

**Integrierte Vermeidung und Verminderung der  
Umweltverschmutzung (IVU)**

**Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken  
für Management von Bergbauabfällen**

**Zusammenfassung in deutscher Übersetzung\***

**Juli 2004**

\* Diese Übersetzung ist noch nicht mit der Europäischen Kommission abgestimmt.

**Umweltbundesamt**  
**(German Federal Environmental Agency)**  
National Focal Point - IPPC  
Wörlitzer Platz 1  
D-06844 Dessau  
Tel.: + 49 (0)340 2103-0  
Fax: + 49 (0)340 2103-2236  
E-Mail: [nfp-ippc@uba.de](mailto:nfp-ippc@uba.de) (Subject: NFP-IPPC)



## ZUSAMMENFASSUNG

### Umfang der Arbeit

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Umgang mit Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein, die bei der Gewinnung von mineralischen Rohstoffen anfallen und erhebliche Umweltauswirkungen haben können. Insbesondere geht es dabei um Tätigkeiten, die als Beispiele für „gute Praxis“ betrachtet werden können. Auf Abbautechniken und die Aufbereitung wird nur insoweit eingegangen, als sie für den Umgang mit Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein von Bedeutung sind. Erreicht werden soll eine stärkere Propagierung entsprechender Praktiken und die Förderung ihrer Anwendung bei allen Tätigkeiten in diesem Sektor.

Der Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit und die eigentliche Erstellung des vorliegenden Dokuments ist die Mitteilung der Europäischen Kommission KOM(2000) 664 über „Sicherheit im Bergbau“. In der als Reaktion auf die Damnbrüche in Aznalcóllar and Baia Mare vorgelegten Mitteilung wird die Durchführung von Folgemaßnahmen in Form eines Aktionsplans vorgeschlagen, einschließlich der Erarbeitung eines BVT-Merkblatts (BVT: Beste Verfügbare Techniken) auf der Grundlage eines Informationsaustauschs zwischen den Mitgliedstaaten der Europäischen Union und der Bergbauindustrie. Das vorliegende Dokument ist das Resultat dieses Informationsaustauschs. Es wurde in Form einer Initiative der Kommission und in Erwartung der vorgeschlagenen Richtlinie über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie<sup>1</sup> erstellt.

Die genannten Unglücke haben die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf die Bewirtschaftung von Absetzteichen und deren Dämme gelenkt. Man sollte dabei nicht vergessen, dass das Abrutschen von Bergehalden und von zu Halden aufgeschüttetem taubem Gestein auch gravierende Umweltschäden verursachen kann. Beide Arten von Aufschüttungen können gewaltige Ausmaße haben. Dämme können Höhen von mehreren Dutzend Metern erreichen, Halden sogar über 100 m hoch und mehrere Kilometer lang sein und Hunderte Millionen Kubikmeter Aufbereitungsrückstände oder taubes Gestein enthalten. Nach Angaben im Eurostat-Jahrbuch 2003<sup>2</sup> fallen in EU-15 pro Jahr schätzungsweise mehr als 300 Millionen Tonnen Abfälle aus dem Bergbau und aus Steinbrüchen an.

Die folgenden Metalle finden in diesem Dokument Berücksichtigung, sofern sie in der Europäischen Union (EU-15), den Beitrittsländern, den Bewerberländern und der Türkei gewonnen und/oder aufbereitet werden:

- Aluminium
- Cadmium
- Chrom
- Kupfer
- Gold
- Eisen
- Blei
- Mangan
- Quecksilber
- Nickel
- Silber
- Zinn
- Wolfram
- Zink.

<sup>1</sup>) KOM(2003) 319 endgültig vom 2.6.2003. Artikel 4 Absatz 2 und Artikel 19 Absätze 2 und 3 des Richtlinienvorschlages beinhalten Verweise auf beste verfügbare Techniken.

<sup>2</sup>) Eurostat-Jahrbuch 2003, Der statistische Wegweiser durch Europa, 8. Ausgabe, herausgegeben und verfasst von Eurostat, dem Statistischen Amt der Europäischen Gemeinschaften in Luxemburg.

Alle diese Metalle werden im vorliegenden Dokument unabhängig von den produzierten Mengen oder der Aufbereitungsmethode (z. B. mechanische Methoden, Flotation, chemische oder hydrometallurgische Prozesse wie das Laugen) behandelt.

Kohle und ausgewählte Industrieminerale werden in diesem Dokument ebenfalls erfasst, d. h.:

- Schwerspat
- Borat
- (mittels Flotation aufbereiteter) Feldspat
- Fluorit
- (mittels Flotation aufbereiteter) Kaolin
- (aufbereiteter) Kalkstein
- Phosphat
- Kalisalz
- Strontium
- (mittels Flotation aufbereiteter) Talk.

Kohle wird nur einbezogen, sofern sie aufbereitet ist und hierbei Aufbereitungsrückstände anfallen (und damit unter das vorstehend genannte Thema fällt). Ganz allgemein bedeutet dies, dass Steinkohle berücksichtigt wird, während die in der Regel nicht aufbereitete Braunkohle unberücksichtigt bleibt.

Ölschiefer wird in Estland aufbereitet; dabei fallen große Mengen an Aufbereitungsrückständen an, die bewirtschaftet werden müssen. Aus diesem Grund wurde entschieden, auch Ölschiefer in dieses Dokument aufzunehmen. Da jedoch keine sachdienlichen Informationen zu diesem Thema bereitgestellt wurden, werden Ölschiefer betreffende Fragen ausgeklammert.

Ferner finden folgende Aspekte in diesem Dokument keine Berücksichtigung:

- stillgelegte Abbaustandorte, wobei einige erst kürzlich geschlossene Abbaustandorte dennoch einbezogen werden
- Abbau, Aufbereitung und Umgang mit Aufbereitungsrückständen, die bei der Gewinnung von Gas und Flüssigkeiten (z. B. Erdöl und Salzsole) anfallen.

Was die im Abschnitt „Umfang“ aufgezählten Minerale betrifft, wird in dem Dokument:

- der Umgang mit taubem Gestein untersucht
- die Aufbereitung erörtert, sofern sie für den Umgang mit Aufbereitungsrückstände von Belang ist (wenn diese beispielsweise die Eigenschaften und das Verhalten des beeinflusst)
- die Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen, z. B. in Teichen/hinter Dämmen oder auf Halden, und dessen Verwendung beim Versatz in den Mittelpunkt gestellt
- auch auf den Oberboden und das Deckgebirge eingegangen, sofern sie bei der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände eine Rolle spielen.

### **Die Bergbauindustrie**

Der Zweck der bergbaulichen Tätigkeit besteht darin, den Bedarf an mineralischen Rohstoffen zu decken, die verwendet werden, um die Infrastruktur usw. zu entwickeln und die Lebensqualität der Bevölkerung zu verbessern, denn die abgebauten Stoffe werden bei der Herstellung vieler Waren und Materialien vielfach als Rohstoffe eingesetzt. Dazu gehören beispielsweise Erzminerale und Metalle, Kohle und Industriemineralien, die im Chemiesektor oder für Bauzwecke verwendet werden, usw.

Die Produkte der Bergbauindustrie werden gelegentlich direkt weiterverwendet, häufig aber noch veredelt, z. B. in Hüttenwerken.

Übliche Stufen bei allen bergbaulichen Tätigkeiten sind die Gewinnung, die anschließende Aufbereitung und der Abtransport der Produkte sowie die Bewirtschaftung der Abfälle.

Von den meisten Erzmineralen werden in Europa – gemessen an den weltweit produzierten Gesamt mengen – nur geringe Mengen produziert (z. B. Gold: 1 %, Kupfer: 7 %); dasselbe gilt für den Kohlebergbau mit einem Anteil von 6 % an der Weltproduktion. Im Gegensatz zu den meist rückläufigen Zahlen für die Gewinnung von Metallen und Kohle ist bei der Produktion vieler Industriemineralen im europäischen Maßstab ein ständiger Anstieg zu verzeichnen. Für die Mehrzahl der Industriemineralen gilt, dass ein wesentlicher Teil der weltweiten Produktion auf Europa (z. B. Feldspat: 64 %, Kalisalze: 20 %) entfällt. Einige Bereiche der europäischen Bergbauindustrie wie der Metall- und Kohlebergbau operieren unter sehr schwierigen wirtschaftlichen Bedingungen hauptsächlich deswegen, weil die Lagerstätten international nicht mehr wettbewerbsfähig sind. Der Metallsektor in der EU hat auch mit dem Problem zu kämpfen, dass neue rentable Erzvorkommen in bekannten geologischen Regionen aufgefunden werden müssen. Während die Produktionsmengen in den genannten Bereichen immer weiter sinken, steigt der Verbrauch jedoch stetig an. Um die steigende Nachfrage in Europa decken zu können, wird zunehmend auf Importe zurückgegriffen.

Die Größe der in diesem Sektor tätigen Unternehmen weist eine erhebliche Bandbreite auf; sie reicht von Firmen mit einer Hand voll Mitarbeitern bis zu Unternehmen mit mehreren tausend Beschäftigten. Was die Besitzverhältnisse anbelangt, sind Weltunternehmen ebenso vertreten wie Industrieholdings, staatliche und private Einzelunternehmen.

### **Umgang mit Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein**

Die Bewirtschaftung der bei bergbaulichen Tätigkeiten anfallenden Abfälle und der Umgang mit Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein, dem in diesem Dokument besondere Bedeutung beigemessen wird, stellen für den Betreiber in der Regel eine unerwünschte finanzielle Belastung dar. Eigentlich sollen im Abbaubetrieb und in der Aufbereitungsanlage möglichst große Mengen verkaufsfähiger Produkte gewonnen werden, wobei die Abfallbewirtschaftung und das Umweltmanagement in seiner Gesamtheit ausgehend von den angewandten Prozessstufen gestaltet werden.

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten für den Umgang mit Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein. Zu den gängigsten Methoden gehören folgende:

- Einleiten von Aufbereitungsrückständen in Form von Schlämmen in Teiche
- Verfüllen von Untertagebergwerken und Tagebauen mit Aufbereitungsrückständen oder taubem Gestein bzw. Verwendung für den Bau von Dämmen aus Aufbereitungsrückständen
- Verkippen von mehr oder minder trockenem Aufbereitungsrückständen und Taubgestein auf Halden oder Hängen
- Verwendung der Aufbereitungsrückstände oder des tauben Gesteins als Produkt für die Bodennutzung, z. B. als Zuschlagstoffe, oder für die Sanierung
- Trockenlagerung von eingedickten Aufbereitungsrückständen
- Verklappen von Aufbereitungsrückständen in Oberflächengewässern (z. B. Meere, Seen, Flüsse) oder Einleiten ins Grundwasser.

Die Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein können sehr unterschiedliche Ausmaße haben; dabei kann es sich z. B. um Absetzteiche in der Größe eines Swimmingpools ebenso wie um über 1000 ha große Teiche, aber auch um kleine Halden mit

Aufbereitungsrückständen bzw. taubem Gestein oder mehrere hundert Hektar große Flächen, auf denen Taubgestein gelagert wird, bzw. um über 200 m hohe Bergehalden handeln.

Für welche Methode der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen und/oder taubem Gestein man sich entscheidet, hängt hauptsächlich von der Bewertung folgender drei Faktoren ab:

- Kosten
- Umweltleistung
- Gefahr einer Betriebsstörung.

### Zentrale Umweltfragen

Die wichtigsten Auswirkungen von Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein auf die Umwelt sind mit der Lage des Standortes und dem relativen Flächenverbrauch zusammenhängende Auswirkungen sowie die potenziellen Emissionen von Staub und Abwässern während des Betriebs und in der Nachsorgephase. Zudem können Rutschungen oder Verbrüche in Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und/oder taubem Gestein schwere Umweltschäden verursachen und sogar Menschenleben kosten.

Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein sind eine ordnungsgemäße Materialbeschreibung, einschließlich genauer Aussagen zu ihrem Langzeitverhalten, und eine gute Standortwahl.

#### *Emissionen:*

Abwässer und Stäube, die kontrolliert oder unkontrolliert aus Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein freigesetzt werden, können unterschiedlich giftig für Menschen, Tiere und Pflanzen sein. Die Abwässer können sauer oder basisch sein und gelöste Metalle und/oder lösliche und aus der Aufbereitung mitgeführte unlösliche komplexe organische Bestandteile sowie gegebenenfalls auch natürlich vorkommende organische Stoffe wie Humin- und langkettige Karbonsäuren aus den bergbaulichen Tätigkeiten enthalten. Die in den Emissionen enthaltenen Stoffe, deren pH-Wert, Gehalt an gelöstem Sauerstoff, Temperatur und Härte können wichtige Faktoren sein, die ihre Umwelttoxizität beeinflussen.

In den zurückliegenden zwanzig Jahren hat sich allgemein die Erkenntnis durchgesetzt, dass im Bergbau ein unter der Bezeichnung „Sauerwasserbildung“ (acid rock drainage bzw. ARD) bekanntes Umweltproblem besteht. Sauerwässer entstehen beim Abbau von Pb, Zn, Cu, Au und anderen Mineralen einschließlich Kohle in Sulfidzlagertstätten. Obwohl saure Wässer in sulfidhaltigen Tagebau- und Untertageaufschlüssen gebildet werden können, wird in diesem Dokument nur die Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein erörtert.

Folgende Schlüsselfaktoren liegen diesen Umweltproblemen zugrunde:

- Oftmals enthält Aufbereitungsrückstände und/oder taubes Gestein Metallsulfide.
- Bei der Exposition gegenüber Sauerstoff und Wasser oxidieren Sulfide.
- Bei der Sulfidoxidation entsteht saures schwermetallhaltiges Sickerwasser.
- Die Sickerwasserbildung erstreckt sich über lange Zeiträume.
- Es besteht ein Mangel an säurepuffernden Mineralen.

#### *Unfallartige Brüche und Einstürzen:*

Abrutschen kann bei jeder Art von Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände oder taubem Gestein sowohl kurz- als auch langfristige Folgen haben. Zu den üblichen kurzfristigen Folgen gehören unter anderem:

- Überflutung
- Überdeckung/Abdämmung
- Bruch und Zerstörung
- Unterbrechung des Zugangs zur Infrastruktur
- Vergiftung.

Als potenzielle Langzeitfolgen können unter anderem genannt werden:

- Metallakkumulation in Pflanzen und Tieren
- Bodenverunreinigung
- Verlust von Menschenleben und/oder Tieren.

*Wiederherstellung des Geländes und Nachsorgephase:*

Nach Einstellung des Betriebs muss das Gelände für die spätere Nutzung vorbereitet werden. In der Regel umfasst die Erteilung von Betriebsgenehmigungen seit mindestens zwanzig Jahren die Vorlage von Plänen für die Stilllegung und Reinigung des Geländes bereits in der Planungsphase; diese Pläne müssten also bei jeder Betriebsänderung und bei Verhandlungen mit den Genehmigungsbehörden und anderen Beteiligten regelmäßig aktualisiert worden sein. In einigen Fällen wird es darum gehen, so wenig Spuren wie möglich zu hinterlassen, in anderen könnte eine vollständig andere Gestaltung der Landschaft angestrebt werden. Der Begriff „Plan für die Stilllegung“ bedeutet auch, dass die Schließung des Standortes bereits in der Durchführbarkeitsstudie für einen neuen Abbaubetrieb berücksichtigt und anschließend während des Betriebs ständig überwacht und aktualisiert wird. In jedem Fall müssen die Umweltbeeinträchtigungen auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben.

## Übliche Verfahren und Techniken

*Abbautechniken:*

Die als Abbau bezeichnete Erzgewinnung, die anschließende Aufbereitung und der Umgang mit Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein werden zumeist als ein Arbeitsgang betrachtet. Welche Techniken bei der Erzgewinnung, der anschließenden Aufbereitung und beim Umgang mit Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein zum Einsatz kommen, hängt von der Abbautechnik ab. Daher sind Kenntnisse über die wichtigsten Abbaumethoden wichtig.

Feststoffe werden mithilfe der folgenden vier grundlegenden Abbautechniken gewonnen:

- (1) Tagebau
- (2) Untertagebau
- (3) Steinbruch und
- (4) Lösungsbergbau, Untertagelaugung

Die Entscheidung für eine dieser vier Möglichkeiten hängt von vielen Faktoren ab; dazu gehören u. a.:

- Wert des gewünschten Minerals/der gewünschten Minerale
- Qualität des mineralischen Rohstoffes
- Größe, Form und Teufe des Lagerstättenkörpers
- Umweltbedingungen im umliegenden Gebiet
- geologische, hydrogeologische und geomechanische Verhältnisse im Gebirgskörper
- seismische Bedingungen in dem Gebiet
- Lage der Lagerstätte
- Löslichkeit des Lagerstättenkörpers
- Umweltauswirkungen des Betriebs
- Übertägige Sachzwänge
- Verfügbarkeit von Flächen.

### *Mineralogie:*

Grundsätzlich kann zwischen den wichtigen Mineralarten wie Oxiden, Sulfiden, Silikaten und Karbonaten unterschieden werden, die durch Verwitterung und andere Einflüsse grundlegenden chemischen Veränderungen unterliegen können (z. B. Umwandlung von Sulfiden in Oxide durch Verwitterung). Die Mineralogie ist durch die Natur vorgegeben und bestimmt vielfach das nachfolgende Aufbereitungsverfahren der gewünschten Minerale und den nachfolgenden Umgang mit Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein.

Gute mineralogische Kenntnisse sind eine wichtige Voraussetzung für:

- eine ökologisch unbedenkliche Bewirtschaftung (z. B. die getrennte Behandlung von säurebildendem und nicht säurebildendem Aufbereitungsrückstände oder Taubgestein)
- einen verringerten Bedarf an Nachbehandlungen (wie der Behandlung von saurem Sickerwasser aus einer Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände mit Kalk)
- mehr Möglichkeiten für die Verwendung von Aufbereitungsrückstände und/oder taubem Gestein als Zuschlagstoffe.

### *Aufbereitungstechniken:*

Mithilfe der Aufbereitung soll in einem Abbaubetrieb gewonnenes Roherz in ein absatzfähiges Produkt umgewandelt werden. Die Aufbereitung erfolgt gewöhnlich auf dem Gelände des Abbaubetriebs, wobei es sich bei der Anlage um eine Anlage zur Aufbereitung von mineralischen Rohstoffen (Mühle oder Anreicherungsanlage) handelt. Der wesentliche Zweck der Aufbereitung besteht darin, die Masse zu verringern und möglichst reines Erz zu den nachgelagerten Verfahrensanlagen zu befördern und dort (z. B. durch Verhüttung) aufzubereiten, wozu Methoden eingesetzt werden, um das/die (gewünschte(n)) Wertmineral(e) vom tauben Gestein zu trennen. Das dabei gewonnene absatzfähige Produkt wird als Konzentrat und das zurückbleibende Material als Aufbereitungsrückstände bezeichnet.

Die Aufbereitung umfasst verschiedene Verfahren, die auf den physikalischen Eigenschaften des Minerals (z. B. Partikelgröße, Dichte, magnetische Eigenschaften, Farbe) oder den physikalisch-chemischen Eigenschaften (Oberflächenspannung, Hydrophobierbarkeit, Benetzbarkeit) aufbauen.

Bei der Aufbereitung kommen üblicherweise folgende Techniken zum Einsatz:

- Zerkleinern
- Klassieren und Hydrozyklonierung
- Schwerkraftkonzentration
- Flotation
- Sortieren
- Trennen mittels Magnetscheider
- Trennen mithilfe von elektrostatischen Walzenscheidern
- Laugung
- Eindicken
- Filtern.

Einige dieser Techniken erfordern die Verwendung von Reagenzien. Im Falle der Flotation kann die gewünschte Abscheidung nur in Anwesenheit von Schäumern, Sammlern und Reglern erreicht werden.

Die bei der Aufbereitung angewandten Techniken beeinflussen die Eigenschaften der Aufbereitungsrückstände.



*Umgang mit Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein:*

Zu den wichtigsten Eigenschaften von Stoffen in Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein gehören folgende:

- Scherfestigkeit
- Korngrößenverteilung
- Dichte
- Plastizität
- Feuchtegehalt
- Permeabilität
- Porosität.

Absetzbecken sind Oberflächenanlagen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände in Form von Schlämmen. Diese Art von Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände kommt in der Regel bei Material aus der Nassaufbereitung zum Einsatz. Für jeden Bergedamm müssen mehrere Aspekte betrachtet werden, darunter:

- Dämme zur Umschließung von Aufbereitungsrückstände
- Ableitungssysteme für den natürlichen Ablauf um den Damm herum oder durch diesen hindurch
- Transport von Aufbereitungsrückstände aus der Aufbereitungsanlage zum Bergedamm
- Ablagerung der Aufbereitungsrückstände im Absetzbecken
- Ableitung von überschüssigem freien Wasser
- Schutz des umliegenden Gebiets vor Umweltbeeinträchtigungen
- Ausstattung mit Geräten und Überwachungssystemen, die Inspektion des Dammes ermöglichen
- Langfristige Aspekte (d. h. Stilllegung und Nachsorgephase).

Weitere Techniken in der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein sind der Versatz, die Aufhaldung, das Eindicken von Aufbereitungsrückstände, die Unterwasserbehandlung und die Suche nach weiteren Verwendungsmöglichkeiten.

In der Regel stellen Abbaubetriebe und die dazugehörigen Aufbereitungsanlagen sowie die Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein den Betrieb schon nach wenigen Jahrzehnten wieder ein. Die durch die Abbautätigkeit entstandenen Hohlräume (die nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind), das Aufbereitungsrückstände und das Taubgestein können jedoch noch lange nach der Einstellung des Betriebs vorhanden sein. Daher muss besonderes Augenmerk auf die ordnungsgemäße Stilllegung, Wiedernutzbarmachung und Bewirtschaftung dieser Einrichtungen in der Nachsorgephase gelegt werden.

Zu den wichtigsten Aspekten bei der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein gehören neben der Standortwahl Überlegungen zu unfällen bei Halden und Dämmen, der Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Verhalten von Aufbereitungsrückstände einerseits und dem Potenzial für die Bildung von Sauerwasser (ARD) andererseits.

### **Angewandte Verfahren und Techniken, Emissions- und Verbrauchsgrenzwerte**

In der nachfolgenden Aufzählung werden anhand von Beispielen einige der wichtigsten Fragen im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände erörtert.

- Der bei der Tonerdeverarbeitung anfallende, und „Rotschlamm“ bezeichnete Aufbereitungsrückstand hat einen erhöhten pH-Wert und wird entweder in konventionellen Bergeteich- bzw. -dammanlagen gelagert, so weit eingedickt, dass ein „Trockenstapeln“ möglich ist, oder im Meer verklappt.

- Aufbereitungsrückstände aus der Gewinnung und Aufbereitung von unedlen Metallen wird meist in Form von Schlämmen in große Bergeteiche eingeleitet. Der Sulfidgehalt geringwertiger mineralischer Rohstoffe ist vielfach höher als der Gehalt an Puffermineralen, so dass das Aufbereitungsrückstände ein Potenzial für die Sauerwasserbildung aufweist. In manchen Betrieben wird das Aufbereitungsrückstände unter Wasser entsorgt, um von vornherein eine Sauerwasserbildung auszuschließen. Andere Abbaubetriebe nutzen das Aufbereitungsrückstände zum untertägigen Verfüllen. Mitunter kommt bei der Schließung von Bergeteichen auch das „Nassabdeckungsverfahren“ zum Einsatz, in anderen Fällen wird die Trockenabdeckung angewandt.
- Grobes Aufbereitungsrückstände aus der Eisenerzgewinnung und -aufbereitung wird auf Halden verbracht, in Form von Schlamm vorliegendes Aufbereitungsrückstände in Teiche eingeleitet.
- Bei einigen der in Europa betriebenen Goldminen besteht die Möglichkeit der Sauerwasserbildung. Erfolgt die Goldgewinnung mittels Cyanidlaugung, so wird das Cyanid vor dem Einleiten in den Bergeteich vernichtet.
- Mehrere Betriebe, die Industriemineralien gewinnen, produzieren überhaupt kein Aufbereitungsrückstände bzw. verkaufen es als Zuschlagstoffe.
- In Boratabbaustätten wird das grobe Aufbereitungsrückstände zunächst auf Halden gelagert und anschließend zum Verfüllen verwendet.
- Ein in diesem Dokument aufgeführter Betrieb, der Fluorit gewinnt, verklappt sein Aufbereitungsrückstände im Meer.
- Der Betreiber einer in diesem Dokument aufgeführten Kaolingrube entzieht dem feinen Aufbereitungsrückstände vor dem Transport zu den Halden das Wasser; ebenso verfahren einige Kalkstein- und Kalziumkarbonatproduzenten.
- Ein in diesem Dokument genannter Kalksteinproduzent entsorgt in Schlammform vorliegendes Aufbereitungsrückstände in einem ehemaligen Steinbruch.
- Kaliabbaubetriebe verbringen festes Aufbereitungsrückstände auf Halden oder nutzen es zum Verfüllen. Flüssiges Aufbereitungsrückstände wird teilweise in Tiefbrunnen gepumpt und teilweise in Oberflächengewässer eingeleitet. In einem in diesem Dokument beschriebenen Fall wird das Aufbereitungsrückstände im Meer entsorgt.
- Im Kohlebergbau wird das grobe Aufbereitungsrückstände üblicherweise auf Halden oder in ehemaligen Tagebauen entsorgt. Die zu Schlamm aufbereiteten Feinfraktionen werden entweder in Teiche eingeleitet oder gefiltert, In einigen Fällen werden sowohl das gefilterte Aufbereitungsrückstände wie auch das grobe Aufbereitungsrückstände verkauft. In anderen Fällen wird es auf Halden verbracht. Eine Verwendung zum Verfüllen ist oft nicht rentabel.
- Um Unfälle zu vermeiden, werden u. a. folgende Maßnahmen ergriffen: regelmäßige Überwachung, Betriebs-, Überwachungs- und Wartungshandbücher; unabhängige Prüfungen, Wasserbilanzen, Maßnahmen gegen Bodensenkungen, Überprüfung von Planungen durch externe Fachleute, Einsatz von Piezometern und Inklinometern sowie seismische Überwachung.

In der nachfolgenden Aufzählung werden anhand von Beispielen einige der wichtigsten Aspekte im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung von taubem Gestein erörtert.

- Im Untertagebau verbleibt das Taubgestein in der Regel auch unter Tage.
- Ebenso wie Aufbereitungsrückstände weist taubes Gestein aus der Gewinnung und Aufbereitung von unedlen Metallen ein Potenzial für die Sauerwasserbildung auf. Manche Betriebe bewirtschaften Taubgestein, bei dem Sauerwasserbildung auftritt, getrennt von Taubgestein, bei dem keine Sauerwasserbildung erfolgt. Taubgestein ohne Sauerwasserbildung wird entweder als Zuschlagstoff oder beim Bau von Dämmen oder Straßen auf dem Betriebsgelände verwendet bzw. auf Halden bewirtschaftet. Bei einer Stilllegung werden Halden mit taubem Gestein, bei dem die Möglichkeit einer Sauerwasserbildung besteht, mit technisch hergestelltem trockenem Deckmaterial abgedeckt, um die Bildung von Sauerwässern zu verhindern.
- Taubes Gestein aus der Eisenerzgewinnung wird zusammen mit dem groben Aufbereitungsrückstände auf Halden verbracht.

- Taubes Gestein aus Goldminen wird auf Halden gelagert, beim Dammbau oder zum Verfüllen von Tagebaugruben verwendet.
- In einigen Betrieben, die Industrieminerale abbauen, wird das taube Gestein zum Verfüllen eingesetzt oder als Zuschlagstoff verkauft.
- In vielen Kohleabbaubetrieben wird das taube Gestein zusammen mit dem gefilterten feinen Aufbereitungsrückstände auf Halden verbracht. Die endgültige Gestaltung der Halde erfolgt in Abstimmung mit den zuständigen Behörden und den Gemeinden, wobei in die Landschaft integrierte Strukturen angestrebt werden.

### **Emissions- und Verbrauchsmengen [level=Menge]**

Der überwiegende Teil des Prozesswassers wird von der Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände in die Aufbereitungsanlage zurückgeführt; wobei der Anstieg des Reagenziengehalts nicht außer Acht gelassen werden darf.

Aufgrund der großen Unterschiede in Bezug auf die Mineralogie, bei den Abbau- und Aufbereitungsmethoden sowie den Standortbedingungen sind weiter gehende Ausführungen zu den Emissions- und Verbrauchsmengen nicht möglich. Dennoch stellten viele Betreiber diesbezügliche Angaben zur Verfügung, die in Kapitel 3 aufgenommen wurden. In der Regel umfassen diese Informationen Angaben zum Wasserverbrauch und zur Menge des der Wiederverwendung zugeführten Prozesswassers, zur Wasserbilanz, zum Reagenzienverbrauch, zu den Staubemissionen und zu den Emissionen in Gewässer.

### **Kosten**

Kapitel 3 beinhaltet einige Beispielberechnungen zu den Kosten der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein bei laufendem Betrieb und nach der Stilllegung.

### **Techniken, die bei der Festlegung von BVT in Betracht zu ziehen sind**

In Kapitel 4 wird eingehend über die Festlegung von BVT für die Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein aus bergbaulichen Tätigkeiten informiert.

Dabei sollte der Umfang der aufgenommenen Informationen eine Bewertung der Eignung der Techniken sowohl im Allgemeinen wie auch im konkreten Einzelfall ermöglichen. Den Informationen in diesem Kapitel kommt entscheidende Bedeutung für die Festlegung von BVT zu.

Zu den als BVT eingestuften Techniken finden sich auch Querverweise in Kapitel 5. Die Aufmerksamkeit der Nutzer des Dokuments wird so auf die Diskussion über die relevanten Techniken in Verbindung mit den BVT-Schlussfolgerungen gelenkt; dies kann ihnen bei der Festlegung der Genehmigungsbedingungen anhand von BVT helfen.

Einige der in Kapitel 4 aufgeführten Techniken sind technische Prozesse, andere wiederum gute Betriebspraktiken einschließlich Managementtechniken. Diese Techniken werden in folgender Reihenfolge zu Gruppen zusammengefasst:

- Allgemeine Grundsätze: Grundsätze der guten Bewirtschaftung, Bewirtschaftungsstrategien und Risikobewertung, die sämtlich als allgemeine Voraussetzungen für die erfolgreiche Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein dienen sollen.
- Lebenszyklus-Betrachtung Die Gefahr des Versagens von Anlagen kann zusätzlich durch eine Verpflichtungszusage des Betreibers gemindert werden, angemessene verfügbare technische Verfahren bei der Planung, beim Betrieb und bei der Stilllegung von Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein während der gesamten Betriebsdauer sachgerecht und konsequent anzuwenden. Zu den für eine gute Technik wesentlichen Instrumenten gehören die Festlegung einer ökologischen Vergleichsbasis, die Beschreibung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein, die Nutzung von Handbüchern

über Dammsicherheit und die Durchführung von Dammprüfungen sowie konkrete Stilllegungspläne von Beginn an.

- Emissionsvermeidung und -kontrolle:
  - Bewältigung des Problems der Sauerwasserbildung: Es stehen zahlreiche Möglichkeiten zur Vermeidung, Kontrolle und Behandlung (z. B. Abdeckung, Zusatz von Puffermineralen, aktive/passive Behandlung) zur Verfügung, die speziell für Aufbereitungsrückstände und taubes Gestein entwickelt wurden, bei denen die Möglichkeit der Sauerwasserbildung besteht, und die gleichermaßen für die Betriebsphase und die Stilllegungsphasen eines Bergbaubetriebs geeignet sind.
  - Techniken zur Senkung des Reagenzienverbrauchs: Es stehen mehrere Methoden zur Senkung des Einsatzes von Reagenzien zur Verfügung, d. h. die computergestützte Überwachung der Qualität des eingesetzten Stoffes, Betriebsstrategien zur Minimierung des Cyanidzusatzes und Vorsortieren der Einsatzstoffe für die Aufbereitungsanlage.
  - Vermeidung von Wassererosion: Die Wassererosion in Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein kann durch Abdecken der Hänge oder Stimulierung der Partikelbindung verhindert werden.
  - Vermeidung von Staubemissionen: Staubemissionen treten hauptsächlich an den Ufern von Bergeteichen, an der Außenböschung von Dämmen und Halden sowie beim Transport von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein auf. Ein Verfahren zur Verminderung der Staubbildung besteht darin, die Ufer von Bergeteichen und andere Hänge feucht zu halten.
  - Techniken zur Minderung von Lärmemissionen: Zu den häufigsten Quellen von Lärmemissionen gehören der Transport, das Abkippen und Verteilen mithilfe von Lkw und Förderbändern. Lärmbeeinträchtigungen in Wohngebieten durch Lkw-Verkehr auf der Halde können durch das Errichten von Lärmschutzwänden gemindert werden.
  - Schrittweise Wiedernutzbarmachung/Wiederbegrünung: Halden und Dämme werden vielfach noch während der Betriebsphase wieder nutzbar gemacht /wiederbegrünt. Neben anderen Vorteilen bringt dies auch eine Verkürzung der Stilllegungsphase mit sich.
  - Wasserbilanzen: Die Erstellung einer detaillierten Wasserbilanz spielt bei der Auslegung von Bergeteichen, des Abbaustandortes und für die Zeit nach der bergbauliche Nutzung eine wichtige Rolle. Anhand der Wasserbilanz können das Fassungsvermögen des Teichs und der erforderliche Freibord (falls das Wasser aus dem Teich nicht direkt in den aufnehmenden Wasserlauf eingeleitet werden kann) ermittelt werden. Zum Zeitpunkt der Stilllegung erfolgt eine Evaluierung der Wasserbilanz, um die Stilllegungspläne umzusetzen.
  - Ableitung aus Teichen: Bei undurchlässigen Teichen kann ein Ablaufsystem erforderlich sein, das die Wiederverwendung des Prozesswassers und eine bedarfsgerechte Verringerung der Teichgröße ermöglicht.
  - Behandlung von freiem Wasser: Wird das freie Wasser aus dem Teich nicht direkt in den natürlichen Wasserlauf abgeleitet, müssen Vorkehrungen für das Speichern getroffen werden, d. h. das gesamte freie Wasser muss entweder in die Anlage zurückgeführt werden bzw. unter trockenheißen klimatischen Bedingungen verdunsten können.
  - Behandlung von Sickerwasser: Die Planung von Versickerungsanlagen setzt gründliche Kenntnisse über den hydrogeologischen Zustand des Standortes voraus. In einigen Fällen wird eine Versickerung verhindert. In anderen Fällen wird das Sickerwasser aufgefangen und, sofern es eine gute Qualität aufweist, dessen Einsickern in das Grundwasser ermöglicht.
  - Techniken zur Verringerung der Emissionen in Gewässer: Emissionen in Gewässer können durch Wiederverwendung des Prozesswassers verhindert werden. Diese Möglichkeit besteht nicht, wenn die Abwässer sauer oder basisch sind, suspendierte Feststoffe oder gelöste Verbindungen oder Metalle (z. B. Arsen) oder Prozesschemikalien (z. B. Cyanide) enthalten. In Abhängigkeit von der jeweiligen Verbindung können verschiedene Behandlungstechniken angewandt werden.
  - Grundwasserüberwachung: In der Regel erfolgt eine Überwachung des Grundwassers in Gebieten, in denen Aufbereitungsrückstände und taubes Gestein gelagert wird. Überwacht werden der Grundwasserspiegel und die Wasserqualität.

- Unfallverhütung:
  - Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein im Bergbaubetrieb [ pit ist weiter zu verstehen] Um Damnbrüche und das Abrutschen von Halden zu vermeiden, sollten Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein am besten in einem geeigneten nahe gelegenen Betrieb angelegt werden, denn so werden Probleme mit der Stabilität des Damms bzw. der Halde umgangen.
  - Ableitung natürlicher Abflüsse: Ein Ableitungssystem ist von entscheidender Bedeutung für die Sicherheit von Bergedämmen. Jede Art von Schaden am Damm kann zum Eindringen von Wassermengen führen, für die dieser nicht ausgelegt ist; dadurch kann es zu einer Überspülung kommen, die den Damm insgesamt brechen lässt.
  - Vorbereitung der natürlichen Erdoberfläche unter dem Damm: Die natürliche Erdoberfläche unter dem Bergedamm wird in der Regel vollständig von Pflanzenbewuchs befreit und humoser Boden abgetragen, um eine geeignete „Gründung“ für den Damm herzustellen.
  - Beim Dammbau eingesetztes Material: Bei der Entscheidung, welche Materialien beim Dammbau eingesetzt werden sollen, steht an erster Stelle die Überlegung, dass diese Materialien für den vorgesehenen Zweck geeignet sein müssen und dass unter Betriebsbedingungen bzw. klimatischen Bedingungen keine Beeinträchtigung ihrer Festigkeit auftreten darf.
  - Ablagerung des Aufbereitungsrückstandes: Das richtige Ablagerung des Aufbereitungsrückstandes, insbesondere im feuchten Zustand, ist stets entscheidend für die Stabilität des Bauwerks. Feuchtes Aufbereitungsrückstände wird üblicherweise auf der Dammkrone abgekippt und anschließend möglichst gleichmäßig auf dem Damm verteilt, um einen Aufbereitungsrückstände „strand“ an der Innenseite des Damms anzulegen.
  - Techniken, die beim Bau und der Erhöhung von Dämmen angewandt werden: Bergedämme wurden oft aus der Grobfraction des Aufbereitungsrückstandes gebaut, und dies kann noch immer eine sehr geeignete Form der Lagerung von Aufbereitungsrückstände in Schlammform sein. Während der Betriebsphase können sich jedoch sowohl die Eigenschaften der mineralischen Rohstoffe als auch die Aufbereitungsmethode und damit auch die Eigenschaften des Aufbereitungsrückstandes ändern. Das Qualitätsmanagement ist demzufolge während der gesamten Betriebsphase eine sehr heikle Aufgabe. In der Regel wird daher beim Bau des Damms und oftmals auch beim Erhöhen Füllmaterial eingesetzt, dessen Qualität während des Dammbaus leichter überwacht werden kann. Die Sicherung der langfristigen Stabilität hängt jedoch nicht nur von der Art des beim Bau von Bergedämmen eingesetzten Materials ab, sondern auch davon, wie das geeignete Baumaterial verbaut und verdichtet wird. Im Wesentlichen werden folgende Grundtypen von Dämmen gebaut: konventionelle Dämme bzw. Dämme, die von unten, von oben oder mittig aufgeschüttet werden.
  - Freies Wasser, Freibord, Notüberlauf und Bemessungshochwasser: Freies Wasser kann unter anderem über Überläufe, offene Kanäle, Scheidetürme und Scheidebrunnen abgeleitet werden. Neben geeigneten Freibord- und Notüberlaufsystemen sind dies wichtige Anlagen zur Verhinderung von Unfällen wie zum Beispiel Dammüberflutungen.
  - Drainage von Dämmen: Durchlässige Dämme funktionieren nach dem Prinzip, dass ein Austritt durch den Damm weit unter der Basis der Außenböschung erfolgen sollte. Zu diesem Zweck wird eine interne Drainage verlegt, deren Entwässerungszone im Innern des Damms liegt. Undurchlässige Dämme sind mit vergleichbaren Drainagesystemen ausgestattet, wobei es darum geht, das Versickern durch den Kern und damit die Erosion des Kerns und der Außenböschung des Damms zu verhindern.
  - Überwachung des Versickerns: Das kontrollierte Versickern erfolgt durch den Damm und gewährleistet dessen Stabilität dadurch, dass der auf den Damm einwirkende Porendruck verringert wird. Eine wirksame Kontrolle und der reibungslose Ablauf des Versickerns ist sowohl für die Umweltleistung als auch für die Unfallverhütung von entscheidender Bedeutung.

- Damm- und Haldenstabilität: Ein wichtiger Kriterium für die Stabilität von Halden und Dämmen ist der Sicherheitsfaktor, d. h. das Verhältnis zwischen Scherfestigkeit und Scherbeanspruchung.
- Verfahren zur Überwachung der Stabilität von Dämmen und Halden: Grundlage der gesamten Überwachungstätigkeit ist die Aufstellung eines Überwachungsplans. Die Überwachung umfasst eine Liste von in bestimmten Abständen durchgeführten Messungen. Der allgemeine Überwachungsplan beinhaltet in der Regel auch Pläne für Inspektionen und Audits/Prüfungen. Die Stabilität von Dämmen und Halden hängt auch von der Stabilität der tragenden Schicht ab, d. h. des Untergrunds, auf dem Dämme und Halden errichtet werden.
- Umgang mit Cyanid: Neben der Behandlung von aus der Cyanidlaugung stammendem Aufbereitungsrückstände schließt der Umgang mit Cyanid eine Vielzahl von Sicherheitsmaßnahmen zur Unfallverhütung ein. Die Anlagenplanung umfasst auch mehrere technische Lösungen zur Unfallverhütung.
- Entwässerung von Aufbereitungsrückstände: Der größte Nachteil bei der Entsorgung von Aufbereitungsrückstände in Schlammform ist dessen Beweglichkeit. Bei einem Versagen der Rückhaltstruktur (d. h. des Damms) ist eine Verflüssigung möglich, wobei aufgrund der physikalischen und chemischen Eigenschaften erhebliche Schäden eintreten können. Es gibt zwei Möglichkeiten, dieses Problem zu umgehen: trockenes Aufbereitungsrückstände und Eindicken von Aufbereitungsrückstände.
- Verringerung der Beeinträchtigungen: Eine wirksame Möglichkeit zur Verringerung der Beeinträchtigungen durch Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein besteht darin, dieses Material ganz oder teilweise zum Verfüllen einzusetzen. Möglich ist zudem eine Unterwasserentsorgung von Aufbereitungsrückstände, d. h. die Verklappung im Meer, oder das Ermitteln anderer Verwendungsmöglichkeiten für Aufbereitungsrückstände und Taubgestein.
- Abmilderung von Unfallfolgen: Die Folgen eines Unfalls können sowohl durch Notfallpläne als auch durch die Bewertung und Untersuchung von Zwischenfällen abgemildert werden.
- Instrumente des Umweltmanagements: Umweltmanagementsysteme erweisen sich als nützliches Instrument bei der Verhinderung von Verschmutzungen im Zusammenhang mit gewerblichen Tätigkeiten im weiteren Sinne.

### **BVT für die Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein aus bergbaulichen Tätigkeiten**

Im Kapitel über BVT (Kapitel 5) werden die als BVT betrachteten Techniken anhand der Informationen in Kapitel 4 sowie unter Berücksichtigung der Definition des Begriffs „beste verfügbare Techniken“ und der in Anhang IV der IVU-Richtlinie (siehe Vorwort) aufgelisteten Erwägungen festgelegt.

Das BVT-Kapitel ist in einen allgemeinen Teil, der für alle Standorte der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein gültig ist, und einen spezifischen Teil für bestimmte Minerale untergliedert.

Entscheidungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein beruhen auf der Umweltleistung, der Risikobewertung und der Wirtschaftlichkeit, wobei die Risikobewertung ein standortspezifischer Faktor ist.

Der Vollständigkeit halber werden sämtliche BVT-Schlussfolgerungen hier wiedergegeben.

## Allgemeine BVT

Die BVT wenden

- die im Abschnitt 4.1 genannten Grundsätze und
  - das im Abschnitt 4.2 erörterte Konzept des Managements auf Bestandsdauer der Anlage (Lebenszyklusmanagement)
- an.

Das Management auf Bestandsdauer der Anlage umfasst sämtliche Phasen des Betriebs einschließlich:

- Planungsphase (Abschnitt 4.2.1):
  - ökologische Vergleichsgrundlage (Abschnitt 4.2.1.1)
  - Beschreibung der Aufbereitungsrückstände und des tauben Gesteins (Abschnitt 4.2.1.2)
  - Studien und Pläne in Bezug auf Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückständen und taubem Gestein (Abschnitt 4.2.1.3), die folgende Aspekte abdecken:
    - Dokumentation der Standortwahl
    - Umweltverträglichkeitsprüfung
    - Risikobewertung
    - Notfalleinsatzplan
    - Entsorgungsplan
    - Wasserbilanz und Wasserwirtschaftsplan
    - Stilllegungs- und Schließungsplan
  - Auslegung der Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein sowie damit zusammenhängender Anlagen (Abschnitt 4.2.1.4)
  - Kontrolle und Überwachung (Abschnitt 4.2.1.5)
- Bauphase (Abschnitt 4.2.2)
- Betriebsphase (Abschnitt 4.2.3) mit folgenden Bestandteilen:
  - Betriebs-, Überwachungs- und Wartungshandbücher (Abschnitt 4.2.3.1)
  - Prüfung (Abschnitt 4.2.3.2)
- Stilllegungs- und Nachbetriebsphase (Abschnitt 4.2.4) mit folgenden Bestandteilen:
  - langfristige Stilllegungsziele (Abschnitt 4.2.4.1)
  - konkrete Stilllegungsprobleme (Abschnitt 4.2.4.2) in Bezug auf
    - Halden
    - Teiche einschließlich
      - wasserbedeckte Teiche
      - trockene Teiche
      - wasserwirtschaftliche Anlagen.

Außerdem berücksichtigen die BVT Folgendes:

- Senkung des Reagenzienverbrauchs (Abschnitt 4.3.2)
- Verhinderung von Wassererosion (Abschnitt 4.3.3)
- Verhinderung von Staubemissionen (Abschnitt 4.3.4)
- Aufstellung einer Wasserbilanz (Abschnitt 4.3.7) und Erstellung eines Wasserwirtschaftsplans auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Bilanz (Abschnitt 4.2.1.3)
- Bewirtschaftung von freiem Wasser (Abschnitt 4.3.9)
- Überwachung des Grundwassers in allen Gebieten, in denen Aufbereitungsrückstände und taubes Gestein gelagert wird (Abschnitt 4.3.12).

## Umgang mit dem Problem der Sauerwasserbildung

Die Beschreibung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein (Abschnitt 4.2.1.2 in Verbindung mit Anhang 4) umfasst die Ermittlung des Potenzials für die Sauerwasserbildung in Aufbereitungsrückstände und/oder taubem Gestein. Besteht ein solches Potenzial, muss mit der BVT

in erster Linie die Sauerwasserbildung verhindert werden (Abschnitt 4.3.1.2) falls dies nicht möglich ist, müssen die Folgen der Sauerwasserbildung eingedämmt werden (Abschnitt 4.3.1.3) oder es muss eine Behandlung erfolgen (Abschnitt 4.3.1.4). Häufig werden mehrere Maßnahmen miteinander kombiniert (Abschnitt 4.3.1.6).

Sämtliche Präventions-, Kontroll- und Behandlungsmaßnahmen können in bestehenden und neuen Anlagen angewandt werden. Die besten Stilllegungsergebnisse werden jedoch erzielt, wenn Pläne für die Standortstilllegung bereits zu Beginn (in der Planungsphase) des Betriebs aufgestellt werden (ganzheitliches Konzept).

Inwieweit die einzelnen Maßnahmen angewandt werden können, hängt von den am jeweiligen Standort bestehenden Bedingungen ab. Faktoren wie:

- Wasserbilanz
- Verfügbarkeit möglicher Abdeckmaterialien
- Grundwasserspiegel

beeinflussen die Entscheidung, welche Maßnahmen an einem konkreten Standort durchgeführt werden können. In Abschnitt 4.3.1.5 wird ein Instrument vorgestellt, das für Entscheidungen über die geeignetste Stilllegungsvariante genutzt werden kann.

### **Bewältigung der Sickerwasserproblematik (Abschnitt 4.3.10)**

Vorzugsweise wird der Standort einer Einrichtung zu Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein so gewählt, dass auf eine Sperrschicht verzichtet werden kann. Besteht diese Möglichkeit nicht und ist das Sickerwasser umweltschädlich und/oder dessen Fließgeschwindigkeit hoch, muss der Sickerwasseraustritt verhindert, verringert (Abschnitt 4.3.10.1.) oder kontrolliert werden (Abschnitt 4.3.10.2) (Aufzählung nach Wichtigkeit). Vielfach wird eine Kombination aus diesen Maßnahmen angewandt.

### **Emissionen in Gewässer**

Folgendes ist als BVT anzusehen:

- Wiederverwendung des Prozesswassers (siehe Abschnitt 4.3.11.1)
- Mischen des Prozesswassers mit anderen Abwässern, die gelöste Metalle enthalten (siehe Abschnitt 4.3.11.2)
- Anlegen von Absetzeichen, um erodierte Feinstoffe aufzufangen (siehe Abschnitt 4.3.11.4.1).
- Entfernung suspendierter Feststoffe und gelöster Metalle vor dem Einleiten des Abwassers in die Gewässer (Abschnitt 4.3.11.4)
- Neutralisation basischer Abwässer mit Schwefelsäure und Kohlendioxid (Abschnitt 4.3.11.6)
- Entfernung von Arsen aus Abwässern aus bergbaulicher Tätigkeit durch Zusatz von Eisen(III)-salzen (Abschnitt).

In den Abschnitten über Emissions- und Verbrauchsmengen (Kapitel 3) werden Beispiele für erreichte Werte angeführt. Es konnte kein Zusammenhang zwischen angewandter Technik und verfügbaren Emissionsdaten hergestellt werden. Daher war es auch nicht möglich, im vorliegenden Dokument Schlussfolgerungen zu BVT und den damit zusammenhängenden Emissionswerten zu ziehen.

Bei den folgenden Techniken handelt es sich um BVT zur Behandlung saurer Abwässer (Abschnitt 4.3.11.5).



- Aktive Behandlung:
  - Zusatz von Kalkstein (Kalziumkarbonat), Löschkalk oder Branntkalk
  - Zusatz von Ätznatron zu Sauerwasser mit hohem Mangengehalt
- Passive Behandlung:
  - Künstliche Feuchtgebiete
  - offene Kalksteinkanäle/anoxische Kalksteindrainage
  - Ableitungsbrunnen.

Die passiven Behandlungssysteme sind eine langfristige Lösung für die Zeit nach der Stilllegung eines Standortes; dies gilt jedoch nur dann, wenn sie als Sanierungsschritt in Kombination mit anderen Präventivmaßnahmen angewandt werden.

### **Lärmemissionen (Abschnitt 4.3.5)**

Folgendes ist als BVT anzusehen

- Einsatz kontinuierlich arbeitender Anlagen (z. B. Förderbänder, Pipelines)
- Einhausen der Antriebsaggregate von Förderbändern in Gebieten, in denen Lärm ein Problem darstellt
- Anlegen der Außenböschung einer Halde im ersten Schritt und - soweit wie möglich - Verlegen von Rampen und Arbeitsflächen in den Innenbereich der Halde im zweiten Schritt.

### **Dammauslegung**

Neben den in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2 beschriebenen Maßnahmen in der **Planungsphase** (Abschnitt 4.2.1) eines **Bergedamms** ist BVT:

- Zugrundlegung des größten Hochwassers in den letzten 100 Jahren als Bemessungshochwasser für die Festlegung der Notfallabflussleistung eines Damms, für den eine niedrige Gefährdungstufe gilt
- Zugrundlegung des größten Hochwassers in den letzten 5000 bis 10000 Jahren als Bemessungshochwasser für die Festlegung der Notfallabflussleistung eines Damms, für den eine hohe Gefährdungstufe gilt.

### **Dammbau**

Neben den in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2 beschriebenen Maßnahmen in der **Bauphase** (Abschnitt 4.2.2) eines **Bergedamms** ist folgendes als BVT anzusehen:

- Befreiung der natürlichen Erdoberfläche unter dem Bergedamm von Pflanzenbewuchs und Abtragung humoser Böden (Abschnitt 4.4.3)
- Wahl von für den vorgesehenen Zweck geeigneten Materialien, bei denen unter Betriebsbedingungen bzw. klimatischen Bedingungen keine Beeinträchtigung ihrer Festigkeit auftritt (Abschnitt 4.4.4).

### **Errichtung von Dämmen**

Neben den in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2 beschriebenen Maßnahmen in der **Bau- und Betriebsphase** (Abschnitte 4.2.2) gilt folgendes als BVT:

- Bewertung des Risikos eines zu hohen Porenwasserdrucks und Überwachung des Porenwasserdrucks vor und während jeder Erhöhung. Die Bewertung sollte durch einen unabhängigen Experten erfolgen.
- Nutzung von Dämmen konventioneller Art (Abschnitt 4.4.6.1 unter folgenden Bedingungen:
  - Das Aufbereitungsrückstände ist für den Dammbau ungeeignet.
  - Die Rückhaltestruktur wird als Wasserspeicher gebraucht.

- Die Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände befindet sich an einem abgelegenen und unzugänglichen Standort.
- Das Wasser aus Aufbereitungsrückstände muss längere Zeit zurückgehalten werden, damit Giftstoffe (z. B. Cyanid) abgebaut werden können.
- Der natürliche Zufluss zum Bergedamm ist groß oder schwankt stark und kann nur durch Wasserspeicherung kontrolliert werden.
- Errichten der Dämme von unten (Abschnitt 4.4.6.2) unter folgenden Bedingungen:
  - Es besteht ein sehr geringes seismisches Risiko.
  - Aufbereitungsrückstände wird für den Dammbau verwendet: Mindestens 40 – 60 % des Materials gehört der Kornfraktion 0,075 und 4 mm an (gilt nicht für eingedickte Aufbereitungsrückstände).
- Errichten der Dämme von oben (Abschnitt 4.4.6.3) unter folgenden Bedingungen:
  - Es stehen ausreichende Mengen an Material für den Dammbau zur Verfügung (z. B. Aufbereitungsrückstände oder taubes Gestein).
- Mittige Aufschüttung der Dämme (Abschnitt 4.4.6.4) unter folgenden Bedingungen:
  - Es besteht ein geringes seismisches Risiko.

### **Dammbetrieb**

Neben den in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2 beschriebenen Maßnahmen in der **Betriebsphase** (Abschnitt 4.2.3) eines **Bergeteichs** gilt folgendes als BVT:

- Überwachung der Stabilität (Näheres dazu siehe unten)
- Vorkehrungen für die Ableitung von Einleitungen in den Teich beim Auftreten von Problemen
- Bereitstellung alternativer Einrichtungen für die Einleitung, möglicherweise in eine andere Rückhalteeinrichtung
- Bereitstellung von zusätzlichen Ableitungseinrichtungen (z. B. Notüberläufe, Abschnitt 4.4.9) und/oder Reservepumpenanlagen für Notfälle, wenn die Höhe des freien Wassers im Teich den festgelegten Mindest-Freibord erreicht (Abschnitt 4.4.8)
- Messung von Bodenbewegungen mit Inklinometern und Beschaffung von Informationen über die Porenwasserdruckverhältnisse
- Gewährleisten einer ausreichenden Drainage (Abschnitt 4.4.10)
- Dokumentation der Planungs- und Bauarbeiten sowie aller Aktualisierungen/Änderungen in der Auslegung/Ausführung
- Führen eines Handbuchs über die Dammsicherheit (siehe Abschnitt 4.2.3.1) in Verbindung mit unabhängigen Audits (siehe Abschnitt 4.2.3.2)
- Mitarbeiterschulungen und sachgerechte Ausbildung des Personals.

### Entfernung von freiem Wasser aus dem Teich (Abschnitt 4.4.7.1)

Folgendes gilt als BVT:

- Vorhandensein eines Überlaufs im natürlichen Gelände für Teiche im Tal und außerhalb des Tals
- Nutzung eines Scheideturms
  - in kaltem Klima mit positiver Wasserbilanz
  - für „eingezäunte“ Teiche
- Nutzung eines Scheidebrunnens:
  - in warmem Klima mit negativer Wasserbilanz
  - für „eingezäunte“ Teiche
  - sofern ein hoher Betriebs-Freibord aufrechterhalten wird.

### Entwässerung von Aufbereitungsrückständen (Abschnitt 4.4.16)

Für welche Methode (Aufbereitungsrückständen in Schlammform, eingedicktes oder trockene Aufbereitungsrückstände) man sich entscheidet, hängt hauptsächlich von der Bewertung folgender drei Faktoren ab:

- Kosten
- Umweltleistung
- Unfallgefahr.

Es ist BVT, folgende Verfahren zu nutzen:

- Trocknen (Abschnitt 4.4.16.1)
- Eindicken (Abschnitt 4.4.16.2) oder
- oder Aufbereiten zu Schlamm (Abschnitt 4.4.16.3).

Viele Faktoren beeinflussen die Entscheidung, welche Methode für einen bestimmten Standort geeignet ist. Dazu gehören u. a.:

- die Mineralogie der mineralischen Rohstoffe
- der wirtschaftliche Wert des mineralischen Rohstoffes
- die Korngrößenverteilung
- die Verfügbarkeit von Prozesswasser
- die klimatischen Bedingungen
- der für die Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände zur Verfügung stehende Platz.

### **Betrieb von Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein**

Neben den in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2 beschriebenen Maßnahmen in der **Betriebsphase** (Abschnitt 4.2.3) von **Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein** gilt folgendes als BVT:

- Ableitung natürlicher externer Abflüsse (Abschnitt 4.4.1)
- Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände oder taubem Gestein in Tagebauen (Abschnitt 4.4.1). In diesem Fall spielt die Stabilität der Halden-/Dammböschung keine Rolle.
- Zugrundlegung eines Sicherheitsfaktors von mindestens 1,3 für sämtliche Halden und Dämme während des Betriebs (Abschnitt 4.4.13.1)
- Laufende Wiedernutzbarmachung/Wiederbegrünung (Abschnitt 4.3.6).

### **Überwachung der Stabilität**

Folgendes gilt als BVT :

- Überwachung folgender Parameter in Bergeteichen/-dämmen (Abschnitt 4.4.14.2):
  - Grundwasserspiegel
  - Qualität und Menge des durch den Damm fließenden Sickerwassers (auch Abschnitt 4.4.12)
  - Grundwasserspiegel
  - Porenwasserdruck
  - Bewegungen der Dammkrone und des Aufbereitungsrückstandes
  - seismische Aktivität, um die Stabilität des Damms und der tragenden Schichten zu gewährleisten (auch Abschnitt 4.4.14.4)
  - dynamischer Porenwasserdruck und Verflüssigung
  - Bodenmechanik
  - Verfahren zum Einbringen Lagerung von Aufbereitungsrückstände
- Überwachung folgender Parameter in Halden (Abschnitt 4.4.14.2):
  - Böschungsgeometrie
  - Drainage unter der Halde
  - Porendruck
- Ferner:
  - im Falle von Bergeteichen/-dämmen:

- Sichtprüfungen (Abschnitt 4.4.14.3)
- Jährliche Überprüfungen (Abschnitt 4.4.14.3)
- Unabhängige Audits (Abschnitt 4.2.3.2 und Abschnitt 4.4.14.3)
- Bewertung der Sicherheit bestehender Dämme (SEED) (Abschnitt 4.4.14.3)
- im Falle von Halden:
  - Sichtprüfungen (Abschnitt 4.4.14.3)
  - Geotechnische Überprüfungen (Abschnitt 4.4.14.3)
  - Unabhängige geotechnische Audits (Abschnitt 4.4.14.3).

### **Abmilderung von Unfallfolgen**

Folgendes gilt als BVT:

- Erstellung von Notfallplänen (Abschnitt 4.6.1)
- Bewertung und Untersuchung von Zwischenfällen (Abschnitt 4.6.2)
- Überwachung der Pipelines (Abschnitt 4.6.3).

### **Verringerung von Beeinträchtigungen**

Folgendes gilt als BVT

- möglichst Vermeidung und/oder Verringerung des Anfalls von Aufbereitungsrückstände/taubem Gestein (Abschnitt 4.1)
- Verwendung von Aufbereitungsrückstände zum Verfüllen (Abschnitt 4.5.1) unter folgenden Bedingungen:
  - Das Verfüllen ist als Bestandteil der Abbaumethode erforderlich (Abschnitt 4.5.1.1).
  - Die zusätzlichen Kosten für das Verfüllen werden durch die höhere Erzproduktion zumindest ausgeglichen.
  - Im Tagebaubetrieb, wenn eine problemlose Entwässerung des Aufbereitungsrückstandes (d. h. Verdunstung und Drainage, Filtration) möglich ist und damit der Bau einer Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände vermieden oder eine kleinere Einrichtung gebaut werden kann (Abschnitte 4.5.1.2, 4.5.1.3, 3.5.1.4, 4.4.1)
  - Nutzung von gegebenenfalls in der Nähe bestehenden abgebauten Tagebauen für den Versatz (Abschnitt 4.5.1.5)
  - Versatz von großen Abbauhohlräumen in Untertagebergbauten (Abschnitt 4.5.1.6). Bei mit Aufbereitungsrückständen in Schlammform verfüllten Stößen muss eine Drainage gelegt werden (Abschnitt 4.5.1.9). Zur Verbesserung der Stabilität sind unter Umständen auch Bindemittel erforderlich (Abschnitt 4.5.1.8)
- Nutzung von Aufbereitungsrückstände in pastöser Form zum Verfüllen (Abschnitt 4.5.1.10), wenn die Bedingungen für ein Verfüllen gegeben sind und:
  - ein sachkundiges Verfüllen erforderlich ist,
  - das Aufbereitungsrückstände sehr fein ist, so dass wenig Material für ein hydraulisches Verfüllen zur Verfügung stehen würde. In diesem Fall würde die Entwässerung der in den Teich eingeleiteten großen Menge an Feinstoffen sehr langsam vonstatten gehen.
  - Die Grube sollte möglichst wasserfrei gehalten werden; dies gilt auch, wenn das Abpumpen von aus dem Aufbereitungsrückstände austretendem Wasser (d. h. über lange Distanzen) kostspielig ist.
- Nutzung von taubem Gestein zum Verfüllen unter folgenden Bedingungen (Abschnitt 4.5.2):
  - Es kann zum Verfüllen von Tiefbaugruben eingesetzt werden:
  - Es befinden sich ein oder mehrere abgebaute Tagebaue in der Nähe (diese Methode wird gelegentlich als Transferbergbau bezeichnet).
  - Im Tagebau wird so gearbeitet, dass ein Verfüllen mit taubem Gestein ohne Behinderung der Abbautätigkeit möglich ist.
  - Suche nach Verwendungsmöglichkeiten für Aufbereitungsrückstände und taubes Gestein (Abschnitt 4.5.3).

### Stilllegung und Nachsorgephase

Neben den in Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2 genannten Maßnahmen bei der **Stilllegung und in der Nachbetriebsphase** (Abschnitt 4.2.4) von **Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein** gilt folgendes als BVT:

- Erstellung von Plänen für die Stilllegung und die Nachbetriebsphase bereits während der Planungsphase, einschließlich Kostenschätzungen, und deren regelmäßige Aktualisierung (Abschnitt 4.2.4). Die Anforderungen an die Wiedernutzbarmachung sind jedoch erst während des Betriebs absehbar und können daher auch erst in der Stilllegungsphase einer Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein in allen Einzelheiten erörtert werden.
- Zugrundelegung eines Sicherheitsfaktors von mindestens 1,3 für Dämme und Halden nach der Stilllegung (Abschnitte 4.2.4 und 4.4.13.1), wenngleich die Ansichten über Wasserabdeckungen auseinander gehen (siehe Kapitel 7).

Was die Stilllegung und die Nachbetriebsphase von Bergeteichen anbelangt, müssen BVT vorsehen, dass die Dämme so gebaut werden, dass sie langfristig stabil sind, sofern eine Wasserabdeckung als Stilllegungslösung gewählt wird (Abschnitt 2.4.2).

### Goldgewinnung mittels Cyanidlaugung

Neben den allgemeinen Maßnahmen für alle Standorte, an denen Gold mittels Cyanidlaugung gewonnen wird, gilt folgendes als BVT :

- Senkung des Cyanidverbrauchs durch:
  - Betriebsstrategien zur Minimierung des Cyanidzusatzes (Abschnitt 4.3.2.2)
  - automatische Cyanidkontrolle (Abschnitt 4.3.2.2.1)
  - gegebenenfalls Vorbehandlung mit Wasserstoffperoxid (Abschnitt 4.3.2.2.2)
- Vernichtung des verbleibenden freien Cyanids vor der Entsorgung im Teich (Abschnitt 4.3.11.8). Tabelle 4.13 enthält Beispiele für in einigen europäischen Förderstätten erreichte Cyanidwerte.
- Anwendung der folgenden Sicherheitsmaßnahmen (Abschnitt 4.4.15):
  - Auslegung des Cyanidvernichtungskreislaufs für eine Kapazität, die dem Zweifachen des tatsächlichen Bedarfs entspricht
  - Einbau eines zusätzlichen Systems für die Zugabe von Kalk
  - Installation von Notstromaggregaten.

### Aluminium

Neben den allgemeinen Maßnahmen für Aluminiumraffinerien: gilt folgendes als BVT:

- während des Betriebs:
  - Verhinderung der Einleitung von Abwässern in Oberflächengewässer. Erreicht wird dies durch Wiederverwendung des Prozesswassers in der Raffinerie (Abschnitt 4.3.11.1) bzw. in trockenem Klima durch Verdunstung.
- in der Nachbetriebsphase (Abschnitt 4.3.11.1):
  - so gründliche Behandlung der Oberflächenabflüsse aus Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein vor der Einleitung, dass der Gehalt an chemischen Stoffen Werte erreicht, die ein Einleiten in Oberflächengewässer zulassen
  - Instandhaltung von Zugangsstraßen und Drainagesystemen und Erhaltung der Pflanzenbedeckung (gegebenenfalls einschließlich Wiederbegrünung)
  - Entnahme von Proben zur Überprüfung der Grundwasserqualität.

### Kalisalz

Neben den für alle Kalisalzgruben geltenden allgemeinen Maßnahmen gilt folgendes als BVT:

- Bei einem undurchlässigen natürlichen Boden Versiegelung des Geländes unter der Einrichtung zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein (Abschnitt 4.3.10.3)

- Senkung der durch den Transport auf Förderbändern entstehenden Staubemissionen (Abschnitt 4.3.4.3.1)
- Versiegelung/Auskleidung des Haldenfußes außerhalb der undurchlässigen Kernzone und Auffangen der Abflüsse (Abschnitt 4.3.11.4.1)
- Verfüllen großer Abbauhohlräume mit trockenem Aufbereitungsrückstände oder Aufbereitungsrückstände in Schlammform (Abschnitt 4.5.1.6).

### Kohle

Neben den für alle Kohleförderstätten geltenden Maßnahmen gilt folgendes als BVT :

- Maßnahmen gegen das Versickern (Abschnitt 4.3.10.4)
- Entwässerung von feinem Aufbereitungsrückstände aus der Flotation mit einer Korngröße von < 0,5 mm (Abschnitt 4.4.16.3).

### Umweltmanagement

Eine Reihe von Techniken des Umweltmanagements wurden als BVT eingestuft. Umfang (z. B. Ausführlichkeit) und Art des Umweltmanagementsystems (UMS) (z. B. standardisiert oder nicht standardisiert) werden im Allgemeinen mit Art, Größe und Komplexität der Anlage und ihren möglichen Umweltauswirkungen in Verbindung gebracht.

Es ist BVT, ein Umweltmanagementsystem umzusetzen und einzuhalten, das je nach den Bedingungen im Einzelfall folgende Merkmale aufweist (siehe Kapitel 4):

- Festlegung einer Umweltstrategie für die Anlage durch die Unternehmensführung (die Verpflichtung der Unternehmensführung gilt als Vorbedingung für eine erfolgreiche Umsetzung anderer Kriterien des UMS)
- Planung und Festlegung der erforderlichen Verfahren
- Umsetzung der Verfahren unter besonderer Berücksichtigung folgender Aspekte:
  - Struktur und Verantwortlichkeit
  - Schulung, Sensibilisierung und Kompetenz
  - Kommunikation
  - Einbeziehung der Mitarbeiter
  - Dokumentation
  - effiziente Prozesskontrolle
  - Wartungsprogramm
  - Notfallbereitschaft und Zuständigkeiten in Notfällen
  - Sicherstellung der Einhaltung des Umweltrechts
- Überprüfung der Leistung und Ergreifen von Korrekturmaßnahmen, wobei besonderes Augenmerk auf folgende Aspekte zu legen ist:
  - Überwachung und Messungen (siehe auch Referenzdokument zum Thema Überwachung von Emissionen)
  - Korrektur- und Vorsorgemaßnahmen
  - Führen von Aufzeichnungen
  - unabhängige interne Audits (sofern machbar), um zu ermitteln, ob das Umweltmanagementsystem den Planungen entspricht und ordnungsgemäß umgesetzt und beibehalten wird
- Überprüfung durch die Unternehmensführung.

Drei weitere Maßnahmen, die ergänzend zu den oben genannten Schritten ergriffen werden können, werden als flankierende Maßnahmen betrachtet. Dabei handelt es sich um Folgendes:

- Untersuchung und Validierung des Managementsystems und des Prüfverfahrens durch eine zugelassene Zertifizierungseinrichtung oder eine externe Einrichtung zur Verifizierung von UMS
- Erstellung und Veröffentlichung (gegebenenfalls auch externe Validierung) einer regelmäßigen Umwelterklärung, in der alle wichtigen Umweltaspekte der Anlage beschrieben werden, sodass jährlich ein Vergleich mit den Umweltzielen und gegebenenfalls auch mit den für den Sektor festgelegten Benchmarks erfolgen kann
- Umsetzung und Einhaltung eines international anerkannten freiwilligen Systems, z. B. EMAS und ISO 14001 (1996). Diese freiwillige Maßnahme würde die Glaubwürdigkeit des UMS verbessern. Insbesondere EMAS, das alle oben genannten Aspekte in sich vereint, stärkt die Glaubwürdigkeit. Gleichwohl können nicht standardisierte Systeme im Prinzip genauso effektiv sein, sofern sie richtig konzipiert und umgesetzt werden.

Insbesondere im Bereich der Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein gilt für BVT, dass mit einem integrierten Risiko-/Sicherheits- und Umweltmanagementsystem gearbeitet werden muss. Das Umweltmanagementsystem muss daher gemeinsam mit der in Abschnitt 4.2.1 beschriebenen Risikobewertung und dem darin beschriebenen Risikomanagement sowie dem in Abschnitt 4.2.3.1 beschriebenen Betriebs-, Überwachungs- und Instandhaltungsmanagement entwickelt und durchgeführt werden.

### **Techniken in der Entwicklung**

Kapitel 6 beinhaltet sechs Techniken „in der Entwicklung“, die noch nicht kommerziell genutzt werden und sich noch in der Forschungs- oder Entwicklungsphase befinden. Diese betreffen Folgendes:

- gemeinsame Beseitigung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein aus der Eisenerzgewinnung
- Verhinderung einer fortschreitenden Sauerwasserbildung
- Cyanid-Recycling mithilfe der Membrantechnologie
- Trennkammern
- Nutzung von Rotschlamm zur Reduzierung der aus der Sauerwasserbildung und aus der Metallbelastung resultierenden Probleme
- Zerstörung von Cyanid durch Anwendung einer Kombination aus SO<sub>2</sub>/Luft und Wasserstoffperoxid.

Diese Techniken wurden in das vorliegende Dokument aufgenommen, um das Bewusstsein für die Notwendigkeit künftiger Überarbeitungen des Dokuments zu schärfen.

### **Abschließende Bemerkungen**

#### Informationsaustausch

Von der Industrie und den Genehmigungsbehörden wurden viele Dokumente bereitgestellt, die für die in diesem Dokument enthaltenen Informationen als Grundlage dienen. Bulletins der Internationalen Kommission für große Talsperren (International Commission on Large Dams - ICOLD) zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände, der kanadische Leitfaden mit dem Titel „Guide to the management of tailings facilities“ und der finnische Leitfaden zum Thema Dammsicherheit können als Grundlage für dieses BVT-Dokument betrachtet werden.

Die Menge und Qualität der Daten in diesem Dokument lässt ein Ungleichgewicht erkennen, d. h. es werden nur wenige Informationen über die tatsächlichen Verbrauchs- und Emissionsmengen von Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein bereitgestellt.

Emissionsdaten für die Metallgewinnung liegen nur aus einzelnen Einrichtungen vor. Es konnte kein Zusammenhang zwischen angewandter Technik und verfügbaren Emissionsdaten hergestellt werden. Daher war es auch nicht möglich, BVT-Schlussfolgerungen zu ziehen und Aussagen zu den Emissionswerten zu treffen.

### Erreichte Übereinstimmung

Auf die Schlussfolgerungen einigte man sich bei der abschließenden Plenarsitzung im November 2003 auf hoher Ebene. Uneinigkeit besteht hinsichtlich des Sicherheitsfaktors für die langfristige Stabilität von Dämmen mit „Nass“abdeckung.

### Empfehlungen für die künftige Arbeit

Das Ergebnis des Informationsaustauschs, d. h. dieses Dokument, stellt einen wichtigen Schritt auf dem Weg zu einer Verminderung der betriebsbedingten Verschmutzung und zur Verhinderung von Unfällen in Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein dar. Zu einigen wenigen Themen liegen jedoch nur unvollständige Informationen vor, so dass keine BVT-Schlussfolgerungen gezogen werden konnten. Im Mittelpunkt der künftigen Arbeit sollte sinnvollerweise das Erfassen von Informationen zu folgenden Themen stehen:

- Ausweitung des Umfangs, um alle Arten von Abfällen aus bergbaulicher Tätigkeit zu erfassen und Beispiele und Techniken im Hinblick auf andere Minerale einzubeziehen
- detailliertere Informationen über den Anfall von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein
- mit BVT zusammenhängende Emissionswerte für die Abwasserbehandlung und die Cyanidvernichtung
- Unterwasser-Bewirtschaftung von Aufbereitungsrückstände im Meer
- Wirtschaftliche Daten für viele der in Kapitel 4 vorgestellten Techniken
- Beschreibung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein:
  - Aufnahme einer größeren Zahl internationaler und nationaler Standards in Anhang 4
  - Entwicklung einer Standardmethode für die Beschreibung von Aufbereitungsrückstände und taubem Gestein
- mehr Daten zur Leistung des Verfahrens der Eindickung von Aufbereitungsrückstände
- neue Techniken zur Behebung des Cyanidproblems.

Ferner muss möglicherweise auch eine Anpassung des BVT-Dokuments an den endgültigen Anwendungsbereich der Richtlinie über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie erfolgen.

### Empfohlene Themen für künftige Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Der Informationsaustausch hat auch einige Bereiche ins Blickfeld gerückt, in denen zusätzliche Kenntnisse aus Forschungs- und Entwicklungsprojekten gewonnen werden können. Dazu gehören folgende Themen:

- Lebenszyklus-Betrachtung: Von der Anwendung des Grundsatzes der vollständigen Betrachtung des Lebenszyklus hängt es maßgeblich ab, ob ein Standort ein hohes Niveau der Sicherheits- und Umweltleistung erreicht. Bislang fehlen jedoch Daten, die belegen, dass es wirtschaftlich effektiv ist, einen Bergbaubetrieb nach dem Modell der vollständigen Lebenszyklusbetrachtung zu führen. In diesem Bereich müssen Forschungen durchgeführt werden, um existierende Fallstudien auszuwerten und die ökonomischen Aspekte der Anwendung des Grundsatzes der vollständigen Lebenszyklusbetrachtung im Zusammenhang mit der Bewertung von Kurzzeitprojekten festzulegen (z. B. Bewertung des höchstmöglichen Gewinns während des Betriebs)
- Toxizität von Cyanidabbauprodukten: Die Toxizität von Cyanid ist gut erforscht. Einige Abbauprodukte könnten aber durchaus ebenfalls toxikologisch relevant sein. Angesichts der



Folgen von Unfällen in Anlagen, die Gold mittels Cyanidlaugung gewinnen, muss die Toxizität von Cyanidabbauprodukten erforscht werden.

Die Europäische Kommission initiiert und fördert im Rahmen ihre FuE-Programme zahlreiche Projekte, die sich mit sauberen Technologien, neuen Techniken in der Abwasserbehandlung und im Abwasserrecycling sowie Managementstrategien befassen. Diese Projekte könnten möglicherweise einen nützlichen Beitrag zu künftigen Überprüfungen des vorliegenden Dokuments leisten. Die Leser werden daher gebeten, das EIPPCB über Forschungsergebnisse zu informieren, die für den Umfang dieses Dokuments von Belang sind (siehe auch Vorwort).