

## Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (Versatzverordnung – VersatzV)<sup>\*)\*\*)</sup>

Vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2833)

zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 25 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I Nr. 10, S. 212)

in Kraft getreten am 1. Juni 2012

Auf Grund

- des § 7 Abs. 1 Nr. 1, § 7 Abs. 2 in Verbindung mit § 7 Abs. 1 Nr. 4 Buchstabe a, § 7 Abs. 3, § 57 in Verbindung mit § 59 Satz 1 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705) nach Anhörung der beteiligten Kreise unter Wahrung der Rechte des Bundestages,
- des § 41 Abs. 1 Satz 2 und Abs. 3 Nr. 1 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705) nach Anhörung der beteiligten Kreise,
- des § 10 Abs. 10 Satz 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), der zuletzt durch Artikel 2 Nr. 7 Buchstabe b des Gesetzes vom 27. Juli 2001 (BGBl. I S. 1950) geändert worden ist,

verordnet die Bundesregierung:

### § 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung gilt für die Verwertung von Abfällen, die in den unter Bergaufsicht stehenden untertägigen Grubenbauen als Versatzmaterial eingesetzt werden. Sie gilt nicht für Anlagen zur untertägigen Endlagerung von radioaktiven Abfällen.

(2) Diese Verordnung gilt für

1. Erzeuger und Besitzer von Abfällen,
2. Betreiber von der Bergaufsicht unterliegenden Grubenbetrieben und
3. Betreiber von Anlagen zur Herstellung von Versatzmaterial.

### § 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung sind

1. Versatzmaterial:

Materialien, die unter Verwendung von Abfällen unter Nutzung ihrer bauphysikalischen Eigenschaften zu bergtechnischen oder bergsicherheitlichen Zwecken unter Tage eingesetzt werden. Hierunter fallen auch direkt und unvermischt eingesetzte Abfälle.

<sup>\*)</sup> Artikel 2 dieser Verordnung dient der Umsetzung der Entscheidung der Kommission 2000/532/EG vom 3. Mai 2000 zur Ersetzung der Entscheidung 94/3/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß Artikel 1 Buchstabe a der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle und der Entscheidung 94/904/EG des Rates über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle (ABl. EG Nr. L 226 S. 3), der Entscheidungen der Kommission 2001/118/EG vom 16. Januar 2001 und 2001/119/EG vom 22. Januar 2001 (ABl. EG Nr. L 47 S. 1 und S. 32) zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG sowie der Entscheidung des Rates 2001/573/EG vom 23. Juli 2001 (ABl. Nr. L 203 S.18) zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG.

<sup>\*\*)</sup> Die Verpflichtung aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften (ABl. EG Nr. L 204 S. 37), geändert durch die Richtlinie 98/48/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juli 1998 (ABl. EG Nr. L 217 S. 18), sind beachtet worden.

## **AbfR 2.2.14**

### 2. Langzeitsicherheitsnachweis:

Auf den konkreten Standort bezogener Nachweis der geologischen, geochemischen, geotechnischen, hydraulischen und inneren Barrieren, die gewährleisten, dass das Versatzmaterial während der Betriebsphase und in der Nachbetriebsphase zu keiner Beeinträchtigung der Biosphäre führen kann.

### 3. Metallgehalt:

Konzentration der in Anlage 1 genannten Metalle im Einzelnen unvermischten Abfall. Sind Metalle chemisch gebunden, so ist der anteilige Metallgehalt in der Verbindung ausschlaggebend.

## **§ 3**

### **Vorrang der Rückgewinnung von Metallen**

Abfälle, welche die in Anlage 1 aufgeführten Metallgehalte erreichen, dürfen weder zur Herstellung von Versatzmaterial noch unmittelbar als Versatzmaterial eingesetzt werden, wenn die Gewinnung der Metalle aus den Abfällen technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar sowie unter Einhaltung der Anforderungen an die Zulässigkeit einer solchen Verwertung durchführbar ist.

## **§ 4**

### **Stoffliche Anforderungen an die Abfälle**

(1) Der Einsatz von Abfällen zur Herstellung von Versatzmaterial sowie unmittelbar als Versatzmaterial ist nur zulässig, wenn die in Anlage 2 Tabelle 1 und Tabelle 1 a aufgeführten Feststoffgrenz- und Zuordnungswerte im jeweiligen verwendeten unvermischten Abfall nicht überschritten werden und bei dem Einsatz des Versatzmaterials keine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder von oberirdischen Gewässern oder eine sonstige nachteilige Veränderung der Eigenschaften der Gewässer zu besorgen ist. Hierfür darf das Versatzmaterial die in Anlage 2 Tabelle 2 aufgeführten Grenzwerte im Eluat nicht überschreiten.

(2) Abweichend von Absatz 1 ist die Überschreitung der in Anlage 2 aufgeführten Grenzwerte zulässig, soweit

1. die jeweiligen Gehalte die Gehalte des aufnehmenden Gesteins (geogene Grundgehalte) nicht überschreiten oder
2. im Kohlegestein und im Nebengestein Abfälle ausschließlich aus Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken mit Feuerungsanlagen für den Regelbrennstoff Steinkohle oder Braunkohle eingesetzt werden, die
  - a) ausschließlich aus der Kohleverfeuerung stammen oder
  - b) im Falle der zugelassenen Mitverbrennung von anderen Stoffen keine höheren schädlichen Verunreinigungen enthalten als in den Fällen des Buchstaben a.

(3) Abgesehen von den Zuordnungswerten der Anlage 2 Tabelle 1 a gelten die Grenzwerte der Anlage 2 nicht bei einer Verwendung des Versatzmaterials in Betrieben im Salzgestein, wenn ein Langzeitsicherheitsnachweis gegenüber der zuständigen Behörden geführt wurde. Dabei sind die in Anlage 4 aufgeführten Hinweise zur Durchführung des Langzeitsicherheitsnachweises zu beachten.

(4) Die Einhaltung der in den Anlagen 1 und 2 aufgeführten Grenz- und Zuordnungswerte ist durch die zuständige Behörde zu überwachen. Dabei sind die in Anlage 3 aufgeführten Vorschriften über die Probenahme und Analytik zu beachten. Die zuständige Behörde kann den Abfallerzeuger oder -besitzer verpflichten, entsprechende Probenahmen und Analysen durchzuführen oder durchführen zu lassen.

(5) Sonstige Anforderungen, wie sie sich aus bergrechtlichen oder gefahrstoffrechtlichen Rechtsvorschriften ergeben, bleiben unberührt.

**§ 5  
Inverkehrbringen von Abfällen**

Abfälle dürfen zur Herstellung von Versatzmaterial sowie unmittelbar als Versatzmaterial nur in den Verkehr gebracht werden, um sie Anlagen zur Herstellung von Versatzmaterial oder untertägigen Grubenbauen zuzuführen, in denen die Anforderungen nach den §§ 3 und 4 eingehalten werden.

**§ 6  
Übergangsregelung**

Werden aufgrund von vor dem 30. Oktober 2002 geltenden bergrechtlichen Zulassungen oder abgeschlossenen rechtsgültigen Entsorgungsverträgen Abfälle zur Herstellung von Versatzmaterial oder unmittelbar als Versatzmaterial eingesetzt, so sind die Anforderungen der §§ 3, 4 und 5 nach Ablauf der Zulassungen und der vertraglichen Bindungen, spätestens jedoch ab 1. März 2006, einzuhalten.

**§ 7  
Ordnungswidrigkeiten**

Ordnungswidrig im Sinne des § 69 Absatz 1 Nummer 8 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

1. entgegen § 3 oder § 4 Abs. 1 Satz 1 Abfälle zur Herstellung von Versatzmaterial oder als Versatzmaterial einsetzt oder
2. entgegen § 5 Abfälle in den Verkehr bringt.

**Anlage 1**

(zu § 2 Nr. 3, § 3, § 4 Abs. 4)

**Grenzwertkonzentrationen (g/kg) für Metalle im Abfall**

Zink	≥ 100
Blei	≥ 100
Kupfer	≥ 10
Zinn	≥ 15
Chrom	≥ 150
Nickel	≥ 25
Eisen	≥ 500

**Anlage 2**  
(zu § 4)

**Tabelle 1**  
**Grenzwerte für Feststoffe (nach § 4 Abs. 1 Satz 1)**

Element/Verbindung	Konzentration (mg/kg Trockenmasse)
MKW	1000
BTEX	5
LHKW	5
PAK	20
PCB	1
Arsen (As)	150
Blei (Pb)	1000
Cadmium (Cd)	10
Chrom, gesamt (Cr)	600
Kupfer (Cu)	600
Nickel (Ni)	600
Quecksilber (Hg)	10
Zink (Zn)	1500
Cyanide, gesamt (CN-)	100

**Tabelle 1a**  
**Zuordnungswerte für Feststoffe (nach § 4 Abs. 3)**

Element/Verbindung	Konzentration (Masse-%)
Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz, bestimmt als	
TOC	≤ 6 <sup>1)</sup>
Glühverlust	≤ 12 <sup>1)</sup>

**Tabelle 2**  
**Grenzwerte für Eluat (nach § 4 Abs. 1 Satz 2)**

Anorganische Stoffe	Konzentrat (in µg/l)
Arsen (As)	10
Blei (Pb)	25
Cadmium (Cd)	5
Chrom, gesamt (Cr)	50
Chromat (Cr VI)	8
Kupfer (Cu)	50

<sup>1)</sup> Eine Überschreitung des Werts ist unter der im Einzelfall festzustellenden Voraussetzung zulässig, dass sie nicht auf Abfallbestandteile zurückzuführen ist, die zu gefährlicher Gasbildung oder zu einer Erhöhung der Brandlast im Grubengebäude führen.

## AbfR 2.2.14

Nickel (Ni)	50
Quecksilber (Hg)	1
Zink (Zn)	500
Cyanid, gesamt (CN <sup>-</sup> )	50
Cyanid, leicht freisetzbar (CN <sup>-</sup> )	10

Organische Stoffe	Konzentrat (in µg/l)
PAK, gesamt <sup>1)</sup> ,	0,2
- Naphthalin	2
LHKW, gesamt <sup>2)</sup>	10
PCB, gesamt <sup>3)</sup>	0,05
Mineralölkohlenwasserstoffe <sup>4)</sup>	200
BTEX <sup>5)</sup>	20

Für Salzbelastung (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>) soll eine Gesamtleitfähigkeit von 500 µS/cm gelten.

Der pH-Wert soll im Bereich von 5,5 bis 13 liegen. Der wasserlösliche Anteil (Abdampfdruckstand) soll 3 Masse-% nicht überschreiten.

---

<sup>1)</sup> PAK, gesamt: Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe ohne Naphthalin und Methylnaphthalin, in der Regel Bestimmung über die Summe von 15 Einzelsubstanzen gemäß Liste der US Environmental Protection Agency (EPA) ohne Naphthalin; ggf. unter Berücksichtigung weiterer relevanter PAK (z. B. Chinoline).

<sup>2)</sup> LHKW, gesamt: Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, d.h. Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe.

<sup>3)</sup> PCB, gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; in der Regel Bestimmung über die 6 Kongenere nach Ballschmiter multipliziert mit dem Faktor 5.

<sup>4)</sup> n-Alkane (C10...C39), Isoalkane, Cycloalkane und aromatische Kohlenwasserstoffe.

<sup>5)</sup> BTEX-Aromaten, gesamt: Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol).

**Anlage 3**  
(zu § 4 Abs. 4)

**Probenahme und Analytik**

## 1 Allgemeine Grundsätze

Die Anleitung gibt Vorgaben, wie bei der Probenahme, der Probenbehandlung, der Analytik und der Beurteilung der Analyseergebnisse im Einzelnen verfahren werden soll. Dabei sind zwei verschiedene Ebenen zu unterscheiden:

- Probenahme des zu verwertenden Abfalls am Entstehungsort (z.B. Industrie-, Aufbereitungsanlage),
- Probenahme im Zusammenhang mit der Kontrolle des angelieferten Abfalls am Ort der Verwertung.

Bei den durchzuführenden Untersuchungen sind die einschlägigen DIN-Normen sowie die im Folgenden festgelegten Anforderungen an die Probenahme, Probenvorbereitung und Analytik zu beachten.

Die standardisierten Analyseverfahren erlauben nicht immer abschließende Aussagen zu den Reaktionen der Abfälle, wenn die am Verwertungsort vorherrschenden hydrochemischen und hydrogeologischen Verhältnisse über lange Zeiträume betrachtet werden. Daher können im Einzelfall zur Bewertung der Umweltverträglichkeit weitergehende Untersuchungen erforderlich sein.

### 1.1 Probenahme

Die Probenahme ist so durchzuführen, dass der zu beurteilende Abfall repräsentativ erfasst wird. Die verschiedenen Untersuchungsebenen erfordern allerdings ein differenziertes Vorgehen bei der Probenahme. Dies betrifft insbesondere die Anzahl der zu entnehmenden Proben und die Wahl des geeigneten Probenahmeverfahrens.

Für die Durchführung der Probenvorbereitung ist zunächst von einer mindestens erforderlichen Menge von 1 kg auszugehen. In Abhängigkeit von der Materialkonsistenz können aber auch größere Mengen erforderlich werden.

#### 1.1.1 Probenahmegeräte

Bei der Auswahl des Probenahmeverfahrens und des Probenahmegerätes ist darauf zu achten, dass die zu entnehmende Probe nicht durch Materialien der Geräte mit später zu untersuchenden Substanzen kontaminiert wird. Ebenso sollte das Material des Entnahmegerätes gegenüber den im zu untersuchenden Material befindlichen Substanzen und Stoffen inert sein.

#### 1.1.2 Probenahmeprotokoll

Verfahrensweisen und Ergebnisse der Probenahme sind in geeigneter Weise zu dokumentieren. Dazu ist ein Probenahmeprotokoll anzufertigen, das mindestens die in Anhang 1 vorgegebenen Angaben enthält. Erforderlichenfalls sind diese Angaben je nach dem jeweiligen Einzelfall zu ergänzen.

### 1.2 Probenbehandlung

#### 1.2.1 Konservierung, Transport und Lagerung

Die Aufbewahrung von Proben vor Ort, während des Transports und im Labor ist Teilschritt der Untersuchung und daher bis ins Detail zu planen, mit großer Sorgfalt durchzuführen und zu dokumentieren.

Für Transport und Lagerung sind geeignete, dicht schließende Gefäße erforderlich. Sie sind vor dem Einsatz sorgfältig zu reinigen. Die Gefäße müssen so beschaffen sein, dass eine Beeinflussung der Probe durch Bestandteile des Gefäßmaterials ausgeschlossen ist. Soll sich die Analyse lediglich auf anorganische Inhaltsstoffe erstrecken, so können auch Gefäße aus Kunststoff verwendet werden.

Für die Bestimmung leichtflüchtiger Komponenten sind die Einzelproben vor Ort bereits entsprechend der jeweiligen Analysenmethode zu behandeln.

Die Veränderung lichtempfindlicher Parameter ist durch Aufbewahrung in dunklen Gefäßen zu minimieren. Das Probenmaterial ist sofort nach der Entnahme in die dafür vorgesehenen Gefäße zu überführen. Beim Transport ins Labor sind die Proben zu kühlen und im Dunklen aufzubewahren.

Die Proben sind im Labor umgehend zur Analyse vorzubereiten, da viele Inhaltsstoffe Umwandlungsprozessen unterworfen sind. Sofern eine sofortige Untersuchung nicht möglich ist, ist in Abhängigkeit

## AbfR 2.2.14

von den zu untersuchenden Stoffen eine geeignete Aufbewahrungsform für die aufbereitete Probe zu wählen.

### 1.2.2 Gewinnung der Analysenprobe und Probenvorbereitung

Zur Probenvorbereitung gehören die Vorgänge des Mischens, Trocknens, Siebens und Zerkleinerns der Proben. Wie bei der Lagerung der Proben ist auch hier darauf zu achten, dass diese nicht durch äußere Einflüsse in ihrer chemischen Beschaffenheit verändert werden.

Verfahren der Probenvorbereitung in Abhängigkeit von der Beschaffenheit (Korngröße) des zu untersuchenden Materials sind in der LAGA-Richtlinie PN 2/78 zusammengestellt. Spezielle Anforderungen an die Aufbereitung der Proben enthalten auch die folgenden Ausführungen.

Für die als Versatzmaterial vorgesehenen Abfälle gilt grundsätzlich, dass das Material in der Kornverteilung zu untersuchen ist, in der es verwertet werden soll.

### 1.2.3 Bestimmung der Gesamtgehalte

Aufbereitung der Probe durch Teilung, Brechen und Mahlen, um von 5 bis 50 kg 50 g homogenes Material zu erhalten.

#### 1.2.3.1 Arsen und Metalle

Nach DIN 38414, Teil 7 (Ausgabe Januar 1983) ist zunächst ein Teil der zu untersuchenden Probe (siehe 1.2.2) zu trocknen und analysenfein zu mahlen (mindestens 50 g Trockenmasse < 0,2 mm).

Die Bestimmung des säurelöslichen Anteils an Arsen und Metallen erfolgt in Lösung nach Durchführung eines Königswasseraufschlusses gemäß DIN 38414, Teil 7.

#### 1.2.3.2 Organische Inhaltsstoffe

Die Bestimmung der organischen Stoffe erfolgt in der Regel aus der Originalprobe. Die weitere Behandlung der Proben richtet sich nach den Vorschriften in den Anhängen 2 und 3 für die einzelnen Stoffe und Beschaffenheitsmerkmale.

### 1.2.4 Bestimmung des eluierbaren Anteils

Die Herstellung des Eluats erfolgt nach DIN 38414, Teil 4 (Ausgabe Oktober 1984) oder dem Trogverfahren nach LAGA Richtlinie EW 98 T (Stand Dezember 2001) mit den folgenden Abweichungen:

Bei den Untersuchungen zur Auslaugbarkeit der zu prüfenden Inhaltsstoffe ist in der Regel das Material in dem Zustand zu eluieren, in dem es verwertet werden soll. Eine Zerkleinerung darf im Einzelfall nur insoweit vorgenommen werden, wie es für die Durchführung der Untersuchungen unbedingt notwendig ist. Der Wassergehalt und die Korngrößenverteilung der zur Auslaugung vorgesehenen Probe sind an einer Parallelprobe nach Trocknung bei 105 °C entsprechend DIN 38414, Teil 2 (Ausgabe November 1985) zu ermitteln.

In Abhängigkeit vom Größtkorn der zu untersuchenden Originalprobe ist die Probenmenge für die Elution wie folgt zu wählen:

Größtkornanteil	(mehr als 5 %)	erforderliche Probenahmemenge
> 0 mm	< 2 mm	rd. 100 g
> 2 mm	≤ 11,2 mm	rd. 200 g
> 11,2 mm	≤ 2,4 mm	rd. 1000 g
> 22,4 mm		rd. 2500 g

Das Verhältnis Wasser/Feststoff beträgt in jedem Fall 10:1. Die Elution mehrerer Teilproben ist zulässig; vor der Weiterbearbeitung sind dann die Teileluate zu vereinigen. Zur Elution ist das Wasser/Feststoff-Gemisch 24 Stunden zu schütteln. Dabei muss sichergestellt sein, dass die gesamte Probenmenge ständig bewegt wird und Kornverfeinerungen möglichst vermieden werden (empfohlen wird eine Schüttel-Frequenz zwischen 10 und 100 Schwingungen pro Minute).

Andere Elutionsverfahren, wie das Perkolationsverfahren oder Lysimeterversuche, sind im Rahmen der Untersuchungen nicht erforderlich.

Zur Eluatgewinnung und –weiterbehandlung sind grundsätzlich Geräte aus Glas zu verwenden. Als Elutionsflüssigkeit ist demineralisiertes Wasser zu verwenden.

Im Einzelfall kann auch eine zusätzliche Elution im sauren oder basischen Bereich in Abhängigkeit von den am Verwertungsort vorherrschenden hydrochemischen Verhältnissen erforderlich sein. In jedem Fall ist eine Elution mit dem am Verwertungsort vorkommenden Grubenwasser durchzuführen, da hier-

von abhängig ist, wie groß der Anteil des Feststoffes ist, der möglicherweise in Lösung geht. Das Grubenwasser kann durch eine synthetisch hergestellte Flüssigkeit, die in ihrer chemischen Zusammensetzung dem vorkommenden Grubenwasser entspricht, ersetzt werden.

Die Trennung von Feststoff und Eluat muss unmittelbar nach Beendigung der Elution erfolgen. Sollen organisch-chemische Parameter bestimmt werden, ist diese Trennung nicht durch Filtration, sondern durch Zentrifugieren zu bewerkstelligen.

Kann die weitere Bearbeitung und Analyse des Eluats nicht unmittelbar im Anschluss an die Elution erfolgen, ist eine Lagerung des Eluats möglich, sofern die in den DIN-Verfahren zur Bestimmung der einzelnen Inhaltsstoffe genannten Konservierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

### 1.3 Analyseverfahren

Die anzuwendenden Verfahren sind in den Anhängen 2 und 3 aufgeführt.

Anhang 1

Protokoll für die Entnahme einer Feststoffprobe						
Entnehmende Stelle			Zweck der Probenahme			
1. Probenahmestelle: _____						
(Bezeichnung, Nr. im Lageplan)						
2. Lage: TK _____ Rechts  _ _ _ _ _ _ _ _  Hoch  _ _ _ _ _ _ _ _						
3. Zeitpunkt der Probenahme (Datum/Uhrzeit): _____						
4. Art der Probe (Boden/Schlacke/gem. Teil II): _____						
5. Entnahmegesetz: _____						
6. Art der Probenahme		Einzelprobe		<input type="checkbox"/>		
		Mischprobe		<input type="checkbox"/>		
6a. Bei Mischproben: Zahl der Einzelproben: _____						
7. Entnahmedaten:						
	Probenbezeichnung/ bzw. -nummer					
	Entnahmetiefe					
	Farbe					
	Geruch					
	Probenmenge					
	Probenbehälter					
	Probenkonservierung					
8. Bemerkungen/Begleitinformationen: _____						
_____						
<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Rückseite						
_____			_____			
Ort			Probenehmer/Fahrer			



## Anhang 2

## Untersuchungsmethoden-Feststoffe

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Norm	Ausgabe der Norm
pH-Wert	Bodenbeschaffenheit	DIN ISO 10390	Mai 1997
Trockenrückstand	Bodenbeschaffenheit Bestimmung des Trockenrückstands und des Wassergehaltes auf Grundlage der Masse, gravimetrisches Verfahren	DIN ISO 11465	Dezember 1996
Cyanid, gesamt	Bodenbeschaffenheit	E DIN ISO 11262	Juni 1995
Arsen	Hydrid -AAS	DIN EN ISO 11969	November 1996
Cadmium	Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) - für alle Metalle	DIN ISO 11047	Juni 1995
Chrom Kupfer Nickel	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) -für alle Metalle	DIN EN ISO 11885	April 1998
Blei Zink			
Quecksilber	Wasseranalytik AAS-Kaltdampftechnik	DIN EN 1483 DIN EN ISO 12338	August 1997 Oktober 1998
Mineralölkohlenwasserstoffe	n-Alkane (C10 bis C39), Isoalkane, Cycloalkane und aromatische Kohlenwasserstoffe (Gaschromatographie)	DIN EN 14039	Entwurf Dezember 2000
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)	Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe	DIN EN ISO 10301	August 1997
Benzol und Derivate (BTEX)	BTEX-leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)	DIN 38407, Teil 9	Mai 1991
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Bodenbeschaffenheit Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) Verfahren HPLC oder Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC-MS)	DIN ISO 13877  Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW	Januar 2000  1994
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S)	DIN 38414, Teil 20	Januar 1996
TOC	Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse). Die sich auf den Boden beziehende Norm ist auch für mineralische Abfälle anwendbar.	DIN ISO 10694	August 1996
Glühverlust		DIN 38414, Teil 3	November 1985

ISO-Normen, EN-Normen und DIN-Normen, auf die in diesem Anhang verwiesen wird, sind im Beuth-Verlag GmbH, Berlin und Köln, erschienen und beim Deutschen Patentamt in München archivmäßig gesichert niedergelegt.

## Anhang 3

## Untersuchungsmethoden - Eluate

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Norm	Ausgabe der Norm
pH-Wert	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C) Bestimmung des pH-Wertes (C5)	DIN 38404, Teil 5	Januar 1984
Elektrische Leitfähigkeit	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit	DIN EN 27888	November 1993
Gesamt-trocken-rückstand	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) - Bestimmung des Gesamt-trockenrückstandes, des Filtertrockenrückstandes und des Glührückstandes (H 1)	DIN 38409, Teil 1	Januar 1987
Cyanid, gesamt	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung Anionen (Gruppe D)-Bestimmung der Cyanide (D13)	DIN 38405, Teil 13 E DIN ISO 11262	Februar 1981 Juni 1995
Cyanid, leicht freisetzbar	Spektralphotometrie	E DIN ISO 14403 DIN 38405, Teil 13 DIN 38405, Teil 14	E DIN ISO 14403 Februar 1981 Dezember 1988
Arsen	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Arsen mit AAS-Hydridverfahren	DIN EN ISO 11969	November 1996
Blei Cadmium Chrom, gesamt Chromat (Cr VI) Kupfer Nickel Zink	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung Kationen (Gruppe D) - Bestimmung mittels AAS - Bestimmung mittels ICP-AES	DIN 34806, Teil 6 DIN EN ISO 5961 DIN EN 1233 DIN EN ISO 10304-3 DIN 38406, Teil 7 DIN 38406, Teil 11 DIN 38406, Teil 8  für alle Elemente: DIN EN ISO 11047 DIN EN ISO 11885	Juli 1998 Mai 1995 August 1996 November 1997 September 1991 September 1991 Oktober 1980  Juni 1995 April 1998
Quecksilber	Wasserbeschaffenheit AAS-Kaltdampftechnik	DIN EN 1483	August 1997
BTEX	GC-FID	DIN 38407, Teil 9	Mai 1991
PCB, gesamt	GC-ECD  GC-ECD oder (GC-MS)	DIN EN ISO 6468 DIN 51527, Teil 1 DIN 38407, Teil 3	Februar 1997 Mai 1987 Juli 1998
PAK, gesamt		DIN 38407, Teil 8	Oktober 1995
Naphthalin	GC-FID oder GC-MS	DIN 38407, Teil 9	Mai 1991
Mineralölkohlenwasserstoffe	Extraktion mit Petroläther, GC-FID	ISO/TR 11046	

ISO-Normen, EN-Normen und DIN-Normen, auf die in diesem Anhang verwiesen wird, sind im Beuth-Verlag GmbH, Berlin und Köln, erschienen und beim Deutschen Patentamt in München archivmäßig gesichert niedergelegt.

**Anlage 4**  
(zu § 4 Abs. 3 Satz 2)

**Hinweise zur Durchführung des Langzeitsicherheitsnachweises im Rahmen der standortbezogenen Sicherheitsbeurteilung für Bergwerke im Salzgestein, die Abfälle verwerten**

**1 Allgemeines**

**1.1 Ziel**

Durch einen Langzeitsicherheitsnachweis ist zu belegen, dass die Errichtung (ggf.), der Betrieb und die Nachbetriebsphase eines Bergwerks, in das Abfälle zur Verwertung eingebracht werden sollen, zu keiner Beeinträchtigung der Biosphäre führen können.

Die TA Abfall, Teil 1, vom 12. März 1991 (GMBI S. 139, 469) definiert als Schutzziel in Nummer 10 für Untertagedeponien den vollständigen und dauerhaften Abschluss der Abfälle von der Biosphäre. Dieses Schutzziel gilt auch für den untertägigen Einsatz von Versatzmaterial.

**1.2 Einbaumedium**

Nach der TA Abfall, Teil 1, ist ein vollständiger Einschluss bei der Ablagerung in Untertagedeponien bisher nur im Salzgestein geregelt. Danach übernimmt das Salzgestein als Wirtsgestein gleichzeitig die alleinige Funktion des Barrieregesteins. Der Langzeitsicherheitsnachweis ist daher grundsätzlich für das Salzgestein als Barrieregestein zu führen. Weitere geologische Barrieren können gegebenenfalls eine zusätzliche Sicherheit bieten, sie sind aber nicht zwingend erforderlich.

Auch bei der untertägigen Verwertung von Abfällen im Salzgestein nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses sind daher die für Versatzmaßnahmen und deren Funktion zutreffenden Regelungen der TA Abfall, insbesondere zum Langzeitsicherheitsnachweis, gleichwertig anzuwenden.

**1.3 Dauerhaft sicherer Einbau**

Bei der Entsorgung von Abfällen in einer Untertagedeponie (UTD) gemäß TA Abfall, Teil 1, ist der vollständige und dauerhafte Abschluss der Abfälle von der Biosphäre das erklärte Ziel. Danach richten sich die Anforderungen an die Abfälle, die bergbaulichen Hohlräume, die geotechnischen Barrieren (Abschlussbauwerke) und alle anderen technischen Einrichtungen und betrieblichen Maßnahmen. Salz als Wirtsgestein hat hier die Bedingungen zu erfüllen, gas- und flüssigkeitsdicht zu sein, durch sein Konvergenzverhalten die Abfälle allmählich zu umschließen und am Ende des Verformungsprozesses kraftschlüssig einzuschließen.

Das Konvergenzverhalten von Salzgestein steht demzufolge nicht im Widerspruch zu der Forderung, dass die Hohlräume während der Betriebsphase der UTD standsicher sein müssen. Die Anforderungen an die Standsicherheit sollen einerseits die Betriebssicherheit garantieren und andererseits die Integrität der geologischen Barriere bewahren, damit die Schutzwirkung gegen die Biosphäre aufrechterhalten bleibt. So gesehen ist eine kontrollierte Absenkung des Deckgebirges dann statthaft, wenn sie nur bruchlose Verformungen hervorruft und keine Wasserwegsamkeiten öffnet. Die Möglichkeit unkontrollierter Ereignisse ist insbesondere hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Eröffnung von Wasserwegsamkeiten zu bewerten. Können dabei Wasserwegsamkeiten gänzlich ausgeschlossen werden, kann dies nicht zur Beeinträchtigung der Langzeitsicherheit führen.

Wenn Abfälle als Versatzmaterial in ein Salzbergwerk nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses eingebracht werden, dann müssen die gleichen materiellen Anforderungen wie bei der untertägigen Ablagerung entsprechend der TA Abfall gestellt werden bzw. erfüllt sein.

**1.4 Verbreitung und Mächtigkeit des Barrieregesteins**

Nach der TA Abfall, Teil 1 (Nr. 10.2), muss die Barriere Salzgestein am Standort eine ausreichende räumliche Ausdehnung und im ausgewählten Ablagerungsbereich eine ausreichende Mächtigkeit besitzen. Eine „Faustformel“ über die Mindestausdehnung und Mindestmächtigkeit ohne Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten kann nicht angegeben werden. Grundsätzlich muss die vorhandene unverritzte Salzmächtigkeit so groß sein, dass die Barrierefunktion auf Dauer nicht beeinträchtigt wird.

Hilfreich kann in diesem Zusammenhang das Einhalten der Sicherheitspfeiler (z.B. Wasserwarnlinie) nach Bergrecht sein. Werden diese nicht eingehalten, ist ein standortspezifischer Nachweis zu führen, dass die Barrierefunktion nicht beeinträchtigt ist.

#### 1.5 Verletzung des Barrieregesteins durch bergbauliche Tätigkeiten

Das Barrieregestein wird bei Bergwerken durch die erforderlichen Schächte verletzt. Daher sind diese Schächte nach Stilllegung des Bergwerkes durch Abschlussbauwerke nach dem jeweiligen Stand der Technik so zu verschließen, dass die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet ist. Entsprechendes gilt für den Verschluss von Schächten in Bergwerken, in denen Versatzmaterial eingebracht wird. Sonstige bergbaulich notwendige Durchörterungen der geologischen Barriere (Erkundungsbohrungen, Strecken) müssen sicher erfasst, verschlossen und abgedichtet werden. Als Planungs- und Dokumentationsgrundlage ist das Risswerk nach § 63 des Bundesberggesetzes heranzuziehen.

## 2 Langzeitsicherheit

### 2.1 Umfang und Anforderungen

Bei der Beseitigung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen in Untertagedeponien gemäß TA Abfall, Teil 1, und bei der untertägigen Verwertung nach dem Prinzip des vollständigen Einschusses ist der Langzeitsicherheitsnachweis für das Gesamtsystem „Abfall/Untertagebauwerk/ Gebirgskörper“ unter Berücksichtigung planmäßiger und außerplanmäßiger (hypothetischer) Ereignisabläufe zu führen, wobei den standortspezifischen Gegebenheiten Rechnung zu tragen ist.

Der Langzeitsicherheitsnachweis als übergreifender und zusammenfassender Einzelnachweis im Rahmen der nach TA Abfall geforderten standortbezogenen Sicherheitsbeurteilung basiert im Wesentlichen auf den Ergebnissen der beiden anderen Einzelnachweise

- Geotechnischer Standsicherheitsnachweis und
- Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase.

Insbesondere dem geotechnischen Standsicherheitsnachweis kommt zur Beurteilung der langfristigen Wirksamkeit und Integrität der Barriere Salz eine entscheidende Bedeutung zu.

Ist der vollständige Einschuss durch den geotechnischen Standsicherheitsnachweis belegt, kann auf Modellrechnungen zu nicht planbaren Ereignisabläufen verzichtet werden, sofern plausibel dargelegt wird, ob und wie sich nicht planbare Ereignisse auswirken werden. Hierzu wird in der Regel eine verbalargumentative Betrachtung als ausreichend angesehen, die jedoch standortbezogen zu verifizieren ist. Ist der vollständige Einschuss im geotechnischen Standsicherheitsnachweis belegt, kann auch beim Langzeitsicherheitsnachweis auf Modellrechnungen zur Schadstoffausbreitung im Deckgebirge verzichtet werden.

In den Langzeitsicherheitsnachweis für Versatzmaßnahmen ist die zeitabhängige stabilisierende Wirkung des Versatzes einzubeziehen.

### 2.2 Notwendige Basisinformationen

Für die Beurteilung der Langzeitsicherheit sind detaillierte Basisinformationen zu den geologischen, geotechnischen, hydrogeologischen und geochemischen Parametern des Standortes sowie zur Konzentration und zum Mobilitätsverhalten der einzubringenden Schadstoffe erforderlich. Die Basisinformationen sind auf der Grundlage des Risswerkes (§ 63 des Bundesberggesetzes) zu ermitteln.

Zu den Basisinformationen gehören u. a.:

#### 2.2.1 Geologische Verhältnisse

- Geologische Barriere; vertikaler Abstand Hangendzone Salz bis zu den nächstgelegenen obersten Grubenbauen; horizontale Hohlraumabstände zu den Salzgesteinsflanken und vertikaler Abstand zum Liegenden; Mächtigkeit der gesamten Salzlagerstätte oder des Salzgesteinskörpers
- Aufschlussgrad der Lagerstätte
- Aufschlussbohrungen von über Tage und unter Tage
- Stratigraphie im Grubenfeld (incl. Mächtigkeiten, fazielle Übergänge)

## AbfR 2.2.14

- Stoffbestand der Salzlagerstätte mit Verhältnis von Steinsalz zu Kalisalzen, Tonen, Anhydriten, Karbonatgesteinen
- Salzlagerstättenstruktur/Innenbau, Strukturentwicklung einschließlich Bewegungen der Salzlagerstätte und ihrer Umgebung, Konvergenz, Streichen und Einfallen der Lagerstätte, Flankenausbildung, Umwandlungen an der Oberfläche der Salzlagerstätte, Lage und Ausbildung potentieller Laugenreservoirs (z. B. Hauptanhydrit)
- Grad der tektonischen Beanspruchung der Salzstruktur, vorherrschende Störungsrichtungalen
- Geologische Schnitte durch das Grubengebäude
- Geothermische Tiefenstufe
- Regionale seismische Aktivität in Vergangenheit und Gegenwart
- Subrosion, Ausbildung von Erdfällen an der Oberfläche
- Halokinese.

### 2.2.2 Angaben zum Grubengebäude

- Zuschnitt (Teufe der Grubenbaue, Hohlraumvolumen, Streckenquerschnitte, Schächte, Blindschächte, Wendeln und Rampen, horizontale Ausdehnung des Grubengebäudes, Lage und Teufe aller Schächte des Grubengebäudes, Grundflächen und Lage der Sohlen bzw. Teilsohlen, Sohlen- bzw. Teilsohlenabstand, Sohlen, die mit einem Füllort am Tagesschacht angeschlossen sind, Lage und Größe der geplanten Versatz- oder Ablagerungsräume)
- Sicherheit
  - \* Standsicherheit der Schächte, Strecken, Blindschächte und Abbauräume
  - \* Ggf. Firstfälle, Stoßabschalungen und Liegendaufbrüche im Bereich des Grubenfeldes
  - \* Ggf. Lösungszuflüsse (Orte, Mengen je Zeiteinheit, Auftreten, Temperatur/Dichte, gesättigt/ungesättigt, pH-Wert/chemische Analyse, Auswirkungen auf Grubenbetrieb, ggf. einzelne Grubenteile), Ursache und Herkunft
  - \* Ggf. Gasfreisetzung/-gefährdung (Ort, Menge, Zusammensetzung, Ursache)
  - \* Ggf. Erdöl-/Erdgasvorkommen (im Innern oder im Salzhang/Flankenbereich von Salzlagerstätten)
  - \* Sicherheitspfeiler zu Deckgebirge/Flanken/Basis/Lösungsnestern/Bohrungen/Schächten/Nachbarbergwerken
  - \* Vorhandene Erkundungsbohrungen von über Tage und unter Tage (siehe auch 2.2.1)
  - \* Abgedämmte bzw. abzudämmende Teile des Grubengebäudes.

### 2.2.3 Hydrogeologische Verhältnisse

- Stratigraphie, Petrographie, Mächtigkeit und Lagerungsverhältnisse der Schichten im Deckgebirge und Nebengestein
- Angaben zum Aufbau von Grundwasserstockwerken und zur Grundwasserbewegung
- Durchlässigkeiten und Fließgeschwindigkeiten
- Mineralisation des Grundwassers, Grundwasserchemismus, Lage der Salz-/Süßwassergrenze
- Nutzung des Grundwassers, festgesetzte oder geplante Wasser- und Heilquellenschutzgebiete sowie Vorranggebiete
- Lage, Ausbildung und Beschaffenheit von Oberflächengewässern.

### 2.2.4 Abfalleinbringung

- Abfallarten und -mengen, Abfallbeschaffenheit
- Versatzkonzept und -technik
- Geomechanisches Verhalten der Abfälle
- Reaktionsverhalten der Abfälle im Falle des Zutritts von Wasser und salinaren Lösungen
  - \* Löslichkeitsverhalten
  - \* Gasentwicklung bei erhöhter Temperatur unter Tage
  - \* Wechselwirkungen untereinander oder mit dem Wirtsgestein.

Es ist eine möglichst lückenlose Erhebung und Dokumentation der Bestandsdaten durchzuführen, ggf. in Form von Fachgutachten.

### 2.3 Entwicklung eines Sicherheitskonzeptes

Auf der Grundlage der o.g. Basisinformationen bzw. Fachgutachten soll zunächst ein Sicherheitskonzept aufgestellt werden. Hierbei erfolgt im Rahmen der standortbezogenen Sicherheitsbeurteilung eine erste Bewertung, ob ein Nachweis des vollständigen Einschlusses der eingebrachten schadstoffhaltigen Abfälle unter den Standortbedingungen langfristig möglich erscheint.

Gleichzeitig wird erkennbar, ob ggf. ergänzende oder zusätzliche Erkundungsarbeiten erforderlich sind.

### 2.4 Geotechnischer Standsicherheitsnachweis

Um den dauerhaften Abschluss der Abfälle von der Biosphäre zu gewährleisten, ist für die Standsicherheit der Hohlräume im Einzelnen nachzuweisen, dass

- a) während und nach der Erstellung der Hohlräume keine Verformungen - weder im Hohlraum selbst, noch an der Tagesoberfläche - zu erwarten sind, die die Funktionsfähigkeit des Bergwerkes beeinträchtigen können;
- b) das Tragverhalten des Gebirges ausreicht, um Verbrüche von Hohlräumen zu verhindern, die die Langzeitsicherheit des Bergwerkes beeinträchtigen können;
- c) die eingebrachten Abfälle auf längere Sicht stabilisierend wirken.

Der Nachweis der Standsicherheit sowohl in der Betriebs- als auch in der Nachbetriebsphase ist durch ein gebirgsmechanisches Gutachten zu erbringen. Dabei sind insbesondere folgende Aufgabenstellungen abzuarbeiten:

1. Einordnung und Bewertung der geologischen/tektonischen und hydrologischen Kenntnisse hinsichtlich ihrer Relevanz für die angetroffene und zu prognostizierende gebirgsmechanische Situation im Bereich des Grubengebäudes.
2. Analyse der bergbaulichen Situation anhand von Betriebserfahrungen (soweit vorhanden), insbesondere zur Dimensionierung der untertägigen Grubenbaue und zur Bewertung der Standsicherheit.
3. Analyse des Gebirgsverhaltens auf der Basis von Messungen über Tage und unter Tage, von Ergebnissen geotechnischer Laborversuche sowie auf Grund markscheiderischer Prognosen und gebirgsmechanischer Bewertungen. Vorhandene Ergebnisse und Datenbestände eines Bergwerksbetriebes können genutzt werden.
4. Ableitung der Darlegung eventueller gebirgsmechanischer Gefährdungssituationen auf der Basis der durchgeführten Analysen.
5. Erstellung eines Sicherheitsplanes zum Nachweis der Standsicherheit sowie zur gebirgsmechanischen Bewertung der Langzeitsicherheit (Integrität/Intaktheit) der geologischen Barrieren; dabei sind die möglichen Risiken zu beschreiben und die zu beachtenden Gefährdungsmöglichkeiten zu definieren, die den rechnerischen Nachweisen zugrunde zu legen sind.
6. Festlegung der zu berücksichtigenden möglichen Einwirkungsfaktoren geologisch/tektonischer Art (u.a. Primärspannungszustand, Temperaturfeld, Erdbeben) oder anthropogener Art (z.B. durch Hohlraumauffahrungen, Versatz/Abfall).
7. Durchführung von Laborversuchen zur Ermittlung der gesteinsmechanischen Eigenschaften (Festigkeits- und Verformungseigenschaften) der anstehenden Salzgesteine ggf. auch des einzubringenden Versatzes/ Abfalls.
8. In-situ-Messungen zur Bewertung des Beanspruchungszustandes (Verformungs- und Spannungszustand) der Lagerstätte infolge des durchgeführten Bergbaus; in kritischen Bereichen auch in-situ-Messungen zur Permeabilität.
9. Rechnerische gebirgsmechanische Modellierung zur Simulation des Beanspruchungszustandes des Gebirges und des Langzeitverhaltens des Einlagerungsbereiches und des Grubengebäudes unter Berücksichtigung der langfristigen Konvergenz, der stabilisierenden Wirkung des Versatzes/Abfalls sowie seismologisch bedingter dynamischer Wirkungen.
10. Bewertung von gebirgsmechanischen Gegebenheiten
  - Standsicherheit (Einschätzung der Möglichkeit eines Festigkeits- bzw. Verformungsversagens, seismische Systemstabilität)
  - Konvergenz des Grubengebäudes und Oberflächenabsenkungen
  - Langfristige Wirksamkeit der geologischen Barrieren.

## AbfR 2.2.14

11. Erarbeitung der aus gebirgsmechanischer Sicht erforderlichen Maßnahmen während des Einlagebetriebs und zum Betriebsabschluss
  - betriebsbegleitende geotechnische Messungen
  - gebirgsmechanische Grundsätze für die Verwahrung und für Abschlussbauwerke.

Die Empfehlungen des Arbeitskreises „Salzmechanik“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. zur Geotechnik der Untertagedeponierung von gefährlichen Abfällen im Salzgebirge-Ablagerung in Bergwerken - können auch bei den geotechnischen Untersuchungen in Bergwerken, in denen besonders überwachungsbedürftige Abfälle im vollständigen Einschluss verwertet werden, herangezogen werden.

### 2.5 Nachweis der Langzeitsicherheit

Aufbauend auf den vorlaufenden Untersuchungsergebnissen sind in dem übergreifenden und zusammenfassenden Langzeitsicherheitsnachweis für das Gesamtsystem „Abfall/Untertagebauwerk/Gebirgskörper“ auf der Grundlage des Mehrbarrierensystems folgende Einzelsysteme zu betrachten und zu bewerten:

#### 2.5.1 Bewertung der natürlichen Barrieren

- Verhalten des Wirtsgesteins, des Nebengesteins und des Deckgebirges.

#### 2.5.2 Bewertung von technischen Eingriffen auf die natürlichen Barrieren

- Schächte
- andere Grubenbaue (z. B. Strecken, Blindschächte)
- Übertagebohrungen
- Untertagebohrungen
- Bergbaubedingte Gebirgsauflockerungen.

#### 2.5.3 Bewertung der technischen Barrieren

- Abfallbeschaffenheit und ggf. Konditionierung
- Art der Einbringung
- Streckendämme
- Schachtverschlüsse.

#### 2.5.4 Bewertung von Ereignissen, sofern sie den vollständigen Einschluss der Abfälle gefährden und ggf. eine Schadstoffmobilisierung bewirken können

- Natürlich bedingte Ereignisse
  - \* Diapirismus und Subrosion
  - \* Erdbeben
  - \* Vulkanismus
- Technisch bedingte Ereignisse und Prozesse
  - \* Undichtwerden von Erkundungsbohrungen
  - \* Wassereintritt während der Betriebsphase, z.B. über die Schächte
  - \* Laugeneintritt während der Betriebsphase
  - \* Versagen der Schachtverschlüsse
  - \* Bergbaubedingte Gebirgsauflockerungen
  - \* Bohrungen oder sonstige Eingriffe in der Nachbetriebsphase.

Die Auswahl zusätzlicher Ereignisse hat sich an den jeweiligen standortspezifischen Gegebenheiten auszurichten.

#### 2.5.5 Zusammenfassende Bewertung des Gesamtsystems unter Berücksichtigung aller sicherheitsrelevanten Gesichtspunkte.