

# Sondermülldeponie Kölliken

Autor(en): **Carle, Claudio / Corts, Katinka / Rota, Aldo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **133 (2007)**

Heft 9: **Belastendes Erbe**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-108084>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# SONDERMÜLLDEPONIE KÖLLIKEN



01

Mehr als 20 Jahre nach ihrer Schliessung soll im November dieses Jahres der Rückbau der Sondermülldeponie Kölliken, der grössten Altlast der Schweiz, beginnen. Bis Ende 2012 werden rund 550 000 Tonnen Abfälle sowie verunreinigter Untergrund abgetragen und entsorgt. Der Aufwand, um dabei jegliche Emissionen in die Umwelt zu vermeiden, ist enorm.

Als die Sondermülldeponie im aargauischen Kölliken (SMDK) 1978 eröffnet wurde, galt sie als eine Pionierleistung für den Umweltschutz. Denn mit der Möglichkeit für eine geordnete Ablagerung umweltschädlicher und giftiger Abfälle aus Industrie und Gewerbe sollte die wilde und illegale Entsorgung eingedämmt werden. Doch schon 1985 – die Deponie war gerade erst zu zwei Dritteln gefüllt – verfügte der Gemeinderat Kölliken nach anhaltenden Protesten der Anwohner wegen Geruchs- und Staubbelastungen die Schliessung der Deponie. Erst danach stellte sich heraus, dass ausserdem schadstoffbelastetes Sickerwasser aus der Deponie permanent in den Untergrund vordringt und damit den nur 30m im Abstrom der Deponie liegenden Grundwasserleiter, die so genannte Kölliker Rinne, gefährdet (Bild 3). Das einstige Vorzeigeprojekt entpuppte sich als grösste Altlast der Schweiz, wurde zum Medienskandal und zum Politikum.

## FEHLENDE ERFAHRUNGEN MIT DEPONIEEN

250 000m<sup>3</sup> Sonderabfälle aus der Schweiz, Deutschland und Italien waren in der ehemaligen Tongrube ohne jegliche Basisabdichtung direkt auf dem Molassegestein abgelagert worden. Als einzige Schutzmassnahme gegenüber dem Untergrund wurde ein rudimentäres Drainagesystem in die Deponiesohle eingebaut (Bild 1). Es gab auch kein Gasfassungssystem, sodass die beim biologischen Abbau der Abfälle entstehenden Gase ungehindert entweichen konnten. Dies entsprach dem damaligen Stand der Technik, als man noch kaum Erfahrungen mit dem Bau von Deponien hatte. In der Deponie wurden die verschiedensten Sonderabfälle durcheinander abgelagert, beispielsweise schwermetallhaltige Galvanikschlämme, Salzschlacke aus dem Aluminium-Recycling, ölverschmutztes Aushubmaterial und Produktionsrückstände der chemischen Industrie. Die problematischsten Abfälle in Kölliken sind leichtlösliche Salze und chlorierte Kohlenwasserstoffe, die über Sickerwasser bzw. Ausgasung in die Umwelt gelangen.

In den letzten Jahren setzte das Konsortium Sondermülldeponie Kölliken, an dem die Kantone Aargau und Zürich mit je 41 2/3% sowie die Stadt Zürich und die Basler Chemiegruppe mit je 8 1/3% beteiligt sind, alles daran, vom Buhmann wieder zum Musterknaben zu werden. In den kommenden Jahren wird die Deponie rückgebaut, sodass in knapp zehn Jahren ein völlig unbelastetes Areal für eine neue Nutzung zur Verfügung stehen wird.

## NACHTRÄGLICHE SICHERUNGSMASSNAHMEN

Diskutiert hatte man den Rückbau der Deponie zwar schon seit Jahren, lange galt er jedoch als technisch und finanziell nicht machbar. Stattdessen arbeitete man in den Jahren nach der Schliessung der Deponie an nachträglichen Sicherungsmassnahmen. Im Vordergrund stand dabei einerseits die Fassung der Deponiegase, unter deren Gestank die Anwohner litten. Dafür wur-

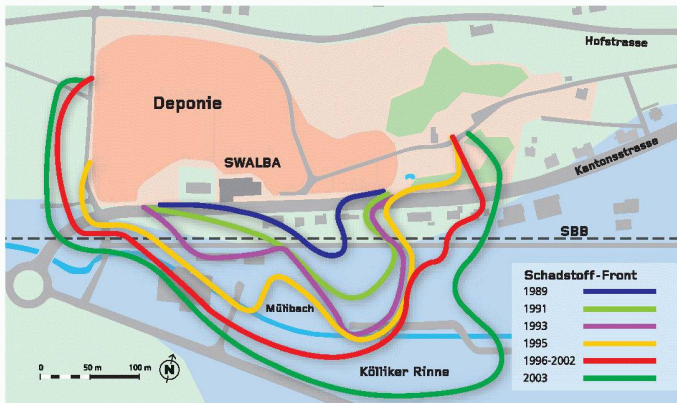
### VERANSTALTUNG

Die Sanierung der Sondermülldeponie Kölliken ist auch Thema des BWL-Tages, den die Berufsgruppe Boden Wasser Luft (BWL) des SIA alle zwei Jahre durchführt. Er findet am 16. November 2007 in Suhr und Kölliken statt. Vorgesehen sind Fachvorträge und die anschliessende Besichtigung der Deponie. Organisiert wird die Veranstaltung durch den Schweizerischen Geologenverband (CHGEOL), der seit 2004 Mitglied des SIA und der Berufsgruppe BWL ist. Im September wird der Anlass für alle SIA-Mitglieder ausgeschrieben.

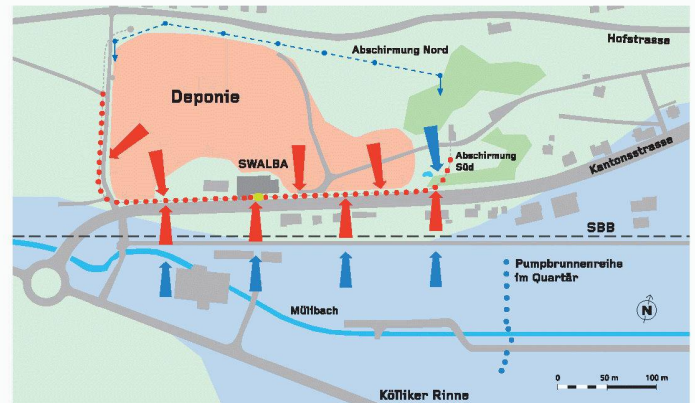
01 Die Sonderabfälle lagern in einer ehemaligen Tongrube, in die nur eine Basisdrainage eingebaut wurde, jedoch keine Basisabdichtung (Bild: SMDK)



02



03



04

**02** Im unterirdischen Werkstollen wird das gefasste Sickerwasser zur Kläranlage geleitet (Bild: Christian Schwager)

**03** Die Verschmutzungsfahne aus der Deponie bewegte sich bis zur Inbetriebnahme der hydraulischen Abschirmung Süd Ende 2003 in Richtung Grundwasserleiter

**04** Nach der Schliessung der Deponie wurden verschiedene Drainagesysteme eingebaut, die das in die Deponie eindringende Niederschlagswasser reduzieren bzw. verunreinigtes Sickerwasser in die Kläranlage (SWALBA) ableiten (Grafiken: Faessler Infocom AG)

den über den gesamten Deponiekörper verteilt Rammsonden installiert. Die gesammelten Gase werden seitdem in zwei Hochtemperaturöfen bei 900 °C verbrannt.

Der zweite Schwerpunkt bei der Sicherung der Deponie lag auf hydraulischen Massnahmen, um das verschmutzte Sickerwasser in den Griff zu bekommen (Bild 4). So wurde die Deponieoberfläche abgedeckt, um das Eindringen von Niederschlagswasser zu unterbinden. Ausserdem wurde eine Hang-Drainage auf der Nordseite oberhalb der Deponie gebaut (Abschirmung Nord), mit der aus den oberen Bodenschichten in die Deponie fliessendes Wasser in den Vorfluter abgeleitet werden kann. Eine weitere hydraulische Abschirmung im Abstrom der Deponie (Abschirmung Süd) fasst einen grossen Teil des trotzdem noch anfallenden Sickerwassers. Sie besteht aus 130 vertikalen Drainagebohrungen im Abstand von 4 m, welche die Deponie auf der Südseite u-förmig umfassen. Im Fussbereich der Brunnenreihe verläuft ein rund 600 m langer, begehbare Werkstollen (Bild 2), in dem das gefasste Wasser über ein Rohrsystem zur Deponie-eigenen Kläranlage geleitet wird.

Wie wirksam diese Massnahmen sind, wird mit mehr als 200 Piezometern (Beobachtungsrohren) im Umfeld der Deponie überprüft. In den Piezometern werden gewisse Leitparameter für die Wasserqualität permanent überwacht. Ausserdem werden regelmässig Proben für umfassende Analysen im Labor entnommen. Gemäss den Messergebnissen scheinen momentan keine Schadstoffe mehr aus der Deponie auszutreten. Im Gegenteil sind die Verschmutzungswerte im Umfeld

Fortsetzung auf Seite 20



05 Die 6 m langen und 2.5 m hohen Fachwerkelemente vor dem Zusammenbau (Bild: Christian Schwager)

## INFRASTRUKTURBAUTEN

**(co)** Für den Rückbau der SMDK werden eine Abbau- (33 000 m<sup>2</sup>), eine Manipulations- (8000 m<sup>2</sup>) und eine Lagerhalle (5000 m<sup>2</sup>) erstellt. Die Arbeiten haben im März 2006 mit der Errichtung der Bohrpfehlwand begonnen. Sie besteht aus über 200 Bohrpfehlen, die während der Abbauarbeiten die Standsicherheit der Deponiehänge gewährleisten wird. Sie dient auch als Fundation der Hallenkonstruktionen. Ursprünglich sollte die Abbauhalle in sieben Abschnitten gebaut und mit dem fortschreitenden Abbau versetzt werden. Die zu bauende Unternehmervariante weicht von diesem Konzept ab und schlägt eine Halle über die gesamte Baustelle vor. Die Aussenwände der Hallen bestehen aus Stahlbeton sowie schall- und wärme gedämmten Kassetten-Elementen aus Stahlblech. Das Dachtragwerk lagert auf den aussen liegenden Betonstützen, die bis zu 120 cm stark sind. Es besteht aus einzelnen Zweigelenkbögen aus Stahl, die durch Windverbände miteinander verbunden sind. Die F60-beschichteten Teilstücke der Stahlträger sind gerade, im Querschnitt dreieckförmige Fachwerkelemente, die zusammengeschweisst die Abbauhalle bis zu 170 m überspannen. Die einzelnen Träger sind 6 m lang und 2.5 m hoch (Bild 5) und werden auf der Baustelle miteinander zu einer Bogenhälfte verbunden (Bild 6). Ein 85 m hoher Raupenkran hebt das zusammengefügte Trägerelement inklusive Zugbandhälfte auf die Aussenmauer der Halle und das mittig stehende Hilfsgerüst (Bild 7). Nach der Montage der zweiten Bogenhälfte wird sie mit Bogen und Zugband der ersten Hälfte verbunden. Sobald die Windverbände zu den benachbarten Trägern geschlossen sind, werden das Hilfsgerüst verschoben und der nächste Zweigelenkbogen montiert. Die Montage eines Bogens dauert etwa zwei Tage. Am Dachtragwerk werden die Hallendecken aufgehängt, die als Sandwichkonstruktion aus innen liegender Dichtungsfolie, Isolationsfolie, Stahlblech und Dachfolie bestehen. Um zu gewährleisten, dass die Hallen luftdicht sind, werden die Dichtungsfolie mit der Wandfolie verschweisst und die 60 cm starke Betonbodenplatte dicht an die Wände angeschlossen. Die Hallen sind in einzelne Brandabschnitte unterteilt, ferngesteuerte Löschkanonen sowie -fahrzeuge stehen bereit. Die Lager- und die Manipulationshalle sind zusätzlich mit Sprinkleranlagen ausgestattet. Ende September 2007 sollen alle drei Hallen fertig gestellt sein. Nach dem Deponierückbau werden die Hallen voraussichtlich wieder abgerissen.



06



07

06 Die Fachwerkelemente werden auf der Baustelle zu Bogenhälften montiert (Bilder: Christian Schwager)

07 Die Bogenhälften werden von einem Kran auf die Aussenmauer der Halle und ein Hilfsgerüst gehoben und miteinander verbunden



08

### AM BAU BETEILIGTE

- Zufahrt Ost (Los Z):  
Zschokke Bau AG, Aarau
- Strassenumlegung (Los S):  
ARGE smdk Los S: Züblin-Strabag AG, Zürich, Anliker AG, Emmenbrücke, Astrada AG, Subingen, und Vogt Strassenbau AG, Olten
- Infrastruktur und Rückbau (Los I):  
ARGE SMDK Infra: Marti AG, Zürich, ARGE Züblin, Stuttgart, bestehend aus Züblin Spezialtiefbau GmbH, Stuttgart, Züblin Stahlbau GmbH, Hosena, Züblin Umwelttechnik GmbH, Stuttgart
- Rückbau, Transporte und Entsorgung (Los E):  
ARGE Phoenix: Walo Bertschinger AG, Zürich, Eberhard Bau AG, Kloten, Eberhard Recycling AG, Kloten, Ecosoil Süd GmbH, Ulm (D), Entsorgungszentrum Richi Weiningen AG, Weiningen
- Probenahme und Analytik (Los P+A):  
Wird im März 2007 ausgeschrieben

der Deponie seit Inbetriebnahme der Abschirmung Süd deutlich zurückgegangen. Für den Fall, dass trotzdem der Durchbruch von verschmutztem Sickerwasser bis in den Grundwasserleiter der Kölliker Rinne festgestellt werden sollte, wurde eine Interventionsmöglichkeit geschaffen: In der Kölliker Rinne wurden quer zur Strömungsrichtung 14 Pumpbrunnen als hydraulische Barriere eingebaut. Damit könnte verunreinigtes Grundwasser komplett abgepumpt werden, sodass keine Gefahr für das 4 km stromabwärts gewonnene Trinkwasser besteht.

### PLANUNG DER GESAMTSANIERUNG

So gesichert hätte man die Deponie im Grunde die nächsten Jahrzehnte oder Jahrhunderte weiterbestehen lassen können. Allerdings hätte man damit auch das nach wie vor bestehende Risiko für Schadstoffaustritte in die Umwelt an künftige Generationen vererbt sowie die Verpflichtung, die technisch und finanziell aufwändigen Sicherungsmassnahmen permanent weiter zu betreiben. Dies lässt die seit 1998 gültige Altlastenverordnung des Bundes jedoch nicht mehr zu. Das Konsortium der SMDK suchte daher 1999 mit einem international ausgeschriebenen Ideenwettbewerb nach Möglichkeiten für eine komplette Sanierung der Deponie. Die besten Ideen aus vier ausgewählten Studien führte die österreichische Ingenieurgesellschaft ASA Inerta / GUT bis Ende 2001 in einem Vorprojekt zusammen. Es zeigt, dass der Rückbau mittlerweile technisch möglich und die ordnungsgemässe Entsorgung der ausgehobenen Inhaltsstoffe realisierbar ist. Daraufhin wurde der Ingenieurgesellschaft URS, Deutschland / Basler & Hofmann, Zürich, der Auftrag für die Erarbeitung eines Sanierungs- und Bauprojektes erteilt. Im Juni 2003 erliess die Abteilung Umwelt des Kantons Aargau die Sanierungsverfügung. Ziel ist es, alle abgelagerten Abfälle vollständig auszuräumen und zusätzlich den Untergrund der Deponie so weit abzubauen, dass von ihm keine wesentlichen Schadstoffemissionen mehr ausgehen können. Im Juli 2004 wurde die Baubewilligung erteilt und im März 2005 mit den Bauarbeiten begonnen.

### UMFASSENDE SCHUTZ VON MENSCH UND UMWELT

Die Sicherheitsvorkehrungen, um bei diesem Projekt in bewohntem Gebiet (Bild 8) die Belastungen der Anwohner mit Gestank, Staub und Lärm zu minimieren, sind enorm. Das gesamte Deponieareal wird mit drei Hallen überdacht (s. Kasten S. 18 und Bild 9): der Abbauhalle, der Manipulationshalle und der Lagerhalle. Die Lagerhalle kommt im östlichen, nicht mit Abfall verfüllten Teil des Deponiegeländes zu stehen. Im Untergeschoss befindet sich der Wasserkeller mit verschiedenen Becken. Ein Regenrückhaltebecken sorgt dafür, dass der Dachabfluss von den Hallendächern dosiert in den Vorfluter abgegeben wird. Ein weiteres Becken beinhaltet einen Vorrat an Löschwasser für den Brandfall, das nach Gebrauch in einem dritten Becken aufgefangen und der Kläranlage zugeführt werden kann. In der Lagerhalle kann die Abbaumenge von mehreren Tagen in Spezialcontainern verpackt für den Abtransport zwischengelagert werden (Bild 12). Im Anschluss an die Lagerhalle wird die Manipulationshalle errichtet. Da sie bereits im verfüllten Teil der Deponie steht, wird sie in einer ersten Phase als Abbauhalle genutzt und erst nach Ausräumen der Sonderabfälle zur eigentlichen Manipulationshalle umgebaut. Die grösste Halle ist die Abbauhalle, die sich an die Manipulationshalle anschliesst. Hier wird im November dieses Jahres mit dem Rückbau begonnen.

**08** Die Deponie liegt in bewohntem Gebiet und wird daher für den Rückbau komplett eingehaust, um die Anwohner vor Gestank, Lärm und Staub zu schützen (Bild: Christian Schwager)

**09** Es werden drei Hallen erstellt: die Abbauhalle (orange), die Manipulationshalle (grün) und die Lagerhalle (blau). Nur die beiden erstgenannten Hallen liegen im verfüllten Teil der Deponie (gelb umrandet). Schwarz umrandet der Deponieperimeter (Grafik: Züblin AG)

**10** In der Abbauhalle wird die Deponie lagenweise von oben nach unten abgetragen

**11** In der Manipulationshalle wird der ausgebaute Sondermüll beprobt und entsprechend den Analyseergebnissen neu verpackt und beschriftet

**12** In der Lagerhalle wird der Sondermüll zwischengelagert bis zum Abtransport mit LKW oder mit der Bahn zu Entsorgungseinrichtungen im In- und Ausland (Grafiken: Faessler Infocom AG)



09

In allen Bereichen, in denen die Sonderabfälle offen liegen, den so genannten Schwarzbereichen, sorgen umfangreiche Schutzmassnahmen dafür, dass weder die Beschäftigten in Kontakt mit den Schadstoffen kommen noch Schadstoffe in die Umwelt entweichen können. In den luft- und staubdichten sowie lärmgedämmten Hallen herrscht ein permanenter Unterdruck. Zugänglich sind sie nur über Unterdruckschleusen. Die Beschäftigten arbeiten mit Schutzkleidung und Atemschutzgeräten bzw. die Geräteführer in luft- und staubdichten Fahrerkabinen mit eigener Atemluftversorgung. Die Abluft aus den Schwarzbereichen wird abgesaugt und in einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage – bestehend aus Partikelfilter und zwei Aktivkohlefiltern – gereinigt. Auch die Abluft aus den Weissbereichen, also den Bereichen, wo der Sondermüll bereits geruchsdicht verpackt ist, wird einstufig über einen Aktivkohlefilter geleitet. Sämtliches Schmutzwasser, das in der Deponie anfällt, wird weiterhin in der Deponie-eigenen Kläranlage gereinigt.

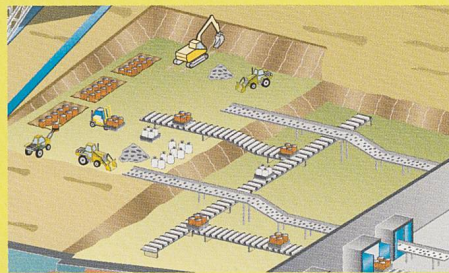
## ABLAUF DES RÜCKBAUS

Um die gesamte Deponie rückzubauen, müssen schätzungsweise 545 000 t Material ausgehoben werden. Davon sind 375 000 t Sondermüll, 75 000 t verunreinigtes Material von der Deponiesohle und 95 000 t von der Oberflächenabdichtung. Vorgesehen ist, pro Tag 500 t des in Fässern, Säcken sowie lose eingelagerten Sondermülls lagenweise von oben nach unten abzutragen (Bild 10). Die Deponiesohle soll bis durchschnittlich 1 m Tiefe ausgehoben werden. Gearbeitet wird dabei mit Baggern mit angehängten Tieflöffeln, Fassgreifern, Big-Bag-Greifern, Gabeln und Ladeschaufeln. Loses Material wird über Förderbänder in die Manipulationshalle transportiert und dort nach Augenschein zu Chargen mit gleichartigem Material zusammengefasst. Geborgene Fässer und Säcke werden in Transportwannen gestellt, auf eine horizontale Förderanlage gehoben und ebenfalls in die Manipulationshalle transportiert. Hier werden alle Chargen mit Robotergeräten beprobt und im Labor analysiert. Entsprechend den Analyseergebnissen werden die Abfälle dann geeignet verpackt und beschriftet und einem der Entsorgungswege zugewiesen (Bild 11).

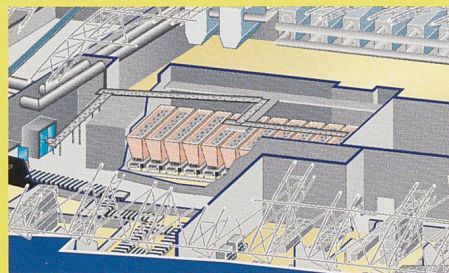
Ein grosser Teil des Deponiematerials wird dabei mit der Bahn zu den Entsorgungseinrichtungen im In- und Ausland transportiert. Dafür erhält die Deponie einen eigenen Bahnanschluss. Da dieser aber erst nach Abschluss des Rückbaus im Bereich der Manipulationshalle gebaut werden kann, wird das Deponiegut in der ersten Sanierungsphase mit LKW abtransportiert.

## ENTSORGUNG

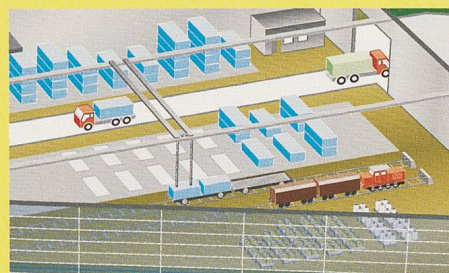
Ein Teil des ausgehobenen Materials kann recycelt werden, beispielsweise in der Bodenwaschanlage ESAR in Rümlang, in Anlagen für Schlackenrecycling und in thermischen Bodenbehandlungsanlagen. Der Rest wird in Sondermüll- oder Kehrrechtverbrennungsanlagen verbrannt bzw. in Rest- und Inertstoffdeponien sowie in Untertagedeponien eingelagert. Welche Anteile wie und wo entsorgt werden, lässt sich bisher nur grob abschätzen, da die Abfälle bei der Ablagerung nur ungenau dokumentiert wurden und zwischenzeitlich auch Querkontaminationen durch das in die Deponie eindringende Wasser stattgefunden haben. Ganz anders nun beim Rückbau: Der Weg der Abfälle wird von der Abbaustelle über die Analyse bis zur Entsorgung minutös in einem Deponie-managementsystem erfasst.



10



11



12

## WAS KOMMT IN WELCHE DEPONIE?

(ar) Welche Abfälle wo und wie deponiert werden müssen, wird in der Schweiz durch die am 1. Februar 1991 in Kraft getretene Technische Verordnung über Abfälle (TVA) festgelegt. Im Anhang 1 sind die Deponien unterteilt in Inertstoffdeponien, Reststoffdeponien und Reaktordeponien mit den zugehörigen Grenzwerten für die Auswaschung von Schwermetallen und spezifischen Stoffen aus den Abfällen (Eluattests). Anhang 2 formuliert die Anforderungen an Standort, Errichtung und Abschluss von Deponien.  
[www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_600.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_600.html)

Genau überwacht werden während der Sanierung auch alle möglichen Emissionen in die Umwelt. So wird das Grundwasser mittels des bestehenden Messstellennetzes beobachtet. Die Abluft und die Luftqualität im Nahbereich der Deponie werden permanent kontrolliert, Erschütterungen und Lärm bei Bedarf gemessen sowie Böden und Pflanzen im Einzugsgebiet der Deponie beobachtet. Ist die Deponie Ende 2012 fertig geräumt, wird mit einer Rasterbeprobung überprüft, ob wirklich alle Schadstoffe beseitigt wurden. Anschliessend werden die Hallen demontiert und das ehemalige Deponiegelände mit einer 50 cm mächtigen Bodenschicht vorläufig rekultiviert. Die endgültige Auffüllung und Rekultivierung erfolgt erst nach einer Überwachungsphase von 3 bis 5 Jahren, in der man vor allem beobachtet, ob noch Schadstoffe ins Grundwasser gelangen.

## KOSTEN

Die Gesamtanierung der Deponie in Kölliken lässt sich das Konsortium einiges kosten: schätzungsweise 445 Mio. Franken. Auf zusätzliche 140 Mio. Franken belaufen sich die Kosten, die seit der Schliessung für den Betrieb und den Bau der Sicherungsmassnahmen angefallen sind. Daneben nehmen sich die Einnahmen während der Betriebszeit der Deponie fast schon lächerlich aus: 50 bis 70 Franken kostete die Entsorgung eines Kubikmeters Abfall. Bei 250 000 m<sup>3</sup> eingelangtem Sondermüll macht das rund 15 Mio. Franken, von denen nach Schliessung der Deponie noch knapp 2 Mio. als Rückstellungen zur Verfügung standen.

Claudia Carle, [carle@tec21.ch](mailto:carle@tec21.ch)

## BODENREINIGUNGSVERFAHREN

(ar) Die *Bodenwäsche* beruht hauptsächlich auf der nasschemischen Separation von kontaminiertem und sauberem Bodenmaterial. Daneben kommen auch extraktive Verfahren zur Anwendung, bei denen die Schadstoffe im Prozesswasser aufgelöst werden. Materialien, bei denen die Schadstoffe an den Partikeloberflächen angelagert sind, können durch Abtrennung der hoch belasteten Feinstkornfraktionen von den sauberen Kiessandfraktionen gereinigt werden. Liegen die Schadstoffe als eigenständige Partikel vor, wird zur Reinigung des Materials der Dichteunterschied zwischen den Schadstoff- und den Bodenpartikeln ausgenützt.

Die *thermische Bodenreinigung* nach dem Pyrolyseverfahren eignet sich für die Behandlung von hoch kontaminierten mineralischen Bauabfällen mit vorwiegend organischen Schadstoffen sowie für Verunreinigungen durch Cyanide oder leichtflüchtige Schwermetalle. Bei der Pyrolyse werden die Schadstoffe unter Luftabschluss so stark erhitzt, dass sie verdampfen oder sich zersetzen. Die dabei freigesetzten Gase werden in einer Brennkammer mit Rauchgaswäsche verbrannt. Das Verfahren kommt insbesondere bei der Bodensanierung an Standorten von Gaswerken, chemischen Fabriken und militärischen Anlagen zum Einsatz.

Die *biologische Sanierung* von kontaminierten Böden wird als Bioremediation bezeichnet. Durch Biostimulation mittels Optimierung der wichtigsten Umweltparameter (Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt etc.) werden die natürlichen Schadstoffabbau-Prozesse so weit beschleunigt, dass innert nützlicher Frist eine ausreichende Dekontamination des Bodens erfolgt. Die *biologische Sanierung* kommt sowohl bei antransportiertem Aushubmaterial als auch in situ am belasteten Standort zum Einsatz.

Die *Bodenluftabsaugung* kommt als Alternative zum Einsatz, wenn der kontaminierte Boden nicht ausgebaggert werden kann und eine Bioremediation vor Ort nicht machbar ist. Dabei wird die Bodenluft über abgeteufte Bohrpegel und Wasserabscheider mit Gebläsen abgesaugt und durch Aktivkohlefilter ausgestossen. Das Verfahren eignet sich beispielsweise für Böden, die mit biologisch nicht abbaubaren chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) kontaminiert sind.