

INHALT

Text		
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Verwendete Unterlagen und Quellen	2
3	Sanierungsziele und Gefährdungsabschätzung sowie Einleitung kontaminierter Quell-, Hang- und Schichtwässer aus den Flächen A und B in das Grundwasser	4
3.1	Gefährdungsabschätzung	4
3.2	Sanierungsziele	5
4	Standsicherheit der geplanten Umlagerung	9
4.1	Datengrundlagen	9
4.1.1	Direkte Aufschlüsse	9
4.1.2	Rammsondierungen	9
4.1.3	Vermessung der Böschung	10
4.1.4	Bodenmechanische Laborversuche	10
4.1.5	Ermittlung der Bodenkennwerte	10
4.2	Standsicherheitsberechnungen	12
4.2.1	Berechnungsverfahren/Lastfälle	12
4.2.2	Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen	12
5	Betriebssicherheit der geplanten Entwässerungsgräben im Bereich der geplanten Umlagerungsfläche	14
6	Betriebssicherheit der geplanten Horizontal- und Vertikaldränagen	15
7	Konditionierung der Schlämme sowie Oberflächenabdichtung der Umlagerung	16
7.1	Schlammkonditionierung	16
7.2	Oberflächenabdichtung	17
8	Nachsorge	19

Abbildungen

Abb. 1: Quellaustritt der Quelle Q4 15

Anlagen

- Anl. 1: Abschätzungen zu Konzentrationen und Frachten im Übergangsbereich von Fläche B zu A
- Anl. 2: Lageskizze zum betrachteten Grundwasserabflussquerschnitt
- Anl. 3: Lage der Umlagerungsfläche mit Höhenlinien und bisherigen Untersuchungspunkten
- Anl. 4: Ausschnitt aus dem Lageplan des Sanierungsplanes mit Darstellung der Umlagerungsfläche und Lage der Bohrungen im Umfeld

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

In Freiburg-Kappel soll eine ehemals durch die Stolberger Zink zur Erzaufbereitung genutzte Fläche („Teilfläche A“) für eine Wohnbebauung umgenutzt werden. Diese Fläche wurde vor-mals mit Schlammbecken für Flotationsschlämme aus der Erzaufbereitung genutzt. Vor einer Umnutzung ist aufgrund der bauleitplanerischen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse die Sanierung dieser vor allem mit Zink, Cadmium und Blei belasteten Flächen erforderlich. Art und Umfang der Ablagerungen, deren Kontamination und Eigenschaften, und die vorgesehenen Sanierungsverfahren sind seit ca. 1980 in zahlreichen Unterlagen dokumentiert. Die Sanierung ist in zwei Stufen vorgesehen.

Zum einen sollen aus der Teilfläche A die Verfüllungen der Schlammteiche und die kontami-nierten Schlämme nach einer Konditionierung auf einer Fläche im Bereich der Teilflächen B und C abgelagert werden.

Zum anderen sollen die hydrologischen Bedingungen in allen Teilflächen durch Fassung von Quellaustritten, Ertüchtigung und Neugestaltung von Entwässerungsgräben, durch Ableitung belasteter Wässer und durch Einleitung unbelasteter Wässer in die Brugga verbessert werden.

Die Gemeinde Kirchzarten ist hinsichtlich folgender Punkte durch die Planungen berührt:

- Das Teilgebiet D des Sanierungsplanes liegt auf dem Gemeindegebiet Kirchzarten.
- Ein Teil der zu ertüchtigenden und neu geplanten Entwässerungseinrichtungen liegt auf Gemeindegebiet.
- Der vermutlich überwiegende Teil des kontaminierten Grundwassers strömt derzeit vom Stadtgebiet Freiburg auf das Gemeindegebiet Kirchzarten.

Gegenstand dieses Berichts ist das Ergebnis einer kritischen Durchsicht des Sanierungspla-nes und weiterer zugehöriger Unterlagen im Auftrag der Gemeinde Kirchzarten. Die Stadt Freiburg und der beauftragte Planer HPC stellten umfangreiche Unterlagen auf Wunsch zur Verfügung.

Im Folgenden sollen Probleme und Defizite aufgezeigt und zu behandelnde Fragen aufge-worfen werden. Es soll keine „Alternativplanung“ erfolgen. Als wesentliche fachliche Proble-me und Defizite ergaben sich folgende Komplexe:

1. Sanierungsziele und Gefährdungsabschätzung sowie geplante Einleitung konta-minierter Quell-, Hang- und Schichtwässer aus den Flächen A und B in das Grundwasser.
2. Standsicherheit der geplanten Umlagerung.
3. Betriebssicherheit der geplanten Entwässerungsgräben im Bereich der geplanten Umlagerungsfläche.
4. Betriebssicherheit der geplanten Horizontal- und Vertikaldränagen.
5. Konditionierung der Schlämme sowie Oberflächenabdichtung.
6. Nachsorge und Monitoring.

2 Verwendete Unterlagen und Quellen

- [1] HPC AG (2012): Sanierungsplan für die Flächen A, B, C und D der ehem. Aufbereitungsanlage der Stolberger Zink AG, 18.06.2012
- [2] HPC AG (2009): Zusammenstellung von Bodenaufschlüssen und Analyseergebnissen, Gelände und näheres Umfeld der ehem. Erzaufbereitungsanlage der Stolberger Zink AG, Gemarkung Freiburg-Kappel/Kirchzarten, 08.09.2009
- [3] HPC AG (2009): Variantenuntersuchung für die möglichen Ablagerungsflächen des Materials der Flächen A1 bis A9 im Bereich der ehem. Aufbereitungsanlage der Stolberger Zink AG, Freiburg-Kappel, 09.07.2009
- [4] HPC AG (2009): Ehemaliges Areal der Stolberger Zink Ag in Freiburg-Kappel/ Kirchzarten, Standsicherheitsuntersuchungen der vorhandenen Böschungen in den Flächen B, C und D, 15.06.2009
- [5] HPC AG (2012): Sanierungsplan „Stolberger Zink“, Freiburg-Kappel - Standsicherheitsberechnung der Ablagerung auf Fläche B/C, 18.06.2012
- [6] ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czürda und Partner mbH (2007): Gutachten Geotechnik Flächen B/C, 2007
- [7] GEOsens Ingenieurpartnerschaft (2005): Sanierungsuntersuchung Stolberger Zink, Freiburg Kappel, Juni 2005
- [8] Dr.-Ing. Fritz Weiß, Ingenieurbüro für Baustatik, konstruktiven Ingenieurbau, Bodenmechanik, Grundbau, Erdbau (2000): Zinkerzgrube „Schauinsland“ in Freiburg-Kappel – Hydrologisches Gutachten, 24.02.2000
- [9] Hydrosond, Geologisches Büro Dr. Rüdiger Monninger, Kehl: Hangstabilitätsberechnungen an den Schlammteichen und Halden der ehemaligen Blei-Zink-Erzgrube Schauinsland, Freiburg-Kappel und Kirchzarten, 12.03.1988
- [10] Dr.-Ing. Fritz Weiß, Ingenieurbüro für Baustatik, konstruktiven Ingenieurbau, Bodenmechanik, Grundbau, Erdbau, Freiburg i.Br.: Zinkerzgrube „Schauinsland“ in Freiburg-Kappel – Standsicherheit der Böschungen des ehemaligen Schlammteiches D einschließlich der neuen Lasten aus der Deponie, 12.12.1991
- [11] Dr. Otmar Keck, Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i.Br., Ingenieurgeologische Stellungnahme zur Standsicherheit der Halde D auf dem Betriebsgelände der Stolberger Zink AG in Freiburg Kappel, 23.09.2008
- [12] H.J. Henseleit, Ingenieurbüro für Abfalltechnik: Sanierungskonzept für die ehemalige Zinkerzgrube „Schauinsland“ der Stolberger Zink AG in Freiburg- Kappel/Kirchzarten
- [13] Intecus Freiburg: Sanierungsplan für das Grundstück (Flur N° 72) der Stolberg Zink in Freiburg Kappel. Mai 1999 mit Ergänzungen Juli 1999

- [14] SakostaCAU GmbH, München: Sanierungsplan für die Flächen (Areale A, B, C und D) der ehem. Aufbereitungsanlage der Stolberg Zink AG in Freiburg Kappel. 23. 7. 2008.
- [15] BWS GmbH (2009): Kritische Durchsicht und Bewertung der Planungsunterlagen zur Sanierung der Schlammteiche der Erzaufbereitung der ehemaligen Stolberg-Zink AG (Fläche A) in Freiburg Kappel durch Umlagerung auf die Fläche D im Bereich der Gemeinde Kirchzarten, 15.07.2009
- [16] Geländebegehung durch den Unterzeichner am 19.09.2012
- [17] Deutscher Wetterdienst (2009): KOSTRA-DWD 2000

3 Sanierungsziele und Gefährdungsabschätzung sowie Einleitung kontaminierter Quell-, Hang- und Schichtwässer aus den Flächen A und B in das Grundwasser

3.1 Gefährdungsabschätzung

Das Gebiet des Sanierungsplanes ist gegliedert in die Flächen A, B, C und D.

Für den Wirkungspfad Boden - Mensch wurde für das gesamte Gebiet bei aktueller Nutzung keine Gefährdung ermittelt. Bei der geplanten zukünftigen Wohnbebauung auf der Fläche A sind mit der vorhandenen Bodenbelastung jedoch keine gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse sichergestellt. Daher erfolgt die Sanierungsplanung.

Der Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze ist für das gesamte Gebiet nicht relevant, da keine Nutzpflanzen angebaut werden.

Für den Wirkungspfad Boden - Oberflächengewässer wird eine Gefährdung ermittelt, aber mangels Verhältnismäßigkeit kein gesonderter Sanierungsbedarf benannt.

Eine relevante Gefährdung wird dagegen für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser für die Fläche A ermittelt. Nach Aussage des Sanierungsplanes führt der Wirkungspfad Boden - Grundwasser zu der Einstufung der Fläche als Altlast. „Maßgebend für den Sanierungsbedarf auf dem Stolberger-Zink-Standort ist der Wirkungspfad Boden - Grundwasser“ ([1], S. 30). „Mangels Verhältnismäßigkeit einer Sanierung musste die Grundwassergefährdung bislang hingenommen werden.“ ([1], S. 7).

Für die Flächen B, C und D liegt keine Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden - Gewässer vor. „Im Bereich der Flächen B, C und D wurden nach den vorliegenden Unterlagen bislang keine nennenswerten Vorkommen von Grundwasser bzw. Hang-/ Schichtwasser angetroffen, auch sind im Bereich dieser Flächen weniger Aufschlüsse als in der Talau vorhanden. Aussagen zu hydrochemischen Verhältnissen sind hier deshalb besonders eingeschränkt.“ ([1], S. 30).

Daher ist auch nicht bekannt, welche Bodenbelastungen auf der geplanten Umlagerungsfläche vorhanden sind. Es handelt sich bei der Umlagerungsfläche um eine Fläche mit teilweise sehr altem Baumbestand (ca. 100 bis 150 Jahre). Darüber hinaus liegt ein Teil der Fläche außerhalb der Teilflächen B und C. In Anl. 4 ist die Lage der Umlagerungsfläche mit Bohrungen BS 2 bis BS 6 und ICP 1 bis ICP 5 im Umfeld sowie mit der Lage der alten Ablagerung auf der Böschung und dem ehemaligen Schlammteich (aus [7]) dargestellt. Anl. 4 zeigt, dass die geplante Umlagerungsfläche in weiten Bereichen voraussichtlich auf natürlichem Untergrund liegt. Nach Kenntnis des Unterzeichners wurden in allen oben genannten Bohrungen bisher keine Bodenuntersuchungen auf Schadstoffe durchgeführt. In der Summe ist aufgrund dieser Sachverhalte aus Sicht des Unterzeichners zu vermuten, dass die geplante Umlagerungsfläche erheblich geringer belastet ist als das Umlagerungsmaterial.

3.2 Sanierungsziele

Als Sanierungsziel für Fläche A wird die Altlastenfreiheit für alle Wirkungspfade unter Berücksichtigung der zukünftigen Nutzung genannt. Für den Pfad Boden - Grundwasser sollen„die Konzentrationen sowohl im Sickerwasser als auch im Grundwasser unterhalb der jeweiligen Prüfwerte liegen.“ ([1], S. 36, siehe allgemeine Mindestanforderung).

Als weiteres Sanierungsziel wird für die Flächen B und C die Minderung der Menge an unbelastetem Oberflächenwasser genannt, das den Ablagerungen hangseitig zufließt. Hierzu ist die Ertüchtigung und Neuanlage von Gräben vorgesehen.

Für die Fläche D ist kein Sanierungsziel genannt. Die Aufnahme in den Sanierungsplan wird damit begründet, dass im Bereich der Fläche D Gräben zu ertüchtigen bzw. neu anzulegen sind. Diese Begründung ist jedoch nicht nachvollziehbar, da auch außerhalb des Sanierungsplangebietes solche Maßnahmen vorgesehen sind, ohne dass diese Flächen in das Sanierungsplangebiet einbezogen sind. Es ist daher zu fragen, ob die Aufnahme der Fläche D in den Sanierungsplan angemessen bzw. erforderlich ist.

Um das Ziel der Altlastenfreiheit für Fläche A zu erreichen, sind neben der Dekontamination (Bodenaushub) auch die Fassung und Ableitung von belasteten Quell-, Schicht-, und Hangwässern aus dem Abstrom der Fläche B in die Fläche A vorgesehen. Die Fassung soll mit Hilfe von Quelfassungen und Horizontaldränagen erfolgen. Aus den weiteren Ausführungen geht hervor, dass das gefasste belastete Wasser ohne Aufbereitung über Vertikaldränagen in das Grundwasser eingeleitet werden soll.

Die Einleitung gefasster belasteter Wässer in das Grundwasser als Grundwassersanierungsmaßnahme ist sehr ungewöhnlich. Die nach BBodSchV im Rahmen der Sanierungsuntersuchung/Sanierungsplanung geforderte Wirkungsprognose zu dieser Maßnahme wurde nicht durchgeführt. Daher wurden durch den Unterzeichner Abschätzungen zu Schadstofffrachten im Zusammenhang mit der geplanten Maßnahme durchgeführt.

Die Grundlagen wurden [1] und [2] entnommen. Die Zusammenstellung der Daten erfolgte in Anl. 1.

In Tab. 1 der Anl. 1 sind für die Leitparameter Cadmium, Blei und Zink jeweils Mittelwert, Median und 90. Perzentil aus Wasseruntersuchungen zu Quellwässern und Hangwässern dargestellt. In dieser Zusammenstellung wird bereits sichtbar, dass die zur Einleitung vorgesehenen Quell- und Hangwässer (Mittelwerte) die Prüfwerte der BBodSchV für Cadmium um bis zum 32-fachen und für Zink bis zum 67-fachen überschreiten.

In Tab. 2 der Anl. 1 sind die verwendeten hydrogeologischen und hydrologischen Parameter zur Frachtabschätzung zusammengestellt. Die Ergebnisse zur Frachtabschätzung sind in Tab. 3 enthalten. Demnach ist davon auszugehen, dass bezogen auf die Mittelwerte pro Tag über 0,5 g Cadmium, über 0,1 g Blei und über 188 g Zink in das Grundwasser eingeleitet werden sollen.

Um diese Konzentrationen und Frachten vor dem Hintergrund der vorhandenen Grundwasserbelastung einordnen zu können, wurden zusätzlich die vorliegenden Daten aus Grundwasseruntersuchungen im Anstrom zu der Teilfläche A1 in die Tab. 1 bis 3 integriert. Die betrachtete Anstromebene zu der Teilfläche A1 ist in Anl. 2 dargestellt.

Hinsichtlich der Konzentrationen an Cadmium, Blei und Zink liegt die Belastung des einzuleitenden Wassers in einer ähnlichen Größenordnung wie die Belastung des Grundwassers. Bezogen auf die Fracht führt die geplante Einleitung zu einer Erhöhung im Grundwasser für Cadmium um ca. 12 %, für Blei um ca. 27 % und für Zink um ca. 10 %.

Im Rahmen der zusammenfassenden Gefährdungsabschätzung im Sanierungsplan erfolgten sowohl Abschätzungen zu den sickerwassergebundenen Einträgen aus Fläche A in das Grundwasser als auch Betrachtungen zur Belastung im Grundwasserabstrom der Fläche A.

Standardmäßig zu erwarten wären darüber hinaus Anstrom-/Abstrombetrachtungen zur Fläche A sowie Ergebnisse zu Milieuuntersuchungen und zur Mobilität der Schwermetalle (z.B. möglicherweise stattfindende natürliche Fällungsreaktionen im Auffüllungskörper oder im Grundwasserleiter).

Hinsichtlich der Mobilität wird nur ausgeführt, dass unterhalb des Auffüllungskörpers keine Bodenhorizonte anstehen, in denen eine Sorption oder ein Schadstoffabbau stattfinden könnte. Die Mobilität von Schwermetallen ist jedoch an erster Stelle pH-Wert-abhängig. So ist Cadmium unterhalb eines pH-Wertes von pH 6,5 und Zink unterhalb pH 5,5 sowie Blei unterhalb pH 4,0 zunehmend mobil. Oberhalb der genannten pH-Werte würden die Schwermetalle als Festphase weitgehend aus dem Wasser gefällt werden, unabhängig davon ob ein bindiger oder sandiger Bodenhorizont die Auffüllung unterlagert. Auch die Sorption von Schwermetallen ist pH-Wert gesteuert. Einige Schwermetalle, darunter Zink und Blei zeigen darüber hinaus einen amphoteren Charakter und gehen im alkalischen Bereich oberhalb etwa pH 9 zunehmend wieder in Lösung.

Entsprechende Untersuchungen zur Mobilität der Schwermetalle wurden in den gesichteten Unterlagen nicht gefunden. Lediglich in [2] wurden für einige wenige Grundwassermessstellen pH-Messungen gefunden. Diese enden jedoch 1992. Die Messwerte liegen zwischen pH 5,07 und 7,45 und zeigen, dass in den Wasserproben der verschiedenen Grundwassermessstellen unterschiedliche und überwiegend auch schwach saure pH-Werte gemessen wurden.

Um einen ersten Eindruck zu möglichen Veränderungen der Grundwasserbelastung im Bereich der Fläche A und der möglichen Wirkung der geplanten Sanierungsmaßnahmen zu erhalten, wurde eine einfache Anstrom- und Abstrom-Betrachtung durchgeführt (Tab. 1). Der betrachtete Korridor mit Anstrom- und Abstromebene ist in Anl. 2 dargestellt. Für die Abstromebene wurden die Berechnungen von Weiß [8] verwendet, die jedoch auf einen mittleren Durchlässigkeitsbeiwert von $5 \cdot 10^{-5}$ m/s und auf eine kürzere Durchflussebene (Länge der Ebene ca. 70 m) umgerechnet wurden. Für die Anstromebene wurden die Frachtberechnungen für das Grundwasser im Anstrom aus Tab. 3 in Anl. 1 verwendet. Nach dem Grundwassergleichenplan in [8] repräsentiert der verwendete Korridor in etwa den An- und Abstrombereich der Teilfläche A1.

Tab. 1: Anstrom-/Abstrom-Betrachtung am Beispiel der Teilfläche A1

	Frachten [g/d], gerundete Mittelwerte		
	Cadmium	Blei	Zink
Anstromebene	3,8	0,40	1.886
Abstromebene	3,5	0,70	1.487

Das Ergebnis dieser Anstrom-/Abstrom-Betrachtung ist, dass die Frachten an Cadmium und Zink im Bereich der Fläche A abnehmen und die Fracht an Blei deutlich zunimmt. Unter der Berücksichtigung, dass zu den Frachten in der Anstromebene noch die Frachteinträge aus den Quell- und Schicht-/Hangwässern sowie die Frachteinträge über das Sickerwasser aus Teilflächen A1, A2 und Bereichen von A4 aufzuaddieren sind, sind die Ergebnisse der Betrachtung für Cadmium und Zink als Hinweise auf relevante natürliche Schadstoffminderungsprozesse (z.B. Fällungsreaktionen) im Grundwasser und möglicherweise auch im Schichtwasser des Auffüllungsbereiches der Fläche A zu werten.

Fazit:

Die geplante Dekontaminationsmaßnahme durch Bodenaustausch wird sicher die Schadstoffeinträge in das Grundwasser mindern. In welchem Umfang dies geschieht, ist jedoch sehr unsicher, da keine Untersuchungen zum chemisch-physikalischen Milieu der Grund- und Schichtwässer, keine Untersuchungen zur Mobilität der Schwermetalle vorliegen. Für das Sanierungsziel, im Grundwasser Konzentrationen unterhalb der jeweiligen Prüfwerte zu erreichen, ist diese Maßnahme sicher nicht ausreichend. Die gemäß BBodSchV erforderliche Eignung der Sanierungsmaßnahme ist damit in dieser Hinsicht nicht gegeben. Hierfür sind die Schadstoffbelastungen im Oberstrom der Fläche A zu hoch. Damit ist auch nach Umsetzung des Sanierungsplanes weiterhin mit erheblichen Grundwasserbelastungen im Abstrom der Fläche zu rechnen und damit weiterhin mit dem Zufluss des belasteten Grundwassers in das angrenzende Wasserschutzgebiet.

(Ergänzende Anmerkung: Die Grenze des Wasserschutzgebietes verläuft an der Nordostseite der Neuhäuser Straße. Dieser wichtige Sachverhalt ist gemäß BBodSchV im Sanierungsplan im Rahmen der Standortverhältnisse, der Gefahrenlage und der Einwirkungsbereiche der Altlast darzustellen. Die reine textliche Erwähnung des Wasserschutzgebietes, ohne Darstellung des detaillierten Verlaufes der Grenze in Bezug auf das Plangebiet entspricht nicht dem Stand der Technik und genügt aus Sicht des Unterzeichners auch nicht den Anforderungen der BBodSchV.)

Die Kombination der Dekontaminationsmaßnahme mit der Fassung und Ableitung der Quell- und Schichtwässer aus Fläche B führt vermutlich zu dem Ergebnis, dass der Austauschboden nicht erneut durch die belasteten Schichtwässer kontaminiert wird und ist damit sicher sinnvoll. Die Einleitung dieser kontaminierten Wässer ohne Aufbereitung in das Grundwasser ist jedoch kontraproduktiv zu dem o.g. grundwasserbezogenen Sanierungsziel und aus Sicht des Unterzeichners nicht genehmigungsfähig.

Die geplante Umlagerungsfläche ist in Bezug auf Schadstoffbelastungen bisher nicht untersucht und umfasst Bereiche mit natürlichem Untergrund, der vermuten lässt, dass es sich nicht durchgehend um eine Betriebsablagerung handelt. Ca. 20 % der Fläche liegen außerhalb der in den bisherigen Untersuchungen und Sanierungsplänen dargestellten Teilflächen B und C. Ca. 70 % der geplanten Fläche liegen außerhalb bisher dokumentierter Ablagerungsflächen und damit vermutlich auf natürlichem Untergrund. Es ist daher zu fragen, ob die Umlagerungsfläche in Teilbereichen außerhalb der definierten Altlastenflächen liegt und nur geringe Schadstoffbelastungen aufweist. Vor diesem Hintergrund ist die Planung, während der Bauphase auf der Ablagerung ablaufendes Niederschlagswasser und durch Setzungen austretendes Porenwasser (650 m³ nach [1]) ohne Aufbereitung in den umgebenden Untergrund einzuleiten bzw. versickern zu lassen ([1], S. 50) in Frage zu stellen.

4 Standsicherheit der geplanten Umlagerung

Zur Standsicherheit der Böschung zwischen den Flächen B und C, auf die die ausgehobenen Materialien der Fläche A umgelagert werden sollen, liegen uns die geotechnischen Gutachten der Firma Hydrosond, Dr. Monninger, Kehl, aus dem Jahr 1988 [9], der Firma ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH, Karlsruhe, aus dem Jahr 2007 [6] sowie der Firma HPC AG, Rottenburg, aus den Jahren 2009 [4] und 2012 [5] vor. Weiterhin liegen ein Gutachten von Dr.-Ing. Fritz Weiß, Ingenieurbüro für Baustatik, konstruktiven Ingenieurbau, Bodenmechanik, Grundbau, Erdbau, Freiburg i. Br., aus dem Jahr 1991 [10] sowie eine Stellungnahme von Dr. Keck, Regierungspräsidium Freiburg, LGRB vom 23.09.2008 [11] zur Standsicherheit der Böschungen der Halde D vor, auf der bei früheren Planungen die Umlagerung der Materialien geplant war.

4.1 Datengrundlagen

4.1.1 Direkte Aufschlüsse

Direkte Aufschlüsse in Form von Rammkernsondierungen liegen aus den Untersuchungen von Hydrosond (1988) und ICP (2007) vor. Alle Sondierungen von ICP (2007) (ICP 1, ICP3, ICP4, ICP5) sowie die Sondierung BS 6 von Hydrosond (1988) wurden auf der Verebnung innerhalb der Fläche C durchgeführt, auf der der Hangfuß der geplanten Umlagerung vorgesehen ist. Zwei weitere Sondierungen von Hydrosond (1988) befinden sich am Hangfuß von Fläche C (BS 8) und nördlich der geplanten Umlagerung in Fläche B. Für die Standsicherheitsberechnungen von HPC (2009/2012) wurden keine zusätzlichen direkten Aufschlüsse erstellt.

4.1.2 Rammsondierungen

Im Gutachten von ICP (2007) wurde zu jeder Rammkernsondierung eine Rammsondierung durchgeführt. Es gibt allerdings keine Informationen zu Rammverfahren oder Rammgewichten bzw. Spitzenquerschnitten. Ohne diese Angaben ist eine Auswertung der Rammsondierungsergebnisse nur begrenzt möglich.

Bei den Geländeuntersuchungen von Hydrosond (1988) sind ebenfalls Rammsondierungen in Form von Mittelschweren Rammsondierungen nach DIN 4094 (MRS) durchgeführt worden. Eine Auswertung ist allerdings ebenfalls erschwert, da an jedem Untersuchungspunkt entweder eine Bohrsondierung oder eine Rammsondierung durchgeführt wurde, so dass es für die einzelnen Rammsondierungen keine Referenzbohrungen gibt.

Von HPC (2009/2012) sind keine weiteren Geländeuntersuchungen durchgeführt worden.

4.1.3 Vermessung der Böschung

Vermessungsarbeiten für die Profilerstellung innerhalb der für die Ablagerung vorgesehenen Böschungen sind von ICP (2007) dokumentiert. Von Hydrosond (1988) werden als Grundlage für ihre Berechnungen eingemessene Profilschnitte der Hänge des Ingenieurbüros Kern-Weissenborn (Unterlage 2.4) aus Freiburg genannt. In den Schnitten von HPC werden die Böschungsgeometrien von ICP (2007) übernommen.

4.1.4 Bodenmechanische Laborversuche

Für die Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte wurden von Hydrosond (1988) bodenmechanische Laborversuche im Rahmen einer Diplom-Arbeit im eigenen Büro sowie im Labor des Instituts für Angewandte Geologie der Universität Karlsruhe durchgeführt. Eine Dokumentation dieser Laborversuche oder ein Verweis auf die Diplom-Arbeit liegt nicht vor, so dass über Art und Umfang der Versuche keine Kenntnis besteht. Genannt werden lediglich Sieb- und Schlämmanalysen, ein Rahmenscherversuch und Bestimmungen von Zustandsgrenzen an Proben aus Schlammteich „D“.

Im Rahmen der Standsicherheitsuntersuchungen von ICP (2007) wurden Siebanalysen und kombinierte Sieb-/Schlämmanalysen durchgeführt. Weiterhin erfolgte eine Bestimmung der Wassergehalte und Konsistenzgrenzen. Die Laborversuche wurden ausschließlich an Proben aus den Sanden und Schlämmen der Schlammteichablagerungen in Fläche C durchgeführt und sind gut dokumentiert.

Von HPC wurden keine eigenen bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt. In dem Bericht von 2012 werden im Rahmen eines Standsicherheitsnachweises für ein Oberflächenabdichtungssystem die Ergebnisse eines Rahmenscherversuchs der Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar vorgelegt.

4.1.5 Ermittlung der Bodenkennwerte

Die Ermittlung der Bodenkennwerte erfolgt in dem Bericht von Hydrosond (1988) nach DIN 18196 und DIN 1055 sowie nach eigenen Laborversuchen. Tatsächlich scheinen nur die Kennwerte der sandigen Schlammteichfüllungen (Kapitel 6, Schicht 6.1) aus eigenen Laborversuchen zu resultieren. Für die anderen Bodenarten werden eher konservative (vorsichtige) Bodenkennwerte, wie sie u.a. auch in DIN 1055, Teil 2 angegeben werden, angesetzt.

In dem Gutachten von ICP (2007) werden für die Teichablagerungen der Fläche C zahlreiche Laboruntersuchungen durchgeführt und Berechnungsverfahren für Bodenkennwerte angegeben. Aus den Kornverteilungskurven werden über verschiedene Rechenverfahren Durchlässigkeiten und Reibungswinkel der einzelnen Bodenarten bestimmt.

Grundlage der in den späteren Berechnungen verwendeten Bodenkennwerte bildet bei ICP (2007) eine Rückrechnung mit dem Böschungsbruchprogramm unter Ansatz der vorhandenen Böschungsgeometrien. Es wird eine Standsicherheit von $\eta = 1,0$ (Grenzgleichgewicht ohne Restsicherheiten, Teilsicherheitsbeiwerte = 1) angesetzt, bei der sich eine mögliche Parameterkonstellation für eine gerade noch standsichere Böschung ergibt. Diese Rückrechnung bezieht sich allerdings nur auf die untere Böschungssituation der Fläche C mit den Teichablagerungen C und der Haldenablagerung C. Für die Böschung oberhalb der Teichablagerung (natürlicher Untergrund und Haldenablagerung B mit Blöcken und Steinen) wurde nicht der Originalzustand rückgerechnet, sondern bereits die neu geplante zusätzliche Umlagerung von Fläche A angesetzt.

Von HPC (2009) werden für die Böschungsbruchberechnungen neben den Böschungsgeometrien überwiegend auch die Bodenkennwerte von ICP (2007) übernommen. Einzige Ausnahme bilden die Teichablagerungen der Fläche C, für die deutlich günstigere Scherparameter angesetzt werden. Als Grundlage für die Änderung der Bodenkennwerte gegenüber den Ansätzen von ICP (2007) wird ein Schreiben von Dr. Keck, Regierungspräsidium Freiburg, LGRB genannt, das sich wiederum auf die Standsicherheitsberechnungen von Dr.-Ing. Fritz Weiß (1991) zu möglichen Umlagerungen auf die Fläche D bezieht. In dem Bericht von HPC (2012) werden erneut geringe Änderungen der Bodenkennwerte für die Ablagerungen der Fläche C festgestellt.

Fazit:

Generell ist festzustellen, dass im Laufe der Zeit bei den verschiedenen Standsicherheitsbetrachtungen auch ohne neue Datengrundlagen immer höhere bzw. günstigere Bodenkennwerte verwendet werden. Insgesamt erscheint die Anzahl der direkten Aufschlüsse in den Hangbereichen sehr gering. Oberhalb des ehemaligen Schlammteiches fehlen sie komplett.

Weiterhin sollten die den Berechnungen zugrundeliegenden Bodenkennwerte durch mehr Laboruntersuchungen verifiziert werden. Bei Fehlen entsprechender Untersuchungen ist es geboten, vorsichtige bzw. konservative Kennwertansätze zu wählen. Günstigere Scherparameter sollten dagegen nur bei eindeutig günstigen Laborergebnissen von z.B. Triaxialversuchen oder einachsialen Druckversuchen verwendet werden. Dabei muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass ein Versagen der Böschung im Bereich von Schwächezonen auftritt, so dass auch labortechnisch ermittelte hohe Scherparameter abgemindert werden sollten.

4.2 Standsicherheitsberechnungen

4.2.1 Berechnungsverfahren/Lastfälle

Im Bericht von Hydrosond (1988) wurden Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084: 1981 mit dem Lamellenverfahren nach FELLENIUS durchgeführt. Hierbei handelt es sich ebenso wie die Verfahren nach KREY oder BISHOP um Standsicherheitsberechnungen im Lamellenverfahren nach dem alten Globalsicherheitskonzept. Alle Berechnungen erfolgten für den Endzustand ($\eta \geq 1,4$).

Die Standsicherheitsberechnungen von ICP (2007) wurden nach der E DIN 4084:2002-11 ebenfalls im Lamellenverfahren durchgeführt. Die Berechnungen erfolgten im Lamellenverfahren und mit Polygongleitfuge nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1054: 2005. Es wurden die folgenden Lastfälle berücksichtigt:

- Rückrechnung der Bodenkennwerte (alle Teilsicherheiten bei 1,0),
- verschiedene Ansätze für den Bauzustand mit Teilsicherheiten für den Lastfall 2,
- verschiedene Ansätze für den Endzustand mit Teilsicherheiten für den Lastfall 1.

In HPC (2009) wird für die Fläche B/C die Rückrechnung zur Ermittlung der Bodenkennwerte nachgerechnet. Die Berechnungen erfolgen auf Grundlage der DIN 4084 (neu) und ebenfalls mit dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte. Angesetzt wird allerdings der Lastfall 1 (Endzustand) mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten.

In HPC (2012) wurden zusätzliche Böschungsbruchberechnungen nach der neuen DIN 4084 und dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1054 für den Lastfall 1 Endzustand unter Berücksichtigung der geplanten Umlagerung des Materials von Fläche A durchgeführt. Zusätzlich wurde noch der Lastfall 2b: Endzustand und Erdbeben geprüft und ein Gleitsicherheitsnachweis für den Endzustand durchgeführt.

4.2.2 Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen

Die Standsicherheitsberechnungen von Hydrosond (1988) ergeben für den Ist-Zustand der Böschungsbereiche zwischen den Teichen C und D keine ausreichenden Sicherheiten für den Endzustand. Die Ergebnisse (Profil 8) werden als knapp nicht standsicher bezeichnet ($\eta = 1,34 - 1,39$).

In den Standsicherheitsuntersuchungen von ICP (2007) wurden für den Endzustand mit der geplanten Umlagerung angenommen, dass die Last der aufgebrachten Massen einen Porenwasserüberdruck in den Teichablagerungen verursacht, so dass die Reibung aufgehoben wird und nur eine undrained Kohäsion angenommen werden kann. In diesem Fall wird ein Versagen des unteren Böschungsabschnittes prognostiziert.

Die weiteren Berechnungen erfolgen für ein durch Horizontal- und Vertikaldränagen entwässertes Gesamtsystem für konditioniertes Umlagerungsmaterial. Hierfür wurden sowohl im Endzustand als auch für Bauzustände ausreichende Sicherheiten ermittelt. Der Fall, dass nicht ausreichend konditioniertes Umlagerungsmaterial aufgetragen wird (Reibungswinkel $< 25^\circ$, keine Kohäsion), wurde als nicht ausreichend standsicher berechnet.

Von HPC wurde der Ist-Zustand in dem Bericht von 2009 als standsicher für den Endzustand berechnet. Dafür wurden allerdings die zuvor ermittelten Scherparameter für die Teichablagerungen gegenüber den Vorgutachtern verbessert. Die Standsicherheit der Böschung mit der geplanten Umlagerung wurde für den Endzustand sowie für den Endzustand + Erdbeben in dem Bericht von 2012 nachgewiesen.

Die Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen von HPC (2009, 2012) sind aufgrund der verbesserten Bodenkennwerte für die Teichablagerungen der Fläche C angreifbar.

Fazit:

Die Gesamtstabilität der betrachteten Böschung der Flächen B und C wird im besonderen Maße durch die Teichablagerungen der Fläche C bestimmt. In diesem Bereich wird der Hangfuß der neuen Umlagerungen liegen und eine erhebliche zusätzliche Belastung der vorhandenen Bodenschichten bewirken. Aufgrund der Bodenansprache und Wassergehalte der Schluffe innerhalb der Teichablagerungen der Fläche D und der zugehörigen Laborversuche zur Ermittlung der Konsistenzgrenzen halten wir einen vorsichtigen oder konservativen Ansatz für die Scherparameter Reibungswinkel und Kohäsion für gerechtfertigt. Höhere Kennwerte können maximal für einen z.B. durch Dränagen / Konsolidation verbesserten Boden angesetzt werden.

Aufgrund der Größe des geplanten Umlagerungskörpers und der bestehenden steilen Hänge wird eine weitere Datenermittlung empfohlen: Durchführung von zusätzlichen Bohrungen im Bereich der oberen Böschung, Bohrungen zur Gewinnung ungestörter Bodenproben im Teich der Fläche C, Durchführung von Triaxialversuchen zur Bestimmung der Scherparameter.

5 Betriebssicherheit der geplanten Entwässerungsgräben im Bereich der geplanten Umlagerungsfläche

Der Sanierungsplan sieht vor, die Umlagerungsfläche mit einem Entwässerungsgraben zur Ableitung der Oberflächenabflüsse zu umgeben. In Anl. 3 ist die Umlagerungsfläche mit dem Relief der heutigen Geländeoberkante dargestellt. Der Isolinienabstand beträgt 1 m. Es ergibt sich ein Gefälle von bis zu über 45 % im Verlauf der geplanten Gräben. Für den Ausbau der Grabensohle ist gemäß Anl. 4.6 in [1] ein Raubettgerinne mit senkrecht gestellten Bruchsteinen vorgesehen. Da die Gräben dauerhaft abgedichtet sein müssen, ist in der Sohle eine ca. 20 cm mächtige bindige Schicht vorgesehen. Es sind keine weiteren Ausführungen vorhanden, wie die senkrecht gestellten Bruchsteine geklammert werden sollen, um die Funktion dauerhaft zu erfüllen. Ohne höherwertigeres Sohlbauwerk ist die Stand- und Betriebssicherheit dieser Gräben nicht ausreichend gewährleistet. Aufgrund des sehr starken Gefälles mit entsprechenden Turbulenzen und Erosionskräften ist ein Sohlaufbau z.B. in Anlehnung an den Aufbau von Sohlgleiten erforderlich. Hierbei sind die senkrechten Bruchsteine in ein stabiles Kiesbett einzubinden. Für die Abdichtung zum Untergrund ist ein mehrere Dezimeter mächtige bindige Schicht ggf. in Kombination mit einer Abdichtungsfolie oder einer Kunststoffdichtungsbahn vorzusehen.

Hinsichtlich der Dimensionierung wurde zunächst ein Bemessungsniederschlag von 15 min Dauer und einer Wiederkehrzeit von 50 Jahren angesetzt. Dieser Ansatz wurde dann gemäß [17] für Planungszwecke um einen Toleranzbetrag von 20 % gemindert. Diese Minderung ist nicht zulässig und würde zu einem Bemessungsniederschlag mit einer Wiederkehrzeit von ca. 20 Jahren führen. Gemäß [17] ist bei einer Wiederkehrzeit von 50 Jahren für Planungszwecke lediglich ein Toleranzabzug von 15 % zulässig. Unabhängig von der Zulässigkeit von Toleranzabzügen sollte aus Sicht des Verfassers aufgrund der hohen Empfindlichkeit des geplanten Standortes gegenüber Standsicherheitsrisiken auf einen Toleranzabzug verzichtet werden.

6 Betriebssicherheit der geplanten Horizontal- und Vertikaldränagen

Das Hang- und Schichtwasser aus Fläche B soll vor Übertritt in Fläche A mit Hilfe von Horizontaldränagen gefasst und mit Hilfe von Vertikaldränagen in das Grundwasser eingeleitet werden. Bei Eintritt in die Dränagen kommt das Wasser mit Sauerstoff in Kontakt. In Abhängigkeit des chemisch-physikalischen Milieus im Hangwasser kann dieser Vorgang Fällungsreaktionen auslösen, die die Dränagen zusetzen und damit die Funktion beeinträchtigen.

Wie in Kap. 3.2 ausgeführt, liegen keine ausreichenden Untersuchungen zu den Milieubedingungen in den Wässern vor. In Abb. 1 ist die Quelle Q4 abgebildet. Der Auslauf der Quelle ist durch intensive Eisenausfällungen (Eisenoxyhydroxide) gekennzeichnet.



Abb. 1: Quellaustritt der Quelle Q4

(Bild links: R. Dési, Bild rechts: F.-J. Römmeler)

Bei Fassung solcher Wässer über Dränagen ist ohne weitere Maßnahmen die Betriebssicherheit der Fassungsanlagen nicht gewährleistet. Hierzu sind im Sanierungsplan jedoch keine Angaben enthalten. Die Kenntnis der Milieubedingungen ist darüber hinaus auch für die Konzeptionierung und Dimensionierung der erforderlichen Wasseraufbereitungsanlagen erforderlich.

7 Konditionierung der Schlämme sowie Oberflächenabdichtung der Umlagerung

7.1 Schlammkonditionierung

Der Sanierungsplan sieht die Konditionierung der umzulagernden Schlämme vor. Eine konkrete Vorgabe zu den einzusetzenden Bindemitteln und Zuschlagsstoffen und zu den Konditionierungsverfahren ist nicht enthalten. Es sind nur vage Angaben enthalten, wie vorgegangen werden könnte. Für die Homogenisierung wird ein Schaufelseperator genannt. Dieses Verfahren ist sehr staubintensiv. Einer nicht akzeptablen Staubentwicklung soll mit einem nicht näher benannten staubreduzierten Spezialbindemittel entgegengewirkt werden. Die Menge des einzusetzenden Bindemittels soll 10 % der Trockenmasse nicht überschreiten. Je nach Bindemittel führt dies erst nach mehreren Tagen zu einbaufähigem Material. Das Material soll im Moment des Einbaus eine mindestens steife Konsistenz besitzen ([1], S. 73). Ist eine Nachkonditionierung erforderlich, soll dies auf der Bereitstellungsfläche erfolgen.

Untersuchungen zur Ermittlung geeigneter Bindemittel sollen erst im Rahmen der Ausführungsplanung erfolgen. Hinsichtlich der Eignung der Bindemittel werden nur geotechnische Parameter genannt. Untersuchungen oder Vorgaben zur Schadstoffbindung werden nicht genannt. Die dann zum Einsatz kommenden Bindemittel sollen „von dem beauftragten Bauunternehmen mitgeteilt sowie deren Eignung nachgewiesen werden“. ([1], S. 74). Die Benennung der Bindemittel und damit auch das einzusetzende Bauverfahren wird somit erst zu Beginn der Bauphase bekanntgegeben und ist erst dann durch die zuständigen Behörden überprüfbar. Nicht ausreichende Eignungsnachweise würden zu diesem Zeitpunkt zu erheblichen Kosten und Risiken für die geplante Maßnahme führen.

Aus unserer Stellungnahme [15] aus 2009 sind auch weiterhin erhebliche Fragen offen:

1. Es fehlen weiterhin Betrachtungen und Abwägungen zu den Zielen und damit verbunden zu verschiedenen Systemen: Werden mit hydraulischen Bindemitteln gebundene Systeme mit hoher Druckfestigkeit aber geringer Plastizität gewünscht oder ungebundene, plastischere Materialien, die den zu erwartenden Setzungen besser folgen können, ggf. mit erheblichem Zuschlagsbedarf ?
2. Es fehlen konzeptionelle Vorgaben zur Einbindung der Schadstoffe. Ist lediglich eine Verfestigung geplant oder soll in Anlehnung an die Abfallverzeichnisverordnung eine teilweise oder vollständige Stabilisierung erfolgen? Im Sanierungsplan wird überwiegend von Konditionierung oder konditioniertem Material gesprochen. Es wird aber auch der Begriff stabilisiertes Material verwendet. In der AVV finden sich für den Schlüssel „19 03 stabilisierte und verfestigte Abfälle“ die Fußnoten 4 und 5:

(4) Stabilisierungsprozesse ändern die Gefährlichkeit der Bestandteile des Abfalls und wandeln somit gefährlichen Abfall in nicht gefährlichen Abfall um. Verfestigungsprozesse ändern die physikalische Beschaffenheit des Abfalls (z. B. flüssig in fest) durch die Verwendung von Zusatzstoffen, ohne die chemischen Eigenschaften zu berühren.

(5) Ein Abfall gilt als teilweise stabilisiert, wenn nach erfolgtem Stabilisierungsprozess kurz-, mittel- oder langfristig gefährliche Inhaltsstoffe, die nicht vollständig in nichtgefährliche Inhaltsstoffe umgewandelt wurden, in die Umwelt abgegeben werden könnten.

3. Es fehlen weiterhin Konzepte, Vorgaben und Ergebnisse zu Eignungsuntersuchungen bezüglich der langzeitigen Wirkung der chemischen Einbindung der Schadstoffe.
4. Es fehlen Aussagen und Versuche zur Dauerbeständigkeit der Stabilisate oder konditionierten Schlämme.
5. Es fehlen bauchemische Untersuchungen des Schlammes zur Beurteilung seiner Langzeitverträglichkeit mit den Bindemitteln. Insbesondere interessiert der Sulfidgehalt aus den sulfidischen Erzen, da dieser bei Oxidation zur Bildung von Sulfat und ggf. zu Schwefelsäure führt. Es fehlen Untersuchungen darüber, in wie weit das Pufferungsvermögen der Schlämme die Sulfate neutralisieren kann.
6. Als Vorgaben für die physikalische Materialeignung nennt der Sanierungsplan lediglich die undränierete Scherfestigkeit c_u von 25 kN/m² als mögliches Ziel. Die Zielwerte sollten aber verbindlich mit vorgegeben werden.

7.2 Oberflächenabdichtung

Als Oberflächenabdichtung über den umgelagerten, konditionierten Schlämmen ist laut aktuellem Sanierungsplan folgender Aufbau geplant (von unten nach oben):

- Stabilisat
- Ausgleichsschicht (ohne Angabe einer Mindest-Mächtigkeit)
- Bentonitmatte
- Entwässerungsschicht, zuunterst Sand, darüber mineralische Entwässerungsschicht, alternativ Dränmatte, 0,1 m
- 2,0 m Rekultivierungsschicht

Obwohl die Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht mit 2 m gegenüber der vorangegangenen Planung (0,7 m) einen erheblichen Zugewinn an Sicherheit gegen eine Austrocknung der Bentonitmatte bedeutet, bestehen gegen dieses Abdichtungssystem nach wie vor Bedenken, dass die Langzeitstabilität nicht gegeben ist.

Die Bentonitmatte liegt bei dieser Konfiguration auf der Ausgleichsschicht über dem voraussichtlich kalziumhaltigen Stabilisat auf. Eine Mindestmächtigkeit der Ausgleichsschicht ist nicht angegeben. Die Bentonitmatten enthalten stark quellfähiges Natriumbentonit. Beim Zutritt kalziumhaltiger Lösungen kommt es zum Ionenaustausch und unter Abgabe des Natriums bildet sich Kalziumbentonit. Kalziumbentonit ist jedoch wesentlich geringer quellfähig als Natriumbentonit. Es kommt daher zum Schrumpfen mit Rissbildung und somit dem Versagen der Dichtwirkung.

8 Nachsorge

Der Sanierungsplan sieht ein Grundwassermonitoring über 3 Jahre vor. Nach den vorliegenden Daten und angenommenen hydraulischen Kennwerten sind bei einer durchflusswirksamen Porosität im Grundwasserleiter von ca. 0,2 Fließgeschwindigkeiten zwischen ca. 50 m/a und 500 m/a zu erwarten. Bei Annahme der langsameren Fließgeschwindigkeit legt das Grundwasser innerhalb der 3 Jahre eine Strecke von 150 m zurück. Dies entspricht grob der Nord-Süd-Erstreckung der Fläche A. Da der Stofftransport Retardations- und Fällungsprozessen unterliegen wird, ist die Transportsstrecke für die 3 Jahre erheblich kürzer. Schwankende Messwerte werden zusätzlich zu Unsicherheiten bei der Interpretation der Monitoring-ergebnisse führen. Daher ist ein Zeitraum von 10 bis 20 Jahren für ein Grundwassermonitoring zu fordern. Hierbei können die Probenahmen im Laufe der Zeit auch auf 2 Jahre gestreckt werden. Das Messstellennetz ist durch weitere Grundwasser- und Schichtwassermessstellen z.B. im An- und Abstrom der Umlagerungsfläche sowie im An- und Abstrom der Fläche A zu ergänzen. Darüber hinaus werden auch Grundwassermessstellen entlang der Brugga empfohlen, um die Grundwasserbelastung vor Eintritt in das Oberflächengewässer messen zu können.

Für die Langzeitkontrolle der Umlagerungsfläche sind 10 Jahre vorgesehen. Sollten in dieser Zeit keine Höhendifferenzen auftreten, gilt die Standsicherheit nach Ansicht der Planung als nachgewiesen. Aus Sicht des Unterzeichners gilt die Standsicherheit zum einen als größtes Risiko der geplanten Maßnahme und zum anderen muss die Standsicherheit dauerhaft gesichert sein. Daher ist auch eine dauerhafte Überwachung der Standsicherheit und der darauf einwirkenden Anlagen wie Oberflächenabdichtung, Gräben usw. erforderlich. Darüber hinaus ist dauerhaft sicherzustellen, dass die Umlagerung nicht von Bäumen und anderen tief wurzelnden Pflanzen bewachsen wird.

Hamburg, 28. September 2012



(Dipl.-Geol. R. Dési)

Anerkannter Sachverständiger nach § 18 BBodSchG der
Handelskammer Hamburg für Gefährdungsabschätzung
für den Wirkungspfad Boden - Gewässer
(Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiet 2) und
für Sanierung (Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiet 5)