlossen werden können,
 - ggf. Berücksichtigung von Materialbilanzen (Einkauf und Einsatzmengen) über bestimmte relevante Stoffe.
- b) Festlegung einer Nomenklatur für die Auflistung von Abfallbestandteilen und für Negativtestierungen durch die Abfalllieferer (Vermeidungsstrategie).
- c) Erarbeitung von Vorschriften zur Entnahme repräsentativer Mischproben (Rückstellproben).
- d) Auswahl geeigneter Verfahren zur Analyse der Gasphase oder auch freier Flüssigkeiten für die Kontrollverfahren.
- e) Festlegung geeigneter Verfahren und Messwertgrenzen für die ggf. in Einzelfällen erforderliche chemische Analyse (z. B. bei Vorliegen einer unvollständigen Datenbasis).

Tabelle 13: Zusammensetzung der Behälter-, Fixierungs- und Abfallmaterialien

Abfallkomponente / Hauptbestandteile	Relevante chemotoxische Bestandteile ¹⁾		
	Liste I	Liste II	Sonstige
Behälter			
Stahl, Gusseisen		Cr, Zn (Fe, Mn)	Bi
Kunststoffbeschichtung, -verkleidung, -ausschäumung	(Polyester-/ Alkydharz, PUR, PE)		
Beton		Cr, Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, (Ca, Al, Fe, Mg, K, Sulfat)	Th
Blei		Pb, As	
Fixierungsmaterial			
Beton, Zement, Emulgatoren Bitumen, Gips, PVC, PS	(PAK, Paraffine, PVC, PS)	Cr, Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, (K, Ca, Al, Fe, Mg, Sulfat)	Th, organ. Salze, Fettsäuren
Kieselgur, Vermiculit		Cr, Ti, (Ca, Al, Fe, Mg, K, Na, Chlorid)	
Abfallstoffe			
Fe-Metalle, NE-Metalle	Hg, Cd	Pb, Cu, Cr, Mo, Ti, Ni, Zn, Co, V, Sn, Sb, Se, As, Ag, U, Be (Fe, Al, Mn, Mg)	Bi, Zr
Beton, Zement, Asbest, Isolationsmaterial	(PS, Formaldehydharz)	Ba, Se, Te, Ti, Tl, V, U, Cr(VI), Pb, (Ca, Al, Fe, K, Mg, Sulfat)	Th, Asbest
Glas, Keramik		B, Pb, Ba (Al, K, Ca, Na, Mg)	
Zellulose, Holz	PBSM		
PE, PVC, PP, PS, Kautschuk, Silikone	(PE, PP, PVC, PS, PTFE, Silicone, Divinylbenzol)		
Asche, Schlacke	(PAK, PCDD/F)	Schwermetalle, Fluorid (Sulfat, Nitrat, Chlorid)	
Betriebs-, Dekontaminations-, Laborabwässer (Salze, Säuren, Lösungsmittel)	Mikrobiozide, (BTEX, Kerosin, Tenside, Komplexbildner)	Schwermetalle, Fluoride, P-Verbindungen, (Na, Fe, Ca, Mg, Chlorid, Sulfat, Nitrat)	
Konzentrate (Salze, Borate, Komplexbildner)	(Tenside, Komplexbildner)	Schwermetalle, B, Nitrit, Phosphate, (Na, Fe, Ca, Mg, Chlorid, Sulfat, Nitrat)	
Schlämme (Salze, Öle, Sand, Korrosionsprodukte)	Cyanid, Öle, (PS, Divinylbenzol)	Schwermetalle, Mo, U, Phosphat, (Al, Na, B, Fe, Mn, Sulfat, Chlorid, Nitrat)	Ru, Rh, Pd, Zr, Pu
IAH (PS, Divinylbenzol)	(PS, Divinylbenzol)	Schwermetalle	
Filterhilfsmittel (Kieselgur, A-Kohle, Zellulose)	(PS, Divinylbenzol)	(Al, Ca, Fe, Mg, Na, K)	
Lösungsmittel, Öle, Emulgatoren, medizinische Abfälle	PCB, halogenierte KW; Mikrobiozide, Öle, TBP, DBP, (PAK, BTEX, Kerosin, Dodecan, PCDD/F; Formaldehyd)		organische Salze, Fettsäuren
Sonstige (Chemikalien, Salze, Lacke, Farben, Strahlenquellen u. a.)	(PE, Paraffin u. a. nicht näher spezifizierbare Stoffe)	Schwermetalle, (Salze u. a. nicht näher spezifizierbare Stoffe)	

¹⁾ In Klammern stehende Stoffe sind nicht explizit in den Listen I und II genannt; ihre Relevanz als grundwassergefährdender Stoff wäre im jeweiligen speziellen Fall zu prüfen.

Tabelle 14: Mögliche Methoden zur stofflichen Charakterisierung verschiedener Abfallbestandteile

Bestandteil	Anforderungen	Kriterien	Methoden
Behälter-, Verpackungsmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in den Behälter- und Verpackungsmaterialien, die als chemotoxische Bestandteile den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitbarkeit von Angaben zu chemotoxischen Bestandteilen in den einzelnen Behälterarten, Verfüll- und Abschirmmaterialien aus Herstellerspezifikationen • Anforderungen/Listen zur Angabe von Behälterdaten und Deklaration von Bestandteilen (noch festzulegen) • Mögliche stoffliche Bestandteile: siehe Abschnitt 2 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BMU/BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation und an Kontrollmaßnahmen; Empfehlung von zu bevorzugenden oder auch zu vermeidenden Behälterarten, Verfüll- und Abschirmmaterialien; 2 <u>Ablieferer</u>: Dokumentation lt. Anforderungen zur Produktkontrolle, inkl. Anhang von Materialspezifikationen, die von den Behälterherstellern erhalten werden; Angabe der Art und Mengen von Behälter-, Verfüll- und Abschirmmaterialien 3 <u>Kontrollmöglichkeiten</u>: Prüfung der Unterlagen auf Vollständigkeit und Richtigkeit; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen
Fixierungsmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in Bindemitteln, Sorptionsmitteln u. a. Hilfsstoffen zur Abfallkonditionierung, die den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitbarkeit von Angaben zu chemotoxischen Bestandteilen in den einzelnen Binde- und Sorptionsmitteln, sowie sonstigen Hilfsstoffen aus Herstellerspezifikationen • Ableitbarkeit von Angaben aus Dokumentationen zu Konditionierungsverfahren • Anforderungen/Listen zur Angabe von Daten zu Fixierungsmaterialien und Deklaration von Bestandteilen (noch festzulegen) • Mögliche stoffliche Bestandteile: siehe Abschnitt 2 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BMU/BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation von Konditionierungsverfahren und an Kontrollmaßnahmen; Empfehlung von zu bevorzugenden oder auch zu vermeidenden Fixierungsmaterialien 2 <u>Ablieferer</u>: Dokumentation zu Konditionierungsverfahren inklusive Anhang von Materialspezifikationen zu den Fixierungsmaterialien; Angabe von Art und Menge der Fixierungsmaterialien, von Verhältnissen Abfall : Fixierungsmaterial 3 <u>Kontrollmöglichkeiten</u>: Prüfung lt. Anforderungen an Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren bzw. Stichprobenkontrollen inkl. Prüfung der Dokumente zu Fixierungsmaterialien; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen

Fortsetzung Tabelle 14: Mögliche Methoden zur stofflichen Charakterisierung verschiedener Abfallbestandteile

Bestandteil	Anforderungen	Kriterien	Methoden
Abfallmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Deklaration von Materialbestandteilen in den Abfällen, die den Listen I und II der Grundwasserverordnung zuzuordnen sind • Quantitative Ermittlung der chemotoxischen Bestandteile mit zugehörigen Bandbreiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Für die einzelnen Abfallarten, noch festzulegende Stofflisten zu stofflichen Bestandteilen • Mögliche Bestandteile: siehe Abschnitt 2 	<ol style="list-style-type: none"> 1 <u>BMU/BfS</u>: Erweiterung/Untersetzung der Anforderungen an die Dokumentation und an Kontrollmaßnahmen; Vorgabe einer Deklarationsliste zu Abfallbestandteilen; Vorschriften zur Bildung von Rückstellproben 2 <u>Ablieferer</u>: Entnahme von Rückstellproben zu jeder Abfallcharge; Dokumentation lt. Anforderungen zur Produktkontrolle, inkl. qualitativen und quantitativen Angaben zu Abfallbestandteilen lt. einer Deklarationsliste; Angabe von Verhältnissen Abfall : Fixierungsmaterial 3 <u>Kontrollmöglichkeiten</u>: Prüfung lt. Anforderungen an Produktkontrolle bei qualifizierten Konditionierungsverfahren bzw. Stichprobenkontrollen; Kontrolle u. ggf. Prüfung der Rückstellproben; Anwendung von Dokumentationssystemen mit Stoffvektoren zur Bestimmung der Mengen an chemotoxischen Inhaltsstoffen

7 Literatur

- /AAG-94/ Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) vom 3. November 1994, BGBl. I S. 3371, zuletzt geändert am 9. September 2001, BGBl. I S. 2331
- /AAV-01/ Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen – AbfAbIV – vom 20. Februar 2001, BGB. I S. 305
- /AKR-89/ Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden (Abfallkontrollrichtlinie) vom 16.01.1989 (BAnz. 1989 Nr. 63 a), zuletzt ergänzt durch Bekanntmachung vom 14.01.1994 (BAnz. 1994 S. 725)
- /ATG-01/ Gesetz über die friedliche Verwendung von Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG), vom 23. Dezember 1959, Neufassung vom 15. Juli 1985, letzte Änderung durch Gesetz vom 22. April 2002, BGBl. I 2002, Nr. 26
- /AVV-01/ Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses (Abfallverzeichnis-Verordnung- AVV) vom 10. Dez. 2001; BGBl. I 2001, Nr. 65, 12.12.2001, S. 3379
- /AWV-01/ Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. September 2001 (BGBl. I S. 2440), letzte Änderung vom 02. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2497
- /BAV-96/ Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen – Bestimmungsverordnung besonders überwachungsbedürftige Abfälle – (BestbüAbfV) vom 10. September 1996, zuletzt geändert am 22. Dezember 1998 durch Artikel 3 der Zweiten Verordnung zur Änderung der chemikalien-rechtlichen Verordnung (BGBl. I Nr. 86 vom 29.12.1998 S. 3956)
- /BBG-98/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, BGBl. I 1998 S. 502, 2001 S. 2331
- /BFS-90/ Bundesamt für Strahlenschutz: Plan – Endlager für radioaktive Abfälle – Schachanlage Konrad Salzgitter; Stand 9/86 in der Fassung 4/90
- /BRE-95/ Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) – Schachanlage Konrad; ET-IB-79, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- /BRE-98/ Brennecke, P.: Prüfung und Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe; ET-IB-94-REV-3; BfS Salzgitter, März 1998
- /BRE-02/ Brennecke, P. u. a.: Erfahrungen mit der Produktkontrolle endgelagerter radioaktiver Abfälle im ERAM; atw 47. Jg. (2002) Heft 10, S. 614 ff
- /BSV-99/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV); BGBl. I 1999, Nr. 36, 12.06.1999, S. 1554
- /CHG-94/ Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) vom 25.07.1994, BGBl. I S. 1703, zuletzt geändert am 09.09.2001, BGBl. I S. 2331

- /DVA-02/ Deponieverordnung, Anhang 4: Vorgaben zur Beprobung (Probenahme, Probevorbereitung und Untersuchung von Abfällen); vom 24. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2807
- /DVG-96/ DVGW Regelwerk, Merkblatt W 251: Eignung von Fließgewässern für die Trinkwasserversorgung; Aug. 1996
- /DVO-02/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager und zur Änderung der Abfallablagerungsverordnung (Deponieverordnung – DepV) vom 24. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2807
- /EGP-01/ Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2001 zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG; ABl. EG Nr. L 331 S. 1 ff, vom 15.12.2001
- /EGR-79/ Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe, ABl. EG Nr. L 20 S. 43
- /EGR-00/ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik; Amtsblatt Nr. L 327 vom 22.12.2000, S. 0001 - 0073
- /GAS-02/ Gaßner, H.; Willand, A.: Rechtliche und ermessensleitende Grundlagen für die Festsetzung der Sicherungs- und/oder Dekontaminationsgrade altlastenbedingter Grundwasserschäden im Rahmen eines regionalen Flussgebiets- und Grundwassermanagements; Altlastenbedingte Grundwasserschäden – Workshop Dresden, 04.09.2002
- /GLI-03/ Glienke, J.; Kali und Salz Entsorgung GmbH Kassel; schriftliche Mitteilung vom 14.02.2003
- /GNE-98/ Gesetz zu dem Gemeinsamen Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung) vom 13. August 1998; BGBl. Teil II Nr. 31, S. 1752 ff,
- /GNS-AV/ AVK Abfallfluß-Verfolgungs- und Produkt-Kontrollsystem; GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen
- /GRB-01/ Annahmebedingungen der Landessammelstelle Bayern für radioaktive Abfälle, Ausgabe: Dezember 2001; GRB – Sammelstelle Bayern für radioaktive Stoffe GmbH
- /GRB-02/ EVA-K V1.3 (E)rfassungs- (V)erwaltungs- und (A)ntragerstellungsprogramm beim (K)unden – Benutzeranleitung – GRB – Sammelstelle Bayern für radioaktive Stoffe GmbH, Stand 18.01.2002
- /GSV-99/ Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen – GefStoffV), Bekanntmachung der Neufassung der Gefahrstoffverordnung vom 15.11.1999, BGBl. I S. 739, zuletzt geändert durch die Verordnung vom 26.06.2000, BGBl. I S. 932
- /GVO-97/ Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997, BGBl. I 1997, Nr. 18, 21.03.1997, S. 542
- /HAL-02/ Halaszovich, S., Forschungszentrum Jülich; persönliche Information, Juli 2002

- /KER-02/ Kerndorff, H., Umweltbundesamt Berlin; persönliche Information, Juni 2002
- /KRW-94/ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27.09.1994, BGBl. I 1994, S. 2705
- /KUG-96/ Kugel, K.; Noack, W.; Giller, H.; Martens, B.-R.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand: August 1996; ET-IB-85; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, August 1996
- /KUG-00/ Kugel, K.; Noack, W.: Stoffliche Bestandteile der radioaktiven Abfälle im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM); ET-IB-115-REV-1, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, November 2000
- /KUS-01/ Prospekte: „Untertage-Deponie Herfa-Neurode“ und „Untertage-Deponie Zielitz“; Kali und Salz Entsorgung GmbH, Kassel, 2001
- /LAB-00/ Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung: Teilthema 2.5: Chemische analytische Untersuchungen von Altlastenproben – Laborverfahren –; Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), Altlastenausschuss (ALA) ad-hoc AG „Arbeitshilfen Qualitätssicherung“; Stand Juli 2000
- /LAG-83/ Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen; – SM 2/79 – Bestimmung von Schwermetallen in festen und schlammigen Abfällen; LAGA, Stand 12/83
- /LAG-98/ Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen; – EW 98 – Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten; LAGA, Stand 12/83
- /LAW-93/ Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Oktober 1993
- /LAW-98/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), ad-hoc-AK „Prüfwerte“: Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung; 21.12.1998
- /LAW-99/ Grundsätze des Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Stand 27.01.1999
- /LAW-01/ LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Handlungskonzept zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie; gebilligt durch die LAWA in der Vollversammlung am 22./23.03.2001
- /LWB-98/ Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 17.06.1998
- /MAR-95/ Martens, B.-R.: Produktkontrolle radioaktiver Abfälle – Schachanlage Konrad – Stand: Dezember 1995; ET-IB-45-REV-3; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Dezember 1995
- /MAR-96/ Martens, B.-R.; Giller, H.; Brennecke, P.: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle; Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil II: Produktkontrolle; Stand: Dezember 1996; ET-IB-85/2; BfS, Salzgitter, Dezember 1996

- /NAG-86/ Buchheim, B. u. a.: Inventar chemisch-toxischer Stoffe in nuklearen Endlagern und ihre Freisetzung in die Umwelt; Nagra Technischer Bericht 85-61, Baden, Schweiz, Juli 1986
- /NMU-02/ Gehobene wasserrechtliche Erlaubnis zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen im Endlager Konrad; Anlage 4-1 zum Planfeststellungsbeschluss Konrad; Niedersächsisches Umweltministerium, 22. Mai 2002
- /NWV-02/ Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (Nachweisverordnung - NachwV) vom 10. September 1996, BGBl. I. S. 1328, ber. BGBl. 1997 I S. 2860, zuletzt geändert mit der Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweisbestimmungen vom 25. April 2002, BGBl. I 2002, S. 1488
- /SSV-01/ Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz vom 20. Juli 2001 – Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV); BGBl. Teil I, Jg. 2001, Nr. 38, 26.07.2001, S. 1714 ff
- /STE-02/ Dr. Steinmetz, Forschungszentrum Jülich, Produktkontrollstelle; persönliche Information; 18.07.02
- /TAA-91/ Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) vom 12.03.1991, GMBL I S. 139, ber. S. 467
- /TVO-01/ Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung von 21.05.2001; BGBl. I 2001, Nr. 24, 28.05.2001, S. 959
- /VKT-01/ VKTA-Regelung N 001: Entsorgung von radioaktiven Abfällen und Abwässern am Forschungsstandort Rossendorf; VKTA Rossendorf, 14.12.2001
- /VVO-02/ Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage und zur Änderung von Vorschriften zum Abfallverzeichnis vom 29. Juli 2002, BGBl. I 2002, S. 2833
- /VWV-99/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe – VwVwS) vom 17.05.1999 Bundesanzeiger, Jg. 51 Nr. 98a, 29.05.1999
- /WHG-02/ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) Neufassung vom 12. November 1996, BGBl. I 1996, S. 1695, zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes v. 18.6.2002, BGBl. I, S. 1914, ber. S. 2711
- /WHO-93/ Guidelines for Drinking-water Quality; Volume 1: Recommendations; World Health Organization; Geneva, 1993
- /WHO-98/ Guidelines for drinking-water quality; Addendum to Volume 1: Recommendations; World Health Organization, Geneva, 1998

Anlage 1

Zusammenfassung der erkannten Probleme

1. *Bestimmungen zu radioaktiven Abfällen:*

Es fehlen konkrete Vorschriften zur qualitativen und quantitativen Deklaration chemotoxischer Bestandteile, für Ermittlungs- und Nachweismethoden und für die Dokumentation.

Die Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung sind durch die Erarbeitung von Vorschriften für Dokumentations- und Kontrollmaßnahmen zu untersetzen, die ähnlich bzw. ergänzend zu den Endlagerungsbedingungen und Produktkontrollvorschriften für die Endlager Morsleben und Konrad standortunabhängig zu erarbeiten sind.

2. *Gewässer- und Bodenschutz:*

Für die Endlagerung chemisch-toxischer Abfälle wird nach Auskunft der Kali und Salz Entsorgung GmbH zu Grunde gelegt, dass aus Untertagedeponien im Salzgestein chemotoxische Stoffe nicht in das Grundwasser gelangen können. Entsprechend den Anforderungen der TA Abfall ist das Salzgestein gegenüber Flüssigkeiten und Gasen dicht. Durch gutachterliche Stellungnahmen und standortbezogene Sicherheitsbeurteilungen wird nachgewiesen, dass die Abfälle dauerhaft trocken abgelagert werden und der Abschluss der Abfälle von der Biosphäre dauerhaft gewährleistet ist.

Für die Bewertung einer Beeinflussung des Grundwassers durch chemotoxische Stoffe, die aus untertägigen Endlagern für radioaktive Abfälle in das Grundwasser gelangen können, fehlen entsprechende Bewertungsgrundsätze. Die Schaffung einheitlicher Bewertungsmaßstäbe und eindeutiger rechtlicher Grundlagen durch die Untersetzung der grundlegenden Bestimmungen (WHG, Grundwasserverordnung) für die Errichtung und den Betrieb von unterirdischen Abfalldeponien und insbesondere von unterirdischen Endlagern für radioaktive Abfälle wäre deshalb seitens des Bundes dringend erforderlich.

Analog durchzuführender Modellierungen für die Bewertung der Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager in das Grundwasser sollten auch der Eintrag chemotoxischer Stoffe in das Grundwasser und sich daraus ergebende Konsequenzen für die Grundwasserbeschaffenheit anhand von Modellierungen bewertet werden.

3. *Richtwerte:*

Für die Stoffe der Listen I und II der Grundwasserverordnung gibt es keine Toleranz- oder Richtwerte für Konzentrationen im Grundwasser. Anhaltspunkte können nur die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA, trinkwasserbezogene Richtlinien oder Grenzwerte liefern. Diese Vorgehensweise ist aber z. B. auf sehr tief liegende stark salzhaltige Grundwasserleiter nicht übertragbar, da deren Nutzung zur Trinkwassergewinnung kaum in Frage kommen wird. Selbst in diesen und in weiteren recherchierten und derzeit gültigen Regelwerken fehlen für einige in der Grundwasserverordnung (Listen I und II) genannten Stoffe und Stoffgruppen jegliche Richt- oder Grenzwerte. Dies betrifft:

- Beryllium, Silber, Tellur, Titan,
- organische Siliziumverbindungen, Silikate.

4. *Grundwasserrelevante Stoffe:*

Die Stoffgruppen der Listen I und II sind nicht konkret untersetzt. Eine Festlegung von Einzelstoffen, die zu den Stoffgruppen der Listen I und II zu zählen sind, wäre unbedingt erforderlich.

5. *Analysenmethoden:*

Eine Analytik radioaktiver Abfallstoffe auf chemotoxische Bestandteile ist bisher nicht vorgesehen. Für den Fall, dass die noch festzulegenden Kontrollmaßnahmen die Durchführung von Analysen in bestimmtem Umfang erfordern, wären Vorschriften für die Probenahme und die Analysenverfahren festzulegen.

Anlage 2: Wasserrechtliche Vorschriften der Bundesländer

Brandenburg:

- Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG), Juli 1994
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS - Brandenburg), 19. Oktober 1995
- Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS), 27. Juli 1999

Berlin:

- Berliner Wassergesetz (BWG) Fassung vom 3. März 1989
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS), 6. März 1995
- Ausführungsvorschriften der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (AV-VAwS), 30. November 1995
- Verordnung über die Entnahme von Wasser aus oberirdischen Gewässern zum Zwecke der Trinkwasserversorgung (OberflächenwasserV), 4. Februar 1997

Baden-Württemberg:

- Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) vom 1. Januar 1999
- Verordnung des Umweltministeriums über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS - Anlagenverordnung wassergefährdende Stoffe) - Baden-Württemberg - 11. Februar 1994
- Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über die Entnahme von Wasser aus oberirdischen Gewässern zum Zweck der Trinkwasserversorgung (Oberflächenwasserqualitätsverordnung), 26. März 1997

Bayern:

- Bayerisches Wassergesetz (BayWG), 19. Juli 1994
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - VAwS), 3. August 1996
- Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Anlagenverordnung (VVAwS), 22. Januar 1997
- Verordnung über die Entnahme von Trinkwasser aus oberirdischen Gewässern zum Zweck der Trinkwassergewinnung, 30. Januar 1996

Bremen:

- Bremisches Wassergesetz (BRWG), 26. Februar 1991
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Anlagenverordnung - VAwS), 4 April 1995
- Bekanntmachung der Hinweise zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS), 1. September 1995

Hessen:

- Hessische Wassergesetz (HWG) Fassung, 22. Januar 1990
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - VAwS), 16. September 1993
- Verwaltungsvorschrift zur Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS), 31.7.1994

Hamburg:

- Hamburgisches Wassergesetz (HWaG), 20 Juni 1960
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - VAwS), 19. Mai 1998
- Hinweise zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Vollzugshinweise VAwS) Hamburg, Juli 1998

Sachsen-Anhalt:

- Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA), 21. April 1998
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS LSA), 25. Januar 1996
- Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VV VAwS LSA), 4. März 1997
- Verordnung über die Qualitätsanforderungen an oberirdische Gewässer für die Trinkwassergewinnung und deren Überwachung, 17. April 1997

Mecklenburg-Vorpommern:

- Wassergesetz des Landes Mecklenburg –Vorpommern (LWaG), 30. November 1992
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS –Anlagenverordnung) - Mecklenburg-Vorpommern, 5. Oktober 1993
- Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung - Verwaltungsvorschrift - VVAwS), 5. Oktober 1993

Niedersachsen:

- Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) Fassung vom 25. März 1998
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS – Anlagenverordnung), 17. Dezember 1997

Nordrhein-Westfalen:

- Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LWG – Landeswassergesetz), 25. Juni 1995
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS), 12. August 1993
- Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VV-VAwS), 16.08.2001

- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 75/440/EWG des Rates vom 16. Juni 1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten - ABl. EG Nr. L 194 S. 34 - sowie der Richtlinie 79/869/EWG des Rates vom 9. Oktober 1979 über die Meßmethoden sowie über die Häufigkeit der Probenahmen und der Analysen des Oberflächenwassers für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten - ABl. EG Nr.271 S. 44 - (QOTV), 29. April 1997

Rheinland-Pfalz:

- Wassergesetz für das Land Rheinland-Pfalz (Landeswassergesetz - LWG -), 14. Dezember 1990
- Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung -VAwS), 1. Februar 1996
- Landesverordnung über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung, 19. Februar 1997

Sachsen:

- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG), 21. Juli 1998
- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (SächsVAwS - Sächsische Anlagenverordnung), 18. April 2000

Schleswig-Holstein:

- Wassergesetz des Landes Schleswig-Holstein (Landeswassergesetz - LWG), 13. Juni 2000
- Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Anlagenverordnung - VAwS), 29. April 1996
- Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VV-VAwS), 9. Oktober 1996

Saarland:

- Saarländisches Wassergesetz (SWG), 3. März 1998
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS), 28. April 1997
- Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VVAwS), 8. August 1997
- Verordnung über die Entnahme von Wasser aus oberirdischen Gewässern zum Zweck der Trinkwasserversorgung, 2. April 1997

Thüringen:

- Thüringer Wassergesetz (ThürWG) Fassung vom 4. Februar 1999
- Thüringer Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Thüringer Anlagenverordnung - ThürVAwS -), 25. Juli 1995
- Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Thüringer Anlagenverordnung (ThürVVAwS), 5.6. 2001
- Thüringer Verordnung über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung (ThürGewQualVO), 20. März 1997

Anlage 3: Richt- und Grenzwerte**Tabelle 15:** Richt- und Grenzwerte für organische Parameter

Organische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeits-schwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentration TrinkwV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasserleitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
PAK, ges.	XX	0,0002	0,0001	0,0002		20	0,0002	
- Benzo[a]pyren	X	0,00001	0,00001		0,0007			
- Naphthalin + Methylnaphthaline	(XX)	0,002					0,002	
LHKW, ges.	X (diverse Einzelstoffe)	0,01		0,005		5	0,01	
- LHKW, karzinogen		0,003						
- Chlorethen (Vinylchlorid)		0,0005	0,0005		0,005			
- 1,2-Dichlorethan	X		0,003		0,03			
- Tetrachlorethen + Trichlorethen			0,01		0,04 / 0,07			
- Trihalogenmethane	X		0,05	0,005	0,0004 – 0,04			
- Trichlormethan (Chloroform)	X				0,2			
- Tetrachlormethan				0,001	0,002			
PBSM, ges.		0,0005	0,0005		div. Pestizide			
PBSM, Einzelstoff	(XX) (diverse Einzelstoffe)	0,0001	0,0001	0,0001				
PCB, ges.		0,00005				1	0,00005	
PCB, Einzelstoff		0,00001						
PCDD/F		0,000000005						
MKW		0,1		0,2		1000	0,2	
BTX, ges.		0,01				5 (BTEX)	0,02 (BTEX)	
- Benzol	X	0,001	0,001		0,01			
Phenole, wasserdampflich	XX	0,02						≤ 0,05 (Gesamtphenol)

X prioritärer Stoff nach /EGP-01/

XX prioritärer gefährlicher Stoff nach /EGP-01/

(XX) wird als möglicher prioritärer gefährlicher Stoff noch überprüft /EGP-01/

Fortsetzung Tabelle 1: Richt- und Grenzwerte für organische Parameter

Organische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeitschwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentration TrinkwV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasserleitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
Chlorphenole, ges.	(XX)	0,001			0,2			
Chlorbenzole, ges.	XX	0,001						
Epichlorhydrin			0,0001		0,0004			
Tenside				0,3				
NTA				0,02	0,2			
EDTA				0,01	0,6			
Si-Verb., organisch ¹⁾								
Sn-Verb., organisch	XX (Tributylzinnverbindungen)				0,002 (Tributylzinnoxid)			
AOX	XX (Einzelstoffe)			0,06				≤ 0,05

¹⁾ in derzeit gültigen Bestimmungen sind keine Grenz- oder sonstigen Leitwerte enthalten

XX prioritärer gefährlicher Stoff nach /EGP-01/

(XX) wird als möglicher prioritärer gefährlicher Stoff noch überprüft /EGP-01/

Tabelle 16: Richt- und Grenzwerte für anorganische Parameter

Anorganische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeitsschwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentration TWV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasserleitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Metalle im Abfall VersatzV /VVO-02/ [g/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
Aluminium			0,2 ³⁾	0,5	0,2 ⁴⁾				
Antimon		0,005	0,005		0,05				
Arsen		0,01	0,01	0,01	0,01	150		0,01	≤ 0,01
Barium		0,3			0,7				
Beryllium ¹⁾				0,0002 ²⁾					
Blei	(XX)	0,01	0,01	0,02	0,01	1000	100	0,025	≤ 0,025
Bor			1	1	0,5				
Cadmium	XX	0,002	0,005	0,002	0,003	10		0,005	≤ 0,005
Chrom, ges.		0,05	0,05	0,05	0,05	600	150	0,05	
Chromat (Cr VI)		0,01						0,008	≤ 0,008
Cobalt		0,05							
Kupfer		0,02	2	0,05	2	600	10	0,05	≤ 0,05
Mangan			0,05 ³⁾	0,25	0,5				
Molybdän		0,025			0,07				
Natrium			200 ³⁾	120	200				
Nickel	X	0,02	0,02	0,04	0,02	600	25	0,05	≤ 0,05
Quecksilber	XX	0,001	0,001	0,001	0,001	10		0,001	≤ 0,001
Selen		0,01	0,01	0,01	0,01				
Silber ¹⁾									
Tellur ¹⁾									
Thallium		0,001							
Titan ¹⁾									
Uran					0,002				
Vanadium		0,02							
Zink		0,3		0,3	3	1500	100	0,5	≤ 0,05
Zinn		0,05					15		
Chlorid			250 ³⁾	200	250				

¹⁾ in derzeit gültigen Bestimmungen sind keine Grenz- oder sonstigen Leitwerte enthalten

²⁾ Wert aus DVGW W 151 (zurückgezogene Ausgabe)

³⁾ Indikatorparameter

X prioritärer Stoff nach /EGP-01/

XX prioritärer gefährlicher Stoff nach /EGP-01/

(XX) wird als möglicher prioritärer gefährlicher Stoff noch überprüft /EGP-01/

Fortsetzung Tabelle 2: Richt- und Grenzwerte für anorganische Parameter

Anorganische Verbindungen	Einstufung als prioritärer Stoff nach /EGP-01/	Geringfügigkeitsschwelle LAWA /LAW-98/ [mg/l]	Grenzkonzentration TWV /TVO-01/ [mg/l]	Grenzkonzentration DVGW /DVG-96/ [mg/l]	Trinkwasserleitwert WHO /WHO-93/ [mg/l]	Grenzwerte für Feststoffe VersatzV /VVO-02/ [mg/kg]	Grenzwerte für Metalle im Abfall VersatzV /VVO-02/ [g/kg]	Grenzwerte für Eluat VersatzV /VVO-02/ [mg/l]	Eluatkriterien Deponieklasse IV DepV /DVO-02/ [mg/l]
Cyanid, ges.		0,05	0,05	0,05	0,07	100		0,05	
Cyanid, leicht freisetzbar		0,005							≤ 0,01
Fluorid		0,75	1,5	1	1,5				≤ 0,05
Nitrat			50	40	50				
Nitrit			0,5		3				
Phosphat				0,5					
Sulfat			250 ³⁾	150	250				
Ammonium			0,5 ³⁾	0,4	1,5				≤ 1
Na-Silikat ¹⁾									

¹⁾ in derzeit gültigen Bestimmungen sind keine Grenz- oder sonstigen Leitwerte enthalten

²⁾ Wert aus DVGW W 151 (zurückgezogene Ausgabe)

³⁾ Indikatorparameter

Anlage 4: Analysemethoden**Tabelle 17:** Analysevorschriften für Feststoffproben

Parameter	Vorschriften zur Analyse von Feststoffproben nach			
	DepV /DVO-02/	VersatzV /VVO-02/	Arbeitshilfen /LAB-00/	BBodSchV /BSV-99/
<i>Cyanid, gesamt</i>	E DIN ISO 11262	E DIN ISO 11262		E DIN ISO 11262
<i>Arsen</i>	DIN EN ISO 11969	DIN EN ISO 11969	DIN EN ISO 11885 DIN EN ISO 11969	DIN EN ISO 11885 in Analogie zu E DIN ISO 11047: ET-AAS, DIN EN ISO 11969
<i>Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink</i>	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11885 E DIN ISO 11047	DIN EN ISO 11885 E DIN ISO 11047, 1995
<i>Kobalt, Mangan</i>			DIN EN ISO 11885 E DIN ISO 11047	
<i>Thallium</i>			DIN EN ISO 11885 DIN 38 406 E26	
<i>Antimon</i>			DIN EN ISO 11 969: analog Arsen	
<i>Quecksilber</i>	DIN EN 1483 EN ISO 12338	DIN EN 1483 DIN EN ISO 12338	DIN EN 1483 EN 12338	DIN EN 1483
<i>Kohlenwasserstoffe</i>	E DIN EN 14039	E DIN EN 14039		
<i>Extrahierbare organisch gebund. Halogene (EOX)</i>	DIN 38 414-Teil 17			
<i>Leichtflüchtige Halogen- kohlenwasserstoffe C1- und C2-KW</i>	DIN EN ISO 10301 Handbuch Altlasten, Bd.7: Teil 4 – Bestimmung von BTEX/LHKW	DIN EN ISO 10301		
<i>Benzol und Derivate (BTEX)</i>	DIN 38407, Teil 9 Handbuch Altlasten, Bd.7, Teil 4 (s. o.)	DIN 38407, Teil 9		
<i>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)</i>	Handbuch Altlasten, Bd. 7, LfU HE Ausgabe 1998; Merkblatt Nr.1 des LUA-NRW 1994	DIN ISO 13877 Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW, 1994		Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW 1994 E DIN ISO 13877 Handbuch Altlasten, Bd. 7, LfU HE
<i>Bestimmung von 6 poly- chlorierten Biphenylen (PCB)</i>	DIN 38 414 – S 20	DIN 38 414 – S 20		E DIN ISO 10382 DIN 38 414 – S 20 VDLUFÄ-Methodenbuch, Bd. VII
<i>PCB in Erdölprodukten, Altöl und Isolierflüssigk.</i>	EN 12766-1, prEN 12766-2 und IEC 61619			
<i>TOC</i>		DIN ISO 10694		
<i>PCDD/F</i>				Nach KlärschlammVO unter Beachtung von DIN 38414-24, 1998, VDI-RL 3499, Bl. 1, 1990

Tabelle 18: Analysevorschriften für Eluat

Parameter	Vorschriften zur Analyse von Eluat nach		
	Ablagerungs-V /AAV-01/ und DeponieV /DVO-02/	VersatzV /VVO-02/	TA Abfall /TAA-91/
<i>Cyanid, gesamt</i>	E DIN ISO 11262	DIN 38405-13/14 DIN ISO 11262 ISO 14403	E E DIN DIN 38405-13/14
<i>Arsen</i>	DIN EN ISO 11969 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11969	DIN 38405-D18
<i>Blei</i>	DIN 38406-E2 DIN EN ISO 11885	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E6-1
<i>Cadmium</i>	DIN EN ISO 5961 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E19-1
<i>Chrom-VI</i>	DIN 38405-D24	DIN EN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38405-D24
<i>Kupfer</i>	DIN 38406-E7 DIN EN ISO 11885	DIN EN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E21
<i>Nickel</i>	DIN 38406-E11 38406-E22	DIN DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E21
<i>Zink</i>	DIN 38406-E8-1 DIN EN ISO 11885	DIN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	DIN 38406-E8-1
<i>Fluorid</i>	DIN 38405-D4-1		DIN 38405-D4-1
<i>Chlorid</i>			DIN 38405-D1
<i>Sulfat</i>			DIN 38405-D5-2
<i>Nitrit</i>			DIN 38405-D10
<i>Ammoniumstickstoff</i>	DIN 38406-E5-1 EN ISO 11732	DIN	DIN 38406-E5-1
<i>Quecksilber</i>	DIN EN 1483	DIN EN 1483	DIN 38406-E12-3
<i>Kohlenwasserstoffe</i>		ISO/TR 11046	
<i>AOX</i>			DIN 38409-H14
<i>Benzol u. Derivate (BTEX)</i>		DIN 38407-9	
<i>PAK</i>		DIN 38407-8	
<i>PCB</i>		DIN EN ISO 6468 51527-1	DIN DIN 38407-3
<i>Naphthalin</i>		DIN 38407-9	
<i>Phenole</i>	DIN 38409-H16-3		DIN 38409-H16-3
<i>TOC</i>	DIN EN 1484		DIN 38409-H3-1

Tabelle 19: Zusammenstellung der Analysenvorschriften

Vorschrift	Ausgabe- jahr	Parameter	Methode
DIN 38405-D1	1985	Chlorid	
DIN 38405-D4-1	1985	Fluorid	
DIN 38405-D5-2	1985	Sulfat	
DIN 38405-D10	1981	Nitrit	photometrisch
DIN 38405-D13/14,	1981/88	Cyanid	maßanalyt.; photometrisch
DIN 38405-D18	1985	Arsen	AAS
DIN 38405-D24	1987	Cr(VI)	photometrisch
DIN 38406-E2	1998	Mangan	
DIN 38406-E5-1	1983	Ammonium-Stickstoff	photometrisch
DIN 38406-E6-1	1981	Blei	AAS
DIN 38406-E7	1991	Kupfer	AAS
DIN 38406-E8-1	1980	Zink	
DIN 38406-E11	1991	Nickel	AAS
DIN 38406-E12-3	1980		Quecksilber
DIN 38406-E19-1	1980	Cadmium	AAS
DIN 38406-E21	1980	Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	
DIN 38406-E22 DIN EN ISO 11885	1988	Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr	ICP-OES
DIN 38406 E26	1994	Thallium	AAS
DIN 38407-F3	1998	PCB	
DIN 38407-F8	1995	PAK	HPLC
DIN 38407-F9	1991	Benzol und Homologe	GC-FID od. GC-MS
DIN 38409-H3-1	1983	TOC	
DIN 38409-H14	1985	AOX	
DIN 38409-H16-3	1984	Phenol-Index	
DIN 38414-S17	1989	EOX	
DIN 38414-S20	1993	PCB	GC-ECD oder GC-MS
DIN 38414-S24	1998	PCDD/F	
DIN 51001-1/2			Röntgenfluoreszenzanalyse
DIN 51527-1	1987	PCB	GC-ECD od. GC-MS
DIN EN 1483 DIN EN ISO 12338	1997	Quecksilber	AAS-Kaltdampftechnik
DIN EN 1484	1997	TOC	
DIN EN 12338	1998	Quecksilber	
DIN EN ISO 5961	1998	Cadmium	
DIN EN ISO 6468	1997	PBSM	GC-ECD
DIN EN ISO 10301	1997	LHKW	GC-ECD
DIN EN ISO 11732	1997	Ammonium	
DIN EN ISO 11969	1996	Arsen	Hydrid-AAS
DIN ISO 10694	1996	organischer C und Gesamt-C	
DIN ISO 11047	1995	Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Zn	ICP-AES, AAS
DIN ISO 13877	1995	PAK	HPLC
E DIN EN 14039	2000	KW (C10 bis C40)	GC
E DIN ISO 10382	1998	PCB	GC-ECD oder GC-MS
E DIN ISO 11047	1995	Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn	Flammen- und ET-AAS
E DIN ISO 11262	1994	Cyanide	
E DIN ISO 13877	1995	PAK	HPLC
E DIN ISO 14403	1998	Cyanid	
EN 12766-1, prEN 12766-2, IEC 61619		PCB	
ISO/TR 11046	1994	MKW	GC-FID
VDI-RL 3499, Bl. 1 ¹⁾	1990	PCDD/F	
Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW ²⁾	1994	PAK	HPLC oder GC-MS
LfU HE Handbuch Altlasten, Bd.7: Analysenverfahren ³⁾	1998 bzw. 2000	PAK	
VDLUFA-Methodenbuch, Bd. VII ⁴⁾	1996		

¹⁾ VDI-Richtlinie 3499, Blatt 1: Messen von Emissionen- Messen von Reststoffen. Messen von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen in Rein- und Rohgas von Feuerungsanlagen mit der Verdünnungsmethode, Bestimmung in Filterstaub, Kesselasche und in Schlacken. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5 (Entwurf März 1990)

- 2) Landesumweltamt Nordrhein Westfalen (LUA NRW): Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Bodenproben. Merkblätter LUA NRW Nr. 1, Essen 1994
- 3) Hessische Landesanstalt für Umwelt (LfU HE): Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich. Handbuch Altlasten, Band 7, Wiesbaden 1998
- 4) Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): Methodenbuch, Band VII Umweltanalytik, VDLUFA Verlag Darmstadt 1996