

DIN EN 16907-7

ICS 93.020

**Erdarbeiten –
Teil 7: Hydraulische Einbringung von mineralischen Nebenprodukten und
Abfällen;
Deutsche Fassung EN 16907-7:2021**

Earthworks –
Part 7: Hydraulic placement of extractive waste;
German version EN 16907-7:2021

Terrassements –
Partie 7: Placement hydraulique d'excédents miniers;
Version allemande EN 16907-7:2021

Gesamtumfang 107 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16907-7:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 396 „Erdarbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-22 AA „Erdarbeiten (SpA zu CEN/TC 396 und CEN/TC 396/WG 1 bis WG 8), Gemeinschaftsausschuss mit FGSV“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Deutsche Fassung

**Erdarbeiten —
Teil 7: Hydraulische Einbringung von mineralischen
Nebenprodukten und Abfällen**

Earthworks —
Part 7: Hydraulic placement of extractive waste

Terrassements —
Partie 7: Placement hydraulique d'excédents miniers

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 7. Juni 2021 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	12
4 Abkürzungen	17
5 Entwicklung von Projekten zur hydraulischen Einbringung	18
6 Charakterisierung von mineralischen Feststoffdeponien.....	19
7 Standort- und Materialcharakterisierung.....	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Phasen des Charakterisierungsprozesses.....	21
7.3 Geotechnische Charakterisierung.....	23
7.3.1 Allgemeines	23
7.3.2 Charakterisierung von Gründungsmaterialien und Baustoffen	23
7.3.3 Charakterisierung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle	23
7.3.4 Probenahme und <i>In-situ</i> -Prüfung.....	24
7.3.5 Laborprüfung.....	25
7.4 Geochemische Charakterisierung	26
7.4.1 Allgemeines	26
7.4.2 Saures Sickerwasser	28
7.4.3 Probenahme	28
7.4.4 Laborprüfung.....	29
8 Wirtschaftsplan für mineralische Nebenprodukte und Abfälle	31
9 Bemessung, Bau, Betrieb und Stilllegung von mineralischen Feststoffdeponien.....	32
9.1 Bemessungsziele.....	32
9.2 Standortwahl.....	32
9.2.1 Allgemeines	32
9.2.2 Rangliste alternativer Standorte	33
9.3 Bemessungselemente	34
9.4 Bemessungsparameter.....	35
9.5 Risikomanagement	35
9.6 Auswahl des Querschnitts der Dammaufschüttung.....	35
9.7 Bau von Dammaufschüttungen	38
9.7.1 Allgemeines	38
9.7.2 Aufschüttung vor der Deponierung.....	38
9.7.3 Stufenweiser Bau von Dammaufschüttungen	39
9.8 Bemessungsaspekte für Erdbauwerke	39
9.9 Aspekte des Sickerwasser-Managements.....	40
9.10 Bemessung von Aufspülsystemen zur Deponierung	40
9.10.1 Allgemeines	40
9.10.2 Hydraulischer Transport.....	41
9.10.3 Hydraulische Deponierung.....	42
9.10.4 Deponierung unter Wasser.....	42

9.10.5	Freiliegende Deponierung	42
9.11	Wassermanagement.....	43
9.11.1	Allgemeines	43
9.11.2	Wasserbilanz.....	43
9.11.3	Hochwasserschutz	44
9.11.4	Notfall-Überlauf	45
9.11.5	Wasserrückgewinnungssystem	45
9.12	Handbuch für Betrieb, Wartung und Überwachung (OMS)	45
9.13	Notfallplanung.....	46
9.14	Stilllegung.....	47
9.14.1	Planung und Bemessung der Stilllegung	47
9.14.2	Fortlaufende Überarbeitung des Stilllegungsplans	48
9.14.3	Nachsorge-Inspektionsanforderungen	48
10	Qualitätskontrolle der Bauausführung.....	48
10.1	Allgemeines	48
10.2	Qualitätssicherung Bauausführung (CQA) der Dammaufschüttung	49
10.3	Qualitätskontrolle der Entsorgung.....	49
11	Messung und Überwachung.....	50
11.1	Allgemeines	50
11.2	Messtechnische Überwachung	52
12	Inspektionsregelungen	53
12.1	Allgemeines	53
12.2	Qualifikation	53
12.3	Hintergrunddaten für Inspektion und Berichterstellung	53
12.4	Technische Inspektionen	54
12.4.1	Allgemeines	54
12.4.2	Tägliche Inspektionen	56
12.4.3	Wöchentliche Inspektionen.....	56
12.4.4	Zusätzliche technische Inspektionen.....	56
12.4.5	Inspektionsaufzeichnungen	56
12.4.6	Aufzeichnungen von Messgeräten.....	57
12.4.7	Regelmäßige Untersuchungen	57
12.4.8	Jährliche Prüfungen.....	57
12.4.9	Fachkunde.....	57
12.4.10	Jährliche Berichterstellung.....	58
12.5	Regelungen für unabhängige Inspektionen.....	58
12.5.1	Der unabhängige qualifizierte Ingenieur/Prüfer.....	58
12.5.2	Verfahren für unabhängige technische Inspektionen	58
12.5.3	Berichterstellung.....	59
12.5.4	Empfehlungen.....	59
Anhang A (informativ)	Nicht genormte geotechnische Prüfungen von Aufspülmaterial.....	60
A.1	Einleitung	60
A.2	Prüfung des Feststoffanteils.....	60
A.2.1	Beschreibung	60
A.2.2	Geräte.....	60
A.2.3	Durchführung	60
A.2.4	Ergebnisse	61
A.3	Prüfung der Sinkgeschwindigkeit von Partikeln.....	61
A.3.1	Beschreibung	61
A.3.2	Geräte.....	61
A.3.3	Durchführung	62
A.3.4	Ergebnisse	62
A.4	Prüfung der undränierten Ablagerung	62

A.4.1	Beschreibung.....	62
A.4.2	Geräte.....	63
A.4.3	Durchführung.....	63
A.4.4	Ergebnisse	64
A.5	Prüfung der dränierten Ablagerung.....	65
A.5.1	Beschreibung.....	65
A.5.2	Geräte.....	65
A.5.3	Durchführung.....	65
A.5.4	Ergebnisse	66
A.6	Lufttrocknungsprüfung.....	68
A.6.1	Beschreibung.....	68
A.6.2	Geräte.....	68
A.6.3	Durchführung.....	68
A.6.4	Ergebnisse	70
A.7	Schlammfestigungsprüfung.....	71
A.7.1	Beschreibung.....	71
A.7.2	Geräte.....	71
A.7.3	Durchführung.....	72
A.7.4	Ergebnisse	74
Anhang B (informativ) Phasen einer MWF.....		77
Anhang C (informativ) Bauverfahren für eine MWF-Aufschüttung		79
Anhang D (informativ) Bemessungsaspekte für Erdbauwerke.....		80
D.1	Allgemeine Anmerkungen.....	80
D.2	Bemessungsprozess für Erdbauwerke	80
D.2.1	Allgemeines	80
D.2.2	Bemessungssituationen	81
D.2.3	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	81
D.2.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	83
D.3	Bauwerke.....	84
Anhang E (informativ) Optionen für die Wasserrückgewinnung.....		85
Anhang F (informativ) Typische Inhalte eines OMS-Handbuchs		87
Anhang G (informativ) CQA der Dammaufschüttung — empfohlene Prüfhäufigkeit.....		88
Anhang H (informativ) CQA-Überwachung der deponierten Aufspülmaterialien		89
Anhang I (informativ) Messinstrumente für eine MWF		90
Anhang J (informativ) Häufigkeit technischer Inspektionen einer MWF		93
Anhang K (informativ) Tägliche technische Inspektionen.....		94
Anhang L (informativ) Wöchentliche technische Inspektionen.....		99
Anhang M (informativ) Programm für technische Inspektionen und Berichterstellung.....		100
Anhang N (informativ) Inhalte eines Berichts über die technische Inspektion		101
Literaturhinweise.....		103

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16907-7:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 396 „Erdarbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ist Teil der Europäischen Normen im Rahmen der Normenreihe EN 16907 zu *Erdarbeiten*. Die Normenreihe, die vom Technischen Komitee CEN/TC 396 erarbeitet wurde, gliedert sich in mehrere Teile, die verschiedenen Stufen der Planung, Ausführung und Überwachung von Erdarbeiten entsprechen und zusammen als eine Gruppe von Normen für die Ausführung von Erdarbeiten betrachtet werden sollten. Die vollständige Reihe von Teilen ist wie folgt:

- EN 16907-1, *Erdarbeiten — Teil 1: Grundsätze und allgemeine Regeln*
- EN 16907-2, *Erdarbeiten — Teil 2: Materialklassifizierung*
- EN 16907-3, *Erdarbeiten — Teil 3: Ausführung von Erdarbeiten*
- EN 16907-4, *Erdarbeiten — Teil 4: Bodenbehandlung mit Kalk und/oder hydraulischen Bindemitteln*
- EN 16907-5, *Erdarbeiten — Teil 5: Qualitätskontrolle und Überwachung*
- EN 16907-6, *Erdarbeiten — Teil 6: Landgewinnung mit nassgebagertem Einbaumaterial*
- EN 16907-7, *Erdarbeiten — Teil 7: Hydraulische Einbringung von mineralischen Nebenprodukten und Abfällen* (dieses Dokument)

Innerhalb dieses Dokuments sind Verweisungen auf bestimmte Teile der Norm vollständig ausgeschrieben (z. B. „EN 16907-2“).

Diese Normen zu Erdarbeiten sind nicht für die Umweltplanung und die Bemessung in der Geotechnik anwendbar, welche die geforderte Form und die Eigenschaften des zu errichtenden Erdbauwerks bestimmen. Sie sind für die Bemessung der Erdbaumaterialien sowie die Ausführung, Überwachung und Überprüfung der Erdbauprozesse anwendbar, um sicherzustellen, dass das fertiggestellte Erdbauwerk der geotechnischen Bemessung genügt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

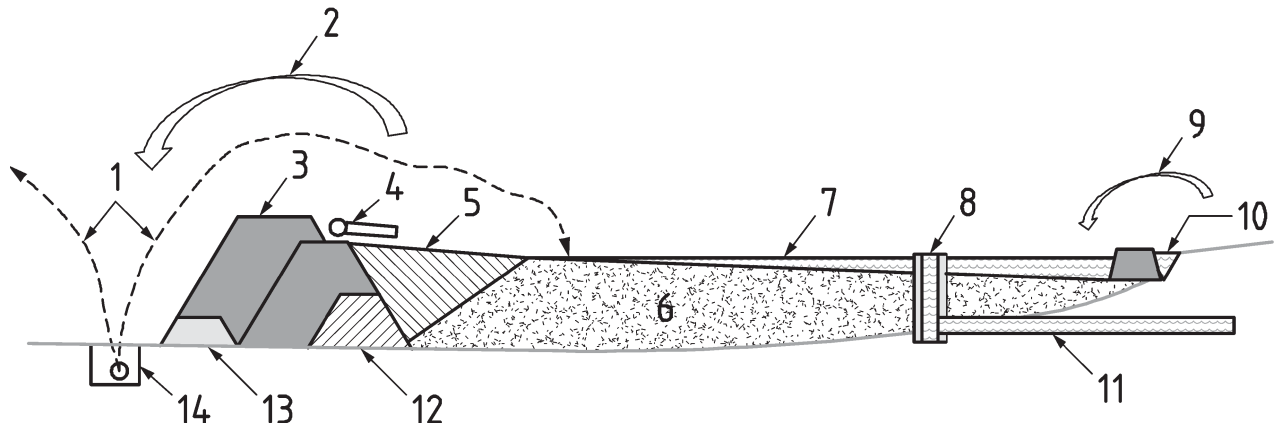
Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Die Richtlinie 2006/21/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2006 über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie gibt an, dass die Erstellung eines Abfallwirtschaftsplans für bestimmte Feststoffdeponien (en: mine waste facility, MWF) erforderlich ist. Ein Ziel des Abfallwirtschaftsplans ist es, eine sichere Entsorgung der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle durch Auswahl einer Bemessung, die geotechnische und geochemische Stabilität für alle Aufspülmaterialien bietet, die auf eine bestehende Geländeoberkante aufgebracht werden, kurz- und langfristig sicherzustellen. Daraus folgt, dass während der Bemessung, des Baus, des Betriebs, der Wartung, der Stilllegung und der Nachsorgephase einer MWF geeignete Merkmale berücksichtigt werden müssen, um schwere Unfälle zu vermeiden und negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt zu begrenzen. Dieses Dokument behandelt alle technischen Phasen der Entwicklung eines Projekts für Aufspülmaterialien im Kontext der Richtlinie für mineralische Abfälle (en: Extractive Waste Directive – EWD) mit Schwerpunkt auf der Charakterisierung von Abfällen und Einrichtungen und Verfahren für Erdarbeiten.

Alle Sektoren der mineralgewinnenden Industrie produzieren mit hoher Wahrscheinlichkeit Rückstände, die bei der Verarbeitung von Mineralien durch Zerkleinerungs- und Konzentrationsprozesse mechanisch und manchmal auch chemisch verändert werden. Diese Rückstände (mineralische Abfälle/Aufbereitungsrückstände) bestehen aus Feinkornmaterial, das üblicherweise in flüssiger Form oder als Schlamm als Aufspülmaterial aus dem Verarbeitungswerk abgeleitet wird, wobei zu beachten ist, dass grobe Partikel mit hydraulischen Mitteln üblicherweise weder transportiert noch deponiert werden. Solche mineralischen Abfälle müssen unabhängig von ihrer Konsistenz und ihren allgemeinen Merkmalen in einer Einrichtung für deren sichere Handhabung gelagert werden, sofern sie nicht sofort wiederzuverwerten sind. Im Metallbergbau werden diese Einrichtungen auch als „Absetzanlage“ (Bild 1), in den Sektoren für Zuschläge und Industriemineralien als „Schlammteiche“ (Bild 2) und im Energiesektor als „Aschedeponien“ bezeichnet. Im Rahmen dieser Norm werden alle drei als mineralische Abfallentsorgungsanlagen (en: mine waste facilities, MWFs) bezeichnet.

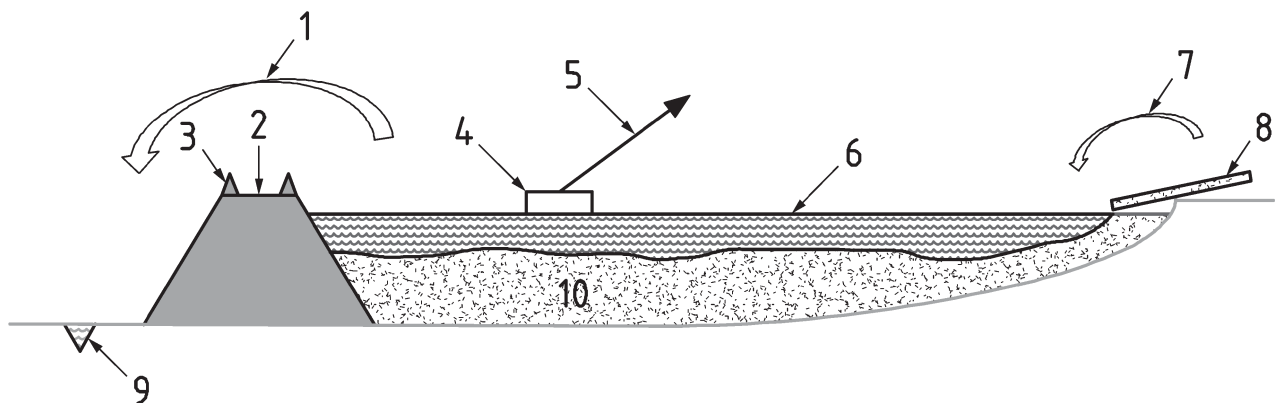
ANMERKUNG Definitionen einiger der weniger geläufigen Benennungen, die in diesem Dokument verwendet werden, sind in Abschnitt 3 enthalten.



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Sickerwasser-Rückführung zur MWF oder zur Eindeichung für rückgeführtes Wasser | 8 Prozesswasser/Oberflächenabfluss bei hohem Füllstand |
| 2 Notfall-Überlauf | 9 Werksabfluss |
| 3 stufenweise erhöhte Dammaufschüttung | 10 umgebendes Abfluss-Umleitungssystem |
| 4 Austragsleitung für Aufbereitungsrückstände | 11 Rückleitung zum Verarbeitungswerk oder zur Eindeichung für rückgeführtes Wasser |
| 5 Ablagerung von Aufbereitungsrückständen | 12 Aufschüttung vor der Deponierung |
| 6 feine Aufbereitungsrückstände/Schlack | 13 Sickerwasser-Ablaufregulierung |
| 7 Überstandsteich/Staubecken | 14 Sickerwasser-Rückförpumppe |

Bild 1 — Typischer Querschnitt — Absetzanlage



Legende

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 Notfall-Überlauf | 6 Klärteich |
| 2 Erdschüttdamm | 7 Werksabfluss |
| 3 Kantenschutz | 8 Austragsleitung für Schlamm |
| 4 Teichpegel-Steuerungssystem mit Schwimmpumpe | 9 Entwässerungsregulierungskanal |
| 5 Rücklauf zum Frischwasserteich | 10 unverfestigte Schlammablagerung |

Bild 2 — Typischer Querschnitt — Schlammteich

Wenn die Deponierung mit hydraulischen Einbauverfahren stattfindet, verfügt die MWF für so feine partikelförmige Abfälle über eine Anlage, die die mineralischen Abfälle und einen Teil des freien Wassers aus dem Verarbeitungsbetrieb, Wasser aus anderen Anlagen oder Regenwasser anstaut oder aufnimmt. Dieser Prozess erfordert die Bemessung und den Bau eines Damms, einer Dammaufschüttung oder eines anderen Bauwerks zur Aufnahme, Lagerung, Eindämmung oder anderweitigen Handhabung solcher Abfälle auf einer Bodenoberfläche zusammen mit der zugehörigen Infrastruktur.

Für die Bauausführung, den Betrieb und die Rehabilitation einer MWF sind viele Techniken verfügbar, von denen einige genormt sind und die auf eine lange Verwendungsgeschichte in der mineralgewinnenden Industrie zurückblicken. Daher kann bei der Bemessung eines komplexen Bauwerks für Aufspülungen, wie einer MWF, die von den Gegebenheiten vor Ort und den klimatischen, geologischen, topografischen, hydrologischen, seismologischen und umweltbezogenen Gegebenheiten abhängt, keine Norm spezifische bau- oder umgebungsbezogene Elemente vorgeben oder empfehlen. Es ist jedoch wichtig, dass die hydraulische Einbringung von mineralischen Abfällen nur sachgemäß durchgeführt werden kann, wenn ausreichende Kenntnisse der geochemischen, physikalischen und geotechnischen Merkmale und Eigenschaften vorhanden sind. Solche Kenntnisse können durch die detaillierte Charakterisierung der Abfälle und der Abfallbehandlungsanlage und ihrer daraus folgenden Schadensklassifikation erworben werden. Durch die regional unterschiedlichen geologischen und klimatischen Bedingungen ergeben sich nationale Unterschiede in den Ausführungen von Erdarbeiten. Deshalb werden mit dieser Norm die allgemeinen Grundsätze und Systeme für die Ausführung, den Betrieb und die Rehabilitation einer MWF in Bezug auf Erdarbeiten festgelegt.

Dieses Dokument ist Teil einer Europäischen Normenreihe zu Erdarbeiten. Seitens des CEN/TC 396 wurde beschlossen, ein separates Dokument zur hydraulischen Einbringung von mineralischen Abfällen, die durch Erdarbeiten anfallen, einzuführen. Dieses Dokument legt die geotechnischen und geochemischen Normen fest, die notwendig sind, um die Anforderungen der Richtlinie 2006/21/EG zu erfüllen. Es bietet einen vereinheitlichten Ansatz für alle Interessenvertreter, die an der Entwicklung von Aufspülprojekten und der Erweiterung bestehender Feststoffdeponien beteiligt sind, zusammen mit einem Rahmenwerk für deren Projektierung und Implementierung.

Der Inhalt dieses Dokuments ist allgemein gehalten und große Teile des Textes sind unter Berücksichtigung der breit gefächerten Maßnahmen zur Gewinnung von Rohstoffen und der Abhängigkeit der Merkmale einzelner Abfälle und ihrer Deponierungseigenschaften von der Geologie, der eingesetzten Mineralgewinnungs- und Mineralverarbeitungstechnik und dem Typ und dem Aufstellungsort der MWF zusammengefasst. Für weitere Einzelheiten wird auf Fachbücher und andere in den Literaturhinweisen aufgeführte Dokumente, insbesondere *„The hydraulic transport and storage of extractive waste, Guidelines to European Practice“*, verwiesen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gibt Empfehlungen für die hydraulische Einbringung von mineralischen Nebenprodukten und Abfällen und kann wie folgt anwendbar sein:

- bei allen Interessenvertretern im Bereich der Deponierung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle mit hydraulischer Einbringungstechnik in Bezug auf geotechnische und geochemische Aspekte der Untersuchung, der Bemessung, des Baus und des Betriebs einer Feststoffdeponie und aller damit zusammenhängenden Überwachungsmaßnahmen;
- auf mineralgewinnende Industriebetriebe, in denen feine partikelförmige Nebenprodukte anfallen, die im Rahmen der industriellen Verarbeitung an einem sicheren, stabilen und umweltverträglichen Ort gelagert werden müssen;
- auf Fachkräfte in nicht mineralgewinnenden Industriebetrieben aus Branchen, in denen ähnliche Techniken eingesetzt werden können und für die keine anderen europäischen Richtlinien bestehen.

Der Anwendungsbereich dieses Dokuments umfasst alle Aspekte eines Damms, einer Dammaufschüttung oder eines anderen Bauwerks zur Aufnahme, Lagerung, Eindämmung oder anderweitigen Handhabung solcher Abfälle auf einer Bodenoberfläche. Die Grundstruktur für die Norm und für alle Phasen eines Projekts für Aufspülmaterialien ist in Bild 3 dargestellt.

Dieses Dokument behandelt die Charakterisierung der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle zum Zweck der hydraulischen Einbringung in die MWF als Teil der Dammaufschüttung und zur sicheren Lagerung. Zusätzlich empfiehlt die Norm Folgendes:

- Mindestanforderungen an die vor der Bemessungs- und Ausführungsphase eines Projekts für Aufspülmaterialien erfassten Daten;
- Leitlinien für die Auswahl des für den ausgewählten Standort geeigneten Typs der Dammaufschüttung;
- Leitlinien für die Auswahl und Charakterisierung der Baustoffe;
- allgemeine Grundsätze für die Bemessung und Ausführung eines Projekts für Aufspülmaterialien von den Vorbereitungen für die Deponierung über den Betrieb bis zur Stilllegung und Rehabilitation;
- Leitlinien für die Überwachung und Qualitätskontrolle aller Phasen des Projekts für Aufspülmaterialien zur Sicherstellung der langfristigen Sicherheit und Stabilität.

In diesem Dokument wird betrachtet, wie bestimmte Materialien, die aus einem vorgeschalteten Prozess stammen, sicher gelagert werden. Es enthält keine Definitionen, Festlegungen oder Beschreibungen von Elementen für die Bemessung eines Projekts für Aufspülmaterialien, sondern allgemeine Empfehlungen, um gesetzlichen Vorschriften und den Regeln der Technik zu entsprechen. Das Dokument berücksichtigt, dass ähnliche Techniken für die hydraulische Einbringung von Material in nicht mineralgewinnenden Industriebetrieben angewendet werden dürfen, für die keine anderen europäischen Richtlinien bestehen.

Dieses Dokument behandelt nicht die Bemessung von Erdbauwerken in Bezug auf Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit. Diese sind nach der Normenreihe EN 1997 (Eurocode) und anderen relevanten Normen geregelt. Dieses Dokument geht davon aus, dass die Erdbauwerke ordnungsgemäß bemessen wurden.

Dieses Dokument ist nicht für Deponien, Nassbaggerung oder Aspekte des hydraulischen Einbaus beim Verpressen anwendbar.

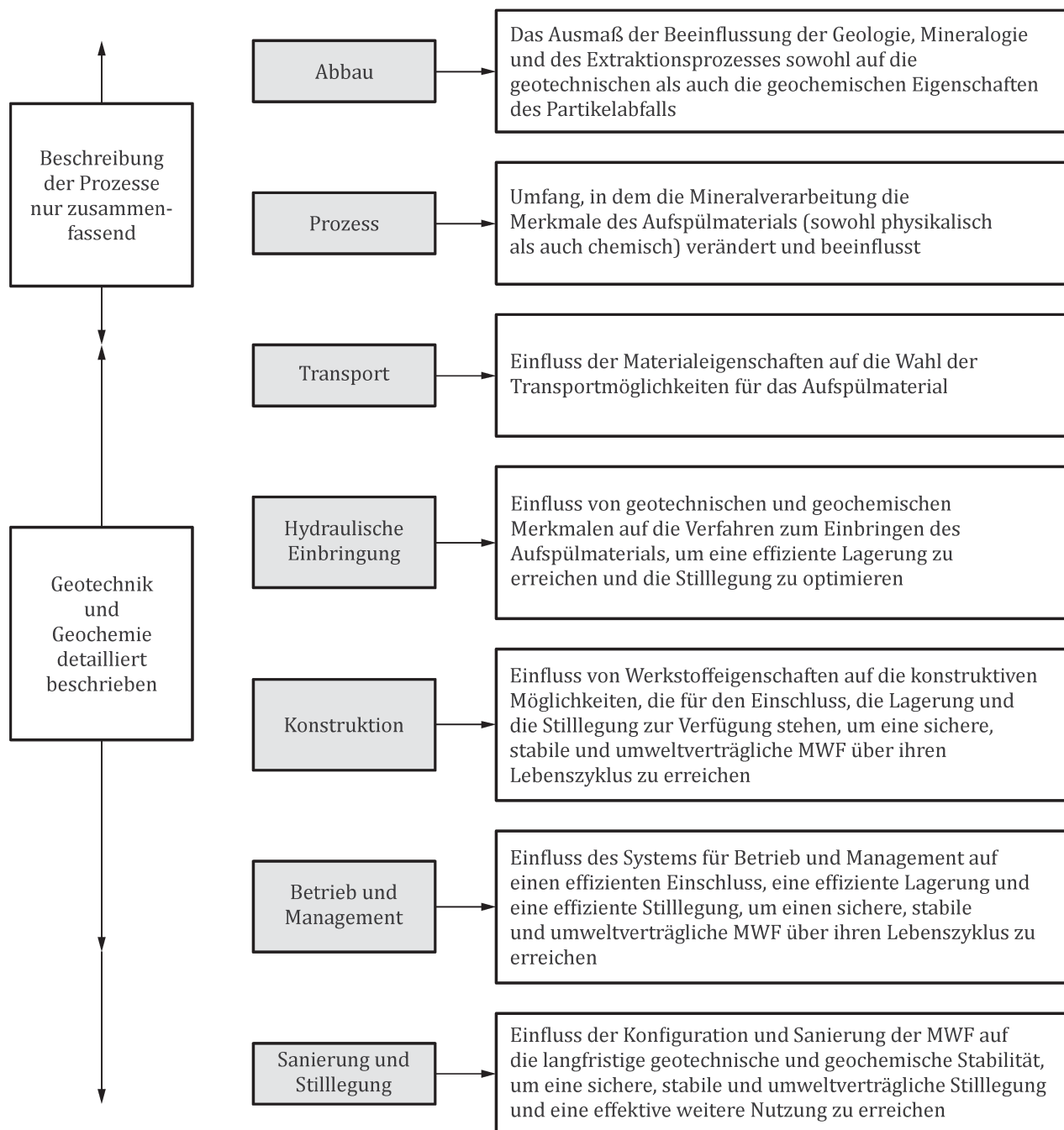


Bild 3 — In diesem Dokument behandelte Phasen der hydraulischen Einbringung

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1997 (Reihe), *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998 (Reihe), *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 14899, *Charakterisierung von Abfällen — Probenahme von Abfällen — Rahmen für die Erstellung und Anwendung eines Probenahmeplans*

EN 15875, *Charakterisierung von Abfällen — Statische Prüfung zur Bestimmung des Säurebildungspotenzials und des Neutralisationspotenzials von sulfidhaltigen Abfällen*

EN 16907 (Reihe), *Erdarbeiten*

EN ISO 14688 (Reihe), *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden*

EN ISO 14689, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels*

EN ISO 17892 (Reihe), *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Laborversuche an Bodenproben*

EN ISO 18674 (Reihe), *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geotechnische Messungen*

EN ISO 22282 (Reihe), *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geohydraulische Versuche*

EN ISO 22475-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung*

EN ISO 22476 (Reihe), *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen*

CEN/TR 15310 (Reihe), *Charakterisierung von Abfall — Probenahme*

CEN/TS 16229, *Charakterisierung von Abfällen — Probenahme und Analyse von leicht freisetzbaren Cyaniden bei der Einleitung in Absetzteiche*

CEN/TR 16363, *Charakterisierung von Abfällen — Kinetische Prüfungen zur Bestimmung des Säurebildungspotentials von sulfidhaltigen Abfällen der mineralgewinnenden Industrie*

CEN/TR 16365, *Charakterisierung von Abfällen — Probenahme von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie*

CEN/TR 16376, *Charakterisierung von Abfällen — Rahmenrichtlinie zur Charakterisierung von Abfällen der mineralgewinnenden Industrie*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Weitere Informationen siehe Richtlinie 2006/21/EG.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1

Zerkleinerung

Verfahren des Brechens und Mahlens von Geomaterialien, um deren Korngröße im Vorfeld der Mineralverarbeitung zu reduzieren

3.2

Dammaufschüttung

errichteter Damm sowohl aus natürlich vorkommenden als auch aus verarbeiteten geotechnischen Werkstoffen zur sicheren Lagerung feinkörniger Aufspülmateriale (mineralische Nebenprodukte und Abfälle) und Prozesswasser, die/das aus einer Anlage für Mineralverarbeitung ablaufen/abläuft, zusammen mit verbleibendem natürlichem Oberflächenwasser

3.3

Baustoff

Geomaterialien, bestehend aus Boden, Fels oder mineralischen Nebenprodukten und Abfällen geeigneter Größe, die mit herkömmlichen Erdbewegungsmaschinen zur Bildung der Dammaufschüttung eingebracht und verdichtet werden

3.4

Krone der Dammaufschüttung

oberster Teil des Dammbauwerks bzw. der unterste Teil der oberen Aufschüttung, wenn bzw. falls die Oberfläche wellig ist

3.5

kritischer Wert

Wert eines bestimmten Parameters, z. B. Porendruck oder Oberflächenbewegung, der in der Bemessung oder durch betriebliche Vorschriften festgelegt ist und nicht überschritten werden sollte

3.6

Ablaufbauwerk Einlaufbauwerk

en: decant

technisches Bauwerk für das Recycling von Prozesswasser und gegebenenfalls für die Ableitung natürlichen Oberflächenwassers

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Bauwerk kann über einen Turm, eine schwimmende/fest installierte Pumpe oder ein schwerkraftbasiertes Überlaufsystem verfügen.

3.7

Bemessungskriterien

Parameter für die Feststoffdeponie, die das Bauwerk und dessen späteren Betrieb definieren

3.8

Bemessungshochwasserzufluss

Hochwasserzufluss in das Staubecken bis zum maximalen Stillwasserstand, den der Damm unter üblichen Bedingungen ohne Auftreten von Schäden aufzunehmen hat, und mit einer Sicherheitsmarge durch die Freibordhöhe

3.9

Notfall-Überlauf

technisches Bauwerk für die sichere Ableitung von Hochwasserbeaufschlagungen, ohne die Stabilität der Dammaufschüttung zu gefährden, das nur für den Betrieb bei extremen Ereignissen bemessen ist

3.10

mineralische Nebenprodukte und Abfälle

deponierte Feststoffe

Abfallmaterial

en: extractive waste

siehe Aufbereitungsrückstände

3.11

Hochwasserbeaufschlagung

maximaler Anstieg des Stillwasserstands über den Höchstwasserstand (oder Speicherwasserstand) des Staubeckens während eines Hochwasserereignisses

3.12

Freibordhöhe

senkrechte Höhe von der Dammspitze bis zum Höchstwasserstand (oder Speicherwasserstand)

3.13

Aufspülmaterial

en: hydraulic fill

Material, das in beabsichtigter Art und Weise in einem flüssigen Zustand, als ein Gemisch von Bodenteilchen und Wasser eingebracht wird, so dass sich die Bodenteilchen als eine Ablagerung ansammeln und sich verdichten, wenn eine weitere Auffüllung darüber eingebracht wird, um einen Einbaukörper zu erzeugen

3.14

Aufspülsystem

zur Verteilung und Deponierung des Aufspülmaterials notwendige Leitungen und Infrastruktur

3.15

unabhängig

frei von persönlichen Interessen und insbesondere von familiären und finanziellen Interessen mit Bezug auf das Ergebnis einer damit zusammenhängenden Inspektion

Anmerkung 1 zum Begriff: Zahlungen für Inspektionsdienstleistungen werden nicht als Einschränkung der Unabhängigkeit betrachtet.

3.16

Inspektion

Verfahren der Überprüfung und Überwachung der Leistung und der Einhaltung von Kriterien, um anzugeben, dass festgelegte Ziele erreicht und kritische Werte nicht überschritten wurden

3.17

inhärente Parameter

Parameter, die sich im Laufe von Erdarbeiten nicht ändern, z. B. Korngrößenverteilung oder Plastizität

3.18

langfristig

Bemessungs- oder Betriebszeithorizont, üblicherweise in Jahren gemessen

3.19

maximaler Wasserstand im Staubecken

maximale sichere Füllhöhe des Überstandteichs, die in den Bemessungs- und Betriebsvorschriften für die MWF festgelegt ist

3.20

Bergbauhalde

Abfallentsorgungsanlage

Feststoffdeponie

MWF, en: Mine Waste Facility

technisches Bauwerk, das zusammen mit allen notwendigen zugehörigen Anlagen für eine sichere Zurückhaltung oder Eindämmung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle für die vorübergehende Lagerung und gegebenenfalls das Recycling von Prozess- und Hochwasser ausgelegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Sektor für Steinbrüche und Industriemineralien werden diese Einrichtungen häufig auch als „Schlammteiche“, im Energiesektor als „Aschedeponien“ und im Metallbergbau als „Absetzanlagen“ bezeichnet.

3.21

Mineralverarbeitung

mechanische, physikalische, biologische, thermische oder chemische Prozesse, mit denen das Wertmineral aus einer mineralischen Ressource extrahiert wird, die auch die erneute Verarbeitung zuvor entsorgter Abfälle beinhalten, jedoch keine Schmelzprozesse, thermische Herstellungsprozesse (mit Ausnahme des Verbrennens von Kalkstein) und metallurgische Prozesse

3.22

Überwachung

systematische Beobachtung der Feststoffdeponie inklusive aller zugehörigen Einrichtungen wie der geotechnischen und geochemischen Charakterisierung, physikalischer Messungen und Anzeigen von Messergebnissen, zusammen mit deren Verarbeitung und Auswertung

3.23

Paste

Aufspülmaterial mit einem hohen Feststoffanteil, das während der Einbringung eine hohe Viskosität und minimale Trennung von Feststoff und Wasser aufweist

3.24

polymetallisches Vorkommen

Mineralquelle/-erz, die/das für die Gewinnung von mehr als einem Metall geeignet ist

3.25

höchstes wahrscheinliches Hochwasser

PMF, en: Probable Maximum Flood

Hochwasser-Ganglinie, die sich aus dem PMP und gegebenenfalls der Schneeschmelze ergibt, in Kombination mit den ungünstigsten hochwassererzeugenden Bedingungen im Einzugsbereich, die unter den vorherrschenden meteorologischen Bedingungen realistischerweise erwartet werden können

3.26

höchster wahrscheinlicher Niederschlag

PMP, en: Probable Maximum Precipitation

größte theoretisch mögliche meteorologische Niederschlagshöhe in einer bestimmten Zeitspanne

3.27

regulatorische Inspektion

Verfahren der Überprüfung und Förderung der Einhaltung anwendbarer Rechtsvorschriften (z. B. lokale, nationale oder internationale Regelungen oder Genehmigungsbestimmungen) und/oder der Überwachung von Auswirkungen zur Ermittlung des Bedarfs an weiteren Maßnahmen zur Sicherstellung deren Einhaltung (z. B. Maßnahmen zur Sicherheit, Stabilität oder Umweltverträglichkeit)

Anmerkung 1 zum Begriff: Regulatorische Inspektionen können von zuständigen Behörden durchgeführt oder von diesen bei unabhängigen Experten in Auftrag gegeben und im Rahmen der behördlichen Zuständigkeit unter behördlicher Aufsicht durchgeführt werden.

3.28

Hochwasserdurchleitung im Staubecken

Durchgang eines Hochwasservolumens durch ein Staubecken

3.29

Wiederholungsperiode

erwartete durchschnittliche Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hochwassern, die einer angegebenen Größe entsprechen oder größer als diese sind

3.30

Eindeichung für rückgeführtes Wasser

optionaler zusätzlicher Wasserspeicher für die Rückführung oder den Austrag von überschüssigem Prozess- und meteorischem Wasser aus der MWF

3.31

Staubecken

Rückhaltebecken

en: reservoir

siehe Überstandsteich

3.32

Risikobeurteilung

Gesamtprozess von Risikoidentifizierung, Risikoanalyse und Risikobewertung inklusive der Identifizierung sämtlicher potenzieller Gefahren und der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens

3.33

Risikomanagement

bautechnische Bemessung, Betrieb und Stilllegung zum Erreichen des vereinbarten Grades der Risikominderung

3.34

Risikominderung

Prozess zur Verringerung des Risikos und der Auswirkungen durch Verfahren des Risikomanagements, um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und/oder dessen negativen Auswirkungen auf die höchstzulässige Rate von Todesfällen, Verletzungen und Sachschäden zu verringern

3.35

Hochwasser für die Sicherheitsprüfung

Hochwasserzufluss in das Staubecken bis zum maximalen Stillwasserstand, den der Damm aufzunehmen hat, und bei dessen Überschreiten die Sicherheit des Damms nicht gewährleistet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Zentrale Bestandteile können bei diesem Hochwasserzustand an die Grenze ihrer sicheren Funktionsfähigkeit gelangen.

3.36

kurzfristig

Bemessungs- oder Betriebszeithorizont, üblicherweise in Monaten gemessen

3.37

Schlammteich

Deponie

siehe Feststoffdeponie

3.38

Feststoffkonzentration/-anteil

Gewicht des Feststoffs je Gewichtseinheit mineralischer Nebenprodukte und Abfälle in Schlammform

3.39

Überlauf

siehe Notfall-Überlauf

3.40

Zustandsparameter

Parameter, die sich während Erdarbeiten ändern, z. B. Dichte, Wassergehalt oder Festigkeit

3.41

Stillwasserstand

Füllstand des Überstandsteichs in Abwesenheit der Auswirkungen von Wellen

3.42

freiliegende Deponierung

Deponierung von Aufspülmaterial oberhalb des Wasserstands, durch die sich Ablagerungen am Umfang bilden

3.43

Deponierung unter Wasser

Deponierung von Aufspülmaterial unterhalb des Wasserstands

3.44

Überstandsteich

auf der Oberfläche der MWF gelagertes Restwasservolumen, bestehend aus einer Kombination von Prozess- und meteorischem Wasser

3.45

Aufbereitungsrückstände

en: tailings

mineralische Nebenprodukte und Abfälle, die durch Trennen (z. B. Brechen, Mahlen, Sortieren nach Größe, Flotation und sonstige physikalisch-chemische Techniken) in der Mineralverarbeitung entstehen, mit denen die Wertminerale vom tauben Gestein getrennt werden

3.46

Eindeichung von Spülfeldern für Aufbereitungsrückstände

en: tailings dams

siehe Dammaufschüttung

3.47

Absetzanlage

TMF, en: Tailings Management Facility

siehe Abfallentsorgungsanlage

3.48

Lagereinrichtung für Aufbereitungsrückstände

TSF, en: Tailings Storage Facility
siehe Abfallentsorgungsanlage

3.49

technische Inspektion

Verfahren zur Überprüfung und Förderung der Einhaltung von Bemessungskriterien und kritischer Werte (z. B. geotechnisch, betrieblich, unternehmerisch, sicherheits- oder umweltbezogen) und/oder eine Leistungsüberwachung zur Ermittlung des Bedarfs an weiteren Maßnahmen zur Sicherstellung der Einhaltung

Anmerkung 1 zum Begriff: Technische Inspektionen können von zuständigen „fachkundigen Experten“ mit geeigneten Qualifikationen durchgeführt oder im Rahmen der Zuständigkeit solcher Experten und unter deren Aufsicht bei geeignet qualifizierten Personen in Auftrag gegeben werden.

3.50

Höchstwasserstand

geringste Kronenhöhe des Notfall-Überlaufs

3.51

Dammbruchwelle

Schwallwelle aus Wasser und Feststoffen, die von einem versagenden Damm talwärts freigesetzt wird

3.52

Wellenüberlauf

intermittierender Ablauf von Wasser über die Dammkrone, verursacht durch Wellen, die durch die verfügbare Freibordhöhe nicht aufgefangen werden

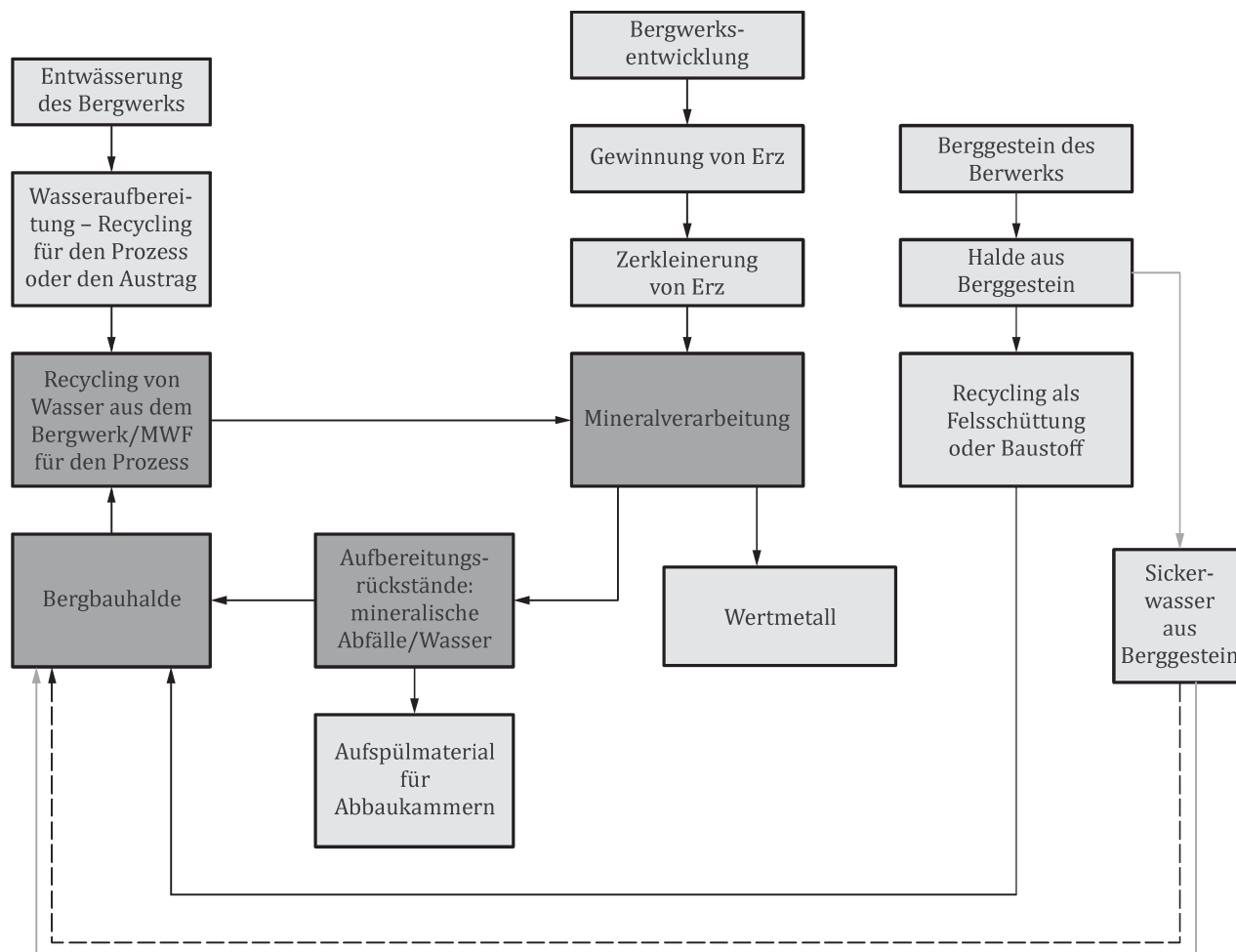
4 Abkürzungen

ABA	Säure-Basen-Rechnung (en: Acid Base Accounting)
ARD	saures Sickerwasser (en: Acid Rock Drainage)
CMP	Managementplan für die Bauausführung (en: Construction Management Plan)
CQA	Qualitätssicherung Bauausführung (en: Construction Quality Assurance)
EWD	Richtlinie für mineralische Abfälle (en: Extractive Waste Directive; siehe auch MWD)
ICOLD	Internationale Kommission für große Talsperren (en: International Commission on Large Dams)
LOM	Lebensdauer der Bergbauanlage (en: Life of Mine)
MWD	Bergbauabfallrichtlinie (en: Mine Waste Directive)
MWF	Abfallentsorgungsanlage / mineralische Feststoffdeponie (en: Mine Waste Facility; siehe auch TMF)
MWP	Bewirtschaftungsplan für mineralische Abfälle (en: Mine Waste Plan)
OMS	Betrieb, Wartung und Überwachung (en: Operation, Maintenance and Surveillance)

PMF	höchstes wahrscheinliches Hochwasser (en: Probable Maximum Flood)
PMP	höchster wahrscheinlicher Niederschlag (en: Probable Maximum Precipitation)
QMP	Plan für Qualitätsmanagement (en: Quality Management Plan)
TMF	Absetzanlage (en: Tailings Management Facility; siehe auch MWF)
TSF	Lagereinrichtung für Aufbereitungsrückstände (en: Tailings Storage Facility; siehe auch MWF)
WMP	Abfallwirtschaftsplan (en: Waste Management Plan)

5 Entwicklung von Projekten zur hydraulischen Einbringung

Dieser Abschnitt beschreibt die Herkunft und Quellen des Aufspülmaterials und die einem Prozess nachgeschaltete Einbringung solcher mineralischer Nebenprodukte und Abfälle in oberirdischen MWFs, wie sie im Flussdiagramm in Bild 4 veranschaulicht sind.



Möglicherweise ist nur ein Teil des Berggesteins des Bergwerks für die Verwendung beim Bau der TMF Dammaufschüttung geeignet

Bild 4 — Typisches Flussdiagramm für Aufspülmaterialien in einem Bergbauprojekt

Alle Sektoren der mineralgewinnenden Industrie produzieren mit hoher Wahrscheinlichkeit Rückstände, die bei der Verarbeitung von Mineralien durch Zerkleinerungs- und Konzentrationsprozesse mechanisch und manchmal auch chemisch verändert werden. Diese Rückstände (auch als Aufbereitungsrückstände bezeichnet) bestehen aus feinkörnigen mineralischen Nebenprodukten und Abfällen, die üblicherweise in Schlammform als Aufspülmaterial aus dem Verarbeitungswerk abgeleitet werden. Solche mineralischen Nebenprodukte und Abfälle müssen unabhängig von ihrer Konsistenz und ihren allgemeinen Merkmalen in einer Einrichtung für deren sichere Handhabung gelagert werden, sofern sie nicht sofort wiederzuverwerten sind. In den meisten Fällen würde das anfallende Abfallprodukt nicht stabil sein, es sei denn, es wird in einer Anlage, d. h. einem Rückhaltebecken oder Teich, das/der von einer Dammaufschüttung umgeben ist, angestaut. Mineralverarbeitung, Transport und Einbringung der feinkörnigen mineralischen Nebenprodukte und Abfälle erfordern im Allgemeinen erhebliche Wassermengen. Dieses Wasser ist aufgrund seines Kontakts mit dem Abfall ein wesentlicher Bestandteil des Einbringprozesses für Aufspülmaterialien. Die Effizienz und Wirtschaftlichkeit des industriellen Prozesses, die Umwelanforderungen und die Wasserbilanz am Standort erfordern üblicherweise, dass für den Transport der feinkörnigen mineralischen Abfälle genutztes Wasser recycelt und in der weiteren Mineralverarbeitung wiederverwendet wird. Daher verfügt die MWF üblicherweise über eine Vorrichtung, die nicht nur der Aufnahme des aufgespülten Materials, sondern auch der wirksamen Sedimentation der feinkörnigen Abfälle und der Sedimentation des (Überstand-) Wassers zur Wiederverwendung im Prozess dient.

Die geeignete Lagerung des Aufspülmaterials und das effiziente Recycling des anfallenden Wassers erfordert eine(n) geeignete(n) Bemessung, Betrieb und Leitung des Systems für Mineralverarbeitung und die Lagerung von mineralischen Abfällen, um eine langfristig (zeitlich unbegrenzt) sichere und nachhaltige Lagerung und geotechnische und geochemische Stabilität zu erreichen. Die Transportmöglichkeiten von der Anlage für Mineralverarbeitung und für die Einbringung und Deponierung in einer stabilen MWF sind vielfältig, wobei das langfristige Ziel eine sichere, stabile und effiziente Lagerung ist, wie oben beschrieben.

Die Größe der MWF kann bezüglich der Fläche von weniger als 10 000 m² bis zu mehreren Quadratkilometern und bezüglich der Höhe von einigen Metern für eine Schlammdeponie bis über 100 m für eine Absetzanlage, z. B. bei einer umfangreichen und komplexen Erzabbauaßnahme, schwanken. Typische Querschnitte einer Absetzanlage und eines Schlammteichs mit den wesentlichen Merkmalen solcher MWFs sind in Bild 1 und Bild 2 dargestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass möglicherweise nicht alle gezeigten Merkmale in allen Anlagen erforderlich sind.

Die in der Mineralverarbeitung anfallenden feinkörnigen mineralischen Nebenprodukte und Abfälle werden üblicherweise abgepumpt oder in Schlammform durch die Wirkung der Schwerkraft aus der Anlage für Mineralverarbeitung zur MWF geleitet. Die Konsistenz des Schlamms unterscheidet sich von Projekt zu Projekt in Abhängigkeit von den geologischen Ursprüngen des Erzes, seiner geotechnischen Merkmale, der industriellen Verarbeitung, der Aufbau des Deponierungsbeckens und der geografischen Lage. Der Schlamm kann ein dünner Brei mit einem Feststoffanteil von nur 5 %, wie es bei vielen Schlammteichen der Fall ist, oder mit einem Feststoffanteil von 70 % bis 80 % sehr dick sein. In letzterem Fall wird er als Paste oder Aufspülmaterial mit eingedickten Aufbereitungsrückständen deponiert.

6 Charakterisierung von mineralischen Feststoffdeponien

Nach geltenden Europäischen Rechtsvorschriften (Richtlinie 2006/21/EG) stuft die zuständige Behörde eine MWF als Kategorie A ein, wenn:

- 1) die Risikoabschätzung ergibt, dass bei der Berücksichtigung von Faktoren wie derzeitige oder künftige Größe, Standort und Umweltauswirkungen der Abfallentsorgungseinrichtung, ein Versagen oder der nicht ordnungsgemäße Betrieb, wie z. B. das Abrutschen einer Halde oder ein Dammbruch, zu einem schweren Unfall führen könnte, oder
- 2) die Anlage Abfälle enthält, die nach der Richtlinie 91/689/EWG ab einem bestimmten Schwellenwert als gefährlich eingestuft werden; oder

- 3) die Anlage Stoffe oder Zubereitungen enthält, die nach den Richtlinien 67/548/EWG bzw. 1999/45/EG ab einem bestimmten Schwellenwert als gefährlich eingestuft werden. 2006L0021 — DE — 07.08.2009 — 001.001 — 28

Eine MWF wird als keine Kategorie A klassifiziert, wenn keine der oben aufgeführten Kriterien erfüllt sind.

Bei der Charakterisierung der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle müssen die oben in 2) und 3) genannten Parameter berücksichtigt werden.

7 Standort- und Materialcharakterisierung

7.1 Allgemeines

Für alle mineralischen Feststoffdeponien muss eine geotechnische und geochemische Charakterisierung von Gründungsmaterialien, Baustoffen und mineralischen Nebenprodukten und Abfällen durchgeführt werden. Dieser Abschnitt beschreibt die geotechnische und geochemische Charakterisierung, wobei der Schwerpunkt auf ersterer liegt, da die geochemische Charakterisierung in anderen Normen ausführlich behandelt wird.

Für alle neuen mineralischen Feststoffdeponien sowie vor der Erweiterung und Modifikation bestehender mineralischen Feststoffdeponien muss eine geotechnische Untersuchung durchgeführt werden. Im Rahmen der geotechnischen Untersuchung müssen geotechnische Informationen gesammelt, aufgezeichnet und interpretiert werden, einschließlich Geologie, Geomorphologie, Seismizität, Hydrologie und Geschichte des Standorts.

Der Umfang der geotechnischen Untersuchung muss so beschaffen sein, dass sie angemessene und ausreichende Informationen über die Baugrundbeschaffenheit und die Verfügbarkeit von Baustoffen für die Bemessung und den Bau ergibt. Der Umfang muss die Art und Klassifizierung der Feststoffdeponie berücksichtigen.

Geotechnische Untersuchungen müssen die Anforderungen in EN 1997 (Reihe) und EN 16907 (Reihe) erfüllen.

ANMERKUNG 1 Feststoffdeponien, die in Übereinstimmung mit der Richtlinie 2006/21/EG als Kategorie A klassifiziert sind, können bei der Festlegung der Mindestanforderungen an Umfang und Inhalt einer geotechnischen Untersuchung nach EN 1997-1 als geotechnische Kategorie 3 klassifiziert werden. Feststoffdeponien, die nicht als Kategorie A klassifiziert sind, können ebenfalls als geotechnische Kategorie 3 eingestuft werden, sofern keine hinreichenden Nachweise dafür vorliegen, dass das Bauwerk kein außergewöhnliches Risiko darstellt und keine schwierigen Bodenverhältnisse oder Belastungsbedingungen vorliegen.

In Anbetracht des inakzeptablen Risikos von Bergbauarbeiten unter der Feststoffdeponie, sollte der ausgewählte Standort durch stratigraphische Bohrungen oder mit anderen Mitteln untersucht werden, um das Vorhandensein wirtschaftlich interessanter Ablagerungen im Boden zu beurteilen.

Die auf einer Abfallentsorgungsanlage zu deponierenden mineralischen Nebenprodukte und Abfälle müssen so charakterisiert werden, dass die Beurteilung der langfristigen physikalischen und chemischen Stabilität des Bauwerks ermöglicht wird. Die Charakterisierung von Abfällen muss alle folgenden Informationskategorien abdecken:

- Hintergrundinformationen;
- geologische Herkunft der abzubauenen Ablagerung;
- die Art des Abfalls und dessen geplante Handhabung;
- geotechnisches Verhalten von Abfall;
- geochemische Merkmale und geochemisches Verhalten von Abfall.

ANMERKUNG 2 Diese Information ist in der Entscheidung der Kommission 2009/360/EG festgelegt.

Die oben aufgeführten Informationen sind in einem Abfallwirtschaftsplan für die Feststoffdeponie zu berücksichtigen.

In Richtlinie 2006/21/EG muss die Charakterisierung von Abfällen für Feststoffdeponien unter Kategorie A in verschiedenen Phasen des Projekts von der Anfangsbemessung bis zur Stilllegung (aktiv und passiv) durchgeführt werden. Die Charakterisierung von Abfällen muss ebenfalls durchgeführt werden, wenn sich die Merkmale des in einer Feststoffdeponie deponierten Materials ändern, und die Ergebnisse müssen in eine Überarbeitung des Abfallwirtschaftsplans aufgenommen werden.

Bei der Charakterisierung von Abfällen sollte auf Dokumente verwiesen werden, die von CEN/TC 292 erarbeitet wurden, insbesondere EN 14899, EN 15875, CEN/TS 16229, CEN/TR 16363, CEN/TR 16365, CEN/TR 16376. Es sollte auch auf verfügbare Fachliteratur verwiesen werden, die in den Literaturhinweisen aufgeführt ist.

7.2 Phasen des Charakterisierungsprozesses

Die Planung, die Bemessung, der Bau, der Betrieb und die Stilllegung einer Abfallentsorgungsanlage müssen auf detaillierten Kenntnissen der geotechnischen und geochemischen Merkmale der zu deponierenden mineralischen Nebenprodukte und Abfälle und der für den Bau des eindämmenden Bauwerks und der Gründung unter der Halde verwendeten Baustoffe basieren.

ANMERKUNG Obwohl bei der Bemessung vieler Feststoffdeponien Geokunststoffe einbezogen werden, sind diese Werkstoffe in diesem Dokument nicht berücksichtigt.

Die physikalischen und chemischen Merkmale von geologischen Materialien, die in einer Feststoffdeponie verwendet werden, beeinflussen das Verhalten der Materialien während des Betriebs und der Stilllegung (aktiv und passiv). Die Entscheidungen zur Bemessung in Bezug auf die Entsorgungsstrategie und die Einschlusstechnik müssen auf einer geeigneten Bewertung des kurz- und langfristigen Verhaltens dieser Materialien basieren.

Ein Charakterisierungsprogramm muss mindestens die folgenden Elemente abdecken:

- Gründungsmaterialien unter der Dammaufschüttung und im Bereich der Deponierung;
- Baustoffe, einschließlich für die Dammaufschüttung und zugehörige Bauwerke zu verwendende mineralische Nebenprodukte und Abfälle;
- zu deponierende, anzustauende oder zu lagernde mineralische Nebenprodukte und Abfälle.

Der geotechnische und geochemische Charakterisierungsprozess muss in allen Entwicklungsphasen einer Feststoffdeponie durchgeführt werden. Die Entwicklungsphasen einer Feststoffdeponie sind in Anhang B, Tabelle B.1, beschrieben. Die geotechnische Charakterisierung muss die Anforderungen in EN 1997 (Reihe) und EN 16907 (Reihe) erfüllen.

Der geotechnische und geochemische Charakterisierungsprozess muss in den Vorbereitungsphasen der Projektentwicklung beginnen und sollte sich über die Machbarkeitsstudie, die abschließende (detaillierte) Bemessungsphase, den Betrieb und die Stilllegungsphase erstrecken (aktiv und passiv). Die Charakterisierung muss auch während der Nachsorgephase durchgeführt werden, um zu bestätigen, dass die Ziele der Stilllegung (langfristige geotechnische und geochemische Stabilität) erreicht wurden.

Materialien müssen daher charakterisiert werden im Rahmen:

- der Entwicklung eines neuen Projekts;
- eines regelmäßigen Qualitätssicherungsprogramms für Bau und Deponierung;
- des aktiven Betriebs mit dem Ziel, ein spezifisches Problem zu behandeln;
- von Prüfungen der Lebensdauer des Bergbaus;
- der Entwicklung oder Aktualisierung eines Stilllegungsplans.

Mindestens die folgenden Charakterisierungen müssen Teil der Entwicklung jeder Feststoffdeponie sein (die in Anhang B, Tabelle B.1, beschriebenen Entwicklungsphasen einer Feststoffdeponie sollten in Bezug genommen werden).

- Machbarkeit:
 - Probenahme und Prüfung geologischer Materialien, um die Basisparameter für die Bemessung der Gründung und der Aufschüttung zu bestimmen;
 - Probenahme und Prüfung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle, sofern von einer Pilotanlage verfügbar, um anfängliche Bemessungsparameter zu ermitteln;
- Deponierungsvorbereitungen (Bau und Inbetriebnahme):
 - Probenahme und Prüfung der Materialien für die Gründung und Dammaufschüttung, um Bemessungsannahmen zu bestätigen;
 - Probenahme und Prüfung der Dammaufschüttung und der deponierten mineralischen Nebenprodukte und Abfälle während der Inbetriebnahmephase, um Bemessungsannahmen zu bestätigen;
- Betrieb:
 - laufende Probenahme und Prüfung von Baustoffen, die für die Aufschüttung verwendet wurden, im Rahmen des Qualitätssicherungsprogramms;
 - Probenahme und Prüfung der deponierten mineralischen Nebenprodukte und Abfälle, um die Bemessungsparameter zu bestätigen und Parameter für die Bemessung zukünftiger Aufschüttungen zu erhalten;
- Stilllegung:
 - Probenahme und Prüfung der Materialien für die Überschüttung und Aufschüttung, um die langfristige Stabilität zu bestätigen;
 - Probenahme und Prüfung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle, um Informationen zu ihrem zukünftigen Verhalten zu erhalten;
- Nachsorge:
 - Probenahme und Prüfung aller Geomaterialien in der MWF aus Konformitätsgründen.

7.3 Geotechnische Charakterisierung

7.3.1 Allgemeines

Geotechnische Untersuchungen müssen so geplant und durchgeführt werden, dass die relevanten physikalischen, mechanischen und hydraulischen Parameter der Gründungsmaterialien, der Baustoffe und der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle ermittelt werden und als Grundlage für die Bemessung einer Abfallentsorgungsanlage verwendet werden können.

Die geotechnische Charakterisierung sollte mit einer Kombination aus Probenahmen, Prüfungen in Laboratorien und *In-situ*-Prüfungen durchgeführt werden und sollte nach den Anforderungen von EN 1997 (Reihe) und den Nationalen Anhängen und EN ISO 22475-1, EN 16907 (Reihe), EN ISO 22476 (Reihe), EN ISO 22282 (Reihe), EN ISO 17892 (Reihe), EN ISO 14688 (Reihe), EN ISO 14689 und EN ISO 18674 (Reihe) durchgeführt werden.

7.3.2 Charakterisierung von Gründungsmaterialien und Baustoffen

Eine detaillierte geotechnische Charakterisierung muss durchgeführt werden, wenn der endgültige Standort einer Feststoffdeponie durch die Bewertung aller potenziellen Standorte ausgewählt wurde. Die geotechnische Untersuchung muss für die Festlegung der Baugrundbeschaffenheit geeignet sein und potenzielle Entnahmestellen für den Bau der Dammaufschüttung identifizieren.

Während der geotechnischen Untersuchung sollten Proben für geotechnische und geochemische Prüfungen nach einem vereinbarten Plan genommen werden. Alle Untersuchungsarbeiten sollten von angemessen qualifiziertem Personal durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Angemessen qualifiziertes Personal beinhaltet einen qualifizierten Auftragnehmer, der von einem Ingenieur, einem Ingenieur für Geologie oder Baugeologen mit geeigneter Qualifikation und Erfahrung in der Baugrunderkundung beaufsichtigt wird.

ANMERKUNG 2 Üblicherweise werden während der Entwicklung einer neuen Feststoffdeponie mindestens zwei Kampagnen zur geotechnischen Untersuchung durchgeführt: zunächst in der Phase der Machbarkeitsstudie und danach während der abschließenden (detaillierten) Bemessungsphase, wie in Anhang B, Tabelle B.1, angegeben. Zusätzliche Kampagnen zur Felduntersuchung für zukünftige Erhöhungen der Aufschüttung oder für Stilllegungsarbeiten können während des Betriebs erforderlich sein.

7.3.3 Charakterisierung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle

Mindestens muss eine detaillierte Charakterisierung der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle in den folgenden Phasen vorgenommen werden:

- vor dem Betrieb — durch Laborprüfungen von Pilotproben und Proben, die vor dem Beginn des Betriebs (der Inbetriebnahme) genommen wurden;
- während der Deponierungsphase — durch *In-situ*-Prüfungen innerhalb der Anlage, die durch weitere Laborprüfungen von Feldproben vollumfänglich bestätigt werden.

Die wesentlichen Parameter und Zustandsparameter der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle sollten als Bestandteil des geotechnischen Charakterisierungsprozesses ermittelt werden. Für Felduntersuchungsarbeiten verfügbare Labor- und Feldprüfungen ergeben die Mehrheit der Eigenschaften der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle. Zusätzliche Laborprüfungen für die Charakterisierung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle sind in Anhang A beschrieben.

7.3.4 Probenahme und *In-situ*-Prüfung

7.3.4.1 Gründungsmaterialien und Baustoffe

Probenahme und *In-situ*-Prüfung von Gründungsmaterialien und Baustoffen für die geotechnische Charakterisierung müssen als Teil einer geotechnischen Untersuchung durchgeführt werden und müssen in Übereinstimmung mit EN 1997 (Reihe), EN ISO 22475-1 und EN 16907 (Reihe) sein.

7.3.4.2 Mineralische Nebenprodukte und Abfälle

Die Probenahme, Laborprüfung und *In-situ*-Prüfung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle muss ein kontinuierlicher Prozess sein, der sich über den Lebenszyklus einer Feststoffdeponie erstreckt.

Angemessene Laborprüfungen repräsentativer Proben und *In-situ*-Prüfungen deponierter Materialien müssen im Rahmen jeder Bemessungs- und Bauphase durchgeführt werden, um folgende Punkte zu ermitteln:

- physikalische Merkmale der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle vor der Deponierung, inklusive Setzung und rheologischer Eigenschaften;
- Kenngrößen der deponierten Feststoffe in Bezug auf das Lagervolumen und die Deponiestabilität;
- Potenzial der mineralischen Abfälle zur Interaktion mit der örtlichen Umgebung.

Mineralischer Nebenprodukte und Abfälle aus der Zerkleinerung und aus metallurgischen Pilotanlagen sollten, in Anbetracht einer möglichen erheblichen Abweichung ihrer physikalischen Merkmale dieser Materialien gegenüber den Merkmalen von Materialien aus dem Normalbetrieb der Anlage, im Rahmen der Vorbereitungsphase des Projektes (vor der Deponierung) geprüft werden. Ergebnisse der Proben aus einer Pilotanlage vor der Deponierung sollten daher als Indikator angesehen und mit Bedacht verwendet werden.

Die geotechnische Charakterisierung deponierter mineralischer Nebenprodukte und Abfälle sollte auf der Grundlage von Labor- und *In-situ*-Prüfungen durchgeführt werden. Während der Deponierungsphase sollte die Probenahme und *In-situ*-Prüfung zur Bestätigung der anfänglichen Bemessungsparameter, insbesondere der *In-situ*-Dichte, des Zustands (Porosität, Spannungsbedingungen, Gefüge) und der Festigungsmerkmale sowie der effektiven Spannung und der Durchlässigkeit verwendet werden. Die mineralischen Nebenprodukte und Abfälle sollten in Schlammform am Ablauf der Verarbeitungsanlage und in Form eines konsolidierten Feststoffs aus der Ablagerung geprüft werden.

ANMERKUNG 1 Als Alternative zur Probenahme kann die *In-situ*-Dichte auf der Grundlage von Laborprüfungen zusammen mit Aufzeichnungen der Masse und des Volumens des deponierten Materials abgeschätzt werden.

Die Bewertung des Sprödigkeitspotentials bei gleichbleibender undrännierter Belastung (statische Verflüssigung) sowie bei dynamischer Belastung (zyklische spannungsinduzierte Verflüssigung) sollte auf der Grundlage von Labor- und *In-situ*-Prüfungen erfolgen.

Die Bewertung des Verflüssigungswiderstandes, des Fließverflüssigungspotentials und der Festigkeit nach der Verflüssigung ist hochkomplex und sollte nur von entsprechenden Fachleuten durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Obwohl derzeit mehrere Untersuchungsverfahren verwendet werden, ist die Drucksondierung in Verbindung mit Porendrucksonden (CPTU) ein weit verbreitetes *In-situ*-Prüfverfahren zur Charakterisierung des Zustandes deponierter mineralischer Nebenprodukte und Abfälle und des Verflüssigungspotentials.

Bei der Probenahme am Ablauf der Verarbeitungsanlage (End-of-pipe-Probenahme) sollte ein strenges Protokoll befolgt werden, um sicherzustellen, dass das entnommene Material tatsächlich für das verarbeitete Erz und das verarbeitende System repräsentativ ist. Während des Anfahrens, zum Schichtende oder

während der Implementierung von Änderungen im Betrieb zur Mineralgewinnung sollten Probenahmen vermieden werden, da solches Material zu irreführenden Prüfergebnissen führen kann.

Bei der Probenahme aus mineralischen Nebenprodukten und Abfällen für Laborprüfungen darf Material aus freiliegenden und wasserbedeckten Ablagerungen entnommen werden. In Anbetracht der Ablagerungsmerkmale der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle kann die Probenahme aus einer Ablagerung schwierig sein, was insbesondere bei Variationen der Dichte, hohen Porositäten, großer Empfindlichkeit, einer Entmischung des Materials und Anisotropie der Fall ist. Unter solchen Umständen können möglicherweise herkömmliche Probenahmetechniken angewendet werden, aber in den meisten Fällen wird die Verwendung spezieller Verfahren erforderlich sein, um die Auswirkungen der Störungen von Proben zu minimieren.

Im Probenahmeprogramm für die deponierten Materialien sollte beachtet werden, dass die geotechnischen Eigenschaften der Abfälle von den Prozessen, die der Schlamm durchläuft, und vom hydraulischen Transport- und Einbringungssystem sowie von der Umgebung beeinflusst werden. Daher sollten alle Phasen der mineralischen Nebenprodukte berücksichtigt werden. Die Probenahme aus dem Prozesswasser zur Verwendung in nachfolgenden Laborprüfungen wird empfohlen.

Die hydraulische Deponierung von Abfällen in einer Ablagerung kann zu erheblichen horizontalen und vertikalen Variationen der Korngrößenverteilung und damit einhergehenden Änderungen der physikalischen und mechanischen Eigenschaften führen. Die Positionen von Probenahmestellen sollten präzise ausgewählt werden, um repräsentative Materialien zu erhalten. Zufällige oder kreisförmige Verteilungen von Proben sollten vermieden werden.

Die ordnungsgemäße Entnahme, Verpackung, Lagerung und ein ordnungsgemäßer Transport aller Proben mineralischer Nebenprodukte und Abfälle sollten berücksichtigt werden, um deren Abbau vor der Prüfung zu vermeiden.

Wenn eine Entnahme ungestörter Bodenproben aus einer Ablagerung nicht möglich ist, muss das Material im aufbereiteten Zustand im Labor geprüft werden. Das Prüfprotokoll sollte den Einfluss des Gefüges auf das Materialverhalten berücksichtigen.

7.3.5 Laborprüfung

Laborprüfungen repräsentativer Proben müssen eingesetzt werden, um ein detailliertes Verständnis der Eigenschaften der zu lagernden mineralischen Nebenprodukte und Abfälle, der Gründungsmaterialien und der in der Feststoffdeponie zu verwendenden Baustoffe zu erlangen.

In EN ISO 17892 (Reihe) aufgeführte Prüfungen müssen zusammen mit Prüfungen aus EN 16907-2 verwendet werden, um die Gründung und Einbaumaterialien zu charakterisieren.

Laborprüfungen sollten verwendet werden, um die folgenden Eigenschaften mineralischer Nebenprodukte und Abfälle zu ermitteln:

- Korngrößenverteilung;
- Wassergehalt;
- Sättigungsgrad;
- mineralogische Zusammensetzung;
- Plastizität;
- relative Partikeldichte;

- Porenzahl und Porosität;
- Verdichtungsmerkmale;
- Durchlässigkeit (horizontal und vertikal);
- Zusammenpressbarkeit;
- Verfestigungsgrad;
- Scherfestigkeit;
- Verflüssigungspotential: Sprödigkeit bei gleichbleibender undrännierter Belastung (statische Verflüssigung) sowie bei dynamischer Belastung (zyklische spannungsinduzierte Verflüssigung);
- Rheologie.

Nicht alle Eigenschaften müssen für alle Feststoffdeponien bestimmt werden. Die Auswahl der geeigneten Parameter sollte entsprechend den Projektanforderungen erfolgen.

ANMERKUNG Einige der geotechnischen Eigenschaften mineralischer Nebenprodukte und Abfälle, die die Bemessungskriterien und Leistung einer Feststoffdeponie bestimmen, können nicht mit Normprüfverfahren gemessen werden. Anhang A enthält detaillierte Beschreibungen und zugehörige Verfahren für eine Reihe von Prüfungen, die nicht in EN ISO 17892 (Reihe) enthalten sind oder in EN 16907-2 erwähnt werden:

- Prüfung des prozentualen Feststoffanteils;
- Prüfung der Sinkgeschwindigkeit von Partikeln;
- Prüfung der undrännierten Ablagerung;
- Prüfung der drännierten Ablagerung;
- Lufttrocknungsprüfung;
- Schlammfestigungsprüfung (Mindestdichte).

7.4 Geochemische Charakterisierung

7.4.1 Allgemeines

Die erwarteten kurz- und langfristigen chemischen Merkmale der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle und der Baustoffe müssen mit besonderem Augenmerk auf die Stabilität unter atmosphärischen/meteorologischen Bedingungen beschrieben werden.

Eine geochemische Charakterisierung für mineralische Nebenprodukte und Abfälle muss Informationen darüber enthalten, ob:

- die Abfälle als gefährlich eingestufte Materialien enthalten;
- die Abfälle gefährliche Stoffe enthalten;
- die Abfälle ein Säurebildungspotenzial haben und wie dies gegebenenfalls berücksichtigt werden kann;
- erhebliche Probleme durch die Auslaugbarkeit von Metallen vorliegen.

Das Säurebildungspotenzial und Probleme mit Bezug zur Auslaugbarkeit von Metallen müssen ebenfalls für alle Baustoffe bewertet werden.

Bei der Beurteilung der oben aufgeführten Punkte muss auf verfügbare Dokumente zur Charakterisierung von Abfällen von CEN/TC 292 verwiesen werden, einschließlich EN 14899, EN 15875, CEN/TS 16229, CEN/TR 16363, CEN/TR 16365, CEN/TR 16376. Es sollte auch auf verfügbare Fachliteratur verwiesen werden, die in den Literaturhinweisen aufgeführt ist.

Die anzuwendende Methodik für die Charakterisierung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle ist in Bild 5 dargestellt. Der Prozess sollte mit einer Überprüfung der Hintergrunddaten und relevanter Literatur beginnen, um die allgemeinen Merkmale der Abfälle zu ermitteln und die erforderliche Anzahl von Proben festzulegen. Wenn das Projekt ein Blockmodell für die Ablagerung entwickelt hat, sollte dieses für die Probenauswahl verwendet werden. Danach sollte ein detailliertes geochemisches Charakterisierungsprogramm durchgeführt werden, das eine Bewertung dahingehend einschließen sollte, ob die Abfälle inert sind. Wenn das Material inert ist, werden keine Auswirkungen auf die Umwelt auftreten; daher sind nur physikalische Aspekte für die Entsorgung wichtig. Für nicht inerte Materialien sollte das Programm weiterhin Siebungen und statische Prüfungen vorsehen, gegebenenfalls gefolgt von einer mineralogischen Charakterisierung, einer chemischen Analyse, Prüfungen der kurzfristigen Auslaugbarkeit und Kinetik.

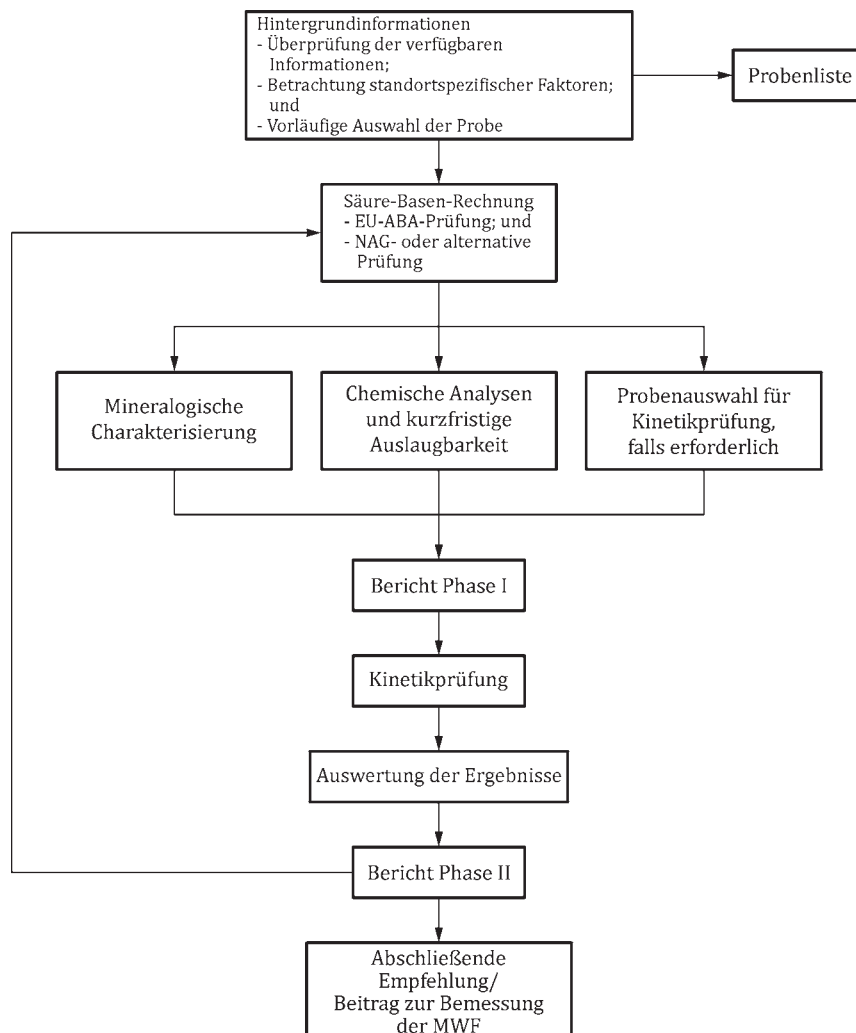


Bild 5 — Methodik für die geochemische Charakterisierung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle

7.4.2 Saures Sickerwasser

Ein häufig auftretendes Problem bei der Lagerung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle ist saures Sickerwasser (en: Acid Rock Drainage – ARD), das sich bildet, wenn in den Abfällen enthaltene reaktive Sulfidminerale oxidieren und eine unzureichende Kapazität für deren Neutralisierung vorhanden ist. Dies führt zu saurem Austrag durch Abfluss und Infiltration/Versickerung. Die Anwesenheit von ARD in einer Feststoffdeponie kann zu wesentlichen strukturellen Veränderungen der Dammaufschüttung und langfristig zur Freisetzung potenzieller Schadstoffe führen. Daher sollte diesem Problem schon im Ursprung entgegengewirkt und die Auswirkungen in der Bemessungs- und Betriebsphase minimiert werden.

Eine geochemische Charakterisierung von ARD muss die folgenden Ziele verfolgen:

- Vermeidung oder Reduzierung von Schäden durch anfallende Abfälle durch die Berücksichtigung von Änderungen aufgrund einer vergrößerten Oberfläche mit potenziell oxidierenden Mineralien und Exposition gegenüber überirdischen Bedingungen;
- Beschreibung der erwarteten kurz- und langfristigen physikalischen und chemischen Merkmale der Abfälle mit besonderem Augenmerk auf die Stabilität unter atmosphärischen und meteorologischen Bedingungen an der Oberfläche;
- Vermeidung einer Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit durch die Bewertung des Potenzials und der Merkmale des Austrags.

Um effektiv zu sein, sollte ein Charakterisierungsprogramm die Eigenschaften der mineralischen Nebenprodukte und Abfälle und alle möglichen zukünftigen physikalischen und chemischen Veränderungen, die dessen Verhalten während der Betriebs- und Nachsorgephase einer Feststoffdeponie beeinflussen könnten, berücksichtigen. Das Programm sollte iterativ sein und alle verfügbaren Informationen berücksichtigen, inklusive der Veränderlichkeit von Erzablagerungen und Variationen von Austragsraten im Zusammenhang mit der Herkunft und der Zusammensetzung von Mineralbestandteilen. Es sollte auch potentielle zukünftige Änderungen in der Erzverarbeitung berücksichtigen.

7.4.3 Probenahme

7.4.3.1 Allgemeines

Die Probenahme für die geochemische Charakterisierung muss den Leitlinien in EN 14899, CEN/TR 15310 (Reihe) und CEN/TR 16365 folgen.

Leitlinien, die im Leitfaden „Global Acid Rock Drainage“ (GARD), entwickelt vom „International Network for Acid Prevention“ (INAP), und in anderen Dokumenten enthalten sind, die von verschiedenen Organisationen und Programmen erstellt wurden, sollten ebenfalls berücksichtigt werden. Eine Liste geochemischer Organisationen und Programme ist in den Literaturhinweisen aufgeführt.

7.4.3.2 Probenahme während der Vorbereitungsphase der Deponierung

Bei neuen Projekten sollten Proben mineralischer Nebenprodukte und Abfälle für die geochemische Charakterisierung in einer Pilotanlage genommen und sowohl die Flüssigphase des Schlammes als auch das in der Verarbeitung eingesetzte Wasser abdecken. Die Anzahl der zu prüfenden Proben sollte von der erwarteten Veränderlichkeit des Materials abhängen und repräsentativ für das in der Feststoffdeponie deponierte Material sein.

Es sollte beachtet werden, dass mineralische Nebenprodukte und Abfälle aus einer Pilotanlage möglicherweise nicht vollständig für die Abfälle aus dem Betrieb der Hauptanlage repräsentativ sind. Die Prüfergebnisse in diesen frühen Phasen eines Projekts sollten daher bei der Bemessung mit Bedacht verwendet werden.

Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass hydraulischer Transport, Deponierung und Sedimentation zu einer Sortierung von Partikeln führen kann, wodurch es erforderlich sein kann, Proben in grobe und feine Korngrößen zu unterteilen, um sicherzustellen, dass ihr Verhalten vollständig charakterisiert ist.

Die Gründungsgeologie der Feststoffdeponie und alle für den Bau zu verwendenden Materialien sollten im Labor einer geochemischen Bewertung unterzogen werden, um deren Eignung für die Verwendung in der Dammaufschüttung oder zugehörigen Bauwerken zu ermitteln.

7.4.3.3 Probenahme während der Betriebsphase

Während der Betriebsphase einer Feststoffdeponie sollten weitere Prüfungen zur geochemischen Charakterisierung von mineralischen Nebenprodukten und Abfällen und Baustoffen durchgeführt werden, um die Bemessungsparameter zu bestätigen und aus Konformitätsgründen. Die Probenahme in dieser Phase sollte nach einem geeigneten Protokoll erfolgen. Die Probenahme sollte auch die Eigenschaften der deponierten mineralischen Nebenprodukte und Abfälle und alle räumlichen Variationen innerhalb der Deponie berücksichtigen. Der Probenahmeplan sollte geeignete Bestimmungen für sicheren Zugang beinhalten und regelmäßig von entsprechenden Experten überarbeitet werden.

7.4.3.4 Probenahme während der Stilllegungsphase

Die Probenahmestrategie für diese Phase sollte Folgendes berücksichtigen:

- Anfangsbemessung der Anlage;
- Veränderlichkeit der Ablagerungen über die Projektdauer;
- Klima;
- betriebliche Entwicklung der Anlage;
- Stilllegungsstrategie.

7.4.4 Laborprüfung

7.4.4.1 Allgemeines

Das Laborprüfprogramm für alle mineralischen Nebenprodukten und Abfällen und Gründungsmaterialien muss ordnungsgemäß geplant und dokumentiert werden.

Die Anfertigung von Prüfplänen sollte eine Überarbeitung aller geologischen Informationen und des Flussdiagramms für den Prozess beinhalten, zusammen mit einer Bewertung zur Sicherstellung, dass repräsentative Proben für das Prüfprogramm ausgewählt werden.

Die wichtigsten Prüfphasen müssen Folgendes beinhalten:

- statische Prüfung;
- mineralogische Charakterisierung;
- chemische Zusammensetzung und kurzfristige Auslaugung;
- Kinetikprüfung.

7.4.4.2 Statische Prüfung

Die statische Prüfung wurde zur Bestimmung des Säurebildungspotenzials entwickelt und beurteilt den Sulfidgehalt einer Probe und ihr Neutralisierungspotenzial. Das Material wird als potenziell säurebildend, als in einem Unsicherheitsbereich angesiedelt oder als wahrscheinlich nicht ARD-bildend klassifiziert. Wenn Material als potenziell säurebildend oder unsicher klassifiziert wird, sollte es einer Kinetikprüfung unterzogen werden, um zu ermitteln, ob und gegebenenfalls wie stark das Material ARD bildet.

Zu den häufigsten statischen Prüfverfahren gehören folgende:

- EN 15875;
- Säure-Basen-Rechnung (ABA) nach Sobek;
- modifizierte Säure-Basen-Rechnung (ABA);
- Nettosäurebildung (NAG).

ABA-Prüfungen sollten von parallel durchgeführten kurzfristigen Auslaugungsprüfungen und chemischen Analysen begleitet werden, um die mineralogischen Daten zu vervollständigen.

7.4.4.3 Mineralogische Charakterisierung

Eine mineralogische Bewertung ermöglicht die Identifizierung des vorhandenen Mineralientyps, dessen Freiheitsgrad und ob er in der Lage ist, einen neutralen pH-Wert aufrecht zu erhalten. Die mineralogische Charakterisierung ist für die Interpretation von Screening-Untersuchungen (statische Prüfungen) und kinetischen Prüfungen unverzichtbar. Die beiden wichtigsten verfügbaren Verfahren sind die quantitative Röntgenbeugung nach Reitveld und QUEMSCAN. Bei der Auswertung der Ergebnisse sollten die Grenzen der einzelnen Prüfverfahren berücksichtigt werden.

7.4.4.4 Chemische Zusammensetzung und kurzfristige Auslaugung

Prüfungen der kurzfristigen Auslaugbarkeit in Kombination mit der Bewertung der chemischen Zusammensetzung sollten verwendet werden, um die Mobilität der enthaltenen Metalle zu bestimmen, wenn die mineralischen Nebenprodukte und Abfälle auslaugenden Stoffen ausgesetzt werden, die saure oder alkalische Umgebungen simulieren können, und um zu beurteilen, ob bestimmte umweltgefährdende Elemente in Konzentrationen oberhalb sicherer Grenzwerte freigesetzt werden könnten. Diese Prüfverfahren können auch für die Klassifizierung von Materialien als gefährlich oder ungefährlich verwendet werden.

Die Bewertung der Auslaugbarkeit von Metallen, Oxyanionen und Salzen im Zeitverlauf sollte mit einem oder mehreren der folgenden Verfahren durchgeführt werden:

- pH-Abhängigkeitsauslaugungsprüfung;
- Perkulationsprüfung;
- zeitbezogene Freisetzungsprüfung;
- andere geeignete Prüfungen.

Empfohlene Prüfungen zur Bestimmung der kurzfristigen Auslaugbarkeit sind in CEN/TR 16376 aufgeführt. Zusätzliche Verfahren sind in CEN/TS 14429, CEN/TS 14997 und EN 12457 (Reihe) angegeben (vollständige Verweisungen siehe Literaturhinweise).

Die chemische Zusammensetzung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle sollte bestimmt werden, um die Ergebnisse der kurzfristigen Auslaugungsprüfungen in Kontext zu setzen. Die zwei am häufigsten verwendeten Prüfverfahren sind die Gesamtgesteinsanalyse unter Verwendung der Röntgenfluoreszenz (en: X-ray Fluorescence, XRF) und gerätegestützte Verfahren mit einem Aufschluss und induktiv gekoppeltem Plasma (en: Inductively Coupled Plasma, ICP) und Massenspektrometrie (MS).

Die Löslichkeit der verschiedenen in den mineralischen Nebenprodukten und Abfällen enthaltenen Elemente sollte nach den in CEN/TR 16376 angegebenen Empfehlungen ausgewertet werden.

7.4.4.5 Kinetische Prüfung

Die kinetische Prüfung sollte verwendet werden, um zu ermitteln, ob Material zu irgendeinem Zeitpunkt eine Nettosäurebildung aufweist. Dieser Prüfungstyp ergibt primäre Daten zur Säurebildung, Neutralisierung und Freisetzung von Metallen, die verwendet werden, um zu ermitteln, ob säurebildende Sulfide oder Alkalität verursachende Mineralien wahrscheinlich zuerst erschöpft sein werden, und ob die Alkalität verursachenden Mineralien einen neutralen pH-Wert aufrechterhalten können.

Die Kinetikprüfung kann vor Ort oder im Labor durchgeführt werden, wobei die Prüfung im Labor aufgrund der Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Feldprüfungen üblicherweise bevorzugt wird. Im Labor werden für die Durchführung der Prüfung zwei Gerätetypen verwendet: Feuchtezellen und Kolonnen. Kinetikprüfungen sind mit hohen Kosten verbunden und sollten präzise bemessen und durchgeführt werden, da sie üblicherweise über mehr als ein Jahr durchzuführen sind. Darüber hinaus sollten nur erfahrene Fachleute die Ergebnisse auswerten.

Die Ausführung und Auswertung von Kinetikprüfungen sollte den in CEN/TR 16376 und CEN/TR 16363 angegebenen Empfehlungen folgen.

8 Wirtschaftsplan für mineralische Nebenprodukte und Abfälle

Ein Abfallwirtschaftsplan (WMP) muss für alle MWFs angefertigt werden. Dieser muss unter Berücksichtigung des Prinzips der nachhaltigen Entwicklung Angaben zur Minimierung, Behandlung, Rückgewinnung und Entsorgung mineralischer Nebenprodukte und Abfälle enthalten.

Der WMP muss Folgendes enthalten:

- Informationen zu Bemessung und Bau aller Dammaufschüttungen;
- den Deponierungsplan für mineralische Nebenprodukte und Abfälle;
- die geplante Erhöhungsrates der Deponie und der damit zusammenhängenden Dammaufschüttungen;
- die optimalen Transport- und Entsorgungseinrichtungen;
- das System für Betrieb und Management;
- Kriterien für sicheren Betrieb.

Richtlinie 2006/21/EG enthält die Anforderungen für einen WMP.

Alle Änderungen des WMP sollten der zuständigen Behörde mitgeteilt werden.