


Teil D1: Stoffgutachten zur Fortführung des Deponiebetriebs in neuem Deponiebereich im Bergwerk Heilbronn

Auftraggeber: Südwestdeutsche Salzwerke AG
Salzgrund 67
74076 Heilbronn

Auftragnehmer: K-UTEC AG Salt Technologies
Am Petersenschacht 7
99706 Sondershausen

Sondershausen, den 12.05.2025

ppc. 

Dipl.-Chem. Dittmar Lack
Prokurist



Dipl.-Geol. Antje Hesse
Projektbearbeitung

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	4
1 Veranlassung und Ausgangssituation	5
2 Bewertungsgrundlage	6
3 Rechtliche Grundlagen für die Abfallablagerung in einer UTD	6
3.1 Allgemein	6
3.2 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)	6
3.3 Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)	7
3.4 Deponieverordnung (DepV)	7
3.4.1 Überblick	7
3.4.2 § 6 DepV – Voraussetzungen für die Ablagerung	8
3.4.3 § 7 DepV – Nicht zugelassene Abfälle	8
3.4.4 § 8 DepV – Annahmeverfahren	10
3.4.5 Anhang 5 Absatz 5	11
3.5 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-Verordnung)	12
3.6 Verordnung (EU) 2019/1021 (POP-Verordnung)	12
3.7 Verordnung (EU) 2017/852 (Quecksilber-Verordnung)	13
3.8 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)	13
4 Abfallschlüsselnummern	14
5 Charakterisierung von UTD-geeigneten Abfällen	14
5.1 Physikalische Eigenschaften	14
5.1.1 Körnung	14
5.1.2 Feuchte und Staub	15
5.1.3 Brennbarkeit	16
5.2 Chemische Zusammensetzung	16
5.2.1 Anorganisch-mineralische Bestandteile	16
5.2.2 Kohlenstoff	16
5.2.3 Metalle	17
5.2.4 Gefahrstoffe	17
5.3 Radioaktivität	20
6 Gefährliche chemische Reaktionen	21
6.1 Gasbildung	21
6.2 Entzündbarkeit	22
6.3 Exotherme Reaktionen	24
7 Reaktionen im Ablagerungszustand	24
7.1 Reaktionen mit dem Wirtsgestein	24
7.2 Reaktionen mit Luftfeuchtigkeit	24
8 Stoffgruppen	25
8.1 Allgemeines	25
8.2 Stoffgruppe 1: Inerte Abfälle	25
8.3 Stoffgruppe 2: Saure Abfälle	27
8.4 Stoffgruppe 3: Trockene Abfälle	27
8.5 Stoffgruppe 4: Cyanidhaltige Abfälle	28
8.6 Stoffgruppe 5: Abfälle mit Ammoniumverbindungen	29
8.7 Stoffgruppe 6: Oxidationsmittel	29
8.8 Stoffgruppe 7: Hg-haltige Abfälle/hohe Brandlast	30
8.9 Optional: Einzelprojekte	31

9	Ablagerungskammern	31
9.1	Größe und Zuschnitt der neuen Kammern.....	31
9.2	Kammertypen allgemein.....	32
9.3	Kammern mit besonderen Anforderungen.....	33
10	Eignungsprüfung	34
10.1	Allgemein.....	34
10.2	Organoleptische Prüfung.....	34
10.3	Deklarationsanalyse.....	35
10.4	Prüfung auf Entzündbarkeit.....	35
10.5	Untersuchungen zum Gasbildungsverhalten.....	36
10.6	Bewertung gefährlicher Eigenschaften.....	37
10.7	Zuordnung zu einer Stoffgruppe.....	37
10.8	Festlegung von Parametern für die Annahmekontrolle.....	38
11	Verpackung	38
11.1	Allgemeines.....	38
11.2	Big Bag (FIBC).....	39
11.3	Stahlblech-/ Kunststofffass mit Inliner.....	40
11.4	Container.....	40
12	Annahmeverfahren	41
12.1	Kontrolle und Probenahme.....	41
12.1.1	Annahmekontrolle.....	41
12.1.2	Kontrolluntersuchungen.....	43
12.2	Maßnahmenwerte für gefährliche Gase.....	44
13	Abfälle mit speziellen Anforderungen	45
13.1	Allgemein.....	45
13.2	Quecksilberhaltige Abfälle.....	46
13.3	Härtesalze.....	47
13.4	Abfälle mit flüchtigen organischen Stoffen.....	47
13.5	Abfälle mit Wasserstoffbildungspotenzial.....	48
13.6	Abfälle mit krebserzeugenden Fasern.....	48
14	Arbeitssicherheit	49
14.1	Staubende Abfälle.....	49
14.2	Gefahrstoffmessungen unter Tage.....	50
14.3	Brandschutz.....	50
14.4	Explosionsschutz.....	51
14.5	Arbeitsschutzmaßnahmen.....	52
14.6	Havariemanagement.....	52
15	Reaktionen nach Abschluss der Betriebsphase	53
16	Zusammenfassung	54
Literatur	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Auffahrung Deponiekammern	32
Tabelle 2	Stoffgruppen und Kammertypen	33
Tabelle 3	Empfohlene Maßnahmenwerte für Gase/Dämpfe	45
Tabelle 4	Geeignete Löschmittel	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Lageplan und Grundriss des neuen Deponiebereiches.....	32
-------------	--	----

1 **Veranlassung und Ausgangssituation**

Die Südwestdeutsche Salzwerte AG (SWS AG) betreibt am Standort Heilbronn in einem ehemaligen Abbaufeld ihres Steinsalzbergwerkes eine Untertagedeponie (UTD). Diese wurde mit dem Schreiben vom 22.10.1986 planfestgestellt und mit dem Planfeststellungsbeschluss vom 11.08.1998 räumlich und stofflich erweitert. Der aktuelle Planfeststellungsbeschluss läuft am 31.12.2028 ab.

Die UTD in Heilbronn stellt mittelfristig die einzige Möglichkeit einer langfristigen und umweltschonenden Entsorgung von gefährlichen Abfällen in Baden-Württemberg dar und ist somit ein wichtiger Bestandteil der Entsorgungsinfrastruktur des Landes. Aus diesem Grund hat die Landesregierung die SWS AG gebeten, eine möglichst nahtlose Fortführung der UTD zu ermöglichen und die dafür erforderlichen Planungen voranzutreiben.

Die Genehmigung der UTD wird im Rahmen eines abfallrechtlichen Planfeststellungsverfahrens gemäß § 35 Abs. 2 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) angestrebt. Mit diesem Verfahren werden Errichtung und Betrieb einer Deponie der Deponieklasse IV planfestgestellt.

Die K-UTEC AG Salt Technologies (K-UTEC) wurde durch die SWS AG mit der gutachterlichen Stellungnahme (Stoffgutachten) zu den Anforderungen im Hinblick auf die Eigenschaften von Abfällen, die in dem neuen Deponiebereich (interne Bezeichnung: UTD 2029) beseitigt werden sollen, beauftragt. Ziel dieses Gutachtens ist die Erstellung eines umfassenden Konzeptes, das es der SWS AG ermöglicht, UTD-geeignete Abfälle sicher und regelungskonform abzulagern.

Zunächst werden dazu die relevanten aktuellen Regelungen des Abfall- und Gefahrstoffrechts vorgestellt. Wichtigste Vorschrift ist § 7 Deponieverordnung (DepV), der nicht für die Deponierung zugelassene Abfälle abschließend normiert. Im Anschluss werden die grundsätzlich zur UTD-Entsorgung zugelassenen Abfälle anhand ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften charakterisiert. Insbesondere werden mögliche gefährliche Reaktionen von Abfallinhaltsstoffen miteinander sowie bei Kontakt mit Wasser, Salz oder anderen Abfällen betrachtet. Einen Schwerpunkt dieses Gutachtens bildet die Definition von Stoffgruppen auf Grundlage der dargestellten Abfall-Eigenschaften und die dementsprechende Zuordnung der Abfälle. Darauf basierend erfolgt die Verteilung der Stoffgruppen auf die im neuen Deponiebereich vorgesehenen Kammertypen für eine sichere Ablagerung. Außerdem werden Empfehlungen zur Eignungsprüfung und Verpackung von Abfällen sowie zur Annahmekontrolle gegeben. Diese Punkte sind zentral, um sicherzustellen, dass nur Abfälle, die die Vorgaben der DepV erfüllen, in die UTD abgelagert werden. In Bezug auf gefährliche oder entzündbare Gase werden daher Maßnahmewerte vorgeschlagen, die im Rahmen der Annahmekontrolle zu prüfen sind, damit die Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW) bzw. der unteren Explosionsgrenze (UEG) auch bei Versagen der Verpackung oder ähnlichen Havariefällen unter Tage gewährleistet ist. Für spezielle Abfälle bzw.

Stoffgruppen werden angepasste Maßnahmekonzepte vorgestellt. Abschließend werden stoffgruppenbezogene Hinweise zu Havariemaßnahmen sowie zum Arbeitsschutz und Brandschutz vorgestellt.

2 Bewertungsgrundlage

Grundlage für dieses Gutachten bilden insbesondere die von der SWS AG zur Verfügung gestellten Dokumente. Diese beinhalten den aktuell gültigen „Planfeststellungsbeschluss für die räumliche und stoffliche Erweiterung der Untertagedeponie Heilbronn einschließlich Errichtung und Betrieb einer übertägigen Abfallkonditionierungsanlage vom 11.08.1998“ mit allen dazugehörigen Unterlagen und Anhängen. Außerdem wurde die derzeitige Liste der genehmigten Abfallschlüssel-Nummern sowie ein Grubenriss des geplanten Ablagerungsbereiches und aktuelle Annahmekonzepte vorgelegt.

Zusätzlich wurden von Gutachterseite Informationen aus Vor-Ort-Besichtigungen des Betriebsgeländes und der Grubenräume bei der SWS AG in Heilbronn eingearbeitet sowie auf langjährige eigene Erfahrungen aus der Bewertung von Abfällen zur Unter-Tage-Verbringung in anderen Bergwerken zurückgegriffen.

3 Rechtliche Grundlagen für die Abfallablagerung in einer UTD

3.1 Allgemein

Im Folgenden sind die wichtigsten Gesetze und Verordnungen für den Betrieb einer UTD in ihrer aktuellen Fassung aufgeführt. Die Aufzählung ist keinesfalls abschließend. Darüber hinaus sind insbesondere auch zutreffende Technische Regeln zu beachten.

Alle einschlägigen Gesetze und Verordnungen sind zukünftig in der jeweils gültigen Fassung zu beachten. Relevante Änderungen sind dann entsprechend umzusetzen.

3.2 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vom 24.02.2012, zuletzt geändert am 02.03.2023, finden sich grundsätzliche Regelungen zur Errichtung, Betrieb und Stilllegung einer Deponie. Im Einzelnen geregelt sind bestimmte Sachverhalte in auf Grundlage des KrWG erlassenen Rechtsverordnungen, wie z.B. AVV, DepV, NachwV oder EfbV.

Kern des KrWG ist die Abfallhierarchie, nach der Abfallvermeidung und -recycling der Abfallentsorgung (Verwertung und Beseitigung) vorzuziehen sind. Vor der Ablagerung in der UTD

ist somit durch den Erzeuger oder Besitzer zu prüfen, ob eine Verwertung (z.B. unter Tage-Versatz oder Recycling) der Abfälle technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist (§ 7 Abs. 2 und Abs. 4 KrWG). Vorrang soll dabei die Maßnahme haben, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet (§ 6 Abs. 2 Satz 1 KrWG).

3.3 Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)

In der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) vom 10.12.2011, zuletzt geändert am 30.06.2020, sind Abfallschlüssel und Bezeichnungen für alle Abfälle nach ihrer Herkunft systematisch aufgeführt. Außerdem enthält die AVV Kriterien zur Einstufung eines Abfalls als gefährlich im Sinne des KrWG.

Ein Teil der Abfälle ist mit sogenannten Spiegeleinträgen in der Anlage zur AVV aufgeführt, d. h. einmal als ungefährlicher Abfall und einmal als gefährlicher Abfall. Nach den in der Einleitung der Anlage zur AVV angegebenen Kriterien hat der Erzeuger zu bestimmen, ob sein Abfall dem gefährlichen Abfallschlüssel zuzuordnen ist oder dem ungefährlichen. Die Bewertung und Einstufung des Abfalls erfolgt dabei nach den Kriterien HP 1 bis HP 15 der Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG). Abfälle ohne Spiegeleintrag in der Anlage zur AVV sind immer entweder gefährlich oder ungefährlich. Gefährliche Abfälle sind in der AVV mit einem Sternchen gekennzeichnet (§ 3 Abs. 1 AVV).

3.4 Deponieverordnung (DepV)

3.4.1 Überblick

Die Deponieverordnung (DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 03.07.2024, enthält Regelungen zu Errichtung, Betrieb, Stilllegung und Nachsorge einer Deponie. Es werden fünf Deponieklassen definiert. Nach § 2 Nr. 10 DepV ist eine

- *Deponie der Klasse IV (Deponieklasse IV, DK IV) eine Untertagedeponie, in der Abfälle*
 - *a) in einem Bergwerk mit eigenständigem Ablagerungsbereich, der getrennt von einer Mineralgewinnung angelegt ist, oder*
 - *b) in einer Kaverne, vollständig im Gestein eingeschlossen, abgelagert werden.*

In § 6 DepV werden grundsätzliche Voraussetzungen für die Ablagerung von Abfällen auf Deponien genannt und für die Deponieklassen 0 bis III auf entsprechende Zuordnungskriterien verwiesen (Anhang 3 Nr. 2). In § 7 DepV sind die nicht zugelassenen Abfälle aufgelistet und in § 8 DepV wird das Annahmeverfahren der Abfälle an der Deponie geregelt.

3.4.2 § 6 DepV – Voraussetzungen für die Ablagerung

Zunächst werden allgemeine Voraussetzungen für die Ablagerung von Abfällen auf Deponien festgelegt. Die Abfälle müssen bei der Anlieferung bestimmte Annahmekriterien erfüllen, die jeweils für den unvermischten Abfall gelten. Eine Behandlung des Abfalls zur Sicherstellung der Einhaltung der Annahmekriterien ist zulässig. Nach § 6 Abs. 1a, 2 DepV gelten besondere Regelungen für bestimmte Ersatzbaustoffe sowie stabilisierte Abfälle in Bezug auf die Zuordnungskriterien. Auf Deponien, die alle Anforderungen für die Deponieklasse IV erfüllen, dürfen gefährliche Abfälle (§ 6 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2 DepV), ungefährliche Abfälle (§ 6 Abs. 4 Satz 1 Nr. 4 DepV) und Inertabfälle (§ 6 Abs. 5 Nr. 2 DepV) abgelagert werden. Ausgenommen sind mechanisch-biologisch behandelte Abfälle, die nur auf Deponien der Klasse II abgelagert werden dürfen (§ 6 Abs. 4 Satz 2 DepV). Für die Deponieklasse IV gelten damit im Gegensatz zu den Deponieklassen 0 bis III keine Zuordnungskriterien.

3.4.3 § 7 DepV – Nicht zugelassene Abfälle

Von größter Bedeutung für die Ablagerungsfähigkeit von Abfällen in der Untertagedeponie ist daher § 7 Abs. 2 DepV, der hier näher erläutert werden soll.

Folgende Abfälle dürfen gemäß § 7 Abs. 2 DepV nicht in einer Deponie der Klasse IV abgelagert werden.

Zunächst werden hier Kriterien aufgeführt, die auch für oberirdische Deponien gelten (§ 7 Abs. 2 Nr. 1 DepV):

- *Flüssige Abfälle*

Gemäß der Legaldefinition in § 2 Nr. 17 DepV sind flüssige Abfälle solche mit flüssiger Konsistenz mit Ausnahme von pastösen, schlammigen und breiigen Abfällen.

- *Infektiöse Abfälle, Körperteile und Organe*

Genannt werden die Abfallschlüssel 18 01 02, 18 01 03*, 18 02 02*. Gemäß Anlage Nr. 2.2.1 AVV wird das Vorliegen der gefahrenrelevanten Eigenschaft HP 9 „infektiös“ für Abfälle mit meldepflichtigen Krankheitserregern nach Infektionsschutzgesetz, der Verordnung über anzeigepflichtige Tierseuchen sowie der Verordnung über meldepflichtige Tierkrankheiten angenommen.

- *Nicht identifizierte oder neue chemische Abfälle aus Forschungs-, Entwicklungs- und Ausbildungstätigkeiten, deren Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt nicht bekannt sind*

Diese Vorgabe stellt ein Auffangkriterium dar¹, da es für eine gesetzeskonforme Entsorgung von Abfällen ohnehin unumgänglich ist, die relevanten Eigenschaften festzustellen und mögliche Gefahren zu identifizieren. Nicht zuletzt im Rahmen der geforderten grundlegenden Charakterisierung gemäß § 8 Abs. 1 DepV ist eine vollständige Identifizierung der Inhaltsstoffe notwendig.

- *Ganze oder zerteilte Altreifen*

Altreifen scheiden schon aufgrund der Begrenzung des zulässigen Brennwertes für den Abfall von 6.000 kJ/kg TM aus. Auch Gründe für das Zutreffen einer der möglichen Ausnahmeregelungen (siehe unten) sind nicht ersichtlich.

- *Abfälle, die zu erheblichen Geruchsbelästigungen für die auf der Deponie Beschäftigten und für die Nachbarschaft führen*

Dies betrifft in der Untertagedeponie vorrangig die Beschäftigten und ist aufgrund des verminderten Luftaustausches unter Tage im Vergleich zu oberirdischen Deponien streng zu handhaben. Zusätzlich können ausziehende Wetter aber auch über Tage zu erheblichen Geruchsbelästigungen führen.

Die folgenden Kriterien gelten speziell für Untertagedeponien:

- *§ 7 Abs. 2 Nr. 2 DepV: Biologisch abbaubare Abfälle*

Gemeint sind hier insbesondere Abfälle aus oder mit Bestandteilen pflanzlicher und tierischer Herkunft, die beim biologischen Abbau ihrer organischen Inhaltsstoffe ggf. Gase freisetzen, die unter Tage eine explosionsgefährliche Atmosphäre oder unangenehme Gerüche bilden können². Der Begriff der biologisch abbaubaren Abfälle wird in der DepV jedoch nicht definiert. Da der Zweck der Regelung auf die Verhinderung einer gefährlichen Gasbildung unter Tage gerichtet ist, wird zur Abgrenzung der biologisch abbaubaren Abfälle hilfsweise der in der Versatzverordnung genannte Parameter TOC von 6 % TS herangezogen. Dieser Wert darf nach VersatzV nur überschritten werden, wenn die organischen Anteile nicht zu einer gefährlichen Gasbildung oder zur Erhöhung der Brandlast im Grubengebäude führen können (Fußnote 1 unter Tabelle 1a in Anlage 2 zu § 4 VersatzV).

- *§ 7 Abs. 2 Nr. 3 DepV: Abfälle mit einem Brennwert (H_o) von mehr als 6.000 kJ/kg TM, es sei denn, die zuständige Behörde hat einem höheren Brennwert zugestimmt, weil*
 - *er durch elementaren Kohlenstoff, anorganische Stoffe oder prozessbedingt in Reaktions- und Destillationsrückständen, die im Eluat einen Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen von mehr als 10.000 mg/l aufweisen, verursacht wird und jeweils*

¹ Recht der Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Weyer, § 7 Rn. 42.

² Recht der Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Weyer, § 7 Rn. 68ff.

nachgewiesen wird, dass keine anderweitige Behandlung technisch möglich oder wirtschaftlich zumutbar ist,

- *es sich um schwermetallbelastete Ionenaustauscherharze aus der Trinkwasserbehandlung oder um quecksilberhaltige Abfälle handelt oder*
- *die Ablagerung in einer Deponie der Klasse IV die umweltverträglichste Lösung ist.*

Dieses Verbot betrifft ebenfalls Abfälle mit hohen organischen Anteilen. Jedoch stehen hier nicht mögliche gefährliche Reaktionen im Vordergrund, sondern die Forderung nach einer höherrangigen thermischen Verwertung heizwertreicher Abfälle. Die genannten Ausnahmen beziehen sich daher auf Abfälle, deren Verbrennung nicht möglich oder – v.a. aus Gründen des Umweltschutzes – nicht sinnvoll ist.

- *§ 7 Abs. 2 Nr. 4 DepV: Abfälle, die unter Ablagerungsbedingungen durch Reaktionen untereinander oder mit dem Gestein zu*
 - *Volumenvergrößerungen,*
 - *einer Bildung selbstentzündlicher, toxischer oder explosiver Stoffe oder Gase oder zu*
 - *anderen gefährlichen Reaktionen führen,*

Diese Vorgabe legt praktisch fest, dass Abfälle vor der Ablagerung in die UTD anhand ihres Reaktionsverhaltens in Kategorien/Stoffgruppen einzuteilen sind. Untereinander unverträgliche Stoffgruppen sind dann entsprechend in separaten Kammern abzulagern, damit gefährliche Reaktionen zwischen einzelnen Abfällen ausgeschlossen sind.

- *§ 7 Abs. 2 Nr. 5 DepV: Abfälle, die unter Ablagerungsbedingungen*
 - *explosionsgefährlich, hoch entzündlich oder leicht entzündlich sind,*
 - *stechenden Geruch freisetzen oder*
 - *keine ausreichende Stabilität gegenüber den geomechanischen Bedingungen aufweisen.*

Hier wird ausdrücklich auf die Ablagerungsbedingungen abgestellt, d. h. die unter Tage vorliegenden Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchte) sind bei der Beurteilung der Ablagerungsfähigkeit zu beachten.

Seit dem 01.01.2024 gilt außerdem der neue § 7 Abs. 3 DepV, nach dem Abfälle von der Ablagerung in einer Deponie ausgeschlossen sind, die zur Wiederverwertung oder zum Recycling vorgesehen sind oder einer Verwertung zugeführt werden können.

3.4.4 § 8 DepV – Annahmeverfahren

In § 8 DepV sind die Pflichten des Abfallerzeugers und des Deponiebetreibers vor und während der Entsorgung von Abfällen festgelegt.

Gemäß § 8 Abs. 1 DepV hat der Abfallerzeuger vor der ersten Anlieferung eine grundlegende Charakterisierung des Abfalls vorzulegen. Die grundlegende Charakterisierung umfasst insbesondere:

- Abfallgenese
- Abfallbeschreibung
- Aussehen, Konsistenz, Geruch und Farbe
- Menge
- Chemische Analyse
- Angaben zu enthaltenen Gefahrstoffen

Schlüsselparameter für Kontrollanalysen sind vom Abfallerzeuger vorzuschlagen und vom Deponiebetreiber festzulegen.

§ 8 Abs. 3 DepV regelt die vom Abfallerzeuger durchzuführenden Kontrollanalysen für den Abfall.

Wichtig für die Deponie ist § 8 Abs. 4 DepV, in dem die Annahmekontrolle geregelt ist. Diese umfasst demnach:

- Prüfung, ob für den Abfall die grundlegende Charakterisierung vorliegt
- Feststellung der Masse und Kontrolle von Abfallschlüssel und Bezeichnung nach AVV
- Kontrolle der Unterlagen des Erzeugers aus § 8 Abs. 3 DepV auf Übereinstimmung mit der grundlegenden Charakterisierung
- Sichtkontrolle
- Kontrolle von Aussehen, Konsistenz, Farbe und Geruch

Gemäß § 8 Abs. 5 DepV hat der Deponiebetreiber in Abhängigkeit von der gelieferten Abfallmenge in regelmäßigen Abständen Kontrolluntersuchungen durchzuführen. Außerdem werden Kontrolluntersuchungen verlangt, wenn im Rahmen der Annahmekontrolle Unstimmigkeiten festgestellt werden. Zu untersuchen sind jeweils die Zuordnungskriterien bzw. die Schlüsselparameter. Parallel zu den Kontrolluntersuchungen sind jeweils Rückstellproben zu nehmen und mindestens einen Monat aufzubewahren (§ 8 Abs. 7 DepV).

3.4.5 Anhang 5 Absatz 5

In Anhang 5 Abs. 5 (zu § 9 Satz 3) DepV sind zusätzliche Anforderungen zur Handhabung der Abfälle in einer Deponie der Klasse IV festgelegt.

Der Betreiber einer Deponie der Klasse IV hat danach mindestens Folgendes sicherzustellen:

- *Abfälle, die stauben, sind so zu handhaben und abzulagern, dass von ihnen keine Emissionen ausgehen.*

In der UTD der SWS AG werden Abfälle auch zukünftig grundsätzlich in einer zweilagigen, staubdichten und reißfesten Verpackung abgelagert (vgl. Pkt. 11). Daher ist nicht mit relevanten, auf die Abfälle zurückzuführenden Staub-Emissionen außerhalb oder innerhalb des Bergwerks zu rechnen. Zudem werden in den Wettern unter Tag regelmäßige Staubmessungen durchgeführt.

- *Werden Abfälle im pumpfähigen Zustand in den Ablagerungsbereich gefördert, sind sie so zu konditionieren, dass sie die erforderliche Endfestigkeit nach der Ablagerung erreichen.*
- *Zur Gewährleistung eines störungsfreien Förderbetriebs sind geeignete Vorkehrungen gegen ein Verstopfen der Befüllleitung zu treffen.*

Es ist derzeit nicht vorgesehen, Abfälle in pumpfähigem Zustand oder anderweitig über Befüllleitungen in die UTD einzubringen.

- *Abfälle dürfen nach Ablagerung nicht untereinander reagieren. Sind Reaktionen möglich oder nicht auszuschließen, sind die verschiedenen Abfälle entweder in getrennten Hohlräumen abzulagern oder in den Hohlräumen sind durch bauliche Maßnahmen getrennte Abschnitte zu schaffen. Das gilt auch für Abfälle, die in Behältnissen abgelagert werden.*

Eine Aufteilung der abzulagernden Abfälle nach ihren Eigenschaften in verschiedene Stoffgruppen und Zuteilung zu passenden Kammertypen ergibt sich bereits aus § 7 Abs. 2 Nr. 5 DepV und ist auch in der UTD 2029 vorgesehen.

3.5 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-Verordnung)

Nach Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-Verordnung) über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen sind gefährliche Stoffe oder Gemische, die gefährliche Stoffe enthalten, gemäß den Kriterien in Anhang I einzustufen und zu kennzeichnen. Für Abfälle gilt die CLP-Verordnung insgesamt zwar nicht (Art. 1 Abs. 3 CLP-Verordnung). Die dargelegten Kriterien zur Einstufung und Kennzeichnung sind jedoch für das gesamte Gefahrstoffrecht grundlegend. Gefahrstoffverordnung, AVV und Abfallrahmenrichtlinie nehmen darauf Bezug.

In Anhang VI der CLP-Verordnung sind Einstufungen für bestimmte Verbindungen festgelegt (Legaleinstufungen). Durch Anpassungen an den technischen Fortschritt (ATP) werden die Regelungen der CLP-Verordnung in unregelmäßigen Abständen fortgeschrieben.

3.6 Verordnung (EU) 2019/1021 (POP-Verordnung)

Ziel der Verordnung (EU) 2019/1021 (POP-Verordnung) ist der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor persistenten organischen Schadstoffen (POP) und zwar u. a. durch die Beschränkung der Freisetzungen solcher Stoffe auf ein Minimum (Art. 1 der POP-Verordnung). Die Verordnung beinhaltet daher auch spezielle Regelungen für Abfälle.

Unter Art. 7 der POP-Verordnung fallen alle Abfälle, die die in Anhang IV der Verordnung genannten Verbindungen enthalten (Art. 7 Abs. 1 POP-Verordnung). Diese Abfälle dürfen nur nach den in Anhang V Teil 1 der Verordnung aufgeführten Verfahren beseitigt oder verwertet werden (Art. 7 Abs. 2 Satz 1 POP-Verordnung). Diese Vorgaben gelten nicht für Abfälle mit einem Gehalt der entsprechenden Verbindungen unter dem in Anhang IV genannten Konzentrationsgrenzwert (Art. 7 Abs. 4 lit. a POP-Verordnung). Wenn die zuständige Behörde ein alternatives Verfahren zur Entsorgung auf Antrag des Abfallbesitzers genehmigt, dürfen diejenigen Abfälle, die in Anhang V Teil 2 der Verordnung mit ihrem Abfallschlüssel aufgeführt sind, in Salzbergwerken abgelagert werden (Art. 7 Abs. 4 lit. b i.V.m. Anhang V Teil 2 POP-Verordnung). Dabei sind gemäß Fußnote 1 zu der Tabelle in Anhang V Teil 2 keine Konzentrationsgrenzwerte einzuhalten.

Die Liste der POP wird immer wieder erweitert und die Grenzwerte in Anhang IV angepasst.

3.7 Verordnung (EU) 2017/852 (Quecksilber-Verordnung)

In der Verordnung (EU) 2017/852 (Quecksilber-Verordnung) wird seit 2017 die Verwendung von Quecksilber stark eingeschränkt. Bestimmte Produkte (z.B. Batterien oder Messgeräte mit Hg) oder Prozesse (z.B. Hg als Katalysator oder Elektrode) wurden verboten. Quecksilber und Quecksilberverbindungen in Reinform sowie in Gemischen aus den sog. großen Quellen (aufgezählt werden Chlor-Alkaliindustrie, Reinigung von Erdgas, Förderung von Nichteisenmetallen und Verhüttung, Extraktion aus Zinnobererz) sind als Abfall zu betrachten und umweltschonend zu beseitigen (Artikel 11 Quecksilber-Verordnung). Flüssiges Quecksilber muss vor der Beseitigung umgewandelt (z.B. in Quecksilbersulfid umgesetzt) werden. Konzentrationsgrenzen für Gemische mit Quecksilber werden in dem Zusammenhang nicht aufgezeigt, so dass sich hinsichtlich der Ablagerung in eine UTD keine Änderungen gegenüber der allgemeinen Vorgabe zum Verbot der Ablagerung flüssiger Abfälle gemäß § 7 Abs. 1 Nr. 1 und Abs. 2 Nr. 1 DepV ergeben. Feste Abfälle mit fein verteiltem und somit nicht als flüssige Phase vorliegendem Quecksilber (vergleichbar mit Haftwasser) können also prinzipiell weiterhin in der UTD entsorgt werden.

3.8 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)

Das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG), zuletzt geändert am 23.10.2024, trifft Regelungen zum Schutz von Menschen und Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung. Es werden darin Tätigkeiten und Abfälle im Sinne des StrlSchG sowie Rückstände und Materialien definiert und Regelungen zur Überwachungsbedürftigkeit von Rückständen getroffen. In der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), zuletzt geändert am 23.10.2024, werden insbesondere Überwachungsgrenzen für die Verwertung und Beseitigung von Rückständen festgelegt. Zu

beachten sind im Zusammenhang mit der Entsorgung von Abfällen in der UTD aktuell besonders die Anlage 1 zu § 5 Abs. 32 StrlSchG und die Anlage 5 zu § 27 StrlSchV.

4 Abfallschlüsselnummern

Abfallschlüsselnummern spielen bei der Entsorgung insbesondere gefährlicher Abfälle im Rahmen des Nachweisverfahrens und der Registerführung eine große Rolle. Abfallarten mit ihrer Abfallschlüsselnummer werden von der zuständigen Behörde im Planfeststellungsbeschluss für eine Deponie festgelegt (§ 21 Abs. 1 Nr. 6 DepV).

In einer UTD werden üblicherweise anorganische Abfälle entsorgt, die aufgrund der Zuordnungskriterien nach DepV nicht für eine Ablagerung auf einer oberirdischen Deponie (Deponieklasse I bis III) in Frage kommen und auch nicht für den Untertageversatz (Kriterien gemäß VersatzV und GesBergV) geeignet sind bzw. anderweitig verwertet oder beseitigt werden können. Es handelt sich dabei überwiegend um gefährliche Abfälle im Sinne der AVV.

Typischerweise handelt es sich bei den in einer UTD entsorgten Abfällen hauptsächlich um Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen (Kapitel 06 AVV), aus thermischen Prozessen (Kapitel 10 AVV), aus der chemischen und physikalischen Behandlung von Metallen (Kapitel 11 und 12 AVV), Bau- und Abbruchabfälle (Kapitel 17 AVV), Abfälle aus Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen (Kapitel 19 AVV) sowie Abfälle, die nicht anderswo aufgeführt sind (Kapitel 16 AVV).

Da die Zuordnung der Abfallschlüssel gemäß AVV auf die Herkunft des Abfalls abzielt, kann aus dem Abfallschlüssel nicht auf die physikalischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung eines Abfalls geschlossen werden. Bei einigen Abfallschlüsseln sind sogar völlig unterschiedliche Abfallqualitäten möglich (z.B. 16 03 03*).

5 Charakterisierung von UTD-geeigneten Abfällen

5.1 Physikalische Eigenschaften

Die zur Ablagerung in der UTD genehmigten Abfallarten können sehr unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweisen. Neben der Körnung (von feintonig bis steinig) und der Konsistenz (trocken staubend bis stichfest) spielt auch die Brennbarkeit eine wichtige Rolle.

5.1.1 Körnung

Für die hinsichtlich der Ablagerung relevanten Eigenschaften der Abfälle ist die Körnung von Bedeutung. Sehr feinkörnige Abfälle können stauben, aufgrund der großen Oberfläche ein hohes

Reaktionspotenzial aufweisen oder bei Verpackung in Big Bags zu instabil für eine mehrlagige Ablagerung sein. Diese Eigenschaften sind im Rahmen der Eignungsprüfung zu bewerten und die Verpackung entsprechend auszulegen. Bei Bedarf können diese Abfälle ggf. auch konditioniert werden, um eine Ablagerungsfähigkeit in Big Bags zu erreichen. Grobkörnige, steinige Abfälle sind typischerweise mechanisch stabil und neigen auch nicht zur Staubbildung. Big Bags können jedoch durch große, harte oder scharfkantige Brocken beschädigt werden. Daher sind derartige Abfälle entweder zu zerkleinern oder in einer dafür geeigneten Verpackung zu entsorgen.

5.1.2 Feuchte und Staub

Die Feuchte – bzw. der Wassergehalt – der Abfälle sollte möglichst niedrig sein. Schon aufgrund des Verbots flüssiger Abfälle in der DepV (siehe oben) ist darauf zu achten, dass abzulagernde Abfälle auch unter Auflast (z.B. bei mehrlagigem Einbau von Big Bags) kein Überschussfluid freisetzen. Vor allem aber bietet Wasser einen Reaktionspfad, der bereits in Form von Luftfeuchtigkeit bestimmte Abfälle in gefährlicher Weise reagieren lassen kann. Daher sollten nur unempfindliche – inerte – Abfälle mit wässrigen Fluiden bzw. feuchten Abfällen in Kontakt kommen dürfen.

Feinkörnige Abfälle werden vor der Ablagerung in die UTD der SWS AG konditioniert, wenn eine Konditionierung sinnvoll (z.B. zur Erhöhung der Dichte) oder notwendig (z.B. zum Abbau eines Wasserstoffbildungspotenzials) ist. Zur Konditionierung dienen neben Wasser in geringem Umfang auch genehmigte flüssige Abfälle. Im Ergebnis sind nicht staubende, granuliert, schüttgutartige und mechanisch stabile Qualitäten anzustreben, die bei Auflast kein Überschussfluid freisetzen können.

Prinzipiell ist es jedoch wünschenswert, mit den Abfällen so wenig Feuchtigkeit wie möglich in den Ablagerungsbereich unter Tage einzubringen. Trockene Abfälle, die die Ablagerungskriterien nach DepV einhalten, sollten daher auch in trockenem Zustand abgelagert werden und nicht zusätzlich mit Feuchtigkeit beladen werden. Insbesondere staubende Abfallqualitäten, deren Konditionierung aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften (z.B. hydrophob, wasserlöslich) nicht praktikabel ist oder die bei Kontakt mit Wasser relevante Volumina Ammoniak oder andere giftige Gase freisetzen, sind in trockenem Zustand abzulagern. Beispiele hierfür sind Leuchtstoffpulver, Abfallsalze oder Rauchgasreinigungsrückstände bzw. Filterstäube aus bestimmten Abfallverbrennungsanlagen. Staubemissionen im UTD-Bereich werden durch eine zweilagige, staubdichte Verpackung unterbunden (siehe Pkt. 11). Für Transport und Zwischenlagerung staubender Abfälle sind angepasste Sicherheitsvorkehrungen und Arbeitsschutzmaßnahmen zu treffen (siehe Pkt. 14.1).

5.1.3 Brennbarkeit

Die Brennbarkeit von Abfällen ist bei einer möglichen untertägigen Entsorgung zu beachten. Abfälle, die einen hohen Anteil an organisch gebundenem oder elementarem Kohlenstoff enthalten sowie anorganische Abfälle mit Anteilen an elementarem Schwefel bzw. Phosphor oder feinverteilten, elementar vorliegenden Metallen können brennbar und ggf. leicht entzündbar sein. Durch die Vorgaben von KrWG und DepV (z.B. Brennwert) wird der Anteil der brennbaren Abfälle, die für eine UTD-Entsorgung zugelassen sind, bereits begrenzt. Abfälle mit einem Brennwert über 6.000 kJ/kg TM werden – soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar – einer thermischen Verwertung zugeführt.

5.2 Chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung von UTD-Abfällen kann sehr vielfältig sein. Gemeinsam ist den Abfällen normalerweise eine weitgehend inerte, ungefährliche Matrix und ein Gefahrstoff-Anteil, der je nach Abfallart ganz unterschiedlich hoch sein kann. Nur wenige Abfälle (z.B. Härtesalze) bestehen fast ausschließlich aus einem oder mehreren Gefahrstoffen.

5.2.1 Anorganisch-mineralische Bestandteile

Der weit überwiegende Teil von Abfällen, die in der UTD entsorgt werden, hat einen anorganisch-mineralischen Stoffbestand.

Weit verbreitet sind dabei Salze wie z.B. Natriumsulfat, Natrium- und Calciumchlorid, Natrium- und Calciumcarbonat. Bei solchen Abfällen handelt es sich um überlagerte oder verunreinigte Produkte, um Rückstände aus der Abwasserreinigung chemischer Betriebe oder – am häufigsten – Reaktionsprodukte aus der Rauchgasreinigung von Verbrennungsanlagen.

Weiterhin zum mineralischen Stoffbestand von Abfällen zählen SiO_2 und silikatische sowie aluminatische Verbindungen der Alkali- und Erdalkalimetalle. Aus diesen Substanzen bestehen z.B. Bau- und Abbruchabfälle, Bodenaushub oder Feuerfestmaterialien. Filterstäube, Aschen und Revisionsmaterialien aus der Rauchgasreinigung stellen meist eine Mischung aus den genannten Stoffgruppen (Salze und Silikate) dar.

5.2.2 Kohlenstoff

Kohlenstoff kommt in UTD-typischen Industrieabfällen zumeist in Form von elementarem Kohlenstoff vor. Dieser wird bei der Ermittlung des Parameters TOC methodenbedingt mit bestimmt.

Die eigentliche Menge an organisch gebundenem Kohlenstoff in einem Abfall kann nur durch Abzug des separat ermittelten elementaren Kohlenstoffs vom TOC-Messwert errechnet werden. Bei einem hohen Kohlenstoff-Anteil (TOC > 18 %) kann der Grenzwert für den Brennwert von 6.000 kJ/kg TM gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 3 DepV überschritten sein. Ist der Brennwert überwiegend auf elementaren Kohlenstoff zurückzuführen, kann die Ablagerung dennoch zulässig sein. Dies betrifft v.a. Aktivkohlen aus der Rauchgasreinigung.

Abfälle, die einen hohen Anteil an organisch gebundenem Kohlenstoff enthalten, sind bezüglich der Ablagerung in der UTD strengen Regeln unterworfen, da hierfür üblicherweise eine thermische Verwertung vorgesehen ist. Typische Ausnahmefälle sind Ionenaustauscherharze aus unterschiedlichen Abwasser- oder Abluftreinigungsprozessen. Sie sind häufig mit Quecksilber kontaminiert und daher für die Verbrennung nicht geeignet. Weiterhin kommen auch Abfälle aus anorganischen Salzen vor, die aus organischen Syntheseprozessen stammen und mit organischen Stoffen kontaminiert sind.

5.2.3 Metalle

Metalle in elementarer Form kommen in Abfällen, die nicht verwertet, sondern in einer UTD entsorgt werden dürfen, üblicherweise nur untergeordnet vor. In Stäuben und Schlämmen aus der Rauchgasreinigung von Verbrennungsanlagen liegen Metalle ganz überwiegend in gebundener Form als Oxide/Hydroxide, Carbonate, Sulfate oder Chloride vor. Strahlmittelabfälle sowie Stäube aus metallverarbeitenden Betrieben enthalten Metalle meist in Form von Legierungen, die hinsichtlich Entzündbarkeit und Gasbildung ungefährlich sind. Bei hohen Eisen-, Zink- oder Aluminiumgehalten sind jedoch regelmäßig entsprechende Prüfungen durchzuführen.

Stäube aus bestimmten Abfallverbrennungsanlagen (Wirbelschichtfeuerung) und solche aus Aluminiumschmelzanlagen können höhere Anteile an metallischem Aluminium enthalten, das bei Wasserkontakt unter Wasserstoff-Entwicklung reagiert. Bei entsprechender Abfallgenese sind daher stets Prüfungen hinsichtlich des Gasbildungsverhaltens im Rahmen der Eignungsprüfung zu empfehlen.

5.2.4 Gefahrstoffe

5.2.4.1 Schwer- und Halbmetallverbindungen

Die Verbindungen vieler Schwer- und Halbmetalle sind Gefahrstoffe. In den Abfällen, die für die Ablagerung in der UTD geeignet sind, handelt es sich typischerweise um Verbindungen der chemischen Elemente Bor, Vanadium, Chrom, Mangan, Cobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Arsen, Selen,

Molybdän, Cadmium, Antimon, Barium, Quecksilber, Thallium und Blei. Sie liegen in den Abfällen in anorganischen Verbindungen vor, überwiegend in oxidischer Bindungsform, sowie auch in sulfatischer, chloridischer, silikatischer oder carbonatischer Bindungsform. Zu nennen sind insbesondere Natriumtetraborat, Divanadiumpentaoxid, Chrom(VI)-Verbindungen wie Natriumchromat, Cobalt- und Nickeloxid, Kupfer(II)-oxid, Arsenverbindungen (insbesondere Diarsentrioxid), Cadmiumoxid und Bleiverbindungen. Borverbindungen kommen vor allem in Abfällen aus der Glasindustrie vor, Divanadiumpentaoxid in Katalysatoren und Chrom(VI)-Verbindungen in Abfällen aus der Metall- oder chemischen Industrie. Arsen- sowie Selenverbindungen sind typisch für Abfälle aus der Glasherstellung, Arsenverbindungen außerdem in speziellen Abfällen der chemischen Industrie. Die Schwermetalle Cobalt, Nickel, Cadmium, Kupfer und Zink sind in wechselnden Anteilen in Rückständen aus Verbrennungsanlagen enthalten. In Abhängigkeit vom pH-Wert können die Elemente Cobalt, Nickel und Cadmium ($\text{pH} < 9$) sowie Kupfer und Zink ($\text{pH} < 7$) in Form löslicher Verbindungen (Sulfate, Chloride) vorliegen und sind dann noch deutlich strenger gefahrstoffrechtlich zu bewerten als entsprechende Oxide. Eine Sonderstellung nimmt das Quecksilber ein, das in vielen Abfällen anteilig in elementarer Form vorliegt und dann insbesondere in Form von Quecksilber-Dampf zur Gefährlichkeit des Abfalls beitragen kann.

Die genannten Schwermetallverbindungen bergen vor allem Gesundheitsgefahren wie krebserzeugend, reproduktionstoxisch, organschädigend, akut toxisch oder sensibilisierend³. Als relevante Aufnahmewege sind oral und inhalativ zu nennen, bei Quecksilberverbindungen und sensibilisierenden Gefahrstoffen auch Hautkontakt.

Die meisten Schwermetallverbindungen sind außerdem umweltgefährlich.

5.2.4.2 Organische Verbindungen

Relevante Anteile an flüchtigen organischen Verbindungen (LHKW, BTEX) in UTD-Abfällen werden durch die Vorgaben der DepV weitgehend ausgeschlossen. Organische Gefahrstoffe sind in den Abfällen daher zumeist in Form von PAK, PCB oder PCDD/F enthalten. Aus Gebäudealtlasten sind auch Kontaminationen mit Holzschutzmitteln (Lindan) oder Insektiziden (DDT) bekannt. In Rückständen aus der chemischen Industrie, die z.B. aus anorganischen Salzen mit organischen Verunreinigungen bestehen, kommen weitere organische Gefahrstoffe – etwa in Form von Lösemitteln wie z.B. Aceton, Chlorbenzol oder Sulfolan – vor. Diese haben bei den meist niedrigen Konzentrationen im Abfall insgesamt ein eher geringes Gefahrenpotenzial.

³ Hinweise zur aktuellen gefahrstoffrechtlichen Einstufung von Verbindungen nach CLP-Verordnung sind z.B. in der GESTS-Stoffdatenbank oder auf echa.europa.eu zu finden.

Solange die Gehalte an (flüchtigen) organischen Verbindungen so gering sind, dass dadurch keine explosiven Gas-Luft-Gemische entstehen oder der Abfall leicht entzündbar ist, ist die Ablagerungsfähigkeit der Abfälle in der Regel gegeben. Ggf. liegen Beschränkungen bezüglich der Ablagerung gemäß Art. 7 POP-Verordnung vor. Beispielsweise kann die Konzentration von PCDD/F in Krematoriumsaschen – abhängig von der Rauchgasreinigung der jeweiligen Anlage – den Grenzwert gemäß Anhang IV der POP-Verordnung überschreiten.

Besondere Aufmerksamkeit verdient außerdem die Gruppe der Amine. Aus sekundären Aminen (z.B. Dimethylamin) entstehen durch Reaktion mit nitrosierenden Agentien krebserzeugende N-Nitrosamine. Nitrosierende Agentien sind insbesondere Stickstoffoxide, die unter Tage z.B. aus Motorabgasen, nach Sprengarbeiten oder im Havariefall aus nitrit-/nitrat-haltigen Abfällen freigesetzt werden können. Sekundäre Amine kommen nur in Abfällen vor, die aus Prozessen stammen, in denen Amine eingesetzt werden. Amine finden v.a. Verwendung in Gießereien (als Katalysator), in der Galvanik (als Komplexbildner) und in der metallverarbeitenden Industrie (in Kühlschmierstoffen). Außerdem kommen Amine in der chemischen Industrie als Ausgangsstoffe oder Katalysatoren zum Einsatz. Typische feste und anorganische (somit potenziell UTD-geeignete) Abfälle aus diesen Bereichen sind beispielsweise die Abfallschlüssel 10 09 05*, 11 01 09*, 19 02 05*, 19 08 13*. Eine Reaktion mit nitrosierenden Agentien zu N-Nitrosaminen ist allerdings nur bei Aminen mit flüchtigen Eigenschaften zu erwarten.

Bei entsprechenden Abfällen ist im Rahmen der grundlegenden Charakterisierung oder der Eignungsprüfung festzustellen, ob der konkrete Abfall (flüchtige) Amine enthält und ob eine Ablagerung dennoch möglich ist. In Bezug auf Tätigkeiten ist die TRGS 552 heranzuziehen.

Zu beachten sind für alle potenziell in den abgelagerten Abfällen enthaltenen flüchtigen organischen Verbindungen etwaige AGW und entsprechende spezifische Arbeitsschutzmaßnahmen (z.B. Atemschutzfilter für organische Gase und Dämpfe).

5.2.4.3 Fasern

Fasern kommen in Abfällen in Form von Asbest oder künstlichen Mineralfasern (KMF) vor. Asbest gilt in jeder Form als krebserzeugend (Carc. 1A, H350) und organschädigend (STOT RE 1; H372) und kommt heute noch insbesondere in Gebäudealtlasten vor. Zu nennen sind hier vor allem Flexplatten, asbesthaltiger Estrich, asbesthaltige Dichtungsmassen („Morinol“) sowie asbesthaltige Teerpappe. Unterschieden wird zwischen schwach gebundenen Asbestprodukten und fest gebundenen Asbestprodukten. Diese Abfälle können aufgrund des Fasergehaltes nicht in einer thermischen Anlage verwertet werden und müssen dann – insbesondere wenn noch weitere Gefahrstoffe wie z.B. PAK enthalten sind – in der UTD abgelagert werden. Um eine Freisetzung von

Fasern unter Tage auszuschließen, werden nur Abfälle aus oder mit festgebundenen Asbestprodukten für die UTD zugelassen. Die feste Bindung der Fasern kann auch durch Aufbringen von Restfaserbindemittel oder Eingießen in aushärtende Bindemittelsuspension erreicht werden.

Bei künstlichen Mineralfasern (KMF) ist die Gefährlichkeit bzw. die Einstufung als krebserzeugend abhängig von dem Länge-Durchmesser-Verhältnis sowie der Zusammensetzung der Fasern (sogenannte WHO-Fasern). Die Einstufung kann nach den Vorgaben der TRGS 905 erfolgen. Nach dem Jahr 2000 in Deutschland als Dämmmaterial in Verkehr gebrachte KMF (mit RAL-Gütezeichen) sind als ungefährlich anzusehen.

5.2.4.4 Salze

Unter den salzartigen Gefahrstoffen sind Fluoride, Cyanide und Cyanate, Nitrite und Nitrate sowie Ammoniumsalze zu nennen. Eigenschaften sowie physikalische Gefahren und Gesundheitsgefahren dieser Verbindungen sind ganz unterschiedlich. Insbesondere Cyanide reagieren bei Kontakt mit Feuchtigkeit und verstärkt bei Kontakt mit sauer reagierenden Materialien unter Freisetzung von Cyanwasserstoff. Ähnliche Reaktionen kommen auch bei den anderen genannten Salzen vor, wie die Freisetzung nitroser Gase aus Nitriten/Nitraten und Fluorwasserstoff aus Fluoriden. Auch die Toxizität ist bei den Cyaniden am stärksten ausgeprägt, gefolgt von Nitriten und Fluoriden. Ammoniumsalze setzen bei Kontakt mit basisch reagierenden Substanzen Ammoniak frei. Nitrite und Nitrate haben zusätzlich brandfördernde Eigenschaften.

Typische Abfälle, die Cyanide und Nitrite/Nitrate aufweisen, sind Härtesalze. Fluoride sind häufig in Abfällen aus der Aluminiumindustrie und der Glasherstellung enthalten. Ammoniumverbindungen sind hauptsächlich in Abfällen der chemischen Industrie zu erwarten.

Cyanidhaltige Abfälle, nitrit-/nitriathaltige Abfälle und Abfälle mit Ammoniumverbindungen sind jeweils in separaten Kammern abzulagern.

5.3 Radioaktivität

Abfälle können Stoffe enthalten, die eine natürliche Radioaktivität aufweisen. Gemäß Definition in § 5 Abs 22 StrlSchG werden Stoffe, die natürlich vorkommende Radionuklide enthalten oder mit solchen Stoffen kontaminiert sind, als Materialien bezeichnet. Materialien werden weiter unterteilt in Rückstände und sonstige Materialien. Rückstände sind gemäß § 5 Abs. 32 StrlSchG definiert als Materialien, die in den in Anlage 1 genannten industriellen und bergbaulichen Prozessen anfallen und die dort genannten Voraussetzungen erfüllen. In Anlage 1 zu § 5 Abs. 32 StrlSchG werden die Materialien, die Rückstände im Sinne des StrlSchG sind, abschließend aufgeführt. Sie stammen aus

sechs unterschiedlichen Prozessen, darunter sind z.B. Stäube und Schlämme aus der Rauchgasreinigung bei der Primärverhüttung in der Roheisen- und Nichteisenmetallurgie (Anlage 1 Abschnitt 1 Nr. 6 StrlSchG). Nach § 27 StrlSchV sind Rückstände überwachungsbedürftig, wenn sie die in Anlage 5 der StrlSchV aufgeführten Überwachungsgrenzen überschreiten. Für eine untertägige Entsorgung liegt die Grenze bei 5 Bq/g (Anlage 5 Nr. 3 StrlSchV). Für sonstige Materialien ist zunächst keine Überwachung vorgesehen, die zuständige Behörde kann jedoch Anordnungen treffen (§ 65 Abs. 1 Satz 1 StrlSchG). Einschlägiges Kriterium für die radiologische Relevanz von Rückständen und sonstigen Materialien ist ein Referenzwert für die effektive Dosis von 1 Millisievert im Kalenderjahr. In der UTD Heilbronn werden nur Abfälle abgelagert, die nicht überwachungsbedürftig im Sinne der StrlSchV sind, also die Überwachungsgrenze für die untertägige Deponierung unterschreiten (beispielsweise Filterstäube aus Stahlwerken). Dies ist durch den Abfallerzeuger, z.B. in Form einer Strahlenschutzbewertung eines Sachverständigen, nachzuweisen.

6 Gefährliche chemische Reaktionen

6.1 Gasbildung

Die Bildung entzündbarer oder toxischer Gase aus Abfällen infolge von Reaktionen mit Feuchtigkeit oder von Abfällen miteinander ist eine der großen Gefahren bei der Ablagerung von Abfällen in einer UTD. Daher sind entsprechende Verbote bereits in § 7 Abs. 2 Nr. 4 und 5 DepV enthalten.

Ob ein Abfall das Potenzial besitzt, bei Reaktion mit bestimmten Stoffen oder Fluiden gefährliche Gase freizusetzen, ist im Rahmen der Eignungsprüfung festzustellen (siehe Pkt. 10).

Typische Abfälle mit erhöhtem Wasserstoffbildungspotenzial sind Stäube aus der Aluminiumindustrie, Stäube aus der Rauchgasreinigung von Müllverbrennungsanlagen (mit Wirbelschichtfeuerung) oder Stahlwerken sowie metallhaltige Strahlmittelabfälle. Die Reaktionen zur Freisetzung von Wasserstoff (H_2) laufen dabei häufig bereits bei Berührung mit Wasser ab. Verstärkt wird die Reaktion jedoch stets bei Kontakt mit Fluiden, die einen extremen pH-Wert aufweisen. Aluminiumhaltige Abfälle etwa reagieren besonders stark im hoch basischen Milieu, während Abfälle, die feinverteiltes Eisen enthalten, im stark sauren pH-Bereich eine ausgeprägte Wasserstoff-Bildung zeigen. Erfahrungsgemäß werden von den meisten reaktiven Abfällen insbesondere in den extremen pH-Bereichen zusätzlich toxische Gase freigesetzt. Im stark sauren Milieu kann es dabei zur Freisetzung von Phosphorwasserstoff (PH_3) bzw. Arsenwasserstoff (AsH_3), Schwefelwasserstoff (H_2S) oder Schwefeldioxid (SO_2) kommen, während im hoch basischen Milieu bei vielen Abfällen eine Freisetzung von Ammoniak (NH_3) auftritt.

Abfälle aus der Herstellung oder dem Recycling von metallischem Aluminium enthalten typischerweise Aluminiumnitrid (AlN), Aluminiumphosphid (AlP) und Aluminiumcarbid (Al₄C₃), die bereits in direktem Kontakt mit Wasser NH₃, PH₃ sowie Methan (CH₄) freisetzen können.

Andere Abfälle, die aus ganz unterschiedlichen Herkunftsbereichen stammen können, besitzen zwar kein Wasserstoffbildungspotenzial, können aber toxische Gase bei Kontakt mit wässrigen Fluiden freisetzen. Hier sind insbesondere Härtesalze aus der Oberflächenbehandlung von Metallen zu nennen, die Cyanide und/oder Nitrite und Nitrate enthalten und daher bei Berührung mit Wasser und in besonderem Maße bei Säurekontakt gefährliche Gase bilden. Aus Cyaniden wird dabei Cyanwasserstoff (HCN) freigesetzt, aus Nitriten und Nitraten werden Stickoxide (NO und NO₂) freigesetzt.

Neben Abfällen, die erst durch Reaktion mit Fluiden Gase freisetzen, gibt es auch Materialien, die Gase oder Dämpfe aus ihrem Porenvolumen freisetzen oder Gefahrstoffe, die aufgrund der geänderten Bedingungen unter Tage ihre Konsistenz oder ihren Aggregatzustand ändern. Hierzu zählen insbesondere elementares Quecksilber sowie flüchtige organische Verbindungen (z.B. Lösemittel). Bei Abfällen mit einem hohen Anteil an elementarem Kohlenstoff können sich in der Verpackung relevante Konzentrationen an Kohlenmonoxid (CO) ansammeln.

Die Gasbildungseigenschaften bilden ein wichtiges Kriterium bei der Festlegung der Stoffgruppe des Abfalls. Nach der entsprechenden Einschätzung bzw. dem Ergebnis der Eignungsprüfung erfolgt die Zuordnung zu einer Stoffgruppe oder die Entscheidung zur Konditionierung des Abfalls.

Bei einer Konditionierung kann die Gasbildung v.a. von H₂ und NH₃ aus dem Abfall gezielt angeregt werden. Eine Ablagerung ist dann nach dem Abklingen der Reaktion und anschließender Freigabe der Abfallcharge möglich.

Es wird empfohlen, Annahmegrenzwerte auf der Basis der geltenden Sicherheitswerte wie z.B. untere Explosionsgrenze und Arbeitsplatzgrenzwerte spezifisch für die oben genannten Gase festzulegen. Die Werte sollten regelmäßig geprüft und den geltenden Bestimmungen und aktuellem Stand der Technik angepasst werden (siehe Pkt. 12.2). Abfälle mit Gasbildungspotenzial sollten im Zuge der Eingangskontrolle auf die Einhaltung der festgelegten Annahmegrenzwerte kontrolliert werden.

6.2 Entzündbarkeit

Brennbare Abfälle sind nach DepV nicht prinzipiell von der Ablagerung in der UTD ausgeschlossen. Unzulässig sind aber neben explosiven, selbstzersetzlichen und pyrophoren Stoffen und Gemischen auch solche Abfälle, die entzündbar sind oder in Kontakt mit Wasser entzündbare bzw. toxische

Gase entwickeln. Die Begriffe in den § 7 Abs. 2 Nr. 4 und Nr. 5 DepV wurden bisher nicht an die in der CLP-Verordnung verwendeten Begriffe angepasst. Speziell der Begriff „leichtentzündlich“ führt hier leicht zu Missverständnissen. Nach altem Gefahrstoffrecht (vor 2015) wurde die Einstufung *leichtentzündlich* sowohl für Abfälle mit bestimmtem Brandverhalten wie für Abfälle, die bei Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, verwendet. Nach CLP-Verordnung gibt es den Begriff „leichtentzündlich“ nicht mehr. Feste (oder flüssige) Stoffe und Gemische werden jetzt als *entzündbar* eingestuft, wenn sie ein entsprechendes Brandverhalten aufweisen. Einstufungskriterium dafür ist die Abbrandgeschwindigkeit. Abfälle mit auffälligem Gasbildungsverhalten werden nach den Kriterien der CLP-Verordnung als *Stoffe und Gemische, die bei Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln*, eingestuft. Hierfür gibt es aktuell keinen Kurzbegriff.

Selbsterhitzungsfähige Stoffe werden in der DepV nicht als unzulässig aufgeführt. Sie könnten möglicherweise analog unter § 7 Abs. 2 Nr. 5 lit. a DepV (hoch entzündlich, leicht entzündlich) gestellt werden. In jedem Fall wird von einer Ablagerung nachweislich selbsterhitzungsfähiger Stoffe im Sinne der CLP-Verordnung (Anhang I Abs. 2.11) dringend abgeraten.

Abfälle mit brandfördernden Eigenschaften (z.B. nitrit-/nitrat-haltige Härtesalze) sind durch die DepV nicht von der Ablagerung ausgeschlossen, sollten aber unbedingt separat deponiert und von brennbaren Abfällen ferngehalten werden.

Ob ein Abfall die Eigenschaften explosiv, entzündbar oder selbsterhitzungsfähig besitzt, ist im Rahmen der Eignungsprüfung festzustellen und ggf. gemäß den Vorgaben der CLP-Verordnung zu prüfen (siehe Pkt. 10).

Hinweise zum Brandverhalten gibt der Parameter Brennwert (H_o), der gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 3 DepV auf 6.000 kJ/kg TM limitiert ist. Ein erhöhter Brennwert ist in den meisten Fällen auf hohe organische Anteile im Abfall zurückzuführen. Bei Schwefel_{elementar}-haltigen Abfällen (z.B. Laugungsrückstände, Katalysatoren), Phosphor_{elementar}-haltigen Abfällen (Einzelfälle, z.B. Ofenausbruch, Altlasten) sowie Abfällen, die feinverteilte, elementar vorliegende Metalle enthalten (z.B. Strahlmittelabfälle aus metallverarbeitenden Betrieben, Arsen_{elementar}-haltige Abfälle aus der chemischen Industrie), ist besondere Vorsicht geboten. In elementarer Form brennbare Metalle sind insbesondere Eisen und Zink sowie das Halbmetall Arsen. Derartige Abfälle haben häufig einen erhöhten Brennwert und können auch entzündbare Feststoffe im Sinne der CLP-Verordnung sein. Abfälle mit einem Brennwert > 6.000 kJ/kg TM sind bei Vorliegen entsprechender Verdachtsmomente (z.B. Abfallgenese, Deklarationsanalyse) im Rahmen der Eignungsprüfung bezüglich ihrer Entzündbarkeit zu prüfen. Außerdem ist die Ablagerung von Abfällen mit erhöhtem Brennwert in der UTD nur bei Vorliegen eines Ausnahmetatbestandes gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 3 DepV zulässig (siehe Pkt. 3.4.3). In

diesen Fällen ist stets eine Einzelfallbewertung auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse im Rahmen der Eignungsprüfung erforderlich.

6.3 Exotherme Reaktionen

Exotherme Reaktionen sind solche, bei denen Energie – meist in Form von Wärme – freigesetzt wird. Im Bereich der anorganischen UTD-Abfälle handelt es sich dabei typischerweise um die Reaktionen von Branntkalk (CaO) mit Wasser oder Calciumchlorid (CaCl₂) mit Wasser. Temperaturen von > 50 °C sind v.a. bei der Reaktion von Branntkalk bei Kontakt mit Feuchtigkeit möglich. Die Reaktion kann dabei sehr schnell (wenige Sekunden), aber auch langsam ablaufen.

CaO und CaCl₂ sind häufig in Rauchgasreinigungssalzen enthalten. Je nach Prozess haben ein Kontakt mit Feuchtigkeit und die beschriebene Reaktion jedoch bereits beim Erzeuger stattgefunden.

Abfälle, die Branntkalk enthalten, sollten entweder in trockenem Zustand verpackt und abgelagert oder vor der Ablagerung konditioniert werden. Bei einer Konditionierung mit Wasser ist die Wärmeentwicklung zu beachten und der Abfall danach genügend lange abzukühlen. Gutachterlich wird für die Annahme bei der UTD Heilbronn ein Richtwert für die Temperatur des Abfalls von 40 °C empfohlen.

7 Reaktionen im Ablagerungszustand

7.1 Reaktionen mit dem Wirtsgestein

Die abgelagerten Abfälle weisen typischerweise keine oder eine geringe Feuchte auf. Abfälle mit moderater Feuchte dürfen kein Überschussfluid freisetzen. Somit ist sichergestellt, dass kein freies Wasser als Reaktionspfad für Wechselwirkungen zwischen abgelagerten Abfällen und Wirtsgestein zur Verfügung steht. Zudem werden Abfälle grundsätzlich in einer mindestens zweilagigen Verpackung in der UTD abgelagert. Ausnahme bilden hier lediglich heiß abgefüllte und monolithisch ausgehärtete Abfälle, die in dieser Form physikalisch und chemisch stabil sind (siehe Pkt. 11).

Reaktionen mit dem umgebenden Salzgestein werden somit durch die Verpackung der Abfälle sowie den Ausschluss von flüssigen Abfällen bzw. freie Fluide enthaltenden Abfällen wirksam verhindert.

7.2 Reaktionen mit Luftfeuchtigkeit

Die unter Pkt. 6 dargestellten Reaktionen bei Wasserkontakt, die zur Bildung toxischer oder entzündbarer Gase oder zu einem starken Temperaturanstieg führen, können bei hygroskopischen

Stoffen oder sehr feinkörnigem Material bereits bei Kontakt mit Luftfeuchtigkeit auftreten. Dies betrifft insbesondere Härtesalze und trockene, reaktive Stäube. Die Reaktionen mit Luftfeuchtigkeit laufen eher langsam und keinesfalls heftig ab, da das Reaktionsmedium Wasser nur in fein verteilter Form und begrenzter Menge zur Verfügung steht. Eine plötzliche Ansammlung gefährlicher Mengen toxischer oder entzündbarer Gase oder exotherme Reaktionen mit einem gefährlichen Anstieg der Temperatur können daher ausgeschlossen werden.

Die betroffenen Abfälle müssen in trockenem Zustand verpackt und abgelagert werden. Bei Bedarf kann ein Trocknungsmittel (z.B. Calciumchlorid) in die Verpackung gegeben werden. Die standardmäßig zweilagige Verpackung stellt sicher, dass beim Transport und nach der Ablagerung keine weitere Luftfeuchtigkeit in die Gebinde eindringen kann. Im Rahmen der Probenahme ist bei den betroffenen Abfällen der Luftkontakt so gering wie möglich zu halten und die Verpackung wieder sorgfältig zu verschließen.

8 Stoffgruppen

8.1 Allgemeines

Um unerwünschte und gefährliche Reaktionen zwischen abgelagerten Abfällen von vornherein auszuschließen, müssen alle Abfälle einer Stoffgruppe zugeordnet werden. In einer Stoffgruppe werden dabei Abfälle zusammengestellt, die über ähnliche physikalische und chemische Eigenschaften und somit über ein ähnliches und untereinander verträgliches Reaktionsverhalten verfügen. Daher sind Stoffgruppen festzulegen und abzugrenzen, die alle für eine UTD-Ablagerung zugelassenen Abfälle mit ihren Eigenschaften aufnehmen können. Auf Basis der bisher in der UTD der SWS AG üblichen Deponiegruppen sowie den bei K-UTEC vorhandenen Erfahrungen mit anderen Untertagedeponien werden die im folgenden vorgestellten Stoffgruppen für die UTD 2029 in Heilbronn vorgeschlagen. Sollen Abfälle einer Stoffgruppe nach Verpackung (Big Bag/Fass) getrennt abgelagert werden, können die Stoffgruppen ggf. noch mit A und B unterschieden werden.

Abfälle derselben Stoffgruppe sind damit untereinander uneingeschränkt verträglich. Abfälle unterschiedlicher Stoffgruppen sind in getrennte Kammern abzulagern und auch bei Annahme, Zwischenlagerung und Transport bis zur Ablagerungskammer getrennt zu halten.

8.2 Stoffgruppe 1: Inerte Abfälle

Inertabfälle im Sinne des KrWG (§ 3 Abs. 6 KrWG) sind mineralische Abfälle,

- *die keinen wesentlichen physikalischen, chemischen oder biologischen Veränderungen unterliegen,*

- *die sich nicht auflösen, nicht brennen und nicht in anderer Weise physikalisch oder chemisch reagieren,*
- *die sich nicht biologisch abbauen,*
- *die andere Materialien, mit denen sie in Kontakt kommen, nicht in einer Weise beeinträchtigen, die zu nachteiligen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führen können.*

Die gesamte Auslaugbarkeit und der Schadstoffgehalt der Abfälle sowie die Ökotoxizität des Sickerwassers müssen unerheblich sein und dürfen insbesondere nicht die Qualität von Oberflächen- und Grundwasser gefährden.

In Bezug auf die Ablagerung unter Tage sind der Schadstoffgehalt und das Auflösungsverhalten von Abfällen zu vernachlässigen. Unter inerten Abfällen sind daher in diesem Zusammenhang solche zu verstehen, die bei Kontakt mit anderen Abfällen, bei Kontakt mit Feuchtigkeit oder erhöhter Temperatur keine gefährlichen Reaktionen, insbesondere keine Bildung toxischer oder explosiver Gase oder exotherme Reaktionen, zeigen. Eine Inertisierung kann auch durch Konditionierung erreicht werden.

Vertreter dieser Stoffgruppe sind mineralisch-anorganische Abfälle wie z.B. Reaktionssalze, Filterstäube, Aschen oder Revisionsmaterialien aus der Abgasreinigung von Müllverbrennungsanlagen (vorausgesetzt sie weisen – ggf. nach Konditionierung – nur ein geringes Wasserstoffbildungspotenzial auf, siehe Pkt. 6.1), feste Abfälle oder Ofenausbrüche aus der Glasindustrie oder Bau- und Abbruchabfälle.

Einige Abfallarten, die unkompliziert der Stoffgruppe für Inertabfälle zugeordnet werden können, wie z.B. Revisionsmaterialien aus Abfallverbrennungsanlagen oder Kammerschlacken aus der Glasherstellung, können typischerweise schwankende pH-Werte von pH ~ 3 bis pH ~ 12 aufweisen. Diese Abfälle zeigen erfahrungsgemäß unabhängig von ihrem Eluat-pH-Wert stets das gleiche unauffällige Reaktionsverhalten, so dass innerhalb der Stoffgruppe auch zwischen Abfällen mit pH 3 und pH 12 keine gefährlichen Reaktionen auftreten. Eine Auftrennung von diesen Inertabfällen anhand des pH-Wertes in zwei unterschiedliche Stoffgruppen ist daher aus Gutachtersicht unnötig.

Des Weiteren sollen die Ergebnisse der Eignungsprüfung (siehe Pkt. 10.7) in der Zuordnung der Abfälle zu einer Stoffgruppe münden, was aus Gutachtersicht auch für die inerten Abfälle erfolgen kann. Die Zuordnung von Abfällen erst im Rahmen der Annahmekontrolle anhand von Stichproben braucht unseres Erachtens nur in Ausnahmefällen dann Anwendung zu finden, wenn beispielsweise bekannt ist, dass auch pH-Werte kleiner 2 bei einem Abfall auftreten können. Eine absolut strikte Trennung bei pH 4 ist für die Stoffgruppe 1 der mineralischen inerten Abfälle aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich.

An die Ablagerungskammer für diese Abfälle sind keine besonderen Anforderungen zu stellen, da inerte Abfälle (bei Beachtung der oben genannten Zuordnungskriterien) auch mit den meisten

Abfällen anderer Stoffgruppen verträglich sind. Reaktionen können unter Umständen bei Kontakt mit solchen Abfällen der Stoffgruppe 2 (saure Abfälle) auftreten, die stark sauer (pH-Wert < 2) reagieren. Dabei werden carbonatische Bestandteile eines Inertabfalls unter Kohlendioxid-Bildung umgesetzt. Bei Kontakt von feuchten Inertabfällen mit Abfällen, die trocken zu halten sind (Stoffgruppe 3), können Letztere je nach ihrer Zusammensetzung entsprechend reagieren (siehe Pkt. 8.4 und 8.5).

Die Abfälle der Stoffgruppe 1 machen unter den seit 1998 in der UTD Heilbronn abgelagerten Abfällen mit rund 90 % den weitaus größten Anteil aus.

Typische Abfallschlüssel sind z.B.: 10 01 16*, 10 11 15*, 16 11 05*, 17 05 03*, 19 01 13*.

8.3 Stoffgruppe 2: Saure Abfälle

Viele Abfälle unterschiedlicher Genese setzen bei Kontakt mit Säuren toxische oder explosive Gase frei oder reagieren stark exotherm. Aus diesem Grund sollten saure Abfälle in einer eigenen Stoffgruppe zusammengefasst und getrennt von anderen Stoffgruppen abgelagert werden. Gefährliche Reaktionen treten typischerweise jedoch nicht schon bei schwach sauren pH-Werten von 6 oder 5 auf, sondern erfahrungsgemäß erst im sauren pH-Bereich deutlich kleiner 4.

Aufgrund des Reaktionsverhaltens vieler bekannter UTD-Abfälle sowie aus praktischen Erwägungen schlagen wir daher vor, mineralische Abfälle mit einem Eluat-pH-Wert < 4 potentiell in die Stoffgruppe der sauren Abfälle einzuordnen. Die Entscheidung der Zuordnung sollte anhand der Ergebnisse der Eignungsprüfung (siehe Pkt. 10.7) erfolgen. Abfälle mit stark saurem pH-Wert < 2 sind in jedem Fall der Stoffgruppe 2 zuzuordnen. Bei diesen sauer reagierenden Abfällen handelt es sich beispielsweise um V₂O₅-Katalysatoren, schwefelsäureimprägnierte Aktivkohle oder Abfälle aus der chemischen Industrie.

Saure Abfälle sind getrennt zu lagern von allen Abfällen, die bei Kontakt mit Säuren gefährliche Reaktionen zeigen, insbesondere eine Freisetzung toxischer Gase. Dies betrifft in besonderem Maße cyanidhaltige Abfälle (Stoffgruppe 4) und nitrit-/nitratthaltige Abfälle (Stoffgruppe 6).

Typische Abfallschlüssel sind z.B.: 16 08 02*, 19 01 10*.

8.4 Stoffgruppe 3: Trockene Abfälle

In dieser Gruppe werden zum Zweck der UTD-Ablagerung Abfälle zusammengefasst, die bei Kontakt mit Wasser entweder toxische oder entzündbare Gase freisetzen oder stark exotherm reagieren. Ein Kontakt mit wässrigen Fluiden – das schließt auch feuchte Abfälle ein – ist bei der Ablagerung dieser Stoffgruppe auszuschließen.

Es handelt sich bei diesen Abfällen z.B. um Stäube aus Rauchgasreinigungsanlagen der Metall-, insbesondere der Aluminium-Industrie oder Strahlmittelabfälle. Solche Abfälle enthalten typischerweise elementares Aluminium oder Zink. Diese Elemente reagieren bei Wasserkontakt und besonders im basischen Milieu, welches die Stäube überwiegend aufweisen, unter Freisetzung von Wasserstoff. Ein besonders hohes Wasserstoffbildungspotenzial weisen erfahrungsgemäß Stäube aus der Aluminiumschmelze bzw. dem Aluminiumrecycling auf. Stahlwerksstäube und Strahlmittelabfälle enthalten typischerweise nur anteilig Metalle in elementarer Form und können daher sehr unterschiedliche Potenziale zur Wasserstoffbildung haben.

Exotherme Reaktionen mit starkem Temperaturanstieg zeigen Abfälle, die z.B. Calciumchlorid enthalten, das bei Wasserkontakt hydratisiert, oder solche, die Branntkalk (freies CaO) enthalten. Hier sind insbesondere Abfälle aus der Rauchgasreinigung von Verbrennungsanlagen zu nennen, die entsprechende Reaktionssalze enthalten (wenn sie nicht der Stoffgruppe 1 zuzuordnen sind). Auch Stahlwerksstäube können freies CaO aufweisen.

Die genannten Reaktionen können bei sehr feinkörnigen Stäuben sowie hygroskopischen Materialien (z.B. mit hohem Calciumchlorid-Anteil) im Einzelfall bereits bei Kontakt mit Luftfeuchtigkeit ablaufen (siehe Pkt. 7.2).

Gasbildungsverhalten sowie exotherme Reaktionen fallen auch bei Abfällen gleicher Genese erfahrungsgemäß bezogen auf die konkrete Anlage unterschiedlich aus und sind im Rahmen der Eignungsprüfung zu testen und zu bewerten.

Die Abfälle dieser Stoffgruppe müssen in trockenem Zustand verpackt und abgelagert werden. Trockene Abfälle sind von freien wässrigen Fluiden fernzuhalten sowie von allen Abfällen, die organoleptisch als feucht beurteilt werden können. Dies trifft gewöhnlich ab einer Feuchte von etwa 5 % zu, kann jedoch in Abhängigkeit von der Abfallmatrix sehr unterschiedlich sein.

Typische Abfallschlüssel sind z.B.: 10 03 19*, 10 08 15*, 12 01 16*.

8.5 Stoffgruppe 4: Cyanidhaltige Abfälle

Cyanidhaltige Abfälle stammen zumeist aus der metallverarbeitenden Industrie in Form von Härtesalzen. Diese Altsalze enthalten neben Carbonaten und Chloriden auch relevante Anteile von Alkalicyaniden, die bei Kontakt mit wässrigen Fluiden, insbesondere Säuren, unter Freisetzung von giftigem Cyanwasserstoff (HCN) reagieren. Diese Reaktion kann bereits bei Kontakt mit Luftfeuchtigkeit ablaufen (beachte Pkt. 7.2). Cyanidhaltigen Härtesalzen wird daher häufig ein Trocknungsmittel beigefügt. Auch Abfälle aus Altlastensanierungen (z.B. Bodenaushub) können mit

Cyaniden belastet sein. Diese liegen jedoch meist komplex gebunden vor und werden nicht so leicht freigesetzt wie aus Härtesalzen.

Aufgrund der Gefahr der HCN-Freisetzung ist ein Kontakt dieser Abfälle mit Feuchtigkeit (freien wässrigen Fluiden oder feuchten Abfällen) sowie sauer reagierenden Materialien auszuschließen.

Typischer Abfallschlüssel ist z.B.: 11 03 01*.

8.6 Stoffgruppe 5: Abfälle mit Ammoniumverbindungen

In diese Stoffgruppe sind Abfälle einzuordnen, die einen hohen Gehalt an Ammoniumverbindungen aufweisen und bei Kontakt mit basisch reagierenden Materialien relevante Volumina an NH_3 freisetzen. Hierunter fallen bestimmte Salze aus der chemischen Industrie.

Die Abfälle dieser Stoffgruppe dürfen keinen Kontakt zu feuchten, basisch reagierenden Materialien haben. Sie sollten daher einen pH-Wert zwischen 4 und 9 aufweisen, damit keine gefährlichen gasbildenden Reaktionen untereinander auftreten können. Es gibt allerdings auch ammoniumhaltige Salze mit hohem Carbonat-Anteil, die gleichzeitig von sauer reagierenden Materialien getrennt zu halten sind. Hier ist zur Einordnung in eine Stoffgruppe stets eine Einzelfallentscheidung auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse im Rahmen der Eignungsprüfung erforderlich.

Typische Abfallschlüssel sind z.B.: 07 07 10*, 11 01 98*.

8.7 Stoffgruppe 6: Oxidationsmittel

In diese Stoffgruppe sind insbesondere nitrit- und nitrathaltige Salze einzuordnen, die als brandfördernd bzw. als Oxidationsmittel einzustufen sind. Entsprechende Salze finden als Härtesalze (AVV 11 03 02*) oder Wärmeträgersalze (AVV 06 03 13*) Anwendung. Diese Salze enthalten neben Carbonaten und Chloriden hohe Anteile an Alkalinitrit und -nitrat, die bei Kontakt mit Säuren unter Freisetzung von nitrosen Gasen (NO , NO_2) reagieren. Ebenfalls in die Stoffgruppe der Oxidationsmittel fallen Chrom(VI)-haltige Abfälle sowie solche, die Kaliumpermanganat oder andere Oxidationsmittel enthalten. Diese Abfälle stammen überwiegend aus der metallverarbeitenden Industrie. Außerdem können Oxidationsmittel in Gemengeabfällen der Glasindustrie sowie in speziellen Abfällen der chemischen Industrie vorkommen. Es gibt allerdings auch Abfälle aus den genannten Branchen mit den gleichen Abfallschlüsselnummern, die keine Oxidationsmittel enthalten!

Brennbare Abfälle sind von den brandfördernden Abfällen dieser Stoffgruppe getrennt abzulagern. Fernzuhalten sind von den genannten Abfällen außerdem feuchte und stark sauer reagierende Abfälle.

Typische Abfallschlüssel sind z.B.: 11 03 02*, 11 01 09*.

8.8 Stoffgruppe 7: Hg-haltige Abfälle/hohe Brandlast

Abfälle, die in Art. 11 oder Art. 13 Abs. 3 der EU-Quecksilber-Verordnung aufgeführt sind, sollten in der UTD Heilbronn in eine separate Kammer abgelagert und anschließend mit Bergesalzen überdeckt werden. Es handelt sich bei diesen Abfällen um Rückstände aus den sog. großen Quellen: Chlor-Alkaliindustrie, Reinigung von Erdgas, Förderung von Nichteisenmetallen und Verhüttung, Extraktion aus Zinnobererz. Aus Gutachtersicht erscheint es sinnvoll, alle Abfälle, die elementares Quecksilber enthalten (also potenziell Quecksilber-Dampf freisetzen), unabhängig von ihrer Herkunft in einer Stoffgruppe zusammenzufassen. Abfälle, die nachweislich ausschließlich Quecksilber in gebundener Form enthalten, können einer anderen passenden Stoffgruppe zugeordnet werden. Dieser Nachweis kann durch chemische und mineralogische Untersuchungen oder durch wiederholte Quecksilber-Dampf-Messungen erfolgen.

Durch die Abdeckung mit Salzen – entweder direkt nach der Ablagerung (gemäß Quecksilber-Verordnung) oder nach Beendigung eines Ablagerungsabschnittes – kann eine später ggf. auftretende Freisetzung von Quecksilber-Dampf lokal beschränkt werden.

Nach unserer Erfahrung hat es sich bewährt, auch Abfälle mit erhöhter Brandlast (hohem Kohlenstoff-/ Schwefelgehalt) dieser Stoffgruppe zuzuordnen. Typische Vertreter solcher Abfälle sind Aktivkohlen und Ionenaustauscherharze aus der Rauchgasreinigung oder der chemischen Industrie. Diese Abfälle überschreiten den Grenzwert für den Brennwert gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 3 DepV, enthalten aber regelmäßig auch Quecksilber, wodurch sie unter die Ausnahmeregelung der DepV fallen. Krematoriumsaschen werden gemäß AVV (10 14 01*) zu den quecksilberhaltigen Abfällen gezählt, obwohl die Gehalte an Quecksilber in der Regel deutlich unter 1.000 mg/kg liegen. Eine Überschreitung des Brennwertes kommt bei ihnen – in Abhängigkeit von der in der Anlage verwendeten Rauchgasreinigungstechnik – eher selten vor. Aus Gutachtersicht ist eine Zuordnung von Krematoriumsaschen zu dieser Stoffgruppe nicht zwingend, wenn durch Quecksilber-Dampf-Messungen belegt wurde, dass kein elementares Quecksilber im Abfall vorliegt. Eine Einstufung als entzündbarer Feststoff gemäß CLP-Verordnung liegt auch bei Abfällen mit erhöhtem Brennwert typischerweise nicht vor. Andere quecksilberhaltige Abfälle, wie z.B. kontaminierte Böden, sind bei der Zusammenlagerung mit brennwertreichen Abfällen unschädlich. Die genannten Abfälle können pH-Werte im hoch basischen (Krematoriumsaschen) wie im sauren Bereich (Aktivkohlen) aufweisen. Da sie jedoch überwiegend inert sind, besteht nicht die Gefahr der Freisetzung toxischer Gase durch den Kontakt dieser Abfälle untereinander.

Dieser Stoffgruppe können somit die genannten Abfallarten unabhängig von ihrem pH-Wert zugeordnet werden. Zusätzlich ist auch die Ablagerung von inerten Abfällen, die aus anderen Gründen mit Salz abzudecken sind (z.B. asbesthaltige Abfälle), mit dieser Stoffgruppe möglich.

Die Abfälle dieser Stoffgruppe sind getrennt zu halten von brandfördernden und oxidierend wirkenden Abfällen sowie Abfällen, die bei Kontakt mit Säuren toxische Gase freisetzen.

Typische Abfallschlüssel sind z.B.: 06 04 04*, 06 07 02*, 10 14 01*, 17 09 01*, 19 01 10*.

8.9 Optional: Einzelprojekte

Die neu aufgefahrenen Kammern der UTD 2029 können außerdem für einmalige Projekte genutzt werden. Dies bietet sich besonders dann an, wenn die Abfälle nicht eindeutig einer Stoffgruppe zuzuordnen sind oder mit keiner der vorgenannten Gruppen verträglich sind. Hierunter können beispielsweise bestimmte arsenhaltige Abfälle fallen. Diese arsenhaltigen Abfälle aus der chemischen Industrie können gleichzeitig Arsen in elementarer Form (Reduktionsmittel) und Diarsentrioxid (Oxidationsmittel) enthalten. Außerdem reagieren sie bei Kontakt mit Feuchtigkeit und insbesondere Säuren unter Freisetzung von hochgiftigem Arsenwasserstoff. Eine separate Kammer gewährleistet in diesen Fällen, dass keine gefährlichen Reaktionen verschiedener Abfälle untereinander auftreten können.

9 Ablagerungskammern

9.1 Größe und Zuschnitt der neuen Kammern

Der neue Deponiebereich befindet sich im nördlichen Grubenfeld des Bergwerks Heilbronn, östlich des Nordfeldes. Zum Nordfeld besteht ein Sicherheitspfeiler von 100 m. Südlich besteht ein 200 m breiter Sicherheitspfeiler mit den Zugangsstrecken zum Deponiebereich (siehe Abbildung 1).

Für den neuen Deponiebereich ist eine Grundfläche von ca. 447.750 m² und ein Volumen von insgesamt ca. 1.310.524 m³ vorgesehen. Der neue Deponiebereich ist noch nicht vollständig aufgefahren, der finale Zuschnitt ist dabei abhängig von den angetroffenen geologischen Verhältnissen, insbesondere der Gesamtmächtigkeit des Salzlagers. Maximal ist die Auffahrung von 48 Kammern geplant, woraus sich die folgenden Abmessungen des neuen Deponiebereiches ergeben:

W – O: 636 m

N – S: 704 m

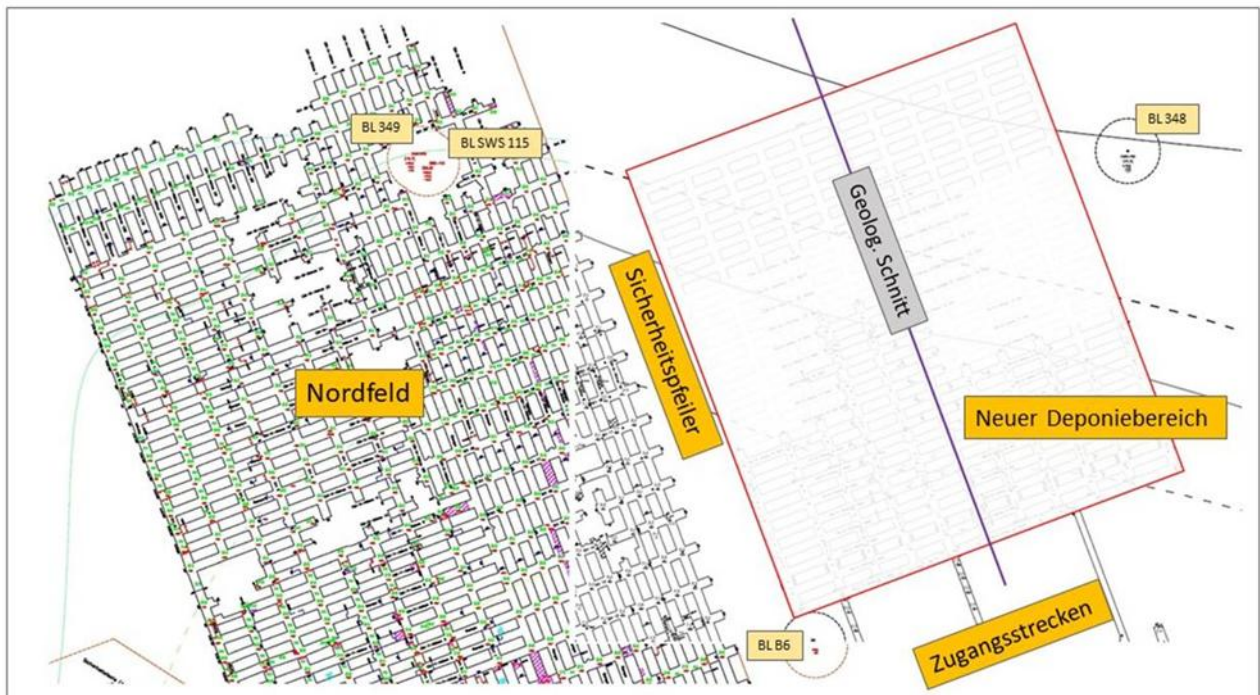


Abbildung 1 Lageplan und Grundriss des neuen Deponiebereiches

Im Detail ist die Auffahrung der folgenden Deponiekammern vorgesehen:

Tabelle 1 Auffahrung Deponiekammern

	Flügel West	Flügel Ost
Anzahl Kammern	24 ⁴	24 ⁴
Flügelbreite O – W (ab Mitte Förderstrecke)	260 m	376 m
Anzahl Querörter pro Kammer	4	6
Festlänge	3 x 46 m 1 x 59 m	5 x 46 m 1 x 55 m

9.2 Kammertypen allgemein

Gemäß Anhang 5 Abs. 5 DepV dürfen Abfälle nach Ablagerung nicht untereinander reagieren. Sind Reaktionen möglich oder nicht auszuschließen, sind die verschiedenen Abfälle entweder in getrennten Hohlräumen abzulagern oder in den Hohlräumen sind durch bauliche Maßnahmen getrennte Abschnitte zu schaffen. Dieser Vorgabe wird bei der Auffahrung des neuen

⁴ Maximale Anzahl an geplanten Deponiekammern, in der finalen Auslegung des Deponiefeldes in Abhängigkeit der angetroffenen geologischen Verhältnisse (Mächtigkeit des Salzlagere) ggf. geringer.

Deponiebereiches für die UTD 2029 Rechnung getragen. Neben den einzelnen, durch Pfeiler getrennten Ablagerungskammern werden auch Kammern mit nicht-durchschlägigen Orten aufgefahren. Da dies nicht durchschlägige Orte sind, ist ein direkter Kontakt unter den einzelnen Stoffgruppen nicht gegeben. Die Salzpfeiler dieser nicht-durchschlägigen Orte sollen eine Breite von 2 Meter haben. Aus gutachterlicher Sicht stellt die Mächtigkeit von 2 m eine ausreichende Barriere zwischen den Abfällen der Stoffgruppen 3 bis 7 dar.

In dem neuen Deponiebereich wird es damit zwei unterschiedliche Kammertypen geben. Kammertyp I ist offen gestaltet (durchschlägige Orte) und Kammertyp II ist einseitig geschlossen (nicht-durchschlägige Orte mit einer Salzmächtigkeit von 2 m). Die Zuordnung der Stoffgruppen zu den Kammertypen ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2 Stoffgruppen und Kammertypen

Stoffgruppe	Kammertyp
1 – Inerte Abfälle	I – offen / II – geschlossen
2 – Saure Abfälle	I – offen / II – geschlossen
3 – Trockene Abfälle	II – geschlossen
4 – Cyanidhaltige Abfälle	II – geschlossen
5 – Abfälle mit Ammoniumverbindungen	II – geschlossen
6 – Oxidationsmittel	II – geschlossen
7 – Hg-haltige Abfälle/hohe Brandlast	II – geschlossen

Bei der Befüllung der einzelnen Kammern ist sicherzustellen, dass nur Abfälle, die zur gleichen, für die entsprechende Kammer festgelegten Stoffgruppe gehören, gemeinsam abgelagert werden.

Das abschnittsweise Einschleudern von Salz ist aufgrund der geringeren Größe der neuen Kammern aus Gutachtersicht nur in Kammern mit Abfällen, die unter die Quecksilber-Verordnung fallen, nötig.

9.3 Kammern mit besonderen Anforderungen

Für die Abfälle der Stoffgruppen 3 bis 7 gelten besondere Lagerungsbedingungen, sie dürfen daher jeweils nicht mit Abfällen der anderen Stoffgruppen in Kontakt kommen.

Diese Kammern (Kammertyp II) werden bereits als Sackgassen aufgeschnitten, so dass nur aus einer Richtung Zugang besteht. Falls es einen Mehrbedarf an Kammern für diese Stoffgruppen gibt, wird vorgeschlagen, diese vor der Nutzung einseitig mit Salz zu verschließen. Für Stoffgruppe 3 (trockene Abfälle), Stoffgruppe 4 (cyanidhaltige Abfälle) und Stoffgruppe 6 (Oxidationsmittel) ist jeweils eine benachbarte Lagerung von Abfällen der Stoffgruppe 2 (saure Abfälle) zu vermeiden. Zwischen den Ablagerungskammern für die Stoffgruppe 7 (Hg-haltige Abfälle/hohe Brandlast) und

denen für Stoffgruppe 6 (Oxidationsmittel) sollte nach Möglichkeit ein größerer Schutzabstand gehalten werden. Alternativ können beispielsweise die Abfälle der Stoffgruppe 7 – wie bei Abfällen nach Quecksilberverordnung ohnehin praktiziert – regelmäßig mit Salz abgedeckt werden.

10 Eignungsprüfung

10.1 Allgemein

Bei der Prüfung der Abfälle auf ihre Eignung zur Ablagerung in der UTD sind die Vorgaben der DepV (§ 7 Abs. 2 DepV) zu beachten.

Vor der geplanten Aufnahme der Entsorgung eines Abfalls in der UTD muss die Ablagerungsfähigkeit des Materials durch Fachpersonal der SWS AG oder externe Gutachter beurteilt werden. Bei dieser Eignungsprüfung ist insbesondere festzustellen, ob die Abfälle gemäß § 7 Abs. 2 DepV für die Ablagerung in einer Deponie der Klasse IV zugelassen sind. Für die Prüfungen ist vom Erzeuger eine repräsentative Probe des Abfalls mit Probenahmeprotokoll zur Verfügung zu stellen. Außerdem ist vom Erzeuger die grundlegende Charakterisierung nach § 8 Abs. 1 DepV vorzulegen. Führen Änderungen im abfallerzeugenden Prozess zu relevanten Änderungen der Zusammensetzung des Abfalls, hat der Erzeuger dem Deponiebetreiber eine aktualisierte grundlegende Charakterisierung vorzulegen (§ 8 Abs. 1 Satz 6 DepV).

Bei Abfällen, die Rückstände gemäß Anlage 1 zu § 5 Abs. 32 StrlSchG darstellen, hat der Abfallerzeuger die Einhaltung der Überwachungsgrenze gemäß Anlage 5 Nr. 3 StrlSchV nachzuweisen.

10.2 Organoleptische Prüfung

Die Probe ist zunächst organoleptisch zu beurteilen (Aussehen, Konsistenz, Geruch und Farbe) und auf eine mögliche Freisetzung entzündbarer oder giftiger Gase zu prüfen.

Abfälle, bei denen Ausgasungen oder unangenehme Gerüche festgestellt werden, müssen so konditioniert werden, dass sie diese Eigenschaften verlieren, oder von der Ablagerung ausgeschlossen werden. Weist eine Abfallprobe eine flüssige Konsistenz oder freies Fluid auf, muss der Abfall mit dem Ziel einer festen Konsistenz ohne Überschussfluid konditioniert werden. Andernfalls ist ein solcher Abfall ebenfalls von der Entsorgung in der UTD auszuschließen.

10.3 Deklarationsanalyse

Die Deklarationsanalyse eines Abfalls wird anhand von durch die SWS AG an der übergebenen Probe bei einem akkreditierten Labor beauftragter Analytik sowie ggf. durch den Erzeuger vorgelegten Analysen zusammengestellt. Die benötigten Parameter erschließen sich teilweise aus der DepV und POP-Verordnung (z.B. Brennwert, PCDD/F). Weitere wichtige Parameter können sich aus der Abfallgenese ergeben (z.B. Schwermetalle, Cyanide). Abfallspezifische Gefahrstoffe sind vom Erzeuger zu benennen.

Anhand der Deklarationsanalyse werden die Abfälle chemisch charakterisiert und Haupt- und Nebenbestandteile sowie ggf. enthaltene Gefahrstoffe identifiziert und bewertet. Dazu sollten auch bereits gesammelte Daten zu Schlüsselparametern und anderen relevanten Inhaltsstoffen (z.B. aus Kundenanalysen, Altlastengutachten) herangezogen werden.

10.4 Prüfung auf Entzündbarkeit

Ein wichtiges Merkmal von Abfällen ist ihre Entzündbarkeit. Allgemein gibt der Parameter Brennwert (H_o) – gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 3 DepV auf 6.000 kJ/kg begrenzt – Hinweise auf relevante brennbare Inhaltsstoffe, bei Abfällen mit organischen Anteilen sind außerdem die Messwerte für TOC und Glühverlust zu beachten. Für rein anorganische Abfälle, die keinen Schwefel_{elementar} oder Phosphor_{elementar} oder feinkörnige Metalle in elementarer Form enthalten und daher typischerweise einen niedrigen Brennwert aufweisen, kann die Entzündbarkeit anhand der Abfallgenese und der Deklarationsanalyse meist ausgeschlossen werden. Bei Abfällen, die erfahrungsgemäß brennbar sind, oder die nach ihrer Abfallgenese oder Deklarationsanalytik Verdachtsmomente wie z.B. einen hohen Kohlenstoff-, Schwefel- oder Phosphor-Anteil oder elementare Metalle in fein verteilter Form aufweisen, ist anhand der vorliegenden Probe zu testen⁵, ob der Abfall gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 als entzündbarer Feststoff einzustufen ist. Sind die entsprechenden Einstufungskriterien erfüllt, ist der Abfall in der vorliegenden Form nicht für die Entsorgung in der UTD zugelassen.

Im Einzelfall, z.B. bei feinkörnigen Abfällen, die elementares Eisen enthalten, ist zusätzlich eine Prüfung auf Selbsterhitzungsfähigkeit⁶ zu empfehlen.

Ein als entzündbar oder selbsterhitzungsfähig eingestufte Abfall kann unter Umständen konditioniert werden, um die Kriterien des § 7 Abs. 2 DepV zu erfüllen.

⁵ Derzeit gültige Prüfanweisung: Prüfung N.1 gemäß *UN-Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter, Handbuch über Prüfungen und Kriterien.*

⁶ Derzeit gültige Prüfanweisung: Prüfung N.4 gemäß *UN-Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter, Handbuch über Prüfungen und Kriterien.*

10.5 Untersuchungen zum Gasbildungsverhalten

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Feststellung der Ablagerungsfähigkeit eines Abfalls ist das Gasbildungsverhalten im Originalzustand sowie bei Kontakt mit wässrigen Flüssigkeiten. Dazu wird an einer repräsentativen Originalprobe mit geeignetem Messgerät⁷ auf brennbare und/oder toxische Gase bzw. Dämpfe geprüft. Je nach Abfallherkunft sollte dabei z.B. auf H₂, NH₃, CO sowie bei entsprechenden deklarierten Inhaltsstoffen z.B. auf HCN, organische Dämpfe, Quecksilber-Dampf getestet werden. Des Weiteren wird vorgeschlagen, sofern die Abfallgenese es impliziert, anhand einer Probe für den zu prüfenden Abfall das Volumen der bei Kontakt mit Wasser bzw. NaCl-Lösung entstehenden nicht wasserlöslichen Gase (v.a. H₂, CO₂, CH₄) zu bestimmen. Erweiternd kann für einzelne Abfälle auch das gebildete Gasvolumen nach dem Ansäuern (pH < 2) und Versetzen der in Wasser suspendierten Probe mit Natronlauge (pH > 13) ermittelt werden. Bei den einzelnen Suspensionsversuchen sollte außerdem mit geeigneten Messmethoden⁸ auf die Freisetzung giftiger Gase (z.B. NH₃, H₂S, HCN, NO_x) geprüft werden. Der jeweils notwendige Prüfungsumfang – insbesondere die Untersuchung im sauren pH-Bereich sowie die Prüfung auf toxische Gase – leitet sich aus der Abfallgenese und -zusammensetzung ab.

Mit den dargestellten Untersuchungen zum Gasbildungsverhalten kann ggf. gleichzeitig die Prüfung für Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln⁹, abgedeckt werden.

Aus den Untersuchungsergebnissen ergeben sich wichtige Kenntnisse zu den Bedingungen, unter denen eine Ablagerung der Abfälle sicher möglich ist bzw. zu dem zu erwartenden Gasbildungsverhalten von Abfällen bei der Konditionierung mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten.

Abfälle, die relevante Mengen Wasserstoff freisetzen bzw. unter Ablagerungsbedingungen freisetzen könnten, werden vor der Ablagerung durch die SWS AG oder einen Partner konditioniert. Die konditionierten Abfälle werden in Big Bags verpackt und bis zum Abklingen der Wasserstoffbildungsreaktion offen stehen gelassen. Als Erfahrungswert hat sich dafür ein Zeitraum von drei Tagen als ausreichend erwiesen. In Zweifelsfällen kann eine Freimessung auf brennbare Gase bzw. Wasserstoff erfolgen.

⁷ Mobiles Gasmessgerät mit entsprechenden Sensoren (bspw. von der Firma Dräger) sowie Kurzzeit-Prüfröhrchen für die zu messenden Gase.

⁸ Z.B. Kurzzeit-Prüfröhrchen.

⁹ Derzeit gültige Prüfanweisung: Prüfung N.5 gemäß *UN-Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter, Handbuch über Prüfungen und Kriterien*

10.6 Bewertung gefährlicher Eigenschaften

Anhand der vorliegenden Analyse- und Prüfdaten ist der durch die Probe repräsentierte Abfall gefahrstoffrechtlich gemäß GefStoffV in Verbindung mit der CLP-Verordnung einzustufen, damit entsprechende Maßnahmen zum Arbeitsschutz für den Fall eines Kontaktes von Beschäftigten mit dem Abfallmaterial getroffen werden können. Es wird daher empfohlen, die Bewertung in Form einer worst-case-Betrachtung durchzuführen und z.B. einen Abfall mit einem Eluat-pH-Wert von ≤ 2 oder $\geq 11,5$ als hautätzend (Skin Corr. 1A, B, C; H314) und augenschädigend (Eye Dam. 1; H318) einzustufen und zu kennzeichnen. Außerdem wird vorgeschlagen, Schwermetalle zur Bewertung auf jeweils eine Bindungsform zu normieren (z.B. Oxide). Relevante organische Verbindungen können ggf. auch als Summenparameter berücksichtigt werden, wenn keine Einzelanalysen vorliegen. Physikalische Eigenschaften wie brandfördernd sind – wenn zutreffend – ebenfalls in die Bewertung einzubeziehen. Die ermittelte Einstufung und Kennzeichnung ist für den jeweiligen Abfallerzeuger nicht bindend.

Zukünftige Änderungen der CLP-Verordnung, die zu veränderten Einstufungen von relevanten Stoffen sowie Gemischen führen, sind zu beachten.

Neben der gefahrstoffrechtlichen Einstufung und Kennzeichnung sind auch die für den jeweiligen Abfall zutreffenden Eigenschaften (siehe Pkt. 5) und Reaktionspotenziale (siehe Pkt. 6) in die Beurteilung einzubeziehen und geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen zu treffen. Weitere Hinweise dazu befinden sich in den Kapiteln 12.2, 13 und 14.

10.7 Zuordnung zu einer Stoffgruppe

Die Zuordnung eines Abfalls zu einer Stoffgruppe muss individuell anhand der tatsächlich vorliegenden Eigenschaften (Inhaltsstoffe, Feuchte, pH-Wert, Gasbildungsverhalten etc.) vorgenommen werden. Eine pauschale Zuordnung von Abfallschlüsselnummern zu bestimmten Stoffgruppen kann nur in Ausnahmefällen erfolgen, z.B. für cyanidhaltige Abfälle.

Einige Abfälle fallen aufgrund ihrer Eigenschaften in zwei (oder mehr) Stoffgruppen. In diesen Fällen ist zu entscheiden, welche Gefahr bei der Ablagerung überwiegt und mit welchen anderen Abfällen dieser Abfall nicht zusammen abgelagert werden sollte.

Konditionierte Abfälle werden anhand ihrer Eigenschaften nach der erfolgten Konditionierung einer Stoffgruppe zugeteilt.

Die Zuordnung eines Abfalls zu einer Stoffgruppe kann durch Fachpersonal der SWS AG oder durch externe Gutachter erfolgen.

10.8 Festlegung von Parametern für die Annahmekontrolle

Anhand der Ergebnisse der oben beschriebenen Prüfungen können für individuelle Abfälle oder Abfallgruppen (wie z.B. Härtesalze) Parameter festgelegt werden, die im Rahmen der Annahmekontrolle bei der SWS AG am Abfall zu prüfen sind.

Diese Parameter sollten in von der SWS AG zu bestimmenden Abständen (z.B. in Abhängigkeit von der abgelagerten Abfallmenge) auf Zweckmäßigkeit geprüft und ggf. angepasst werden.

11 Verpackung

11.1 Allgemeines

Abfälle werden in der UTD Heilbronn nur verpackt abgelagert. Es ist stets eine zweilagige Verpackung vorgesehen, die aus unterschiedlichen Lagen bestehen kann. Standard sind hier – wie auch in anderen deutschen Untertagedeponien – zweilagige Big Bags oder Fässer bzw. Container mit Kunststoff-Inliner.

Die Verpackung in zweilagiger Form erhöht die Sicherheit sowohl für die Beschäftigten bei Tätigkeiten rund um die UTD-Abfälle als auch unter Tage nach der Ablagerung der Abfälle. Die innere Lage der Verpackung (in der Regel ein Kunststoff-Inliner) stellt eine staubdichte, feuchtigkeits- und chemikalienresistente Barriere dar und verhindert eine unbeabsichtigte Freisetzung des Abfalls bei Beschädigung (z.B. während des Transportes) oder Öffnung der Außenverpackung. Die äußere Lage der Verpackung (Big Bag oder Fass/Container) gibt dem Gebinde die mechanische Stabilität für den Transport und die Ablagerung. Sollte der Inliner ausnahmsweise undicht werden (z.B. durch scharfkantige Abfallbestandteile), stellt die äußere Verpackung weiterhin eine dicht schließende Barriere gegenüber der Umgebung dar. Gebinde mit einer beschädigten Verpackungskomponente sind stets mit einer neuen Außenverpackung zu versehen (siehe Pkt. 14.6), um die Zweilagigkeit sicherzustellen.

Die Außenverpackungen sowie die Inliner müssen daher gegenüber dem Inhalt chemisch und thermisch stabil sein und dicht abschließen. Die Außenbehältnisse müssen eine für die Anforderungen des Deponiebetriebs ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen, insbesondere muss die Stapelfähigkeit der Gebinde mindestens der für die Deponie vorgesehenen Stapelhöhe entsprechen. Die Verschlüsse von Metall- oder Kunststoffbehältnissen müssen gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sein. Metallbehältnisse benötigen gegen Einflüsse von außen einen Korrosionsschutz.

Verpackungen bzw. Gebinde benötigen für den Einsatz in der UTD Nachweise über eine Bauartzulassung (insbesondere Fässer bzw. Container) oder eine Eignungsprüfung (z.B. für FIBCs). Damit wird die Einhaltung der oben dargestellten Anforderungen sichergestellt.

Grundsätzlich sind doppelagige Verpackungen für Abfälle vorgesehen. Es gibt jedoch Abfälle, die aufgrund ihrer Eigenschaften oder des Entstehungsprozesses nicht in eine Standard-Verpackung eingefüllt werden können. Bei gefährlichen Abfällen verbietet sich auch aus Arbeitsschutzgründen meist ein nachträgliches Umfüllen des Materials. Keine Probleme bereiten in der Regel kleine Fässer (bis 60 Liter), in denen z.B. geruchsintensive Abfälle gesammelt werden. Sie können in Container gestellt und mit einer Schüttung stabilisiert werden. Es gibt allerdings auch Abfälle, die in heißem, flüssigem Zustand in Fässer abgelassen werden und darin zu einem Monoblock aushärten. Die Verwendung eines Inliners ist hier nicht möglich. Das Fass mit dem erstarrten Abfall wird fest verschlossen und es besteht aus Gutachtersicht keine Notwendigkeit das Fass mit einer zweiten Lage Verpackung (z.B. einem Überzieh-Big-Bag) zu versehen. Als Monoblock ausgehärtete Abfälle sind erfahrungsgemäß physikalisch und chemisch stabil.

Die Art der Verpackung wird anhand der Abfalleigenschaften (Konsistenz, physikalisch-chemische Eigenschaften, Geruch) im Rahmen der Eignungsprüfung festgelegt. Vom Standard abweichende Verpackungsarten werden in den Anzeigen der jeweiligen Stoffgenehmigungen im Detail beschrieben. In begründeten Einzelfällen kann auf die Doppellagigkeit bei ausreichend widerstandsfähigen Verpackungsarten verzichtet werden.

Bei der Anlieferung von Abfällen in Fässern und Containern ist das Totraumvolumen im Gebinde zu minimieren.

11.2 Big Bag (FIBC)

Big Bags (Flexible Intermediate Bulk Container, kurz: FIBC) sind einfach in der Handhabung und eignen sich besonders für inerte Abfälle der Stoffgruppe 1. Für die Ablagerung in der UTD dürfen nur geeignete und qualifizierte Big Bags verwendet werden. Abfälle, die Gefahrgut sind, müssen in Big Bags mit UN-Code verpackt werden. Um die zweilagige Verpackung zu gewährleisten, werden Big Bags mit PE-Inliner eingesetzt. Die Stärke der verwendeten Inliner beträgt mindestens 60 µm.

Die Eignung von FIBCs wird an folgende Bedingungen geknüpft: Big Bags müssen mindestens 5-fach stapelbar sein. Das zugelassene max. Füllgewicht sowie der Safe Working Load (SWL) bei einem Safety Factor (SF) 5:1 der Big-Bags darf nicht überschritten werden (Mindesttragfähigkeit). Der Hersteller muss Baumusterbeschreibungen (Material, Materialstärke, Temperaturbeständigkeit, Big-Bag-Aufhängung), Prüfzeugnisse und ggf. Zeugnisse seines Qualitätsmanagementsystems

vorlegen. Bei Einhaltung dieser Anforderungen ist die Stärke der Inliner ($> 60 \mu\text{m}$) aus Gutachtersicht ausreichend.

Stäube, Revisionsmaterial, Salze und Bodenaushub können in der Regel problemlos in Big Bags verpackt werden. Konditionierte Abfälle werden üblicherweise ebenfalls in Big Bags abgesackt. Bei Abfällen mit größeren Anteilen wie Bauschutt oder Ofenausbruch ist darauf zu achten, dass die Integrität der Big Bags nicht beeinträchtigt wird. Andernfalls ist der Abfall zu zerkleinern oder eine andere Verpackungsart zu wählen.

Eine Stabilisierung von Big Bags beim Transport kann optional auch durch wiederverwendbare Transportbehältnisse erreicht werden. Grundsätzlich werden Big Bags ohne Paletten in den Deponiekammern eingebaut.

11.3 Stahlblech-/ Kunststofffass mit Inliner

Fässer eignen sich für fast alle Abfälle, für die ein Big Bag nicht die erforderliche Stabilität bietet, die keinen Kontakt mit Feuchtigkeit haben dürfen oder die die Integrität des Big Bags gefährden. Die Fässer müssen gegenüber den enthaltenen Abfällen chemisch und thermisch beständig sein (siehe oben). Grundsätzlich sollen UN-zugelassene Fässer verwendet werden.

Empfohlen werden Fässer besonders auch für geruchsintensive Abfälle sowie Abfälle, die in unterschiedlicher Konsistenz anfallen können. Vom Erzeuger in Fässer verpackte Abfälle können bei Bedarf ggf. noch mit einem Konditionierungsmittel überdeckt werden. Die verwendeten Inliner müssen gegenüber dem Abfall beständig sein und z.B. bei scharfkantigen Abfallbestandteilen eine besonders reißfeste Eigenschaft aufweisen.

Für Abfälle, die metallisches Quecksilber enthalten, werden spezielle Inliner empfohlen, die auch Hg-Dampf zurückhalten (z.B. Coex-Folie mit Barriere). Außerdem ist stets darauf zu achten, dass der Inliner intakt bleibt, insbesondere bei metallkorrosiven Abfällen. Ausnahmen in Bezug auf den Inliner können z.B. für heiß abgefüllte Abfälle wie Härtesalze gelten (siehe oben).

Fässer werden in der Regel mit Transportpaletten in den Deponiekammern eingestapelt. Zur Transportsicherung können Stahl- oder Kunststoffbänder mit und ohne Distanzkreuz oder Stretchfolien eingesetzt werden.

11.4 Container

UTD-Container mit Inliner eignen sich ebenso wie Fässer für grob-stückige, inhomogene Abfälle (z.B. Bauschutt) sowie Bauteile und Geräte oder zur Aufnahme kleinerer Innengefäße. Hohlräume sollten mit Inertmaterial aufgefüllt werden, um den Totraum zu minimieren und die mechanische

Stabilität des Inhalts zu gewährleisten. Es ist jedoch darauf zu achten, dass das zulässige Gesamtgewicht der Container nicht überschritten wird. Durch den fest verschlossenen Deckel sind die Abfälle gut vor Einflüssen aus der Umgebung geschützt. Allerdings wird bei Containern in der Regel keine Probenahme durchgeführt, der Erzeuger muss eine separate Probe mit der Anlieferung mitschicken. Container müssen mit einer unlösbaren Transportvorrichtung ausgestattet sein.

12 Annahmeverfahren

12.1 Kontrolle und Probenahme

Hinsichtlich des Annahmeverfahrens für Abfälle an der Deponie ist § 8 DepV zu beachten. Die Vorgaben zur Annahmekontrolle (§ 8 Abs. 4 DepV) sowie vom Erzeuger (§ 8 Abs. 3 DepV) und der Deponie (§ 8 Abs. 5 DepV) vorzunehmende Kontrolluntersuchungen sind einzuhalten.

12.1.1 Annahmekontrolle

Bei der Anlieferung eines Abfalls wird durch die SWS AG eine Annahmekontrolle auf Grundlage des § 8 Abs. 4 DepV sowie gemäß den innerbetrieblichen Regelungen durchgeführt. Dabei werden zunächst die Begleitpapiere kontrolliert und die Gebinde auf ordnungsgemäße Verpackung entsprechend den Annahmebedingungen der UTD geprüft. Nach einer Sichtkontrolle des Abfalls wird stichprobenartig eine Rückstellprobe entnommen, bei Bedarf weitere Proben für Kontrolluntersuchungen.

Abfälle, die konditioniert bei der UTD Heilbronn angeliefert werden, wurden davor bereits in der Konditionierungsanlage der SWS AG (derzeit Bad Friedrichshall-Kochendorf) physikalisch-chemisch geprüft und die Abfallidentität festgestellt. Typischerweise handelt es sich um Abfälle, die bereits seit vielen Jahren in die UTD der SWS AG abgelagert werden und zu deren Eigenschaften entsprechende Erfahrungen vorliegen. Die im Folgenden dargestellten Prüfungen am Abfall im Rahmen der Annahmekontrolle der SWS AG erübrigen sich daher für diese konditionierten Abfälle.

Alle direkt gelieferten Abfälle werden entsprechend der internen Vorgaben auf Grundlage der Eignungsprüfung durch die SWS AG untersucht. Dies beinhaltet z.B. die Feststellung der Konsistenz und die Bestimmung des pH-Wertes.

Abfälle, die im Rahmen der Eignungsprüfung ein auffälliges Gasbildungsverhalten gezeigt haben, und für die daraufhin intern eine stichprobenartige Prüfung der Gebinde auf gefährliche Gase bzw. Dämpfe festgelegt wurde (z.B. H₂, HCN, Hg-Dampf), sind entsprechend zu untersuchen. Dazu wird mit einem geeigneten Messgerät bei geöffnetem Big Bag bzw. durch ein Loch im Fassdeckel die Konzentration des entsprechenden Gases im Totraum des Gebindes bestimmt. Die ermittelten

Messwerte stellen ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Ablagerungsfähigkeit dieser Abfälle dar. Anhand der nachfolgend empfohlenen Maßnahmenwerte (siehe Pkt. 12.2) kann überprüft werden, ob die Abfälle – in Bezug auf Freisetzung von Gasen oder Dämpfen – abgelagert werden können (bei Unterschreitung des Maßnahmenwertes), ob Maßnahmen zur Eindämmung der Gase/Dämpfe notwendig sind (z.B. Einbringen von Adsorbens) oder ob der Abfall von der Ablagerung ausgeschlossen werden muss.

Durch diese Annahmekontrollen incl. Prüfung auf gefährliche Gase wird sichergestellt, dass nur nach DepV zugelassene und geeignete Abfälle in der UTD in Heilbronn abgelagert werden.

Aus Gutachtersicht wird vorgeschlagen, die Möglichkeiten der Annahmekontrolle der SWS AG noch um ein Element-Screening mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) zu erweitern. Auf diesem Wege kann die Abfallidentität vieler Abfälle schnell und sicher überprüft werden. Bei den überwiegend mineralischen Abfällen können die meisten Hauptbestandteile sowie enthaltene Schwer- und Halbmetalle detektiert werden. Ausnahmen sind Anionen wie Carbonat und Nitrit/Nitrat, die durch die RFA nicht erfasst werden. Aber auch für Abfälle, die überwiegend aus Carbonat- oder Nitrit-/ Nitratverbindungen aufgebaut sind, kann eine RFA-Messung zur Kontrolle sinnvoll sein, da erkennbar ist, ob ggf. andere Stoffe, die der Abfall nicht enthalten sollte, in der Probe nachgewiesen werden. Deutliche Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung, die durch die oben beschriebene herkömmliche Annahmekontrolle nicht erkannt werden, können damit entdeckt, ggf. durch Untersuchung einer weiteren Probe überprüft und anschließend bewertet werden. Anhand der ermittelten Daten können für bestimmte Abfallströme Schwankungsbreiten der relevanten Parameter ermittelt und die Abfälle so besser charakterisiert werden. Die RFA-Messung kann im Rahmen der Eignungsprüfung für bestimmte Abfälle, z.B. Metallhydroxid-Schlamm, individuell als Annahmekontrolluntersuchung festgelegt werden. Alternativ kann eine RFA-Messung auch nur bei Auffälligkeiten einer Anlieferung durchgeführt werden.

Eine Probenahme kann bei bestimmten Abfällen aufgrund der chemischen Abfalleigenschaften, der Konsistenz, der Verpackung oder eines eingesetzten Adsorptionsmittels sehr erschwert oder unter Arbeitsschutz-Gesichtspunkten nicht empfehlenswert sein. Dies betrifft insbesondere Abfälle, die elementares Quecksilber enthalten, Abfälle, die nach Abfüllung zu einem Monoblock ausgehärtet sind oder Abfälle, die sehr feuchteempfindlich sind. Auch Abfälle mit spezieller Verpackung, die beispielsweise aus mehreren Lagen Innenverpackung mit zwischenliegendem Adsorptionsmittel oder Inertmaterial besteht, sind schwierig zu beproben, denn die Integrität der einzelnen Lagen dieser Verpackung ist nach der Probenahme wieder zu gewährleisten. Aus Gutachtersicht sollte In diesen Ausnahmefällen aus Arbeitsschutzgründen nach Möglichkeit auf eine Probenahme verzichtet werden. Hierzu ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Abfallerzeuger und der zuständigen Behörde notwendig. Wie bei Container-Anlieferungen gehandhabt, kann auch in den oben genannten

Ausnahmefällen durch den Erzeuger eine separate Kontrollprobe mit der Anlieferung geschickt werden. Zum Nachweis der Identität der Referenzprobe kann dabei eine eidesstattliche Erklärung des Erzeugers dienen. Zusätzlich wird eine Fotodokumentation des Verpackungsvorgangs vorgeschlagen.

Eine Ausnahme gilt für asbesthaltige Abfälle, bei denen gemäß § 8 Abs. 5 Satz 9 DepV auf eine Kontrolluntersuchung (und somit eine Probenahme) verzichtet werden kann. Zur Identitätskontrolle bzw. als Rückstellprobe kann auch in diesem Fall eine separate Probe vom Erzeuger mitgegeben werden.

Für Abfallarten, an die im Hinblick auf die Ablagerungsfähigkeit besondere Anforderungen zu stellen sind (z.B. quecksilberhaltige Abfälle, Härtesalze oder Abfälle mit flüchtigen organischen Inhaltsstoffen), wird die Erstellung von speziell angepassten Annahmekonzepten durch die SWS AG vorgeschlagen. Darin kann z.B. festgelegt werden, wie viele Gebinde jeweils zu beproben sind, welche Prüfungen durchzuführen sind und welche Maßnahmen bei Überschreitung von Annahmegrenzwerten zu ergreifen sind. Die einzelnen Kontrollschritte bei der Annahmekontrolle können damit an die jeweilige Verpackung und die (bekannten) Eigenschaften des Abfalls angepasst werden. Zusätzlich können darin auch spezielle Arbeitsschutz-Maßnahmen (z.B. Atemschutz) für die Probenahme enthalten sein.

12.1.2 Kontrolluntersuchungen

Der Deponiebetreiber hat in Abhängigkeit von der Anlieferungsmenge Kontrolluntersuchungen durchzuführen. Die Schlüsselparameter für Kontrolluntersuchungen sind vom Erzeuger vorzuschlagen und vom Deponiebetreiber (ggf. unter Einbeziehung eines externen Gutachters) festzulegen. Sie sollten sich an den deklarierten Gefahrstoffen orientieren (z.B. Quecksilber, Cyanid) sowie durch die Zulässigkeitskriterien limitierte Parameter (TOC bzw. Brennwert) einschließen. Auch Untersuchungen zum Gasbildungsverhalten sowie die Prüfung auf Entzündbarkeit können (bzw. sollten bei bestimmten Abfällen) Teil der Kontrolluntersuchungen sein. Die Daten der Kontrolluntersuchungen und die vom Erzeuger vorgelegten Daten sind zeitnah mit der grundlegenden Charakterisierung zu vergleichen. Bei relevanten Abweichungen der vorliegenden chemischen und physikalischen Parameter, die beispielsweise zu einer Änderung der Stoffgruppenzuordnung führen, sollte die Deklaration des Abfalls – unter Einbeziehung von Daten aus der Annahmekontrolle – aktualisiert werden.

12.2 Maßnahmenwerte für gefährliche Gase

In Einzelfällen kann es zum Auftreten von intergranulären Gasen im Abfall kommen, die sich in den Hohlräumen der Transportbehälter anreichern können. Aus diesem Grund erfolgt bei bestimmten (im Zuge der Eignungsprüfung festgelegten) Abfällen im Rahmen der Annahmekontrolle bei der SWS AG eine stichprobenartige Messung auf gefährliche Gase am Behälter (siehe Pkt. 12.1.1).

Für die bei der Annahmekontrolle ggf. zu prüfenden gefährlichen Gase oder Dämpfe sind intern bei der SWS AG bestehende Maßnahmenwerte zu beachten oder neue Maßnahmenwerte festzulegen. Diese Maßnahmegrenzwerte sollen sicherstellen, dass bei einer Freisetzung des Gasvolumens aus dem Gebinde im Havariefall unter Tage die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) gemäß TRGS 900 der entsprechenden Gase immer noch eingehalten werden. Derartige Grenzwerte orientieren sich daher üblicherweise an den entsprechenden AGW. Für die Ableitung der Maßnahmenwerte wurde folgendes Modell entwickelt:

Die gaserfüllten Hohlräume in den Gebinden (Big Bag, Fass, Container) werden konservativ mit je 50 Liter angenommen. Sollte es in der Grube zu einem Havarieren eines Behälters kommen und potentiell Gas austreten, so stehen zur Verdünnung die Wettermengen aus dem gesamten Streckenquerschnitt zur Verfügung. Dieser wird mit mindestens 25 m² angenommen, so dass je Meter Strecke 25 m³ Wetter zur Verfügung stehen. Setzt man einen Gasaustritt aus den potentiell vorhandenen 50 Litern Hohlraum eines Einzelbehälters an, wird dieses Gasgemisch in mindestens 25 m³ Grubenwetter je Meter Strecke verdünnt. Dies entspricht einem Verdünnungsfaktor von 1:500.

Darauf basierend wurde abgeleitet, dass die Gaskonzentration in Behältern den jeweiligen AGW maximal um den Faktor 10 überschreiten darf. Somit wäre bei Austritt von Gas aus einem Behälter sichergestellt, dass die umgebenden Wetter bei einem Fünfzigstel der geltenden AGW bleiben. Dies stellt gleichzeitig sicher, dass auch bei gleichzeitiger Zerstörung mehrerer Behälter die AGW sicher eingehalten werden. Als weitere Sicherheit ist zu erwähnen, dass bei dieser Betrachtung der Luftaustausch durch die Bewetterung im Grubenbetrieb vernachlässigt wurde. Entsprechendes gilt für explosive Gase wie H₂ (auch für CH₄). Es darf ein Zehntel der UEG (Untere Explosionsgrenze) für explosive Gase im Gebinde nicht überschritten werden.

Für Gase mit niedriger Geruchsschwelle (z.B. H₂S, NH₃) sollten bei Big Bag-Verpackung jedoch geringere Maßnahmenwerte angesetzt werden. Folgende Maßnahmenwerte für die häufigsten getesteten Gase werden aus Gutachtersicht aktuell vorgeschlagen:

Tabelle 3 Empfohlene Maßnahmenwerte für Gase/Dämpfe

Gas / Dampf	AGW ¹⁰ / UEG	Empfohlene Maßnahmenwerte
Ammoniak (NH ₃)	20 ppm	200 ppm (im Big Bag weniger)
Kohlenmonoxid (CO)	20 ppm	200 ppm
Schwefeldioxid (SO ₂)	0,5 ppm	5 ppm
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	5 ppm	50 ppm (im Big Bag 5 ppm)
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,5 ppm	5 ppm
Cyanwasserstoff (HCN)	0,9 ppm	9 ppm
Phosphorwasserstoff (PH ₃)	0,1 ppm	1 ppm
Arsenwasserstoff (AsH ₃)	0,005 ppm	0,05 ppm
Wasserstoff (H ₂)	4,0 Vol.-%	0,4 Vol.-%
Quecksilber-Dampf (Hg)	0,02 mg/m ³	0,1 mg/m ³ (im Big Bag 0,02 mg/m ³) ¹¹

Annahmegrenzwerte dieser Größenordnung haben sich in allen deutschen Untertagedeponien etabliert.

Bei zukünftigen Änderungen der zugrunde gelegten AGW nach TRGS 900 sind ggf. auch die Maßnahmenwerte anzupassen.

Ergeben sich aus der Abfallgenese oder der Deklaration des Erzeugers weitere gefährliche Gase oder Dämpfe, die unter bestimmten Bedingungen aus dem Abfall freigesetzt werden können, sind entsprechende Maßnahmenwerte nach dem gleichen Muster durch das Fachpersonal der SWS AG oder externe Gutachter festzulegen.

Bei Einhaltung der Maßnahmenwerte und gleichzeitiger Gewährleistung der vorgeschriebenen Bewetterung (gemäß ABPVO) ist eine Gefährdung der Beschäftigten durch die geprüften Gase bzw. Dämpfe nicht zu besorgen.

13 Abfälle mit speziellen Anforderungen

13.1 Allgemein

Bei bestimmten Abfallarten sind aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften erhöhte Anforderungen an die Verpackung oder die zu prüfenden Parameter im Rahmen der Annahmekontrolle zu stellen. Es handelt sich dabei insbesondere um quecksilberhaltige Abfälle, Härtesalze, Abfälle, die

¹⁰ Stand: 20.03.2025.

¹¹ Die empfohlenen Maßnahmenwerte für Quecksilber-Dampf gelten für eine Temperatur von 20°C. Für abweichende Temperaturen bei der Messung sollten im Verhältnis zur Sättigungskonzentration von Quecksilber umgerechnete Maßnahmenwerte für die jeweilige Messtemperatur verwendet werden.

organische Dämpfe freisetzen können, sowie faserhaltige Abfälle. Im Folgenden sind gutachterliche Empfehlungen in Bezug auf die Verpackung sowie Vorschläge für die Annahmekontrolle dieser Abfälle zusammengestellt.

13.2 Quecksilberhaltige Abfälle

Als quecksilberhaltige Abfälle gelten – neben den in der Quecksilber-Verordnung genannten – grundsätzlich solche, die

- aufgrund ihres Quecksilber-Gehaltes gemäß CLP-Verordnung gefahrstoffrechtlich als gesundheitsgefährlich eingestuft sind, oder
- die dem Abfallschlüssel 06 04 04* oder 17 09 01* zugeordnet wurden, oder
- für die bei der Quecksilber-Dampf-Messung im Rahmen der Eignungsprüfung einen Quecksilber-Dampf-Wert oberhalb des AGW festgestellt wurde.

Für die Ablagerung von quecksilberhaltigen Abfällen in die UTD der SWS AG wird eine Verpackung in UTD-zugelassene Stahlblechfässer oder Container mit Inliner empfohlen. Die Integrität der Inliner ist sicherzustellen, ggf. sind dickere Inliner ($\geq 0,2$ mm) zu verwenden. Inliner sind dicht zu verschließen, Stahlblechfässer bzw. Container sind anschließend ebenfalls dicht zu verschließen. Der Totraum in Fässern bzw. Containern ist möglichst gering zu halten oder ggf. mit Inertmaterial aufzufüllen.

Für Abfälle, die aufgrund ihrer Konsistenz die Integrität des Inliners gefährden können (z.B. Steine), wird als Innenverpackung alternativ ein dicht verschließbares Kunststofffass vorgeschlagen.

Eine Big Bag-Verpackung (doppelschichtig bzw. mit Inliner) kommt aus Gutachtersicht für quecksilberhaltige Abfälle nur in Betracht, wenn sichergestellt ist, dass der empfohlene Maßnahmenwert für Quecksilber-Dampf stets eingehalten wird. Daher sollte der Abfall möglichst kein metallisches Quecksilber enthalten (Verantwortlichkeit des Erzeugers; bei Annahme: Sichtkontrolle und Quecksilber-Dampf-Messung). Erfahrungsgemäß sind Big Bags nicht so dicht schließend wie Stahlblechfässer und werden daher zur Verpackung von potenziell Quecksilber-Dampf freisetzenden Abfällen nicht empfohlen.

Die zu entsorgenden Gebinde sollten im Rahmen der Annahmekontrolle bei der SWS AG mittels geeigneter Messtechnik stichprobenartig auf Quecksilber-Dampf geprüft werden.

Dabei sind die empfohlenen Maßnahmenwerte (siehe Tabelle 3) zu beachten. Außerhalb der Gebinde sollte kein Quecksilber-Dampf messbar sein (Bestimmungsgrenze des verwendeten Messgerätes sollte deutlich unter dem AGW liegen).

Abfälle, die Quecksilber-Dampf freisetzen, können zusätzlich mit geeigneter Aktivkohle abgedeckt werden, um die empfohlenen Maßnahmenwerte einzuhalten.

Bei Einhaltung der empfohlenen Maßnahmenwerte ist nicht mit einer Anreicherung von relevanten Mengen Quecksilber-Dampf im Ablagerungsbereich zu rechnen. Besonders wichtig erscheint aus Gutachtersicht die Freimessung außerhalb der Gebinde, da messbare Konzentrationen von Quecksilber-Dampf in dem Fall auf eine undichte oder kontaminierte Verpackung hinweisen. Solche Gebinde sind von der Ablagerung auszuschließen!

Bei der Probenahme oder sonstigem Umgang mit diesen Abfällen wird den Beschäftigten das Tragen von Atemschutz mit passendem Hg-Filter empfohlen.

13.3 Härtesalze

Härtesalze enthalten je nach Einsatzgebiet Cyanide oder Nitrite/Nitrate als gefahrenbestimmende Komponenten. Diese Abfälle werden in der UTD Heilbronn entweder der Stoffgruppe 4: cyanidhaltige Abfälle oder der Stoffgruppe 6: Oxidationsmittel zugeordnet. Es kommen jedoch auch gemischte Härtesalze vor.

Härtesalze werden zur Entsorgung in der UTD in Stahlblechfässer verpackt. Kalte, üblicherweise stückig oder feinkörnig anfallende Salze werden in Fässer mit Inliner verpackt. Bei Härtesalzen, die heiß in flüssigem Zustand abgefüllt werden, kann kein Inliner eingesetzt werden. Die zu einem Monoblock aushärtenden Salze sind aus Gutachtersicht jedoch in einem dicht verschlossenen Stahlblechfass auch ohne die zweite Schutzschicht sicher verpackt, so dass bei einer Ablagerung in die Kammer für die entsprechende Stoffgruppe Reaktionen mit anderen Abfällen nicht zu erwarten sind.

Im Rahmen der Annahmekontrolle bei der SWS AG wird für die angelieferten Härtesalze eine stichprobenartige Prüfung auf die Freisetzung von HCN und NH₃ vorgeschlagen. Dabei sollten die empfohlenen Maßnahmenwerte (siehe Tabelle 3) beachtet werden. Bei Überschreitung dieser Werte kann der Abfall in den betroffenen Fässern z.B. mit Calciumchlorid abgedeckt und erneut auf Gasemissionen geprüft werden.

Um die Härtesalze eindeutig einer Stoffgruppe zuordnen zu können, wird eine Bestimmung der Parameter Cyanid, Nitrit und Nitrat anhand von Stichproben empfohlen.

13.4 Abfälle mit flüchtigen organischen Stoffen

Abfälle, die gemäß Abfallgenese und Deklaration flüchtige organische Stoffe enthalten, die zu entsprechenden Ausgasungen führen könnten, sollten im Rahmen der Annahmekontrolle bei der

SWS AG stichprobenartig auf die Freisetzung von organischen Dämpfen geprüft werden. Dabei können z.B. stellvertretend 5 Leitsubstanzen (Aceton, Toluol, Methanol, n-Hexan, Perchlorethylen) getestet werden. Entsprechende Maßnahmenwerte sind – orientiert an den jeweiligen AGW - abzuleiten. Werden diese Werte in dem geprüften Gebinde überschritten, kann der Abfall beispielsweise mit Aktivkohle und Calciumchlorid abgedeckt und erneut auf Gasemissionen geprüft werden.

13.5 Abfälle mit Wasserstoffbildungspotenzial

Abfälle, die nach Feststellung im Rahmen der Eignungsprüfung ein Wasserstoffbildungspotenzial aufweisen, sollten aus Gutachtersicht ebenfalls nach einem internen Konzept der SWS AG bei der Annahme geprüft werden, um eine sichere Ablagerung zu gewährleisten.

Dies gilt nicht für Abfälle, die zuvor in einer Konditionierungsanlage behandelt wurden.

13.6 Abfälle mit krebserzeugenden Fasern

In Untertagedeponien darf üblicherweise nur durch Bindemittel verfestigter Asbest in Fässern oder doppelwandigen Big Bags abgelagert werden. Gemäß TRGS 519 sowie dem LAGA-Merkblatt zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle¹² sind asbesthaltige Abfälle durch den Abfallerzeuger mit Restfaserbindemitteln zu behandeln und in geeignete, sicher verschließbare Behältnisse (z.B. doppelwandige Big Bags) zu verpacken. Durch eine Behandlung des Abfalls mit einem Faserbindemittel (z.B. HAWETOL extra, CEMBLOK BASE®) wird eine Einkapselung der Fasern erreicht und somit eine Faser-Freisetzung verhindert. Die Verpackung muss mindestens aus zwei Lagen reißfesten Big Bags, die staubdicht verschlossen werden, bestehen. Zusätzliche Sicherheit insbesondere bei kantigem oder stückigem Material bietet eine Bettung aus Inertmaterial zwischen dem inneren und äußeren Big Bag.

Alternativ zur Behandlung mit Faserbindemittel müssen asbesthaltige Abfälle zur Deponierung in der UTD in UTD-zugelassene Stahlblechfässer oder Container mit Inliner verpackt werden. Anschließend sind die Gebinde mit einer aushärtenden Bindemittel-Suspension auszugießen und nach dem Aushärten dicht zu verschließen. Es ist darauf zu achten, dass der Abfall komplett in der Betonmatrix eingeschlossen ist und keine Bestandteile (speziell Fasern) z.B. beim Öffnen der Gebinde freigesetzt werden können.

¹² Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 23: Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle, Stand Juni 2015

Der Umgang mit KMF ist nicht so streng geregelt wie der mit Asbest. Es ist ausreichend, krebserzeugende WHO-Fasern (siehe Pkt. 5.2.4.3) in gepresster und folierter Form in geeignete Big Bags zu verpacken. KMF, die nachweislich ungefährlich sind, können wie Inertabfälle bewertet werden.

Gemäß § 8 Abs. 5 Satz 9 DepV ist bei asbesthaltigen Abfällen und Abfällen, die andere gefährliche Mineralfasern enthalten, keine Kontrolluntersuchung und somit Probenahme notwendig. Im Rahmen der Annahmekontrolle sollte daher nur eine sorgfältige Sichtkontrolle auf ordnungsgemäße Verpackung durchgeführt werden. Eine vom Erzeuger mitgeschickte separate Probe kann als Rückstellprobe sowie zur Identitätskontrolle verwendet werden.

14 Arbeitssicherheit

Für den neuen Deponiebereich UTD 2029 sind die einschlägigen Gesetze und Verordnungen zur Arbeitssicherheit (z.B. ArbSchG, GefStoffV) in ihrer jeweils gültigen Fassung anzuwenden und entsprechende Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen zu erstellen. Folgende Gesichtspunkte sind dabei in Bezug auf gefährliche Stoffeigenschaften zu beachten.

14.1 Staubende Abfälle

Gemäß Anhang 5 Abs. 5 DepV sind Abfälle, die stauben, so zu handhaben und abzulagern, dass von ihnen keine Emissionen ausgehen.

Von der SWS AG als Arbeitgeber ist für Tätigkeiten unter Tage, bei denen eine Exposition der Beschäftigten gegenüber Gefahrstoffen möglich ist, eine Gefährdungsbeurteilung nach § 6 GefStoffV zu erstellen. Dabei sind die Vorgaben der TRGS 400 sowie für eine Exposition der Haut die TRGS 401 und für eine inhalative Exposition die TRGS 402 heranzuziehen.

Für den Deponiebereich UTD 2029 sind dazu Staubmessungen durchzuführen. Dabei sollten ungefährliche lösliche Stäube von gefährlichen Stäuben getrennt werden und exemplarisch die wichtigsten Gefahrstoffe (z.B. Cadmium) im Staub ermittelt werden.

Bei früheren Messungen des Instituts für Gefahrstoffforschung (IGF) im bisherigen UTD-Bereich wurde festgestellt, dass die unter Tage gemessenen und beprobten Stäube kaum nachweisbare Gehalte an Gefahrstoffen aufwiesen und ganz überwiegend aus dem anstehenden Salzgestein bestanden. Diese Tatsache sowie die Verpackung der Abfälle und insbesondere die durch aktuelle Staubmessungen abgebildeten Bedingungen im neuen UTD-Bereich sind bei der Beurteilung einzubeziehen. Eine rechnerische Ermittlung von Staubgrenzwerten, wie es speziell für Bergwerke mit Schüttgutversatz üblich ist, wird hier als nicht zielführend angesehen.

Als eine Staubschutz-Maßnahme werden Abfalltransport und Salztransport durch die SWS AG zeitlich strikt getrennt durchgeführt und der Fahrkorb für die jeweilige Fracht umgestaltet. Um während des Transportes von staubenden Abfällen die Gefahr einer Havarie und einer damit verbundenen Verteilung des Staubes im Grubengebäude weiter zu minimieren, wird für staubende Abfälle vorgeschlagen, besonders robuste und reißfeste Big Bags (z.B. Gefahrgut-Big Bags, UN 13H4/Y) mit Inliner und staubdichtem Verschlusssystem zu verwenden und ggf. die Transportmenge pro Fahrt zu beschränken.

14.2 Gefahrstoffmessungen unter Tage

Mindestens jährlich sollten die Konzentrationen von luftgetragenen Schadstoffen unter Tage durch eine qualifizierte Gefahrstoffmessung bestimmt und ausgewertet werden (z.B. IGF, nach TRGS 402 geschulte Personen).

Durch die SWS AG können gefährliche Gase kontinuierlich (z.B. CO) in den Frisch- und Abwettern bzw. in den Deponiekammern gemessen werden. Diese Messungen sollten sich am Abfallinventar orientieren und insbesondere solche Gase/Dämpfe umfassen, die nicht im Rahmen der Annahmekontrolle geprüft werden.

14.3 Brandschutz

Für den Brandschutz unter Tage ist durch Fachpersonal ein Brandschutzkonzept zu erstellen, wobei die unterschiedlichen Eigenschaften der Stoffgruppen und deren Aufteilung auf die Kammern der UTD 2029 zu berücksichtigen sind. Ggf. kann für jede Stoffgruppe ein eigenes Brandschutzkonzept erstellt werden.

In Bezug auf den Brandschutz unter Tage sind insbesondere die Stoffgruppen 6 (Oxidationsmittel) und 7 (Hg-haltige Abfälle/hohe Brandlast) zu beachten. Die jeweiligen Ablagerungskammern sollten möglichst weit voneinander entfernt liegen oder durch zusätzliche Wälle aus Bergesalz getrennt werden. In den Plänen zur Brandvorbeugung und -bekämpfung sind die gegensätzlichen Eigenschaften dieser Stoffgruppen (Stoffgruppe 6: brandfördernd, Stoffgruppe 7: brennbar) besonders zu berücksichtigen.

Die Abfälle der übrigen Stoffgruppen sind zum ganz überwiegenden Teil nicht brennbar und nicht brandfördernd. Ihr Verhalten im Brandfall (z.B. Schmelzen, Freisetzung von Dämpfen oder Gasen) ist zumeist nicht stoffgruppenspezifisch, sondern individuell von der chemischen Zusammensetzung und der Konsistenz abhängig.

Zu beachten ist, dass die meisten –sowohl brennbare als auch nicht brennbare – Abfälle im Brandfall toxische Gase freisetzen (v.a. CO, SO₂)!

Zum Löschen von Bränden unter Tage stehen bei der SWS AG prinzipiell ABC- und BC-Löschpulver, Wasser, Mehrbereichsschaummittel und Salz zur Verfügung. Jedoch sind nicht alle Löschmittel für jede Stoffgruppe geeignet. Insbesondere trockene Abfälle (Stoffgruppe 3) dürfen keinesfalls mit Wasser gelöscht werden. Bei cyanidhaltigen Abfällen (Stoffgruppe 4) dürfen nur alkalische Löschmittel zum Einsatz kommen. Keine Einschränkungen bei der Wahl des Löschmittels gibt es bei inerten Abfällen (Stoffgruppen 1), sauren Abfällen (Stoffgruppe 2), ammoniumhaltigen Abfällen (Stoffgruppe 5) und Hg-haltigen Abfällen bzw. Abfällen mit hoher Brandlast (Stoffgruppe 7). Hier können zur Brandbekämpfung die zur Verfügung stehenden Löschmittel eingesetzt werden. Eine Übersicht der geeigneten Löschmittel je Stoffgruppe ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Geeignete Löschmittel

Stoffgruppe	Geeignete Löschmittel
1 – Inerte Abfälle	Keine Einschränkung
2 – Saure Abfälle	Keine Einschränkung
3 – Trockene Abfälle	Trocken löschen! BC-Löschpulver
4 – Cyanidhaltige Abfälle	BC-Löschpulver, Salz, Schaum (alkalisch)
5 – Abfälle mit Ammoniumverbindungen	Keine Einschränkung
6 – Oxidationsmittel	BC-Löschpulver, Salz, Schaum, Wassersprühstrahl
7 – Hg-haltige Abfälle/hohe Brandlast	Keine Einschränkung

Im Einzelfall können sich bei bestimmten Abfällen weitere Einschränkungen ergeben. Dann ist die Auswahl der geeigneten Löschmittel für die entsprechenden Stoffgruppe ggf. anzupassen. Bei der Zuordnung eines Abfalls zu einer Stoffgruppe im Rahmen der Eignungsprüfung sind mögliche bestehende Unverträglichkeiten in Bezug auf die geeigneten Löschmittel zu prüfen. Hinweise dazu können beispielsweise Sicherheitsdatenblätter geben.

14.4 Explosionsschutz

Für den Explosionsschutz unter Tage ist durch Fachpersonal ein Explosionsschutzdokument zu erstellen, wobei die unterschiedlichen Eigenschaften der Stoffgruppen und deren Aufteilung auf die Kammern der UTD 2029 zu berücksichtigen sind.

In Bezug auf den Explosionsschutz unter Tage ist insbesondere die Stoffgruppen 3 (Trockene Abfälle) zu beachten, in der u.a. Abfälle zusammengefasst sind, die bei Kontakt mit Wasser entzündbare Gase freisetzen. Solche Abfälle, die im Ergebnis der Eignungsprüfung ein Potenzial zur Bildung von Wasserstoff aufweisen, werden ggf. konditioniert (siehe Pkt. 10.5) oder nach dem

internen Konzept der SWS AG vor der Ablagerung auf die Einhaltung der entsprechenden Maßnahmenwerte (siehe Tabelle 3) geprüft.

Die Abfälle der übrigen Stoffgruppen weisen zum ganz überwiegenden Teil kein oder nur ein sehr geringes Wasserstoffbildungspotenzial auf. Abfälle mit explosiven oder explosionsgefährlichen Eigenschaften sind für die Entsorgung in der UTD nicht zugelassen.

14.5 Arbeitsschutzmaßnahmen

Durch die SWS AG ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ein Konzept zu technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen (TRGS 500) zu erstellen. Insbesondere bei den persönlichen Schutzmaßnahmen sind die gefährlichen Eigenschaften der verschiedenen Abfälle zu berücksichtigen.

Beispielsweise ist bei Tätigkeiten, die zu einem offenen Umgang mit einem Abfall führen können (z.B. Probenahme, Beschädigung der Verpackung), die für die jeweilige Abfallart ausgelegte Schutzausrüstung (z.B. Atemschutz mit Filter P3 und ggf. Spezialfilter, Schutzhandschuhe, Augenschutz, Schutzkleidung) durch die entsprechenden Mitarbeiter anzulegen.

14.6 Havariemanagement

Die oben beschriebenen Stoffeigenschaften und Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit den Abfällen sind nicht nur bei der Ablagerung, sondern auch bereits im Rahmen der Annahme sowie bei Zwischenlagerung, Bereitstellung und innerbetrieblichem Transport zu beachten. Das Handling der Abfälle bei jedem dieser Schritte ist von der SWS AG z.B. im Betriebsablauf festzulegen.

Generell sind Abfälle, deren Verpackung beschädigt wurde, mit einer neuen Außenverpackung (Überzieh-Big Bag oder Bergefass) zu versehen. Ausgetretene Abfälle sind möglichst schnell und restlos aufzunehmen und ebenfalls dicht zu verpacken. Eine Verschleppung in andere Betriebsbereiche (insbesondere unter Tage) ist auszuschließen.

Bei der Bereitstellung am Schacht und am Füllort wird ein Mindestabstand zwischen Abfällen unterschiedlicher Stoffgruppen von 50 cm empfohlen. Abfälle von Stoffgruppen, die gemäß Pkt. 9.3 nicht in benachbarte Kammern abgelagert werden sollen, sollten auch nicht direkt nebeneinander zwischengelagert werden. Gefährliche Reaktionen nach einer (unwahrscheinlichen) gleichzeitigen Zerstörung der Verpackung zweier unterschiedlicher Abfälle werden damit vermieden oder zumindest auf einen minimalen Umfang reduziert. Reaktionen von freigesetzten Abfällen (insbesondere Stoffgruppe 3 oder Stoffgruppe 4) mit Luftfeuchtigkeit oder Wasser, die zu einer starken Erwärmung oder einer Gasfreisetzung führen, haben über Tage aufgrund des sehr großen

Frischluftvolumens nur im direkten Umfeld Auswirkungen auf die Arbeitssicherheit. Das Abklingen etwaiger Reaktionen ist abzuwarten, bevor die betroffenen Abfälle aufgenommen und wieder dicht verpackt werden. Vor der Ablagerung sind die neu verpackten havarierten Abfälle ggf. auf Gasfreisetzung zu prüfen.

In Havariesituationen, die durch das Versagen einer Verpackung beim Transport der Abfälle unter Tage entstehen, wird realistischweise nur eine geringe Abfallmenge eines einzigen Abfalls freigesetzt. Gefährliche Reaktionen, die in diesen Fällen u.U. durch Kontakt des ausgetretenen Abfalls mit Feuchtigkeit oder Salz möglich sind, laufen daher – wenn überhaupt – nur in sehr geringem Umfang ab. Es ist zu beachten, dass insbesondere bei Abfällen der Stoffgruppen 3 und 4 unter Umständen bei Kontakt mit Luftfeuchtigkeit chemische Reaktionen möglich sind (siehe Pkt. 7.2). Durch die Getrennthaltung der Abfälle beim Transport (siehe Pkt. 8.1) sind Reaktionen von Abfällen unterschiedlicher Stoffgruppen im Havariefall praktisch ausgeschlossen.

Denkbar ist bei Zerstörung einer Verpackung auch eine Freisetzung von staubenden Abfällen unter Tage oder im Schacht. Durch die in Pkt. 14.1 beschriebenen Vorsichtsmaßnahmen werden die absehbaren Folgen einer solchen Havarie minimiert. Je nach Korngröße wird sich der Staub rasch absetzen oder mit den ausziehenden Wettern nach über Tage getragen. Abgesetzter Staub sollte nicht wieder aufgewirbelt werden. Die Fördereinrichtung ist – wenn betroffen – vor der nächsten Benutzung zu reinigen.

Durch Beschäftigte ist im Havariefall die für die jeweilige Abfallart bereitgestellte PSA zu verwenden. Für den Umgang mit solchen Havariesituationen ist durch die SWS AG eine Arbeitsanweisung zu erstellen und das betroffene Personal entsprechend zu belehren.

15 Reaktionen nach Abschluss der Betriebsphase

Für das vorliegende Gutachten wird davon ausgegangen, dass in nahen geologischen Zeiträumen kein Grundwasser in die Grube eindringt. Denkbare, durch einen Wasserzutritt ausgelöste, Reaktionen wie die Auswaschung löslicher Bestandteile aus dem Wirtsgestein und den Abfällen oder eine verstärkte Freisetzung gefährlicher Gase werden hier daher nicht betrachtet. Ein entsprechendes Szenario ist Gegenstand eines separaten Gutachtens.

Relevant für mögliche Reaktionen im Ablagerungsbereich ist somit nur die Feuchtigkeit, die als Abfallbestandteil in die Grube eingebracht wurde.

Nach dem Abschluss der Betriebsphase sind die einzelnen Kammern, in die jeweils nur Abfälle einer Stoffgruppe abgelagert wurden, durch angeschüttetes Salz komplett voneinander getrennt und der UTD-Bereich wird durch ein entsprechendes Verschlussbauwerk vom Rest des Bergwerkes

abgeschottet. Ein unplanmäßiger Eintrag von Stoffen, insbesondere Wasser, oder Zündquellen ist dann ausgeschlossen. Letztendlich kommt es durch die Konvergenz des Gebirges zu einem vollständigen Einschluss der Abfälle im Salinar. Gefährliche Reaktionen, insbesondere Bildung von entzündbaren Gasen, können dann – ohne Kontakt zum Reaktionsmedium Feuchtigkeit – nicht mehr ablaufen. Selbst bei einer durch den Druck des Gebirges bewirkten Zerstörung der Gebinde werden die untereinander chemisch verträglichen Abfälle innerhalb einer Kammer nicht gefährlich miteinander reagieren. Die natürlichen und technischen Barrieren verhindern bei einer Zerstörung der Gebinde einen Kontakt zwischen den Abfällen in unterschiedlichen Kammern. Ein Entweichen von flüssigen oder gasförmigen Gefahrstoffen an die Oberfläche wird durch das dichte umgebene Salz wirksam verhindert. Insgesamt wird das Risiko möglicher gefährlicher Reaktionen im Ablagerungsbereich (siehe Pkt. 6) nach dem Ende der Betriebsphase aus den genannten Gründen sukzessive noch weiter abnehmen. Unter den vorgenannten Bedingungen (insbesondere dem Ausschluss eines Wassereintruchs) ist von einem sicheren Einschluss der Abfälle auszugehen.

16 Zusammenfassung

Beim Betrieb der neuen UTD 2029 in Heilbronn sind die einschlägigen Regelungen des Abfall- und Gefahrstoffrechts maßgeblich. Insbesondere die für Deponien der Klasse IV geltenden Normen der DepV sowie die AVV und die POP-Verordnung sind in der jeweils gültigen Fassung zu beachten.

Damit es unter Tage nicht durch Kontakt der sehr unterschiedlichen Abfälle zu gefährlichen Reaktionen kommen kann, werden für die Ablagerung in der UTD anhand wichtiger Abfall-Eigenschaften Stoffgruppen definiert. Aus Gutachtersicht werden sieben Stoffgruppen vorgeschlagen sowie zusätzlich eine optionale Stoffgruppe für spezielle Einzelprojekte.

Bevor neue Abfälle in die UTD aufgenommen werden, ist eine Eignungsprüfung durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Anforderungen gemäß § 7 DepV sowie interne Annahmebedingungen der SWS AG grundsätzlich eingehalten werden. Abhängig von Abfallart und -genese werden hierzu verschiedene Prüfungen vorgeschlagen. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Prüfungen werden die Abfälle einer Stoffgruppe zugeordnet, die Verpackung festgelegt und Parameter für die Annahmekontrolle bestimmt.

Als Verpackung kommen Big Bags, Stahlblech- und Kunststofffässer oder UTD-Container mit Inliner in Frage. In begründeten Ausnahmefällen, z.B. bei Heißabfüllung, kann der Inliner entfallen. Die Verpackung muss für den jeweiligen Abfall sowie für die unter-Tage-Ablagerung geeignet sein.

Bei der Anlieferung von Abfällen wird durch die SWS AG eine Annahmekontrolle durchgeführt. Die zu prüfenden Parameter ergeben sich aus § 8 DepV sowie aus den Ergebnissen der

Eignungsprüfung des Abfalls. Für spezielle Abfallgruppen kann die SWS AG Annahmekonzepte mit einheitlichen Parametern für die Annahmekontrolle aufstellen.

Die UTD-zugelassenen Abfälle werden nach Stoffgruppen getrennt in die neu geschaffenen Kammern der UTD 2029 abgelagert. Die Aufteilung der Stoffgruppen auf die vorhandenen Kammern wird von der SWS AG unter den Gesichtspunkten der zu erwartenden Abfallmengen und der relevanten Abfalleigenschaften durchgeführt.

Maßnahmenkonzepte zum Arbeitsschutz und Brandschutz sowie zu persönlichen Schutzmaßnahmen der Beschäftigten werden von der SWS AG angepasst an den neuen Deponiebereich UTD 2029 erstellt.

Nach dem Abschluss der Betriebsphase ist aufgrund der Abschottung des UTD-Bereiches und der Barrieren zwischen den Kammern selbst bei einer möglichen Zerstörung der Verpackungen nicht mit dem Auftreten gefährlicher Reaktionen zu rechnen.

Literatur

Lersner, Heinrich von/Wendenburg, Helge/Versteyl, Ludger-Anselm, Recht der Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Berlin, 2021 (DepV bearbeitet von *Weyer*).