

# **Décharges suisses - Gestion après fermeture**

**Résumé du rapport CSD Ingénieurs SA (2011):  
Oberflächenabschluss Deponien,  
Entscheidungshilfe Oberflächenbarrieren  
(Fermeture en surface des décharges, aide à la  
décision pour des mesures d'étanchéification  
appropriées)**

**Berne, le 02.08.23**

**Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)**

# Impressum

## Mentions légales

**Mandant:** Office fédéral de l'environnement (OFEV), division déchets et manières premières, CH-3003 Berne

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

**Mandataire:** Kellerhals + Haefeli SA

**Auteurs:** Clémentine Schürmann, Julien Gobat, Dieter Böhi

**Accompagnement OFEV:** Clara-Marine Pellet

**Remarque:** Le présent rapport a été réalisé sur mandat de l'OFEV. Seul le mandataire porte la responsabilité de son contenu.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
<b>0. Avant-propos</b>	<b>1</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2. Aide à la décision pour la fermeture en surface</b>	<b>2</b>
2.1. Schéma de décision pour le type de fermeture en surface	2
2.2. Eléments du schéma d'aide à la décision	4
2.3. Remarques et conseils pour l'utilisation de l'aide à la décision	5
<b>3. Types de fermetures en surface</b>	<b>6</b>
3.1. Barrière anti-convection BAC	6
3.2. Etanchéité de surface ES	7
3.3. Couverture simple qualifiée CSQ (Frein à l'infiltration)	7
3.4. Fermeture en surface temporaire FST	8
3.5. Couverture simple	9
3.6. Influences possibles du climat sur la fermeture en surface	9
<b>4. Mesures supplémentaires</b>	<b>10</b>
4.1. Couverture temporaire	10
4.2. Infiltration	11
4.3. Humidification	11
4.4. Aération de la décharge (stabilisation aérobie in situ)	12
4.5. Combinaison infiltration / aération	13
4.6. Résumé des mesures visant à réduire la phase de gestion après fermeture	13
<b>5. Ordonnances sur les décharges en Allemagne et en Autriche</b>	<b>14</b>
<b>6. Documents utilisés</b>	<b>15</b>

## Décharges suisses – Gestion après fermeture

### Résumé du rapport CSD Ingénieurs SA (2011) : Oberflächenabschluss Deponien, Entscheidungshilfe Oberflächenbarrieren (Fermeture en surface des décharges, aide à la décision pour des mesures d'étanchéification appropriées)

---

#### 0. Avant-propos

Ce résumé en français du rapport « Oberflächenabschluss Deponien, Entscheidungshilfe Oberflächenbarrieren » de CSD Ingénieurs SA, voir annexe C, a été commandé par l'Office fédéral de l'Environnement (OFEV), division déchets et matières premières, dans le but de mettre à disposition des cantons romands les informations pertinentes s'y trouvant.

Le rapport de CSD Ingénieurs SA a été rédigé, en 2011 alors que l'OTD [2] était encore en vigueur. Les informations et termes repris dans le présent résumé sont ainsi ceux du document original et se réfèrent à l'état des connaissances et au cadre légal en vigueur lors de sa rédaction. Les termes utilisés dans le présent rapport sont ceux du document original. Quand cela est pertinent, les termes actuels de l'OLED, voir [3], ont été rajoutés, avec mention dans le texte.

En cas de doute sur la traduction ou l'interprétation du contenu, le document original (en allemand) fait foi. Toute responsabilité concernant le document original sera déclinée.

#### 1. Introduction

Lorsque la phase de stockage d'une décharge (ou d'une partie d'une décharge) est terminée, la surface de celle-ci doit être recouverte. Le choix du type de système de fermeture en surface (par exemple avec/sans étanchéité) dépend d'une multitude de facteurs (conditions limites, facteurs d'influence, prérequis).

Conditions limites / facteurs d'influence :

- Composition des déchets stockés (type de décharge), conditions climatiques, caractéristiques du site, qualité du système technique ;
- Quantité des polluants rejetés dans les cours d'eau, composition et traitement des eaux de percolation.

Prérequis pour mettre en œuvre une fermeture en surface :

- Tassements : pratiquement terminés ;
- Formation de gaz : dégazage actif terminé, pas de dommages possibles dus à la migration de gaz.

Objectifs :

- Stimulation contrôlée des émissions de polluants par la circulation d'une quantité modérée des eaux de percolation (temporaire ou permanente) ou alors par d'autres mesures supplémentaires (réduction des concentrations des polluants dans les eaux de percolation, prévention de conservation à sec, accélération des tassements).
- Gestion après fermeture : la gestion après fermeture est dictée par le comportement des émissions sur le long terme et peut, si nécessaire, être influencée ou raccourcie par des mesures supplémentaires (infiltration additionnelle d'eau/aération, voir ch. 4).

La mise en place de la fermeture en surface sans autre mesure supplémentaire n'a pas d'influence sur la composition des eaux de percolation d'une décharge. La quantité des eaux de percolation est par contre réduite, ce qui a une influence directe sur les quantités en émissions. Cet aspect est important lors de la phase de planification d'une décharge, quand il est prévu de déverser les eaux de percolation dans un cours d'eau ou alors d'infiltrer ces eaux dans un aquifère. Les conditions relatives à l'évacuation des eaux d'une décharge dans un cours d'eau/ dans un aquifère sont à définir par les cantons.

## **2. Aide à la décision pour la fermeture en surface**

L'aide à la décision est présentée sous forme de tableau à l'annexe A. Elle doit permettre de déterminer le type de fermeture en surface adéquat pour une décharge.

### **2.1. Schéma de décision pour le type de fermeture en surface**

Dans le présent rapport, les sept types de décharges (ou de compartiments de décharge) les plus courants en activité de Suisse sont pris en compte (décharges pour déchets inertes non considérées, décharge type B selon l'OLED, voir [3]), voir Figure 1.

Cette classification se base sur l'inventaire des déchets stockés dans la décharge. De plus, il existe des décharges de type mixte ou alors des décharges particulières (par exemple décharge multi-compartiments ou mono-décharges). Dans ces cas, il est nécessaire de se référer au potentiel de pollution effectif du site considéré pour pouvoir déduire les émissions de polluants probables (interpolation entre différentes classes). Pour les compartiments à mâchefers d'incinération, les différentes phases de stockage sont connues dans les grandes lignes (p. ex. réductions supplémentaires des métaux, interdiction d'épandre des boues contenant des résidus galvanisés depuis 1996), voir Figure 1. Les décharge pour déchets inertes (décharges type B selon l'OLED), ne nécessitent en règle générale qu'une couverture simple.

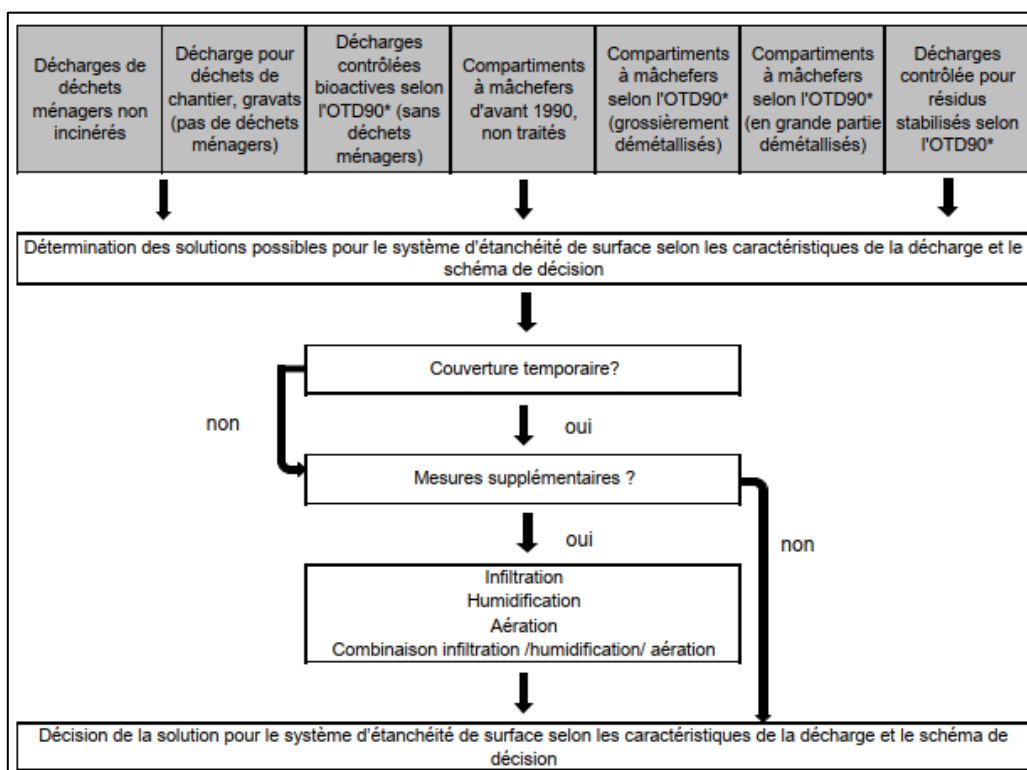


Figure 1: Schéma de décision pour la fermeture en surface. \* Décharges ouvertes sous les exigences de l'OTD de 1990

La question de la mise en place d'une fermeture en surface temporaire se pose dans les cas suivants :

- Les tassements globaux ou différentiels du corps de la décharge sont encore actifs ;
- Le corps de la décharge présente une température plus élevée que celle de son environnement, ce qui peut conduire à un assèchement / une contraction de la fermeture en surface ;
- La production de gaz est encore importante ;
- Les émissions sont encore importantes et le lessivage du corps de la décharge est encore nécessaire ou à stimuler temporairement.

La mise en place de mesures supplémentaires vise à accélérer, réduire ou empêcher certains processus de dégradation à l'intérieur du corps de la décharge. Le type de décharge ainsi que le(s) objectif(s) visé(s) par les mesures supplémentaires influencent le choix de la fermeture en surface. Les mesures possibles sont présentées au chapitre 4.

Un nombre encore important des décharges actuellement en activité stockent des déchets selon les exigences des directives fédérales de 1976 [1] (voir plus ancien) ainsi que selon les exigences de l'OTD de 1990 [2]. Le choix du type de la fermeture en surface se base sur les quantités respectives de déchets, le comportement des émissions, les caractéristiques du site, ainsi que sur les mesures de stabilisations déjà mises en œuvre. D'une manière générale, il faut partir du principe que plus les déchets ont un potentiel élevé d'émissions et/ou moins le site de la décharge est approprié aux déchets et/ou plus la qualité du système technique est mauvaise, plus la fermeture en surface devra être imperméable. On pourra aussi mettre en place des mesures supplémentaires pour accélérer les processus de dégradation des polluants et le lessivage du corps de la décharge.

La *Table 1* compile les types de décharges en activité en 2009 avec les différents compartiments et les types de déchets stockés. Cette table montre qu'environ 40 % des sites contient potentiellement des déchets critiques.

Décharge en activité	Année d'ouverture				
	Avant 1990	1990 - 1996	1997 - 2000	Après 2000	Aucune indication
Compartiments à mâchefers	3	10	10	9	1
Décharges contrôlées bioactives	5	10	5	5	1
Décharge contrôlée pour résidus stabilisés	0	9	2	3	2
Compartiments à mâchefers - décharges contrôlées bioactives **	1	2	3	2	0
Décharge pour déchets inertes - autres **	1	1	2	2	0
Décharges contrôlées bioactives - Décharge contrôlée pour résidus stabilisés	0	0	0	2	0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>4</b>

*Table 1 Nombre des décharges en activité avec les différents compartiments (état à la fin 2009, source OFEV 2010) ; \*\* stockés de manière compartimentée ; cellules en couleur : décharges contenant potentiellement des déchets critiques*

## 2.2. Éléments du schéma d'aide à la décision

L'aide à la décision (annexe A) est construite sur deux axes :

- Axe vertical : les différents critères influençant le choix de la forme d'étanchéité ;
- Axe horizontal : les sept différents types de décharges considérés.

Puis, pour procéder au choix de la forme d'étanchéité :

- Pour chaque critère, deux à quatre indicateurs permettant de qualifier ce critère sont proposés ;
- Pour chaque indicateur, en fonction du type de décharge, deux formes d'étanchéité de surface sont conseillées. Ces formes d'étanchéité de surface sont détaillées dans le chapitre 3 et indiquées par une abréviation.

Un premier survol du schéma permet de voir que les exigences sur la qualité de la fermeture en surface augmentent en fonction du potentiel d'émissions, de manques dans son système technique et des caractéristiques défavorables du site de la décharge. Ceci est particulièrement marquant pour les décharges les plus anciennes.

Dans certains cas, à l'aide de mesures supplémentaires, il est possible de réduire les émissions. De cette manière, le niveau d'exigence pour la fermeture en surface peut être abaissé.

### **2.3. Remarques et conseils pour l'utilisation de l'aide à la décision**

Dans l'optique de mettre en réserve des ressources financières suffisantes pour la mise en œuvre d'une fermeture en surface adéquate, il est nécessaire de prévoir cette fermeture déjà lors de la planification de la décharge. De plus, il est également essentiel de procéder à une surveillance de qualité (eaux de percolation, production de gaz, tassements) lors de toute la phase d'activité de la décharge. De cette manière, à la fin de la phase d'exploitation, une base de données solide concernant l'évolution de la décharge sera à disposition pour dimensionner la fermeture en surface des différents compartiments.

La décision finale sur le choix du type de fermeture devra être prise après la fermeture de la décharge, suite à la prise de connaissance du comportement effectif des émissions (eaux de percolation, gaz, tassements).

Beaucoup de décharges actuellement en activité sont constituées de plusieurs compartiments, où sont stockés différents déchets. Il est conseillé de procéder à un choix de forme d'étanchéité pour chaque compartiment séparément. La construction d'une transition entre deux types d'étanchéité est possible, mais délicate. Les éventuelles transitions doivent être projetées en détail avec un/une ingénieur/e expérimenté/e.

Pour les compartiments où des déchets de différentes époques ont été stockés, dans l'optique d'éviter des investigations coûteuses, il est conseillé de se baser sur la qualité des déchets les plus anciens, qui sont souvent ceux qui ont le potentiel d'émission le plus élevé.



Il est également conseillé d'attendre que le corps de la décharge se soit statiquement stabilisé avant de mettre en œuvre une étanchéité de surface. Au moins 75 % des tassements devraient avoir eu lieu avant de procéder à la mise en place de la fermeture en surface. Selon les données à disposition pour une décharge de déchets ménagers non incinérés, 75 % des tassements devraient subvenir dans les 7 à 16 ans après la fermeture de la décharge. Si 90 % des tassements doivent être atteints (pour ne plus avoir de déformations et donc de dégâts sur la fermeture en surface), une période de 14 à 28 ans sera nécessaire pour ce type de décharge. Cette période peut être temporisée par la mise en place d'une étanchéité de surface temporaire, voir chapitre 3.4 ou réduite par la mise en œuvre de mesures supplémentaires, voir chapitre 4.

### 3. Types de fermetures en surface

#### 3.1. Barrière anti-convection BAC

La barrière anti-convection est généralement composée de deux couches d'étanchéité, une minérale avec une perméabilité de  $k \leq 10^{-9}$  m/s et une en matière synthétique (voir Figure 2). Pour une étanchéité maximale sur le long terme, les deux couches doivent être conçues de manière à se compléter.

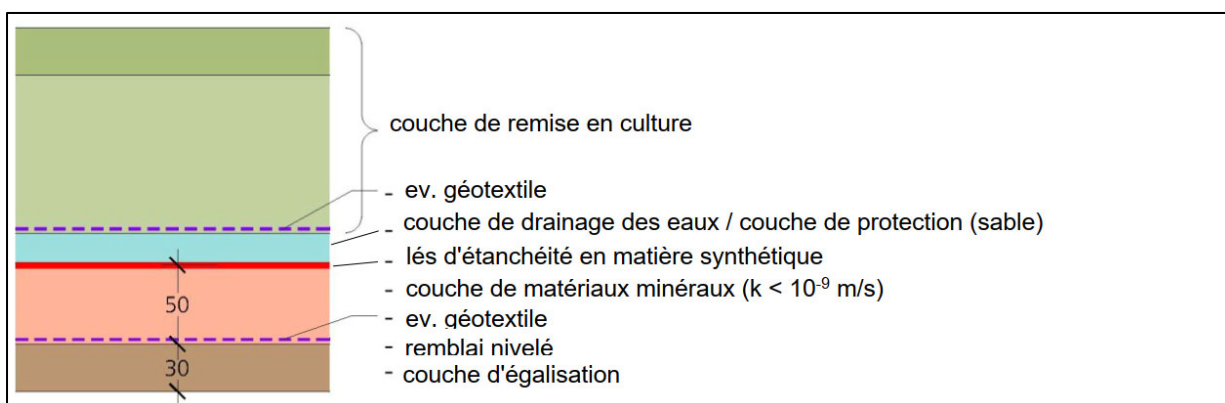


Figure 2: Structure générale d'une barrière anti-convection

Efficacité :  $\leq 5$  % des précipitations annuelles s'infiltrent dans le corps de la décharge ;  $\pm$  imperméable aux gaz ; effet de « momification » sur les déchets ; émissions minimales dans les eaux de percolation

### 3.2. Etanchéité de surface ES

L'étanchéité de surface conventionnelle est généralement composée de deux couches au minimum d'étanchéité minérale avec une perméabilité de  $k \leq 5 \cdot 10^{-9}$  m/s (voir figure 3). Alternative-ment, des couches de mélange minéral enrichi de bentonite et des nattes de bentonite ou alors des matériaux minéraux enrichis de polymères et des barrières capillaires peuvent être mises en place.

En fonction de la mise en place et du matériau utilisé, des fissures peuvent se former en raison de l'assèchement de l'étanchéité, ce qui augmente la possibilité d'infiltration de l'eau depuis la surface.

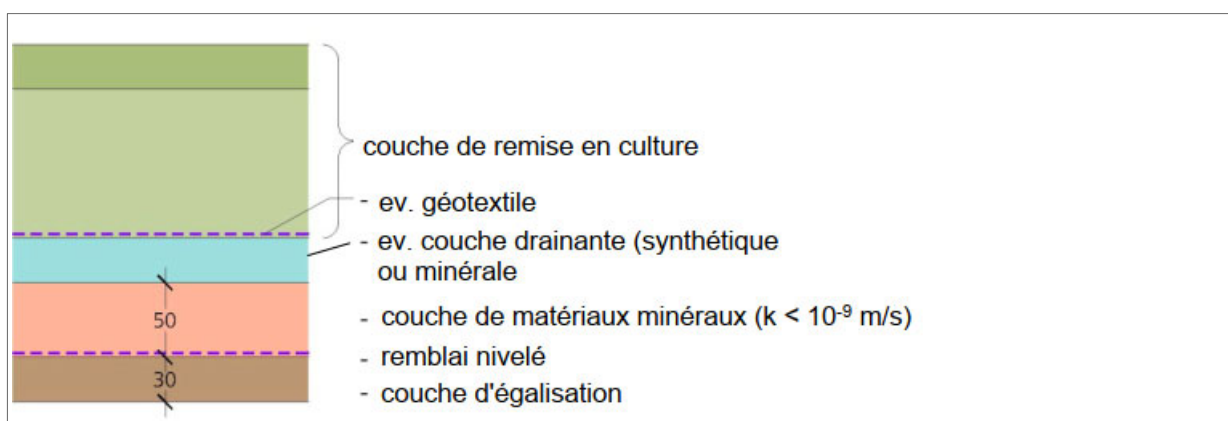


Figure 3: Structure générale d'une étanchéité de surface

Efficacité :  $\leq 5$  % des précipitations annuelles s'infiltrent dans le corps de la décharge ; effet moyen de « momification » ; émissions faibles dans les eaux de percolation ; émissions locales de gaz (hotspots) possibles.

### 3.3. Couverture simple qualifiée CSQ (Frein à l'infiltration)

La couverture simple qualifiée est généralement composée de deux couches au minimum d'étanchéité minérale avec une perméabilité de  $k \leq 10^{-7} - 10^{-8}$  m/s (voir figure 4) pour réduire l'apport d'eau dans la décharge.

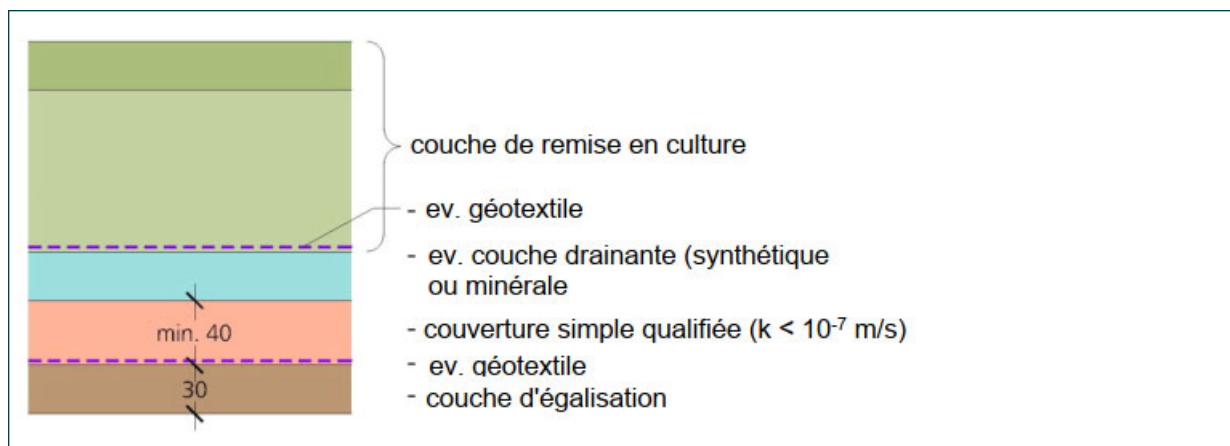


Figure 4: Structure générale d'une couverture simple qualifiée

Efficacité : 10-20 % des précipitations annuelles s'infiltrent dans le corps de la décharge ; effet de « momification » faible ; émissions plus importantes dans les eaux de percolation ; émissions locales de gaz (hotspots) possibles.

### 3.4. Fermeture en surface temporaire FST

Pour certaines décharges (ou compartiments) où des déchets contenant beaucoup de matière organique ont été stockés, des tassements ou émissions de gaz peuvent encore être en cours. Dans ces cas, il est conseillé de procéder à une fermeture en surface temporaire jusqu'à ce que les tassements et les émissions de gaz soient stabilisés.

Pour les compartiments à mâchefers d'incinération, il est également conseillé d'installer une fermeture en surface temporaire jusqu'à ce que la température à l'intérieur du corps de la décharge ait diminué.

La mise en place d'une fermeture en surface temporaire doit réduire l'érosion, la dissémination des polluants par le vent et les émissions de gaz ainsi que limiter l'infiltration des eaux à travers le corps de la décharge.

La perméabilité efficace de la fermeture temporaire devra se trouver dans un ordre grandeur de  $k \leq 5 \times 10^{-7} - 10^{-5}$  m/s. Cette couche temporaire peut par la suite être utilisée comme couche d'égalisation lors de la mise en place de la fermeture en surface définitive de la décharge. En fonction des objectifs visés, elle peut également être réalisée de manière avoir un effet sur le compactage du corps de la décharge (épaisseur de remblais augmentée) et ainsi provoquer l'accélération des tassements.

### 3.5. Couverture simple

La couverture simple est généralement composée d'une seule couche d'égalisation, constituée de matériaux minéraux (voir figure 5). Pour les décharges de déchets inertes (décharges de type B selon l'OLED), une couverture simple est généralement suffisante.

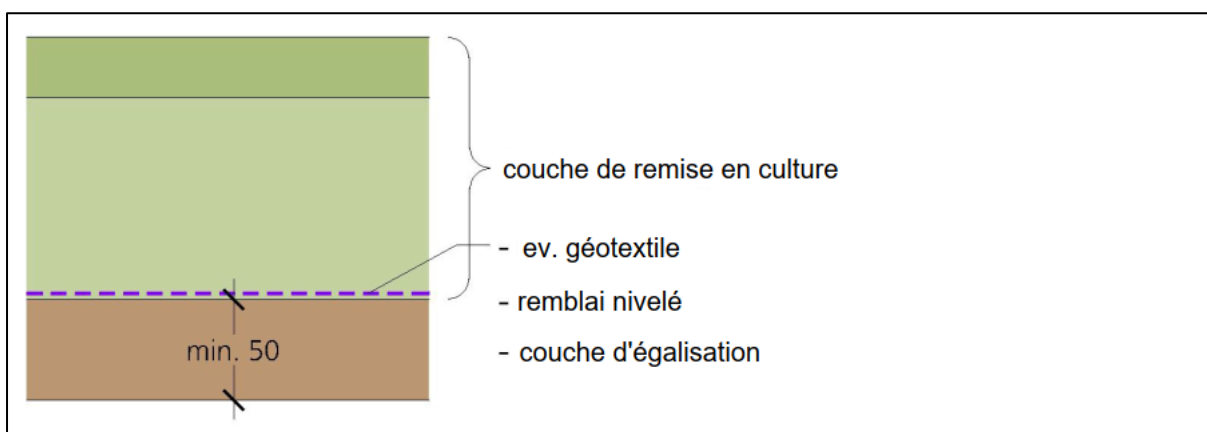


Figure 5: Structure générale d'une couverture simple

Efficacité : 30-40 % des précipitations annuelles s'infiltrent dans le corps de la décharge ; pas d'effet de « momification ».

### 3.6. Influences possibles du climat sur la fermeture en surface

Plusieurs études effectuées sur des zones test ainsi que sur des décharges confinées ont montré que, en fonction de la mise en place et du matériau utilisé pour la fermeture en surface, des fissures se forment en raison de l'assèchement de l'étanchéité ou des effets du gel/dégel. Ceci augmente la perméabilité de la couche de couverture et la possibilité d'infiltration des eaux météoriques. Ce phénomène est aussi observé sur les décharges dont le corps a une production de chaleur relativement élevée. Les couches de fermeture classiques à argiles CCL (compacted clay liner) ont apparemment fait leurs preuves uniquement dans les environnements semi-arides. Dans d'autres environnements, des augmentations de la valeur de perméabilité jusqu'à un facteur 10'000 ont été observées. Les couches minérales mixtes avec ou sans bentonite ou autres composants ne montrent généralement pas ce comportement. Des observations concernant le comportement à long terme des couches de couverture manquent cependant pour l'instant.

Malgré leur capacité de régénération, les nattes de bentonite de sodium aiguilletées, peuvent ne pas atteindre l'efficacité désirée (de manière à ce que les fissures se referment d'elles-mêmes en contact avec l'eau) et montrer des fissures déjà 2-3 ans après leur mise en place, particulièrement si la couche de remise en culture est d'épaisseur trop faible. Pour une régénération par réhumidification de ces nattes, une compaction minimale de 20 kN/m<sup>2</sup> est nécessaire. Le remplacement graduel des ions de sodium par des ions de calcium pourrait également jouer un rôle dans ce comportement.

Le choix du matériau à mettre en place, la construction et le contrôle de la mise en œuvre (tests préalables, contrôle-qualité) sont des critères déterminants pour l'efficacité sur le long terme d'une étanchéification minérale. Ces critères sont à discuter avec des professionnels expérimentés. L'épaisseur de la couche de remise en culture joue également un rôle important sur le comportement de l'eau et de la température au-dessus et à l'intérieur de la couche d'étanchéité.

#### **4. Mesures supplémentaires**

L'expérience et les pronostics sur la teneur en eau dans différents types de décharges convergent vers la même conclusion : tant que le corps d'une décharge est complètement encapsulé (conservation à sec, « momification »), les émissions via les eaux de percolation peuvent être évitées. Dès que l'étanchéité de surface n'est plus entièrement fonctionnelle, de l'eau s'infiltré dans le corps de la décharge et réactive les processus de dégradation ainsi que la mobilité des polluants. Ceci augmente les émissions (eaux de percolation, gaz) et le potentiel de tassement. L'ampleur de la réactivation des phénomènes est dépendante de la quantité d'eau s'infiltrant dans le corps de la décharge et du potentiel restant d'émission et de tassement.

Plusieurs mesures supplémentaires peuvent être testées ou mises en œuvre pour réduire les processus de dégradation et de dissolution dans un laps de temps techniquement envisageable.

Ces mesures sont détaillées ci-dessous et sont listées à la fin de l'annexe A.

##### **4.1. Couverture temporaire**

La couverture temporaire d'une décharge, voir aussi chapitre 3.4, est installée directement à la fin de la phase d'exploitation d'une décharge.

D'un côté, la couverture temporaire réduit l'érosion et la dissémination des polluants par le vent et limite l'infiltration d'eau à travers le corps de la décharge et les émissions de gaz. De l'autre, elle permet de contrôler la teneur en eau de la décharge, ce qui a pour conséquence de contrôler le lessivage des polluants et la production de gaz. Pour les décharges contenant beaucoup de matière organique, la production de gaz peut augmenter et les tassements s'accélérer. Pour les compartiments à mâchefers, une couverture temporaire est également utile au lessivage et au refroidissement des couches superficielles de ces compartiments.

L'effet d'une couverture temporaire est moins important que celui atteint par des mesures d'infiltration décrit au chapitre suivant. Dans la littérature, il existe une documentation sur la durée de la couverture temporaire :

- 7-10 ans pour les décharges contenant beaucoup de matière organique ( $\geq 40\%$  du poids) ;
- Minimum 10 ans pour une décharge de déchets ménagers ;
- Décharges à mâchefers d'incinération, en fonction de l'âge : 2 à 5 ans ;
- Décharges contrôlées bioactives récentes contenant très peu de matière organique : pour l'instant pas de données.

#### 4.2. Infiltration

A travers une infiltration contrôlée d'eau dans le corps de la décharge ou par un circuit fermé de circulation des eaux de percolation, il est possible d'accélérer la mobilité des polluants et de cette manière de réduire plus rapidement le potentiel d'émissions (lessivage). Pendant une période de 5 -15 ans, une quantité importante d'eau doit être infiltrée (40 - 60 % de l'eau des précipitations, 400 - 600 mm/an). Des essais en laboratoire et des modélisations ont montré que la diminution de l'azote N est moins efficace que celle de la matière organique et des sels. Il est important de prendre en compte les problèmes suivants concernant la quantité d'eau à infiltrer :

- L'inhomogénéité des déchets stockés ainsi que des cheminements préférentiels de l'eau dans le corps de la décharge amènent une répartition inhomogène de l'eau infiltrée ;
- La quantité de l'eau à amener ainsi que sa répartition sur la décharge peut être problématique (par ex. pour le système de drainage). Cette quantité peut également provoquer des problèmes de stabilité de la décharge ainsi que des coûts pour le traitement des eaux de percolation drainées ;
- La durée de la période d'infiltration peut être longue ;
- En règle générale, l'infiltration contrôlée est uniquement applicable pour les décharges pourvues d'une étanchéité de fond ;
- La méthode est particulièrement efficace durant la phase d'exploitation de la décharge.

#### 4.3. Humidification

L'humidification consiste en l'infiltration d'une quantité faible et contrôlée d'eau dans le corps de la décharge, dans le but de favoriser la production de gaz et la dégradation des substances organiques.

Facteurs à prendre en compte :

- La méthode est adaptée pour des décharges contenant une importante concentration en matière organique biodisponible et lors de conditions climatiques sèches, ou lorsque la conservation à sec par la mise en place d'une étanchéité de surface n'est pas conseillée ;
- L'humidification est efficace pendant la phase d'exploitation d'une décharge ou après sa fermeture avec la mise en place d'une étanchéité de surface sans mise à sec.

#### 4.4. Aération de la décharge (stabilisation aérobie in situ)

Le principe d'aérobisation d'une décharge vise à accélérer les processus de dégradation biologiques tout en réduisant les émissions de méthane. Ceci amène une réduction plus rapide des émissions dans l'eau ainsi que sous forme de gaz et amène également une accélération du processus de tassement. Le moment adapté pour mettre cette mesure en œuvre est en général atteint quand la production des gaz se trouve dans la phase de pénétration d'air (voir [4]) après environ 10 – 15 ans de stockage des matériaux.

Avec l'aération de la décharge, les émissions de carbone sous forme gazeuse sont accélérées d'un facteur 2 à 3. Dans les eaux de percolation, la diminution de la concentration de la demande chimique en oxygène (DCO) est accélérée d'un facteur 5 à 6, celle de la concentration en azote d'un facteur 4 à 11 pour une durée d'aération de 3 – 6 ans. Comparée aux mesures d'infiltration d'eau, la diminution en azote est nettement plus efficace et plus rapide par cette mesure d'aération. L'expérience montre un tassement final du toit de la décharge de 2 à 10 %.

En comparaison avec les chiffres donnés au chapitre 2.3 (sans mesure supplémentaire), l'effet suivant sur la durée des tassements peut être attendu :

- L'atteinte de la limite de 75 % des tassements devraient subvenir 5 ans plus tôt ;
- L'atteinte de la limite de 90 % des tassements devraient subvenir jusqu'à 10 ans plus tôt.

La durée des tassements est donc réduite en comparaison avec une décharge sans mesure de stabilisation.

Au vu de ces résultats, il est pronostiqué que les décharges de déchets ménagers devraient pouvoir sortir de la phase de gestion après fermeture dans les 40 à 50 ans.

Méthodes : de l'air est injecté dans la décharge ou aspiré hors du corps de la décharge, ceci au moyen de forages ou de lances d'injection. L'air capté doit, en fonction de sa qualité, être ensuite traité.

Ce procédé étant encore nouveau, il n'existe pas encore de résultats définitifs et extrapolables (note : situation en 2011). Les résultats actuellement disponibles une influence nette et positive du procédé sur le comportement des émissions et en particulier sur l'accélération des processus de dégradation biologique.

#### 4.5. Combinaison infiltration / aération

La combinaison de mesures d'infiltration avec des mesures d'aération est indiquée pour les décharges contenant une quantité importante de matériaux organiques dégradables. Lors de la rédaction du rapport en 2011, un projet pilote de l'université de Stuttgart sur la décharge désaffectée de Konstanz-Dorfweiher (BW) était en cours avec les mesures suivantes<sup>1</sup> :

- Aération à intervalles contrôlés
- Restitution des eaux de percolation de manière dosée et contrôlée
- Installation de biofiltres pour la dégradation du méthane, ainsi que des substances odorantes et polluantes

Buts :

- Période de gestion après fermeture de moins de 30 ans ;
- Minéralisation plus rapide des déchets organiques ;
- Réduction de la quantité des eaux de percolation.

#### 4.6. Résumé des mesures visant à réduire la phase de gestion après fermeture

En fonction du potentiel de danger d'une décharge ou d'un compartiment d'une décharge, il convient d'examiner la nécessité de mettre en œuvre des mesures supplémentaires.

Bon nombre d'auteurs ont énuméré les mesures possibles ainsi que les résultats de recherches sur le sujet (p. ex. Stegmann et al, 2006, Hupe et al. 2003, Hoins et al. 2003).

---

<sup>1</sup> Les résultats de cette étude sont présentés dans le rapport final publié en 2014, voir [6]



Table 2 Mesures pour influencer le comportement d'une décharge pour la phase de gestion après fermeture

Mesure	Type de décharge	Remarque
Humidification ciblée (par exemple avec recirculation des eaux de percolation en faible quantité)	Décharges de déchets ménagers non incinérés	Pour des teneurs importantes en déchets organiques biodisponibles, pour maintenir / optimiser la production de gaz, captage et traitement nécessaire
Humidification / aération	Décharges de déchets ménagers non incinérés	Pour des teneurs plutôt importantes en déchets organiques biodisponibles, production de gaz restreinte
Aération	Décharge pour déchets de chantier et éventuellement pour des décharges contrôlées bioactives	Pour des teneurs faibles en déchets organiques biodisponibles, en condition aérobie, pour des substances pas ou peu dégradables en conditions anaérobiques
Infiltration (min. 40 – 60 % des précipitations annuelles)	Tous	Nécessite une quantité d'eau importante (supérieure à la quantité d'eau des précipitations), mesure à prévoir sur une période de 5 -15 ans, compter des frais d'évacuation et de traitement des eaux de percolation, une étanchéité de fond est nécessaire
Couverture temporaire	Décharges de déchets ménagers non incinérés, décharge pour déchets de chantier, compartiments à mâchefers	Faible quantité d'eaux de percolation, peu de processus de lessivage, environnement humide pour la production de gaz, diminution des tassements

## 5. Ordonnances sur les décharges en Allemagne et en Autriche

En Allemagne et en Autriche, les ordonnances sur les décharges ont été renouvelées en 2008, respectivement en 2009. En ce qui concerne la question de la fermeture en surface, la démarche se base sur les critères suivants :

Table 3 Comparaison des types d'étanchéité de surface dans les ordonnances allemandes et autrichiennes

Type de décharge	Allemagne	Autriche
Décharges pour déchets inertes	Pas d'étanchéité	Réduction de l'infiltration $d = 0.4 \text{ m}$ , $k \leq 5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ . Limitation des précipitations à $N \leq 5 \%$
Décharges avec peu d'émissions	Un composant d'étanchéité. Limitation à $N \leq 20 \text{ mm/m}^2$ de précipitations annuelles	De même que pour les décharges de déchets de chantier. Limitation des précipitations à $N \leq 5 \%$
Décharges avec pollution élevée (Allemagne), Décharge pour résidus stabilisés, décharge de grande étendue (Autriche)	Deux composants d'étanchéité, Limitation à $N \leq 20 \text{ mm/m}^2$ des précipitations annuelles*	Deux composants d'étanchéité, Limitation à $N \leq 10$ à $20 \text{ mm/m}^2$ , barrière anti-convection obligatoire
Décharges anciennes	En règle générale, deux composants d'étanchéité	En règle générale, deux composants d'étanchéité

\*pour les systèmes à deux composants, les deux doivent être composés de deux matériaux différents qui agissent de manière à avoir des effets se complétant (p. ex. résistance à la dessiccation, résistance à la perforation mécanique)

De plus, des éléments (comparaisons) sur les exigences pour la mise en œuvre des différentes mesures présentées (couverture temporaire, accélération des processus de dégradation, systèmes d'étanchéité alternatifs, ...) sont donnés. Ces principaux éléments sont résumés dans l'annexe B du document original, non traduite en français.

## 6. Documents utilisés

- [1] Office fédéral de l'environnement (1976) : Directives sur les exigences générales pour l'emplacement, la construction, l'exploitation et le contrôle des décharges (Directive sur les décharges). 45 Pages. Une deuxième version non modifiée a été publiée en 1982.
- [2] OTD (=TVA) Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets, révisée le 1<sup>er</sup> juillet 2011 (RS 814.600), plus en vigueur
- [3] OLED (=VVEA) : Ordonnance du 4 décembre 2015 sur la limitation et l'élimination des déchets, révisée le 1<sup>er</sup> janvier 2023 (814.600)
- [4] Office fédéral de l'environnement, l'environnement pratique, sites contaminés, confinement d'anciennes décharges à assainir, état de la technique, possibilités et limites, aide à l'exécution, 2007

- [5] Office fédéral de l'environnement. Module Décharge de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED), 2019
- [6] Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- du Abfallwirtschaft, : Rohstoffe aus der Abfalldéponie – Verbesserung der Verwertbarkeit durch vorherige Déponiebelüftung, Bericht (Endversion), Juli 2014, [https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/153337/Projekt28\\_Bericht.pdf/4c0c74ed-b779-4292-a812-2498cf3d0940](https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/153337/Projekt28_Bericht.pdf/4c0c74ed-b779-4292-a812-2498cf3d0940)

KELLERHALS + HAEFELI SA



C. Schürmann



D. Böhi

Traduction : Clémentine Schürmann, MSc en géologie  
Julien Gobat, MSc en hydrogéologie

Contrôle Dr. Dieter Böhi, Dr. es. Sciences en géologie

Berne, 02.08.2023  
CS/jk 13462

## ANNEXE

- Annexe A: Schéma d'aide à la décision concernant le type d'étanchéité de surface
- Annexe B: Ordonnances sur les décharges en Allemagne et en Autriche, extraits concernant la fermeture en surface (annexe non traduite)
- Annexe C: Rapport CSD Ingénieurs SA, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Oberflächenabschluss Deponien, Entscheidungshilfe Oberflächenbarrieren n° BE07573.200 du 24.09.2011 (rapport original en allemand)

**Annexe A**

**Schéma d'aide à la décision concernant le type d'étanchéité  
de surface**

**Annexe A**

**Schéma d'aide à la décision concernant le type d'étanchéité de surface, selon chapitre 2.2**

BAC = Barrière anti-convection ; ES = Etanchéité de surface ; CSQ = Couverture simple qualifiée; FST = Fermeture en surface temporaire

Type de décharge / type de compartiment de décharge		Décharges de déchets ménagers non incinérés	Décharges pour déchets de chantier (pas de déchets ménagers)	Décharges contrôlées bioactives selon l'OTD90 (sans déchets ménagers)	Compartiments à mâchefers d'avant 1990, non traités	Compartiments à mâchefers selon l'OTD90 (grossièrement démétallisés)	Compartiments à mâchefers selon l'OTD90 (en grande partie démétallisés)	Décharges contrôlée pour résidus stabilisés selon l'OTD90
Critère influençant le choix	Indicateur							
<b>Généralités</b>								
<b>Composition des déchets</b>		haute teneur en matériaux organiques dégradables; déchets de chantier, y.c. incinérables, déchets artisanaux et industriels	haute teneur en déchets de chantier y.c. déchets encombrants; teneur en matériaux organiques dégradables variable; déchets artisanaux et industriels de la région 3 à >30%	faible teneur en matériaux organiques dégradables ; matériaux pollués ainsi que matériaux issus d'assainissement de sites pollués; autres déchets (balayures de routes, déchets industriels, etc.); déchets spéciaux	mâchefers avec incinération mauvaise et variable; pas de traitement en vue de l'extraction des métaux; déchets artisanaux et industriels contenant des métaux (p.ex. boues galvanisées, câbles, sable de fonderie, sable abrasif)	mâchefers (UIOM, IBE, fonderie, etc.); cendres volantes; matériaux d'excavation contenant des métaux (assainissement de stands de tir); partiellement boues galvanisées (jusqu'en 1996); fraction fine d'installation de lavage des sols; incinération améliorée mais variable, démétallisés par extraction magnétique des métaux / des pièces métalliques	similaire à la colone de gauche mais extraction des métaux lourds ferreux et non ferreux ; pas de boues galvanisées	cendres volantes liées hydrauliquement ou cendres volantes lavées à l'acide; boues d'hydroxydes métalliques et résidus de filtres et de cendres de l'industrie; matériaux d'excavation contenant des métaux, en partie issus d'assainissement de sites pollués
<b>Potentiel polluant des déchets estimé</b>	Composition des déchets	Haut	Moyen - haut	Moyen	Moyen - haut	Moyen	Moyen; si incinération ≤2% alors plus faible	Moyen - plus faible que moyen
<b>Dissémination</b>	Eaux de percolation, gaz de décharge	Haut (eaux de percolation et gaz)	Moyen - haut (eaux de percolation et ev. gaz)	Moyen (eaux de percolation)	Moyen (eaux de percolation)	Moyen - plus faible que moyen (eaux de percolation, pollution)	Plus faible que moyen (eaux de percolation, pollution)	Faible - moyen (eaux de percolation, pollution)
<b>Climat</b>								
<b>Précipitations</b>	< 700 mm/an	CSQ	CSQ	CSQ	CSQ	CSQ	CSQ	CSQ
	< 900 mm/an	ES	ES	ES	ES	ES <sup>1</sup> , ev. CSQ	CSQ	CSQ
	> 1'000 mm/an	ES, BAC <sup>2</sup>	ES, BAC <sup>1</sup>	ES	ES, ev. BAC <sup>2</sup>	ES	CSQ, ev. ES <sup>2</sup>	CSQ, ev. ES <sup>1</sup>
<b>Température</b>	Mesuré au niveau de la couche d'étanchéité	voir texte	voir texte	voir texte	voir texte	voir texte	voir texte	voir texte
<b>Couche de remise en culture</b>								
<b>Epaisseur de la couche supérieure et du sous-sol (d), capacité de rétention en eau</b>	d ≥ 1.50 m, capacité de rétention en eau efficace 190 mm sur toute la couche de remise en culture	ES	ES	CSQ	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	CSQ	CSQ
	d ≥ 1.00 m, capacité de rétention en eau 140 mm	ES, BAC <sup>2</sup>	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	ES	ES	ES	CSQ	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>
	d ≤ 1.00 m, capacité de rétention en eau < 100 mm	BAC	BAC	ES	BAC <sup>2</sup> , ES	ES	CSQ	ES
<b>Pente</b>	Plate, en coupole	ES, BAC <sup>2</sup>	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	ES	ES	ES	CSQ	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>
	Talus de pente	ES	ES	CSQ	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	CSQ	CSQ
<b>Corps de la décharge / Composition des déchets</b>								
<b>Teneur en polluants</b>	Déchets, teneur et concentration dans les eaux de percolation							
Eaux de percolation	Normale pour le type de décharge sans polluants inhabituels	ES, ev. BAC <sup>2</sup>	ES, ev. BAC <sup>2</sup>	ES, ev. CSQ <sup>2</sup>	ES	ES, ev. CSQ <sup>2</sup>	CSQ	CSQ

<sup>1</sup> en fonction de la teneur et des caractéristiques des déchets artisanaux et industriels, et/ou des caractéristiques du site et des systèmes techniques

<sup>2</sup> en fonction des caractéristiques du site et des systèmes techniques

## Annexe A

### Schéma d'aide à la décision concernant le type d'étanchéité de surface, selon chapitre 2.2

BAC = Barrière anti-convection ; ES = Etanchéité de surface ; CSQ = Couverture simple qualifiée; FST = Fermeture en surface temporaire

Type de décharge / type de compartiment de décharge		Décharges de déchets ménagers non incinérés	Décharges pour déchets de chantier (pas de déchets ménagers)	Décharges contrôlées bioactives selon l'OTD90 (sans déchets ménagers)	Compartiments à mâchefers d'avant 1990, non traités	Compartiments à mâchefers selon l'OTD90 (grossièrement démétaillés)	Compartiments à mâchefers selon l'OTD90 (en grande partie démétaillés)	Décharges contrôlée pour résidus stabilisés selon l'OTD90
Critère influençant le choix	Indicateur							
Teneur en déchets pollués spéciaux issus de l'industrie et de l'artisanat	Faible < 3%	ES, ev. BAC <sup>2,3</sup>	ES, ev. BAC <sup>2,3</sup>	ES, ev. CSQ <sup>2</sup>	ES	ES, ev. CSQ <sup>2</sup>	CSQ	CSQ
	Moyen < 10%	ES, ev. BAC <sup>2,3</sup>	ES, ev. BAC <sup>2,3</sup>	ES	ES	ES, ev. CSQ <sup>3</sup>	CSQ, ev. ES <sup>3</sup>	CSQ, ev. ES <sup>3</sup>
	Haut 25 à < 30%	BAC, ev. ES <sup>2,3</sup>	BAC, ev. ES <sup>2,3</sup>	ES, ev. CSQ <sup>2,3</sup>	ES, ev. BAC <sup>2,3</sup>	ES	ES, ev. CSQ <sup>3</sup>	ES, ev. CSQ <sup>3</sup>
<b>Tassements, glissements</b>								
Pas de tassements différentiels importants	Déchets ± homogènes, pas de cavités	----	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	ES, ev. CSQ <sup>2,3</sup>	ES, ev. BAC <sup>2,3</sup>	ES, ev. CSQ <sup>3</sup>	CSQ, ev. ES <sup>3</sup>	CSQ, ev. ES <sup>3</sup>
Tassement général	Au moins 75 % atteints	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	ES, ev. CSQ <sup>2,3</sup>	----	----	----	----
Tassements différentiels importants à attendre	Déchets non homogènes, compaction des cavités	FST	FST	----	----	----	----	----
Tassement général	< 75% atteints	FST	(FST)	(FST)	----	----	----	----
<b>Production de gaz</b>								
Emission ≤ 25 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /h	et ≤ 5 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / (h*ha)	ES, ev. BAC <sup>2</sup>	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	----	----	----	----	----
Emission > 25 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /h	et > 5 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / (h*ha)	FST	FST	----	----	----	----	----
<b>Système technique</b>								
<b>Etanchéité de la base et des talus</b>								
bonne	selon les exigences de l'OTD90 et de la norme SIA 203	ES	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	-----	CSQ, ev. ES <sup>1</sup>	CSQ, ev. ES <sup>1</sup>	CSQ, ev. ES <sup>1</sup>
mauvaise		BAC, ev. ES <sup>1</sup>	BAC, ev. ES <sup>1</sup>	-----	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	-----	-----	-----
inexistante		BAC	BAC, ev. ES <sup>1</sup>	-----	BAC, ev. ES <sup>1</sup>	-----	-----	-----
<b>Drainage de la base et des talus</b>								
bon	selon les exigences de l'OTD90 et de la norme SIA 203	ES	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	-----	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	CSQ	CSQ
moyen	Ø < 200mm; PE, enveloppement important des conduites avec du matériel drainant, accumulation d'eau possible à long terme	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	-----	ES, ev. BAC <sup>1</sup>	-----	-----	-----
mauvais	Ø < 200mm; PVC, conduites en céramique ou béton, faible enveloppement des conduites avec du matériel drainant, accumulation d'eau possible à moyen terme	BAC	BAC	----	BAC, ev. ES <sup>1</sup>	-----	-----	-----
<b>Evacuation des gaz</b>								
Système existant	Fonctionnement actif ou passif	FST	---- (FST)	---- (FST)	----	----	----	----
Système inexistant	cf. production de gaz, émissions							
<b>Site</b>								
<b>Sous-sol</b>								
Sous-sol très imperméable	K ≤ 5 x 10 <sup>-9</sup> m/s	ES	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	CSQ

<sup>3</sup> en fonction de la teneur et des caractéristiques des déchets artisanaux et industriels ou des matériaux provenant de sites pollués

<sup>4</sup> captage actif et traitement des gaz encore nécessaire ou mesures supplémentaires par aération de la décharge jusqu'à ce que la teneur en CH<sub>4</sub> < 25 Vol.-%

## Annexe A

### Schéma d'aide à la décision concernant le type d'étanchéité de surface, selon chapitre 2.2

BAC = Barrière anti-convection ; ES = Etanchéité de surface ; CSQ = Couverture simple qualifiée; FST = Fermeture en surface temporaire

Type de décharge / type de compartiment de décharge		Décharges de déchets ménagers non incinérés	Décharges pour déchets de chantier (pas de déchets ménagers)	Décharges contrôlées bioactives selon l'OTD90 (sans déchets ménagers)	Compartiments à mâchefers d'avant 1990, non traités	Compartiments à mâchefers selon l'OTD90 (grossièrement démétallisés)	Compartiments à mâchefers selon l'OTD90 (en grande partie démétallisés)	Décharges contrôlée pour résidus stabilisés selon l'OTD90
Critère influençant le choix	Indicateur							
Sous-sol moyennement perméable	$K \leq 10^{-7}$ m/s	ES	ES	ES	ES	(ES)	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	CSQ
Sous-sol perméable	$K \geq 10^{-5}$ m/s	BAC	BAC	ES	ES, ev BAC <sup>1</sup>	ES	ev. ES	(ES)
<b>Eaux souterraines</b>								
non exploitables		ES	ES	CSQ	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	CSQ	CSQ
protégées par une couche de couverture	ou alors captage protégé par une zone de protection	ES	ES	CSQ, ev ES <sup>1</sup>	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	CSQ, ev ES <sup>1</sup>
peu protégées par une couche de surface	ou alors captage pas ou peu protégé par une zone de protection	BAC	BAC	(ES)	BAC	(BAC)	(ES)	(ES)
<b>Cours d'eau récepteur</b>								
fleuve ou rivière	débit minimum important	ES, ev BAC <sup>1</sup>	ES	ES	ES	CSQ, ev. ES <sup>1</sup>	CSQ	CSQ
ruisseau	débit minimum moyen	ES, ev BAC <sup>1</sup>	ES, ev BAC <sup>1</sup>	ES	ES	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>	ES, ev. CSQ <sup>1</sup>
petit ruisseau	débit minimum faible ou ruisseau déjà pollué en amont	BAC, ev ES <sup>1</sup>	BAC, ev ES <sup>1</sup>	ES	BAC, ev. ES	ES	ES	ES
<b>Mesures supplémentaires</b>								
<b>Couverture temporaire</b>	Gestion de la teneur en eau, augmentation de la quantité captée des gaz de décharge, accélération des tassements	env. 7-10 ans	env. 7-10 ans	env. 2-3 ans	env. 5 ans	env. 2-3 ans	env. 2-3 ans	---- (à contrôler)
<b>Infiltration</b>	400 – 600 mm/an; 10 à 15 ans	à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	à contrôler <sup>5</sup> , mesure mise en place: CSQ	(à contrôler) <sup>5</sup>	(à contrôler) <sup>5</sup>
<b>Humidification</b>	p.ex. recirculation des eaux de percolation	à contrôler	à contrôler	à contrôler	-----	-----	-----	-----
<b>Aération de la décharge</b>	7 -10 ans; réduction du carbone et de l'azote, accélération des tassements	à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	(----)	-----	-----	-----	-----
<b>Combinaison infiltration / humidification et aération</b>		à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	à contrôler <sup>5</sup> , mesures mises en place: ES, ev. CSQ	(----)	-----	-----	-----	-----

<sup>5</sup> CSQ seulement si étanchéité de fond et système d'évacuation selon l'OTD90 fonctionnels

**Annexe B**

**Ordonnances sur les décharges en Allemagne et en Autriche, extraits  
concernant la fermeture en surface (annexe non traduite)**



**Annexe C**

**Rapport CSD Ingénieurs SA, Bundesamt für Umwelt (BAFU),  
Oberflächenabschluss Deponien, Entscheidungshilfe Oberflächenbar-  
rieren n° BE07573.200 du 24.09.2011 (rapport original en allemand)**

**BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU)  
OBERFLÄCHENABSCHLUSS DEPONIEN**

**ENTSCHEIDUNGSHILFE OBERFLÄCHENBARRIEREN**

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Liebefeld, den 24. September 2011  
BE07573.200

**CSD INGENIEURE AG**

Hessstrasse 27d  
CH-3097 Liebefeld  
t +41 31 970 35 35  
f +41 31 970 35 36  
e [bern@csd.ch](mailto:bern@csd.ch)  
[www.csd.ch](http://www.csd.ch)

## **Impressum**

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Boden, CH-3003 Bern  
Auftragnehmer: CSD Ingenieure AG, CH-3097 Liebefeld  
Autor: Jörg Zenger  
Begleitung BAFU: Andre Laube  
Hinweis: Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.  
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. ALLGEMEINES</b>	<b>5</b>
<b>2. ENTSCHEIDUNGSHILFE OBERFLÄCHENABSCHLUSS</b>	<b>5</b>
2.1 Entscheidungsablauf Oberflächenabschluss	5
2.2 Aufbau der Tabelle Entscheidungshilfe	7
2.3 Gedanken und Empfehlungen zum Vorgehen	8
<b>3. FORMEN VON OBERFLÄCHENBARRIEREN</b>	<b>9</b>
3.1 Konvektionssperre K	9
3.2 Oberflächenabdichtung OA	9
3.3 Infiltrationsbremse I (Qualifizierte Oberflächenabdeckung)	10
3.4 Temporäre Oberflächenabdeckung TOA	10
3.5 Oberflächenabdeckung	11
3.6 Mögliche Auswirkungen von Klimaeinflüssen auf mineralische Dichtungen	11
<b>4. ZUSATZMASSNAHMEN</b>	<b>12</b>
4.1 Temporäre Abdeckung	12
4.2 Infiltration	12
4.3 Befeuchtung	13
4.4 Belüftung der Deponie (aerobe in situ Stabilisierung)	13
4.5 Kombination Infiltration/Belüftung	14
4.6 Fazit Massnahmen zur Verkürzung des Nachsorgezeitraums	14
<b>5. DEPONIEVERORDNUNGEN DEUTSCHLAND (D) UND ÖSTERREICH (A)</b>	<b>15</b>

## RECHTLICHE GRUNDLAGEN VERWENDETE DOKUMENTE / LITERATUR

### TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Anzahl in Betrieb stehende Etappen von Reaktor-/Reststoffdeponien der Schweiz	7
Tabelle 2: Massnahmen zur Beeinflussung des Deponieverhaltens für Nachsorge	15
Tabelle 3: Vergleich Verordnungen D und A im Bereich Oberflächenabdichtung	15

### ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Entscheidungsablauf Oberflächenabschluss	6
Abbildung 2: Beispiel Aufbau Konvektionssperre K	9
Abbildung 3: Beispiel Aufbau Oberflächenabdichtung OA	10
Abbildung 4: Beispiel Infiltrationsbremse I	10
Abbildung 5: Beispiel Aufbau Oberflächenabdeckung	11

## BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage A	Tabelle -Entscheidungshilfe Oberflächenbarriere (Separatum)	18
Beilage B	Deponieverordnungen Deutschland und Österreich Auszug zu Oberflächenbarriere	19

## PRÄAMBEL

CSD bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

CSD geht davon aus, dass

- ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden
- von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird
- die Arbeitsergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

Andernfalls lehnt CSD gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch CSD jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.

## 1. Allgemeines

Deponien müssen nach Abschluss der Einlagerung von Abfällen an der Oberfläche abgedeckt werden (Anhang 2 Ziffer 3 TVA, SIA Norm 203). Die Wahl des richtigen Aufbaus des Oberflächenabschlusses (z.B. mit/ohne Abdichtung) hängt von etlichen Randbedingungen, Voraussetzungen und Einflussfaktoren ab.

Randbedingungen/ Einflussfaktoren:

- Abfallzusammensetzung (Deponietyp /-kategorie), Klima, Standorteigenschaften (natürliches Deponiesystem) und Qualität der technischen Systeme
- Sickerwasserzusammensetzung, Stofffracht ins Fließgewässer, Sickerwasserbehandlung. Die Dimensionierung des Aufbaus erfolgt aufgrund des Kenntnisstandes der Entwicklung der Monitoringresultate.

Voraussetzungen für das Aufbringen eines definitiven Oberflächenabschlusses:

- Setzungen weitgehend abgeklungen
- Gasbildung: soweit abgeklungen, dass aktives Entgasen nicht mehr erforderlich ist und keine Schäden durch Migration (lateral und vertikal) entstehen

Zielsetzungen

- Förderung der kontrollierten Schadstoffentlastung durch zulassen gebremster Sickerwasserneubildung (temporär oder permanent) oder mit anderen zusätzlichen Massnahmen (Reduktion Konzentration Sickerwasser, verhindern Trockenkonservierung, Beschleunigung Setzungen).
- Nachsorgedauer: diese richtet sich nach der langfristigen Entwicklung der Emissionen und kann, sofern nötig mit zusätzlichen Massnahmen beeinflusst bzw. verkürzt werden (Zusatzinfiltration/Belüftung s.u.).

Durch den Oberflächenabschluss wird die Zusammensetzung des Sickerwassers ohne zusätzliche Massnahmen nicht verändert, dagegen lassen sich die Sickerwassermenge und damit die emittierte Fracht steuern. Bei der Planung des Deponieabschlusses ist diesem Aspekt im Zusammenhang mit der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer bzw. dem Eintrag in unterirdisches Gewässer Rechnung zu tragen. Die entsprechenden Rahmenbedingungen sind vom Kanton unter Berücksichtigung der Wasserqualität im oberirdischen Gewässer festzulegen.

## 2. Entscheidungshilfe Oberflächenabschluss

Die Entscheidungshilfe in Beilage A soll helfen, geeignete Lösungen für die Art des Aufbaus des Oberflächenabschlusses einer Deponie zu finden.

### 2.1 Entscheidungsablauf Oberflächenabschluss

Ausgangspunkt sind -abgesehen von Inertstoffdeponien- die sieben zurzeit am häufigsten in Betrieb anzutreffenden Deponie- respektive Kompartimentskategorien (vgl.

Abbildung 1). Diese Kategorienbezeichnungen nehmen Bezug auf das Abfallinventar der Deponie.

Zudem gibt es Mischformen und weitere besonders bezeichnete Deponie-/Kompartimentskategorien (bspw. Multikomponentendeponie, Monodeponie usw.), bei welchen unter Berücksichtigung des effektiven Abfallinventars (Schadstoffpotenzial) und den potentiellen Schadstoffemissionen interpolierend zu entscheiden ist. Für Deponien mit Schlackeablagerungen ist die bisherige Entwicklung grob abgebildet (z.B. zusätzliche Metallentfrachtung, Verbot Ablagerung von Galvanikschlämmen 1996).

Inertstoffdeponien benötigen in aller Regel nur eine einfache Oberflächenabdeckung (Rekultivierung über einer Trenn-, Ausgleichschicht).

„Kehrichtdeponie“ (vorwiegend Siedlungsabfälle)	„Bauabfälle/ Muldengut“	„Bioreaktor TVA 90 (kein Siedlungsabfall)“	„Schlackedeponie vor 1990 (unaufbereitet)“	„Schlackedeponie TVA 90 (grob entmetallisiert)“	„Schlackedeponie TVA 90 (weitergeh. entmetallisiert)“	Reststoffdeponie TVA 90
hoher Anteil an biologisch abbaubaren Organika; Bauabfälle inkl. brennbare und Anteile an Industrie- und Gewerbeabfällen	hoher Anteil Bauabfällen inkl. Bausperrgut; variierender Anteil biologisch abbaubarer Organika; Anteil Industrie- und Gewerbeabfall (3 bis > 30%)	kleiner Anteil an abbaubaren Organika; belasteter Aushub sowie Material von Alllastensanierungen; übrige Abfälle (Strassenwischgut, Industrieabfälle etc.) sowie Sonderabfälle	Schlacke mit schlechtem und variierendem Ausbrand, fehlende Metallentrachtung; metallhaltige Gewerbe- und Industrieabfälle (z.B. Galvanikschlämme, Kabel, Giesserei-/Strahlsande etc.)	Schlacke (KVA, SVA, etc.), Filteraschen, metallhaltiger Aushub; teilw. Galvanikschlämme bis 1996; Ausbrand verbessert aber variierend; magnetische Entschrottung der Schlacke	Wie linke Spalte aber Entschrottung magnetischer und nicht magnetischer Metalle, keine Galvanikschlämme	Hydr. gebundene oder sauer gewaschene Aschen, Metallhydroxidschlämme und Filter-/ Aschenrückstände aus der Industrie; metallhaltige Aushubmaterialien, z.T. aus Alllastensanierungen

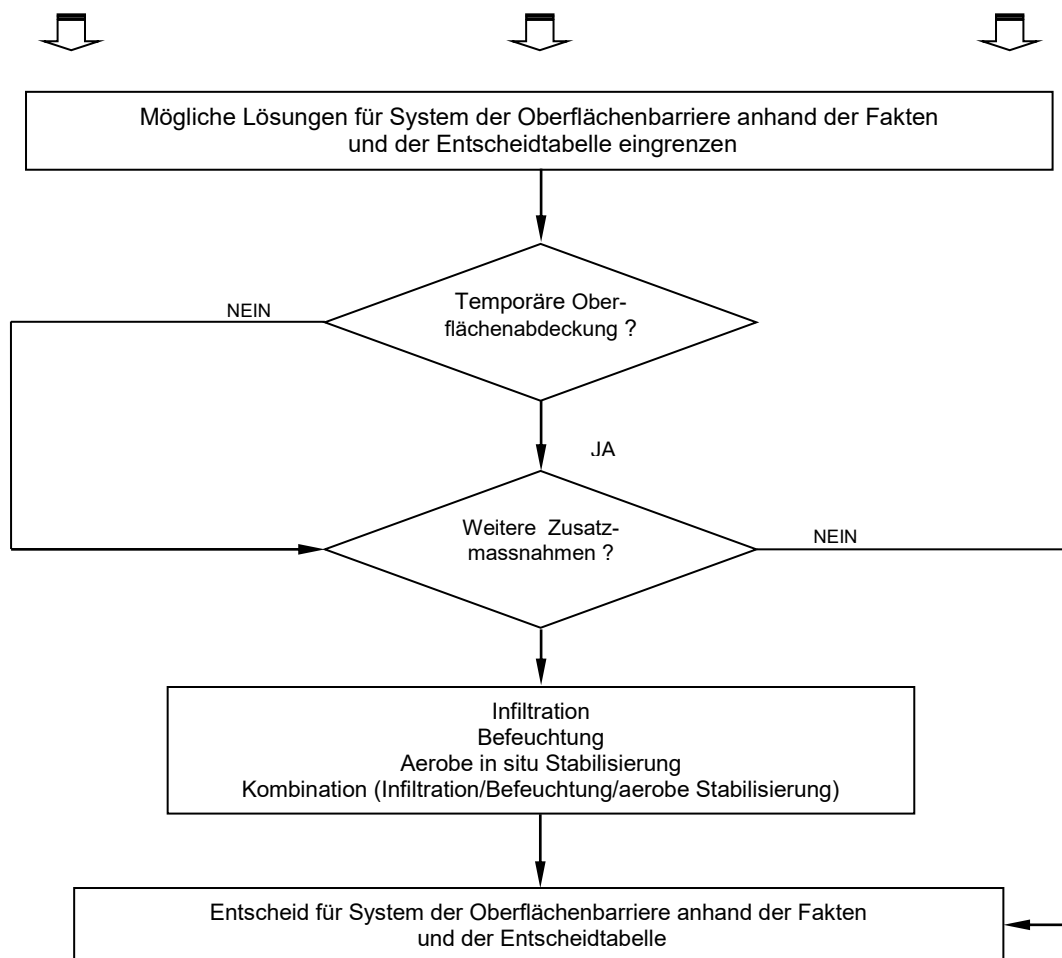


Abbildung 1 Entscheidungsablauf Oberflächenabschluss

Die Frage nach dem Einsatz von einem zeitlich begrenzten, provisorischen Oberflächenabschluss (temporärer Oberflächenabschluss TOA, vgl. Kap. 3.4 und 4.1) - vor dem späteren Bau eines definitiven - stellt sich in folgenden Fällen:

- Es sind noch erhebliche allgemeine und/oder differentielle Setzungen /Sackungen zu erwarten, welche das Oberflächenabschluss-System oder die nachfolgende Nutzung beeinträchtigen könnten.
- Der Deponiekörper weist eine gegenüber der Umgebung erhöhte Temperatur auf, welche die Austrocknung bzw. Schrumpfung des Oberflächenabschluss-Systems (insbesondere mineralische Abdichtungen) zur Folge haben.



- Die Gasproduktion ist noch erheblich und die aktiven bzw. passiven Entgasungsmassnahmen müssen aufrechterhalten werden.
- Es soll die Auswaschung von Schadstoffen im Deponiekörper temporär gefördert werden (z.B. zuletzt eingebrachte Abfallsschichten).

Die Frage „Weitere Zusatzmassnahmen?“ zielt auf Massnahmen, welche die Umsetzungs- und Lösungsreaktionen (Abbauprozesse) im Deponiekörper beschleunigen, reduzieren oder unterbinden (vgl. Kap. 4.2 ff). Je nach Deponiekategorie und Wirkung beeinflussen sie den Entscheid des zu wählenden Oberflächenabschlusses massgeblich. Die Empfehlungen für die angemessene Oberflächen-Abschlussform sind deshalb am Ende der Tabelle in Beilage A dargestellt. Ob in sehr ungünstigen Fällen dennoch eine Abdichtung angezeigt wäre, kann aufgrund einer Bewertung der übrigen Kriterien entschieden werden.

Etliche der heute noch betriebenen Deponiekompartimente umfassen sowohl Abfälle nach den Anforderungen der Deponierichtlinie 1976 (oder noch vor deren Inkraftsetzung), als auch Abfälle nach Anforderungen der TVA 90. Hier ist aufgrund der jeweiligen Abfallanteile, der Entwicklung der Emissionen sowie der Standortgegebenheiten und des technischen Systems über den Aufbau der Oberflächenbarriere zu entscheiden, wobei gelten sollte, je höher der Anteil von Abfällen mit höherem Schadstoffpotential und/oder je ungünstiger der Standort sowie die Qualität des technische Deponiesystems sind, desto dichter ist die Barriere auszubilden, oder es sind Zusatzmassnahmen zur beschleunigten Auswaschung/ Abbau von Schadstoffen zu prüfen.

Eröffnungsjahr der Etappen	vor 1990	1990-1996	1997-2000	nach 2000	keine Angabe
<b>In Betrieb stehende Etappen</b>					
Schlacke	3	10	10	9	1
Reaktorstoffe	5	10	5	5	1
Reststoffe	0	9	2	3	2
Schlacke-Reaktorstoffe **	1	2	3	2	0
Inertstoffe-andere **	1	1	2	2	0
Reaktorstoffe-Reststoffe **	0	0	0	2	0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>4</b>

\*\* kompartimentsweise abgelagert

Farblich hinterlegt sind Etappen mit potentiell kritischem Abfallinventar

Tabelle 1 Anzahl in Betrieb stehende Etappen von Reaktor-/Reststoffdeponien der Schweiz

Die Tabelle zeigt die Anzahl in Betrieb stehenden Etappen von Reaktor-/Reststoffdeponien der Schweiz bezogen auf das jeweilige Eröffnungsjahr. Demnach weisen rund 40 Prozent dieser Deponieetappen ein potentiell kritisches Abfallinventar auf. Basis: Erhebung bei in Betrieb stehenden Reaktor-/Reststoffdeponien der Schweiz, Stand Ende 2009 (BAFU, 2010).

## 2.2 Aufbau der Tabelle Entscheidungshilfe

Sie basiert einerseits auf verschiedenen Kriterien wie Klima, Standorteigenschaften, technische Systeme usw. und andererseits auf den sieben häufigsten Deponiekategorien:

Den einzelnen Kriterien sind in der Regel zwei bis vier Indikatoren zugeordnet, welche jeweils zunehmend ungünstigere Eigenschaften bzw. Fakten manifestieren.

Bei jedem Kriterium bzw. jedem Indikator sind ein bis zwei mögliche Aufbauten empfohlen, welche in Kapitel 3 charakterisiert sind. Der zweite Vorschlag richtet sich meistens nach Anteil und Eigenschaften von speziellen Abfallanteilen (z.B. Gewerbe und Industrie), der Standorteigenschaften bzw. der Qualität

technischer Deponiesysteme usw. Damit wird den für die Umweltauswirkungen kritische Indikatoren in der Entscheidungsfindung zusätzliches Gewicht verliehen. In der Tabelle sind Kürzel der entsprechend empfohlenen Oberflächenbarrieren aufgeführt.

Ein erster Überblick der empfohlenen Oberflächenbarrieren über alle Kriterien zeigt, dass die Anforderungen an die Dichtigkeit der Barriere aufgrund des Schadstoffpotentials, der Mängel im technischen Deponiesystem und ungünstiger Eigenschaften des Standorts zunehmen. Dies offenbart sich vor allem bei älteren Deponiekategorien markant, während bei jüngeren, der TVA 90 entsprechende Deponien bzw. Kompartimente vor allem aufgrund der Entwicklung der Schadstoffentfrachtung der Abfälle und der besseren Standorteigenschaften die Anforderungen an die Abdichtung der Oberfläche abnehmen.

Mittels Zusatzmassnahmen lassen sich bei einem Teil der Deponien bzw. Kompartimenten die Emissionen reduzieren und damit die Anforderungen an den Oberflächenabschluss. Sie sind am unteren Ende der Tabelle aufgeführt.

## 2.3 Gedanken und Empfehlungen zum Vorgehen

Im Hinblick auf die Rückstellung ausreichender finanzieller Mittel für den Oberflächenabschluss ist bei der Planung einer Deponie eine Vordimensionierung des Abschlusses vorzunehmen. Ferner sollte das Monitoring (Konzentration und Fracht Sickerwasser, ev. Deponiegas, ev. Setzungen und Verformungen) so festgelegt werden, dass am Abschluss der Auffüllphase robuste und langjährige Datenreihen zur Verfügung stehen, welche die Entwicklung der Deponie oder des jeweiligen abzudeckenden Kompartiments dokumentieren. Daten z.B. vom Gesamtabfluss allein genügen nur bei Monodeponien (keine anderen Kompartimente)

Die definitive Festlegung des Zeitpunktes und des detaillierten Aufbaus des Oberflächenabschlusses sollte erst nach Abschluss der Deponieauffüllung in Kenntnis der tatsächlichen Entwicklung der Sickerwässer, ev. Gas, Setzungen etc.) erfolgen. Zudem kann so der aktuelle Stand der Technik berücksichtigt werden.

Etliche Deponien betreiben aktuell mehrere Kompartimente mit unterschiedlichem Alter und Deponieinhalt. Hier empfiehlt es sich die Art der Oberflächenbarriere anhand der Tabelle für jedes Kompartiment separat zu eruieren. Übergänge zwischen verschiedenen Abdichtungsformen sind technisch möglich, aber heikel, und von erfahrenen Ingenieuren zu projektieren.

Bei Kompartimenten, welche Abfälle aus verschiedenen Zeitepochen abgelagert wurden, empfiehlt es sich, ohne vertiefte Untersuchungen, in der Regel die Oberflächenbarriere auf den ältesten, d.h. das grösste Schadstoffpotential aufweisenden Teil abzustützen (Vorsorge, Sicherheit).

Eine Oberflächenabdichtung sollte erst aufgebracht werden, wenn sich der Deponieinhalt gesetzt hat (TVA) bzw. die Hauptsetzungen (ausländische Verordnungen) abgeklungen sind. Verschiedene Autoren gehen davon aus, dass bei Kehrdeponien mind. 75% der Gesamtsetzungen, welche nach Abschluss der Verfüllung noch auftreten können, abgeklungen sein sollten, damit eine endgültige Oberflächenabdichtung aufgebracht werden kann. Unbehandelt<sup>1</sup> dauert dies bei Siedlungsabfalldeponien etwa 7 bis 16 Jahre nach Abschluss bis dieser Zustand erreicht ist. Will man verformungsbedingte Beschädigungen des Oberflächenabdichtungssystems für die Zukunft ausschliessen wird ein Setzungsmass von mind. 90% der Gesamtsetzungen empfohlen, was unbehandelt bei Siedlungsabfalldeponien etwa 14 bis 28 Jahren nach Abschluss der Auffüllung erreicht wird. Der Zeitraum bis zum Aufbringen des definitiven Oberflächenabschlusses kann z.B. mit einer Temporären Oberflächenabdeckung TOA (nach 3.4) überbrückt werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. Kapitel 4

Weil reine Siedlungsabfalldeponien kaum noch betrieben werden bzw. noch abzudecken sind, wird in der Tabelle eine kürzere Zeit aufgeführt (Schätzung). Bei Schlacken- und Reststoffdeponien sind keine massgeblichen Setzungen zu erwarten.

## 3. Formen von Oberflächenbarrieren

### 3.1 Konvektionssperre K

Meist aus zwei voneinander unabhängigen Komponenten bestehendes Abdichtungssystem, auch Kombinationsabdichtung genannt. Die erste Komponente besteht in der Regel aus einer mineralischen Dichtungsschicht oder geosynthetischen Tondichtungsbahnen GTD (Bentonitmatten) oder einer Kapillarsperre.

Hier wird für die technisch grösstmögliche langfristige Dichtigkeit ein Verbund zweier sich ergänzender Materialien eingesetzt.

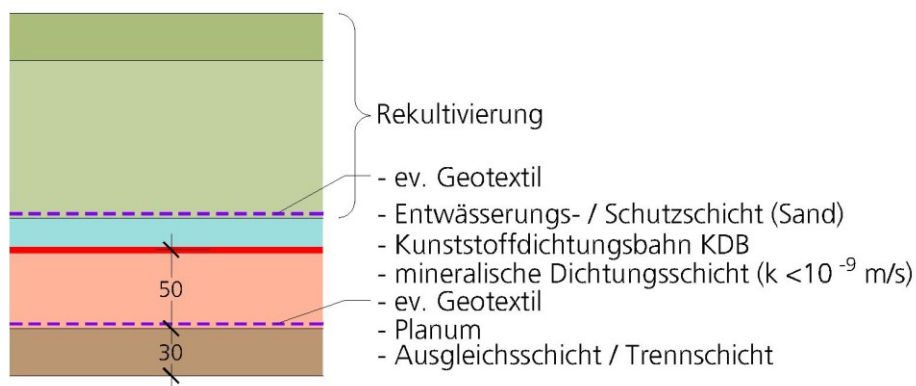


Abbildung 2: Beispiel Aufbau Konvektionssperre K

Wirkung:  $\leq 5\%$  des jährlichen Niederschlags sickern in den Deponiekörper ab;  $\pm$  gasdicht; **mumifizierend** auf Abfallstoffe; mit Abstand kleinste Fracht im Sickerwasser.

### 3.2 Oberflächenabdichtung OA

Besteht in üblicherweise aus einer mindestens zweilagigen mineralischen Dichtung mit maximalem Durchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 5 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ . Alternativ sind Bentonitvergütetes Mineralgemisch und Bentonitmatten (zweilagig in flachen Bereichen) sowie Polymervergütete Dichtungsmaterialien und die Kapillarsperre einsetzbar. Ferner könnte bei sehr setzungsarmem Deponiekörper (z.B. Schlackedeponie) auch eine bituminösen Dichtungsschicht eingesetzt werden.

Die mineralische OA ist wohl sehr langzeitbeständig, neigt aber je nach Ausführung mehr oder weniger stark zu Rissbildung zufolge von Austrocknung (vgl. Kap. 3.6) und damit zur Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit.

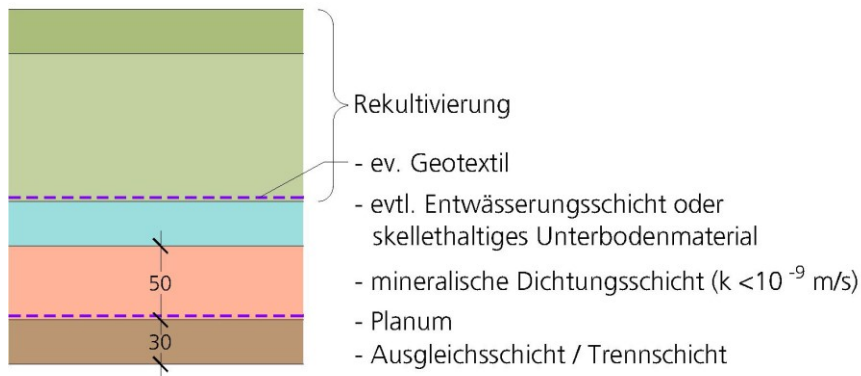


Abbildung 3: Beispiel Aufbau Oberflächenabdichtung OA

Wirkung:  $\leq 5\%$  des jährlichen Niederschlags sickern in den Deponiekörper ab; eher mumifizierend auf Abfallstoffe; mit kleine Fracht im Sickerwasser; Risiko lokaler Hotspots Gasaustritte

### 3.3 Infiltrationsbremse I (Qualifizierte Oberflächenabdeckung<sup>2</sup>)

Besteht in üblicherweise aus einer mindestens zweilagigen mineralischen Schicht mit Durchlässigkeitsbeiwert je nach angestrebter Wirkung von  $k \leq 10^{-7}$  bis  $10^{-8}$  m/s zur Reduzierung des Wasserzutrittes.

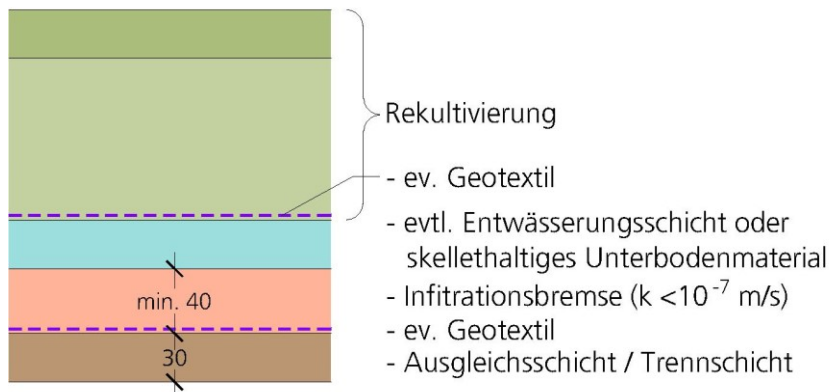


Abbildung 4: Beispiel Infiltrationsbremse I

Wirkung: 10 -20% des jährlichen Niederschlags sickern in den Deponiekörper ab; kaum mumifizierend auf Abfallstoffe; grössere Fracht im Sickerwasser; Risiko lokaler Hotspots Gasaustritte

### 3.4 Temporäre Oberflächenabdeckung TOA

Bei Deponien oder -kompartimenten, auf denen Hausmüll, Klärschlämme und andere Abfälle mit hohen organischen Anteilen abgelagert worden sind, sollte bis zum Abklingen der Hauptsetzungen eine temporäre Abdeckung eingebaut werden, wenn grosse Setzungen und Gasentwicklung erwartet werden.

Bei Schlackekompartimenten, ist ebenfalls eine temporäre Oberflächenabdeckung zu prüfen, wenn hohe Temperaturen im Abfallkörper oder in den obersten, jüngsten Ablagerungsschichten erwartet werden.

Die temporäre Abdeckung soll Erosion, Windverfrachtungen verhindern und Sickerwasserneubildung und Deponiegasfreisetzungen begrenzen.

<sup>2</sup> Sicherung von Deponie- Altlasten, Umwelt-Vollzug Nr. 0720, BAFU

Ihr Durchlässigkeitsbeiwert liegt je nach Erfordernis in der Größenordnung von  $k \leq 5 \times 10^{-7}$  bis  $10^{-5}$  m/s. Sie kann später auch gänzlich oder als Ausgleichsschicht unter dem definitiven Oberflächenaufbau verwendet werden. Je nach Zielsetzung kann sie in entsprechend grösserer Mächtigkeit als geotechnische Vorbelastung dienen (Setzungen erzwingen).

### 3.5 Oberflächenabdeckung

Eine mineralische Abdeckschicht wird über dem Abfall eingebracht und dient gleichzeitig als Ausgleichsschicht. Darüber wird die der entsprechenden Nutzung entsprechende Rekultivierungsschicht eingebracht. Für Inertstoffdeponien ist das in der Regel ausreichend.

Ist in Tabelle Entscheidungshilfe Oberflächenbarriere nicht aufgeführt.

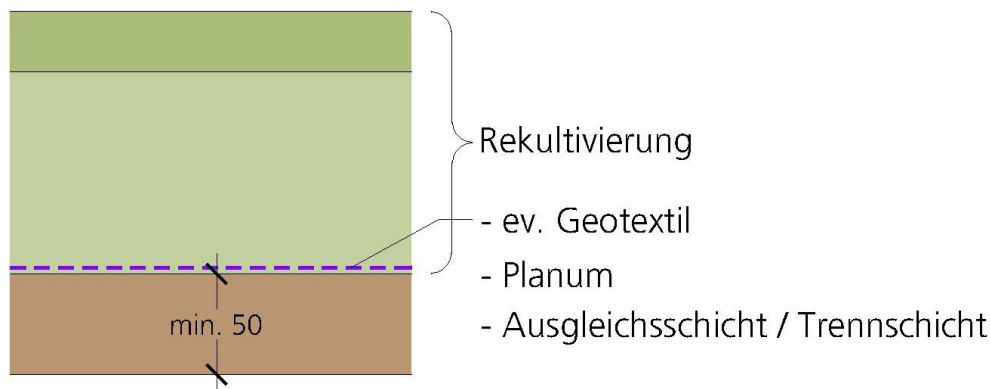


Abbildung 5: Beispiel Aufbau Oberflächenabdeckung

Wirkung: 30 – 40% des jährlichen Niederschlags sickern ab; nicht mumifizierend

### 3.6 Mögliche Auswirkungen von Klimaeinflüssen auf mineralische Dichtungen

Verschiedene langjährige Untersuchungen an Testfeldern und an bereits abgedichteten Deponien ergeben, dass mineralische Oberflächenabdichtungen je nach Ausführung mehr oder weniger stark zu Rissbildung zufolge Austrocknung / Frost neigen und damit zur Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit. Auch erhöhte Wärmebildung im Deponiekörper kann zu irreversiblen Schrumpf- bzw. Trockenrissen führen. Die klassischen feinkörnigen Tondichtungen auch CCL<sup>3</sup> genannt, haben sich anscheinend nur in semiariden Gebieten bewährt. Ansonsten sind k-Wertanstiege um bis zu 4 Zehnerpotenzen zu beobachten. Gemischtkörnige mineralische Dichtungen mit oder ohne Bentonit- /andere Zugaben zeigen in der Regel keine vergleichbaren Beeinträchtigungen. Langzeitbeobachtungen bzw. -extrapolationen fehlen aber noch.

Auch vernadelte Na- Bentonitmatten können zufolge Austrocknung schon nach 2-3 Jahren, vor allem wenn die Rekultivierungsschicht zu dünn ist, ihre Funktion nicht erfüllen auch wenn sie nachgewiesenermassen ein Selbstheilungsvermögen bezüglich Risse aufweisen. Damit letzteres bei Wiedervernässung funktioniert, ist eine Einspannung der Matte erforderlich, was erst bei mindestens 20 KN/m<sup>2</sup> Bodenauflast möglich ist. Inwieweit der Ionenaustausch von Natrium gegen Calcium auch eine Rolle spielt ist umstritten.

Die Materialwahl, der Aufbau und die Kontrolle (Vorversuche, Qualitätssicherung) sind daher entscheidende Kriterien für die langfristige Wirksamkeit der mineralischen Abdichtungen und sollten sorgfältig zusammen mit erfahrenen Fachleuten erarbeitet werden. Ebenfalls ist die Dicke der Rekultivierungs-

<sup>3</sup> CCL = Compacted Clay Liner

schichten sehr entscheidend auf den Wasser- und Temperaturhaushalt über und in der der Abdichtungsschicht.

## 4. Zusatzmassnahmen

Die Erfahrungen mit und Prognosen zum Sickerwasserhaushalt unterschiedlicher Deponietypen zeigen immer wieder: Sickerwasseremissionen können durch eine vollständige Kapselung des Deponiekörpers (Trockenkonservierung / Mumifizierung) zwar vermieden werden, solange die Funktionstüchtigkeit der Oberflächenabdichtung nicht beeinträchtigt wird. Sobald Wasser in den Deponiekörper eindringt, werden die Mobilisierungs- und Umsetzungsprozesse jedoch wieder aktiviert, was zu Sickerwasser- und Deponiegasemissionen sowie weiteren Setzungen führen kann. Das Ausmass dieser Reaktivierung ist abhängig vom verbliebenen Emissions- und Setzungspotenzial und dem Volumen des erneut eindringenden Wassers

Deshalb werden verschiedene Zusatz- und Stabilisierungsmassnahmen erprobt oder bereits angewendet um in einem technisch überschaubaren Zeitraum Umsetzungs- und Lösungsreaktionen zu unterbinden oder zu reduzieren.

### 4.1 Temporäre Abdeckung

Die temporäre Abdeckung (vgl. auch Kapitel 3.4) wird unmittelbar nach Abschluss der Ablagerung eingebracht. Sie soll einerseits Erosion, Windverfrachtungen verhindern und Sickerwasserneubildung sowie Deponiegasfreisetzung begrenzen. Andererseits dient sie mit ihrer Durchlässigkeit der Steuerung des Wasserhaushaltes, der Auslaugung von Schadstoffen sowie bei Deponien mit hohem Anteil an organisch abbaubaren Inhalten der Steigerung der Deponiegasproduktion und Beschleunigung der Setzungen. Bei Schlackedeponien ist sie auch für Auswaschung und „Abkühlung“ der obersten Einbauschichten verwendbar.

Die Wirkung ist geringer als diejenige der nachstehend diskutierten Massnahme Infiltration. In der Literatur finden sich Angaben für die Zeitdauer der Massnahme je nach Deponieinhalt von:

- 7 bis 10 Jahren bei Deponien mit grösseren organischen Anteilen  $\geq 40$  gew.-% (DVO<sup>4</sup>: zulässig max. 20 Jahre)
- mind. 10 Jahre bei reinen Siedlungsabfalldeponien (Kehrichtdeponien)
- Schlackedeponien je nach Alter 2 bis 5 Jahre
- Neuere Reaktordeponien mit sehr kleinem organischen Anteil: derzeit noch unbekannt

### 4.2 Infiltration

Mit kontrollierter Wasserzuführung bzw. Sickerwasserkreislaufführung kann durch Steigerung des Wasser-/Feststoffverhältnisses eine beschleunigte Mobilisierung von Abfallinhaltsstoffen erreicht und damit das Emissionspotential über den Sickerpfad schneller reduziert werden („Auslaugung“). Es sind während 5 – 15 Jahren sehr grosse Mengen, nämlich etwa 40 – 60% vom Niederschlag (400 bis 600 mm/a) zu infiltrieren. Laborversuche und Modelle haben ergeben, dass der Gesamtstickstoff mit dieser Methode gegenüber Organika und Salzen deutlich weniger abnimmt. Aufgrund der grossen zusätzlichen Wassermengen müssen folgende Probleme beachtet werden:

- Inhomogenität und unterschiedliche Fliessbewegungen (präferenzielle Sickerwege) führen zu ungleichmässiger Wasserverteilung

---

<sup>4</sup> DVO = Deponieverordnung Österreich, 2008

- benötigte Mengen können zu technischen Problemen führen wie Wasserverteilung, Sickerwasserabfluss an Basis (Auslegung Drainagesystem), Standsicherheitsprobleme, zusätzliche Sickerwasserbehandlungskosten
- längerer Infiltrations-Zeitraum erforderlich, trotz hoher Wassermengen
- In der Regel nur bei basisabdichteten Deponien anwendbar
- vor allem im Betrieb der Deponie eine effektvolle Massnahme

## 4.3 Befeuchtung

Bei gesteuerten und kontrollierten Infiltrationsmassnahmen mit geringen Wassermengen kann Deponiegasproduktion bzw. Restgasproduktion durch die Optimierung der Abfallfeuchte und der beschleunigte Abbau organischer Abfallsubstanzen verbessert werden

- vor allem bei Deponien, die noch grössere Mengen an biologisch verfügbaren Organika enthalten, bei klimatisch bedingt trockenen StaO oder wenn Trockenkonservierung zufolge Oberflächenabdeckung/-abdichtung vermieden werden soll
- während dem Betrieb und nach Abschluss der Deponie auch mit Oberflächenabdichtung eine effektvolle Massnahme

Bei beiden in Kapitel 4.2 und 4.3 beschriebenen Stabilisierungs-Massnahmen erfolgt die Wasserzuführung via Sickerrigolen, -gräben, Sickerleitungsnetz, seltener via Versprühen oder Verrieseln (Geruch, Hygiene) oder Bohrungen/ Sonden. Teilweise schon während des Betriebes eingerichtet oder bevor Endabdichtung aufgebracht wird. Die Einrichtung/Betrieb der Massnahmen nach Aufbringen der Endabdichtung birgt Risiken von zu grossen Setzungsdifferenzen und damit von Leckage der Endabdichtung.

Diese Massnahmen werden in Deutschland und Frankreich in grösserem Massstab praktiziert. Einige Experten sind der Auffassung, dass die zusätzliche Infiltration auch bei Schlackedeponien angewendet werden sollte.

## 4.4 Belüftung der Deponie (aerobe in situ Stabilisierung)

Die sogenannte aerobe in situ Stabilisierung zur Beschleunigung biologischer Abbau- und Umsetzungsprozesse führt via aeroben Abbau der organischen Substanz und Unterbindung der Methanbildung zu einer beschleunigten Reduktion der Emissionen (Sickerwasser, Gas) und der Setzungen. Zeitpunkt für den Eingriff ist in der Regel, wenn die Gasproduktion in der sogenannten Lufteindringphase steckt ( $\text{CO}_2$ -,  $\text{N}_2$  – Gehalte leicht ansteigen,  $\text{O}_2$ -Gehalt erhöht), diese tritt nach etwa 10 - 15 Jahren Ablagerungsdauer ein.

Mit der Belüftung wird der Kohlenstoffaustrag über Gas 2 bis 3-mal beschleunigt und im Sickerwasserpfad erfolgt eine beschleunigte Konzentrationsabnahme beim CSB um Faktor 5 -6 und beim Stickstoff um 4 -11 innert 3-6 Jahren Belüftung. Die Stickstoffabnahme ist bedeutend grösser und rascher als mittels Infiltration, weil mit der Belüftung Nitrifikations- und Denitrifikationsvorgänge im Deponiekörper intensiviert werden. Erfahrungen zeigen Setzungen /Sackungen von 2 bis 10% der Deponiehöhe.

Bezüglich Abklingen der Setzungen lässt sich festhalten, dass sich die in Kapitel 2.3 aufgeführten:

- Abklingen Hauptsetzungen = 75% der Gesamtsetzungen um 5 Jahre
- Abklingen 95% der Gesamtsetzungen bis um 10 Jahre

früher einstellen, als bei unbehandeltem, unstabilisiertem Deponieinhalt.

Aufgrund dieser Resultate wird prognostiziert, dass Hausmülldeponien innert 40 bis 50 Jahren aus der Nachsorge entlassen werden könnten.

Methoden: Über vertikale Bohrungen/Lanzen oder bestehende Entgasungsbrunnen wird Luft unter Druck in die Deponie gepumpt (via Nieder- oder Hochdruck) oder abgesaugt (Saugbelüftung). Gleichzeitig muss die überschüssige „Abluft“ gefasst und je nach Gasqualität behandelt werden z.B. via Biofilter. Ein System (Biopuster®-Verfahren) verwendet technischen Sauerstoff, welcher mit Druckstößen eingebracht wird.

Da es sich bei der aeroben in situ Stabilisierung um ein neueres Verfahren handelt, liegen noch keine abschliessenden, verallgemeinerbare Ergebnisse aus der grosstechnischen Anwendung vor. Die Zwischenergebnisse der Monitoringmassnahmen und die Ergebnisse begleitender Untersuchungen zeigen jedoch eindeutig die positive Beeinflussung des Emissionsverhaltens und den Beschleunigungseffekt insbesondere der biologischen Umsetzungsprozesse an.

## 4.5 Kombination Infiltration/Belüftung

Für Deponien mit noch beträchtlichem Anteil an biologisch abbaubarer organischer Substanz geeignet. Derzeit ist ein Pilotprojekt der Universität Stuttgart (Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüter und Abfallwirtschaft) an der 2005 stillgelegten Deponie Konstanz – Dorfweiher (BW) gestartet worden, mit:

- gesteuerte Intervallbelüftung
- dosierte Rückführung Sickerwasser
- Biofilter für Methangasabbau und Geruchs- sowie Schadstoffe abbauen

Ziel:

- Nachsorgezeit unter 30 Jahre
- Org. Abfälle schneller mineralisieren
- Sickerwassermenge verringern

## 4.6 Fazit Massnahmen zur Verkürzung des Nachsorgezeitraums

Es gilt daher, bei Deponien oder Kompartimenten je nach Gefährdungspotential den Einsatz von Massnahmen zu einfacheren Oberflächenabschlüssen sowie zur Verringerung der ordentlichen Nachsorgedauer und der Störfall-Risiken zu prüfen.

Etlliche Autorengemeinschaften haben über die Möglichkeiten und die Untersuchungsergebnisse solcher Massnahmen berichtet (Stegmann et al, 2006, Hupe et al, 2003, Hoins et al, 2003).

Massnahme	Deponietyp	Bemerkungen
Gezielte Befeuchtung (z.B. mit Sickerwasserrezirkulation, geringe Mengen)	„Kehrichtdeponie“	Bei hohem Anteil an bioverfügbaren organischen Abfällen, Gasproduktion aufrechterhalten/ optimieren, Erfassung und Behandlung erforderlich
Befeuchtung / Belüftung	„Kehrichtdeponie“	Bei höherem Anteil an bioverfügbaren organischen Abfällen, wenig Gasproduktion
Belüftung	„Bauschutt-, Muldengutdeponie“, ev. Reaktordeponie	Bei geringem Anteil an bioverfügbarem organischen Abfällen; bei anerob nicht oder kaum abbaubaren Stoffen
Bewässerung (min. 40 – 60% Jahresniederschlag)	Alle	Sehr hoher Wasserbedarf > jährliche Sickerwassermenge, 5 – 15 Jahre, Entsorgungskosten, Basisabdichtung
Temporäre Oberflächenabdeckung	„Kehricht-, Bauschutt-Muldengutdeponie“,	Reduzierter Wassereintritt, geringe Auswaschprozesse, feuchtes Milieu für Gas-



	Schlackekompartiment	produktion, Setzungen abklingen lassen
--	----------------------	--

Tabelle 2: Massnahmen zur Beeinflussung des Deponieverhaltens für Nachsorge

An verschiedenen Deponien in Deutschland und Österreich sind Massnahmen für Befeuchtung/Belüftung im Gange. Die vorläufigen Ergebnisse sind ermutigend. Weil die Massnahmen jeweils noch nicht abgeschlossen sind, liegen noch keine allgemein gültigen Aussagen vor. Der Vorteil obiger Massnahmen ist, dass sie nachhaltig wirksam sind.

## 5. Deponieverordnungen Deutschland (D) und Österreich (A)

Die beiden Nachbarländer haben ihre Verordnungen im 2008 (A) und im 2009 (D) erneuert. Im Bereich Oberflächenbarrieren gilt für die Frage Abdichtung ja/Nein folgendes:

Deponietyp	Deutschland D	Österreich A
Inertstoffdeponie	keine Abdichtung	Infiltrationsbremse $d = 0.4 \text{ m}$ , $k \leq 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ , Begrenzung Niederschlagseintrag $N \leq 5 \%$
Deponie geringe Schadstofffreisetzung	eine Abdichtungskomponente, Begrenzung $N \leq 20 \text{ mm}$ Jahresniederschlag	Baurestmassendeponie dito, Begrenzung $N \leq 5 \%$ Jahresniederschlag
Deponie höhere Belastungen D Reststoff-, Massenabfalldeponie: A	zwei Abdichtungskomponenten, Begrenzung $N \leq 20 \text{ mm}^1$	zwei Abdichtungskomponenten, Begrenzung $N \leq 10 \text{ bis } 20 \text{ mm}$ ; konvektive Abdichtung zwingend
Altdeponien	in der Regel zwei Abdichtungskomponenten <sup>1</sup>	in der Regel zwei Abdichtungskomponenten

<sup>1</sup> bei 2 Systemkomponenten sollen diese Komponenten aus verschiedenen Materialien bestehen, die auf Einwirkung (z.B. Austrocknung, mechanische Perforation) so unterschiedlich reagieren, dass sie hinsichtlich Dichtigkeit fehlerausgleichend wirken.

Tabelle 3: Vergleich Verordnungen D und A im Bereich Oberflächenabdichtung

Des Weiteren werden Angaben (vergleiche) über die Anforderungen an temporäre Oberflächenabdeckungen TOA, Massnahmen zur Beschleunigung von Abbauprozessen; Alternativabdichtungen usw. gemacht. Die wichtigsten sind in Beilage B zusammengefasst

### CSD INGENIEURE AG

Jörg Zenger

Liebefeld, den 24. September 2011

W:\AUFTRAG\BE07500\BE07570\BE07573\05\_TP200 Oberflächenbarrieren\Bericht Oberflächenbarrieren.doc

### BETEILIGTE MITARBEITENDE

Jörg Zenger, dipl. Ing. HTL

## Rechtliche Grundlagen

### Schweiz

- Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz [USG]) vom 7. Oktober 1983 (Stand: 01.08.2010)
- Technische Verordnung über Abfälle (TVA) vom 10.12.1990 (Stand: 01.01.2010)
- Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) vom 1. Juli 1998 (Stand 01.07.2008)

### Deutschland

- Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts (Verordnung über Deponien und Langzeitlager) vom 27. April 2009; DepV 2009

### Österreich

- 39. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien, Deponieverordnung 2008 vom 1. März 2008; DVO 2008

## Verwendete Dokumente / Literatur

- 1) BAFU (2007): Sicherung von Deponiealtlasten, Stand der Technik, Grenzen und Möglichkeiten
- 2) BAFU (2007): Antimony in Switzerland: A substance flow analysis, FOEN 2007
- 3) BAFU (2010): Entwurf Vollzugshilfe Deponiesickerwasser, Stand Mai 2010, unveröffentlicht
- 4) Behling, D. (2010): Dichtheit und Beständigkeit von abdichtenden Systemkomponenten in Testfeldern auf deutschen Deponien, (über mineralische Deponieoberflächenabdichtungen), Müll und Abfall, Heft 9/10, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- 5) Doka, G. (2004): Modelling of long-term emissions in LCIs of landfills. 22. LCA discussion forum, ETH Zurich
- 6) Drees, K. (2000): Beschleunigter Stoffaustrag aus Reaktordeponien. Dissertation D 82, RWTH Aachen
- 7) Ehrig, H.-J. und Witz, U. (2004): Überlegungen zum langfristigen Umgang mit Deponiesickerwässern. In: Stegmann et al. Hamburger Berichte 22 Abfallwirtschaft TU Hamburg-Harburg "Deponietechnik 2004"
- 8) Egloffstein, Th., Sturm, D.; Bräckelmann, H. (2008): Erfahrungen beim Bau von Wasserhaushalts-/Rekultivierungsschichten, Bodenqualität und -verfügbarkeit, unverdichteter Einbau, Erosions- und Setzungsverhalten, erste Langzeiterfahrungen, Tagungsband „Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2008“, ICP Eigenverlag, Bauen und Umwelt, Karlsruhe, Band 15
- 9) Gessner, M. (2002): Anforderungen an Abschluss und Nachsorge von Deponien in der TA Siedlungsabfall – ein kritisches Pro-Referat, DGAW Tagung und Workshop zur Änderung der TA Siedlungsabfall in eine Deponieverordnung
- 10) Heerten, G.; Koerner R.M. (2008): Erfahrungen mit mineralischen Dichtungen im Deponiebau, Tagungsband „Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2008“, ICP Eigenverlag, Bauen und Umwelt, Karlsruhe, Band 15
- 11) Huber, H; Jaros, M.; Lechner, P. (1996): Emissionsverhalten von MVA-Schlacke nach künstlicher Alterung, Endbericht, ABF BOKU, Dez. 1996
- 12) Johnson, A. (1993): Chemische Eigenschaften und Langzeitverhalten von Müllschlacken. In: Baccini & Gamper (Hrsg.) Deponierung fester Rückstände aus der Abfallwirtschaft, vdf-Verlag
- 13) Klein, R. (2001/02: Wasser-, Stoff- und Energiebilanz von Deponien aus Müllverbrennungsschlacken, Dissertation, Technische Universität München

- 14) Kommission SIA 203 (2009): Vorschläge zur Revision der TVA aus der Sicht der Kommission SIA 203, 18.09.2009; sowie diverse Thesenpapiere
- 15) Krümpelbeck, U. (2000): Untersuchungen zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien. Veröffentlichung des Lehrstuhls für Abfall- und Siedlungswasserwirtschaft der Bergischen Universität/Gesamthochschule Wuppertal
- 16) Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Nordrhein Westfalen Hrsg. (2010): Langzeitbeständigkeit mineralischer Abdichtungen, LANUV-Fachbericht 25; Recklinghausen 2010
- 17) Landesumweltamt Nordrhein Westfalen, Hrsg. (2001): Leitfaden für die Beurteilung des Emissionspotentials von Altdeponien, „Kapitel 7 und 10 über Setzungen, und Setzungsverhalten“; Essen 2001
- 18) Nienhaus, U. (1997). Sickerwasserqualität von Altdeponien – Behandlung ohne Ende? In: Abwassertechnik, Heft 2
- 19) Ramke, H-G; Melchior St. et al (2001/02), Ergebnisse des Status Workshops “Austrocknungsverhalten von mineralischen Abdichtungsschichten im Deponie-Oberflächenabdichtungssystem”; Fachhochschule Lippe und Höxter, Abteilung Höxter; 31.01.2001/01.02.2002
- 20) Stegmann, R.; Heyer, K.U.; Hupe, K.; Willand, A.(2006): Deponienachsorge- Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge, Abschlussbericht, FKZ 204 34 327, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltbundesamt Berlin 2006
- 21) Fellner, J.; Prantl, R. et al (2008): ÖWAV- Positionspapier, Konzeptionelle Überlegungen zur Entlassung aus der Deponienachsorge, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien Dezember 2008

**BEILAGE A    TABELLE -ENTSCHEIDUNGSHILFE OBERFLÄCHEN-  
BARRIERE (SEPARATUM)**

**Beilage A**

**Tabelle Entscheidungshilfe Oberflächenbarriere**

K = Konvektionssperre; OA = Oberflächen-Abdichtung; I = Infiltrationsbremse; TOA = Temporäre Oberflächen- Abdeckung

Deponie-, Kompartimentskategorie		„Kehrichtdeponie“ (vorwiegend Siedlungsabfälle)	Bauabfälle/ „Mulden- gut“ (kein Siedlungs- abfall)	„Bioreaktor TVA90“ (ohne Siedlungsabfälle)	„Schlackedeponie vor 1990“ unaufbereitet	„Schlackedeponie TVA 90“ (grob entmetallisiert)	„Schlackedeponie TVA 90“ (weitgehend ent- metallisiert)	Reststoffdeponie TVA90
Entscheidungskriterien	Indikator							
<b>Generelles</b>								
• Abfallzusammensetzung		hoher Anteil an biologisch abbaubaren Organika; Bauabfälle inkl. brennbare und Anteile an Industrie- und Gewerbeabfällen	hoher Anteil Bauabfällen inkl. Bausperrgut; variierender Anteil biologisch abbaubarer Organika; Anteil Industrie- und Gewerbeabfall aus näheren Umgebung 3 bis > 30%)	kleiner Anteil an abbaubaren Organika; belasteter Aushub sowie Material von Altlastensanierungen; übrige Abfälle (Straßenwischgut, Industrieabfälle etc.) sowie Sonderabfälle	Schlacke mit schlechtem und variierendem Ausbrand, fehlende Metallentfrachtung; metallhaltige Gewerbe- und Industrieabfälle (z.B. Galvanikschlämme, Kabel, Gieserei-/Strahlsande etc.)	Schlacke (KVA, SVA, Giesereien etc.), Filteraschen, metallhaltiges Aushubmaterial (Schlammplatzsanierungen); teilw. Galvanikschlämme (bis 1996); Feinanteil aus Bodenwäsche; Schlackeausbrand verbessert aber variierend; magnetische Entschrottung der Schlacke	Wie linke Spalte aber Entschrottung magnetische und nichtmagnetische Schwermetalle; keine Galvanikschlämme	hydraulisch gebundene oder sauer gewaschene Filteraschen, Metallhydroxidschlämme und Filter-/Aschenrückstände aus der Industrie; metallhaltige Aushubmaterialien, z.T. aus Altlastensanierungen
• Geschätztes Schadstoffpotential Abfall	Abfallzusammensetzung	Hoch	Mittel - hoch	Mittel	Mittel - hoch	Mittel	Mittel; bei Ausbrand ≤2% geringer	Mittel und geringer
• Freisetzung	Sickerwasser, teilw. Depo- niegas	Hoch (Sickerwasser und Gas)	Mittel – hoch (Si- ckerwasser und ev. Gas)	Mittel (Sickerwasser)	Mittel (Sickerwasser)	Mittel – geringer als Mittel (Sickerwasser, Belastung)	Geringer als Mittel (Sickerwasser, Belas- tung)	Gering – Mittel (Sickerwasser, Belastung)
<b>Klima</b>								
• Niederschlag	< 700 mm/a	I	I	I	I	I	I	I
	< 900 mm/a	OA	OA	OA	OA	OA <sup>1</sup> ev. I	I	I
	> 1'000 mm/a	OA, K <sup>2</sup>	OA, K <sup>1</sup>	OA	OA, ev K <sup>2</sup>	OA	I ev. OA <sup>2</sup>	I ev. OA <sup>1</sup>
• Temperatur	In Ebene Abdichtung	Siehe Text	Siehe Text	Siehe Text	Siehe Text	Siehe Text	Siehe Text	Siehe Text
<b>Rekultivierungsschicht</b>								
• Schichtdicke Unter- und Oberboden, Feld- kapazität	d ≥1.50 m, nutzbare Feldka- pazität 190 mm über ganze Rekultivierungsschicht	OA	OA	I	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	I	I
	d ≥1.00 m, Feldkapazität 140 mm	OA, K <sup>2</sup>	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA	OA	OA	I	OA, ev. I <sup>1</sup>
	d ≤1.00 m, Feldkapazität < 100 mm	K	K	OA	K <sup>2</sup> , OA	OA	I	OA
• Neigung	Flach, Kuppe	OA, K <sup>2</sup>	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA	OA	OA	I	OA, ev. I <sup>1</sup>
	Böschungsbereich	OA	OA	I	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	I	I
<b>Deponiekörper/ Abfallzu- sammensetzung</b>								
• Schadstoffgehalt	Abfall, Fracht und Konzentra- tion in Sickerwasser							
Sickerwasser	Normal für Deponietyp ohne ungewöhnliche Schadstoffe	OA, ev. K <sup>2</sup>	OA, ev. K <sup>2</sup>	OA, ev. I <sup>2</sup>	OA	OA, ev. I <sup>2</sup>	I	I

<sup>1</sup> je nach Anteil und Eigenschaften der Gewerbe- und Industrieabfälle, und/oder der Standorteigenschaften sowie der technischen Systeme,

<sup>2</sup> je nach Standorteigenschaften sowie der technischen Systeme

**Beilage A**

Deponie-, Kompartimentskategorie		„Kehrichtdeponie“ (vorwiegend Siedlungsabfälle)	Bauabfälle/ „Mulden- gut“ (kein Siedlungs- abfall)	„Bioreaktor TVA90“ (ohne Siedlungsabfälle)	„Schlackedeponie vor 1990“ unaufbereitet	„Schlackedeponie TVA 90“ (grob entmetallisiert)	„Schlackedeponie TVA 90“ (weitgehend entme- tallisiert)	Reststoffdeponie TVA90
Entscheidungskriterien	Indikator							
Anteil speziell belastete Abfälle aus Industrie und Gewerbe	Gering < 3%	OA, ev. K <sup>2,3</sup>	OA, ev. K <sup>2,3</sup>	OA, ev. I <sup>2</sup>	OA	OA, ev. I <sup>2</sup>	I	I
	Mittel < 10%	OA, ev. K <sup>2,3</sup>	OA, ev. K <sup>2,3</sup>	OA	OA	OA, ev. I <sup>3</sup>	I, ev OA <sup>3</sup>	I, ev OA <sup>3</sup>
	Hoch 25 bis < 30%	K, ev. OA <sup>2,3</sup>	K, ev. OA <sup>2,3</sup>	OA, ev. I <sup>2,3</sup>	OA, ev. K <sup>2,3</sup>	OA	OA, ev. I <sup>3</sup>	OA, ev. I <sup>3</sup>
• Setzungen, Sackungen								
Keine grösseren differenti- ellen Setzungen	Abfall ± homogen, keine Hohlräume	-----	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA, ev. I <sup>2,3</sup>	OA, ev. K <sup>2,3</sup>	OA, ev. I <sup>3</sup>	I, ev OA <sup>3</sup>	I, ev OA <sup>3</sup>
Gesamtsetzungen	Mind. 75 % erreicht	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA, ev. I <sup>2,3</sup>	-----	-----	-----	-----
Grössere differentielle Set- zungen zu erwarten	Abfall inhomogen, Zusam- menpressen Hohlräume	TOA	TOA	----	----	-----	-----	-----
Gesamtsetzungen	< 75% erreicht	TOA	(TOA)	(TOA)	----	-----	----	----
• Gasproduktion								
Emission ≤ 25 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /h	und ≤ 5 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /(h*ha)	OA, ev. K <sup>2</sup>	OA, ev. K <sup>1</sup>	----	----	----	----	----
Emission > 25 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /h <sup>4</sup>	und > 5 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /(h*ha)	TOA	TOA	----	----	----	----	----
<b>Technisches System</b>								
• Basis-, Flankenabdich- tung								
gute	Nach Anford. TVA 90, SIA 203	OA	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	----	I, ev. OA <sup>1</sup>	I, ev. OA <sup>1</sup>	I, ev. OA <sup>1</sup>
schlechte		K, ev. OA <sup>1</sup>	K, ev. OA <sup>1</sup>	----	OA, ev. K <sup>1</sup>	----	----	----
keine		K	K, ev. OA <sup>1</sup>	----	K, ev. OA <sup>1</sup>	----	----	----
• Basis-, FlankenEntwäs- serung								
gute	Nach TVA 90, SIA 203	OA	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	-----	OA, ev. I <sup>1</sup>	I	I
mittlere	Ø < 200mm; PE, mächtige Leitungsumhüllung mit Drai- nmaterial, Aufstau langfristig möglich	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA, ev. K <sup>1</sup>	-----	OA, ev. K <sup>1</sup>	-----	-----	-----
schlechte	Ø < 200mm; PVC, Stein- zeug-, Betonrohre geringe Leitungsumhüllung mit Drai- nmaterial, Aufstau mittelfris- tig möglich	K	K	----	K, ev. OA <sup>1</sup>	-----	-----	-----
• Entgasungssystem								
Anlage vorhanden	Aktiv oder passiv in Betrieb	TOA	---- (TOA)	---- (TOA)	----	----	----	----
Keine Anlage vorhanden	Siehe Gasproduktion, Emis- sionen							
<b>Standort</b>								
• Untergrund								
Sehr dichter geologischer Untergrund	K ≤ 5 x 10 <sup>-9</sup> m/s	OA	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	I, ev. OA <sup>1</sup>	I

<sup>3</sup> je nach Eigenschaften bzw. Schadstoffgehalt der Gewerbe- und Industrieabfälle bzw. Material aus Altlasten

<sup>4</sup> aktive Erfassung und Behandlung Deponiegas noch erforderlich oder Zusatzmassnahme aerobe in situ Stabilisierung bis CH<sub>4</sub> < 25 Vol.-%

**Beilage A**

Deponie-, Kompartimentskategorie		„Kehrichtdeponie“ (vorwiegend Siedlungsabfälle)	Bauabfälle/ „Mulden- gut“ (kein Siedlungs- abfall)	„Bioreaktor TVA90“ (ohne Siedlungsabfälle)	„Schlackedeponie vor 1990“ unaufbereitet	„Schlackedeponie TVA 90“ (grob entmetallisiert)	„Schlackedeponie TVA 90“ (weitgehend entme- tallisiert)	Reststoffdeponie TVA90
Entscheidungskriterien	Indikator							
Wenig durchlässiger	K $\leq 10^{-7}$ m/s	OA	OA	OA	OA	(OA)	OA, ev. I <sup>1</sup>	I
Durchlässiger	K $\geq 10^{-5}$ m/s	K	K	OA	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA	ev. OA	(OA)
• Grundwasser								
Kein nutzbares		OA	OA	I	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	I	I
durch Überdeckung ge- schützt	Oder Fassung durch grossen Reaktionssaum geschützt	OA	OA	I, ev. OA <sup>1</sup>	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	OA, ev. I <sup>1</sup>	I, ev. OA <sup>1</sup>
mit geringer Überdeckung	Oder Fassung nicht bzw. kaum durch Reaktionssaum geschützt	K	K	(OA)	K	(K)	(OA)	(OA)
• Vorflutverhältnisse								
Fluss	Grosse Minimalwassermen- ge	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA	OA	OA	I, ev. OA <sup>1</sup>	I	I
Bach	Mittlere Minimalwassermen- ge	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA, ev. K <sup>1</sup>	OA	OA	OA, ev. I <sup>1</sup>	OA, ev. I <sup>1</sup>	OA, ev. I <sup>1</sup>
kleiner Bach	geringe Minimalwassermen- ge, oder Vorflut stark vorbe- lastet	K, ev. OA	K, ev. OA <sup>1</sup>	OA	K, ev. OA	OA	OA	OA
<b>Zusatzmassnahmen</b>								
• Temporäre Abdeckung TOA	Steuerung Wasserhaushalt; Steigerung Deponiegaser- fassungsgang; Beschleuni- gung Setzungen	Ca. 7-10 a	Ca. 7 – 10 a	Ca. 2-3 a	Ca. 5 a	Ca. 2-3 a	Ca. 2-3 a	----- (prüfen)
• Infiltration	400 – 600 mm/a; 10 bis 15 a	Prüfen <sup>5</sup> Massnahme ange- wendet: OA, ev. I	Prüfen <sup>5</sup> Massnahme ange- wendet: OA, ev. I	Prüfen <sup>5</sup> Massnahme ange- wendet: OA, ev. I	Prüfen <sup>5</sup> Massnahme angewen- det: OA, ev. I	Prüfen <sup>5</sup> Angewendet: I	(Prüfen <sup>5</sup> )	(Prüfen <sup>5</sup> )
• Befeuchtung	z.B. Sickerwasserrückfüh- rung	Prüfen	Prüfen	Prüfen	----	----	----	----
• Aerobe in situ Stabili- sierung	7 -10 a; Reduktion Kohlen-, Stickstoff, Beschleunigung Setzungen	Prüfen <sup>5</sup> Massnahme ange- wendet: OA, ev. I	Prüfen <sup>5</sup> Massnahme ange- wendet: OA, ev. I	(----	----	----	----	----
• Kombination Infiltrati- on/Befeuchtung mit aerober in situ Stabili- sierung		Prüfen <sup>5</sup> Massnahme ange- wendet: OA, ev. I	Prüfen <sup>5</sup> Massnahme ange- wendet t: OA, ev. I	(----	----	----	----	----

Sachbearbeiter: Jörg Zenger, dipl. Ing. HTL

W:\AUFTRAG\BE07500\BE07570\BE07573\05\_TP200 Oberflächenbarrieren\Beilage A Tabelle Entscheidungshilfe Aug2011.doc

<sup>5</sup> Infiltration nur, wenn Basisabdichtung nach TVA 90 und funktionierendes Entwässerungssystem vorhanden

**BEILAGE B DEPONIEVERORDNUNGEN DEUTSCHLAND UND ÖS-  
TERREICH AUSZUG ZU OBERFLÄCHENBARRIERE**



## Deponieverordnung Deutschland (2009), Oberflächenbarriere

Systemkomponente	DK 0 Inertstoff	DK I Nicht gefährliche Stoffe, geringer organischer Anteil, geringe Schadstofffreisetzung	DK II Nicht gefährliche Abfälle, höhere Belastungen <sup>2)</sup>	DK III Gefährliche Abfälle <sup>3)</sup>
Glühverlust (Masse-%)	≤3	≤3	≤5	≤10
TOC in (Masse-%)	≤1	≤1	≤3	≤6
Faktor anorganische Stoffe im Eluat	1	2-20	5-500	20-1000
Ausgleichsschicht	nicht erforderlich	ggf. erforderlich	ggf. erforderlich	ggf. erforderlich
Gasdränschicht	nicht erforderlich	nicht erforderlich	ggf. erforderlich	ggf. erforderlich
Begrenzung Niederschlags-eintrag	nicht erforderlich	20 mm/Jahr	20 mm/Jahr	10 mm/Jahr
Erste Abdichtungskomponente <sup>1)</sup>	nicht erforderlich	erforderlich d=0.5 m, k ≤ 5x10 <sup>-9</sup> m/s	erforderlich d=0.5 m, k ≤ 5x10 <sup>-9</sup> m/s	erforderlich d=0.5 m, k ≤ 5x10 <sup>-10</sup> m/s
Zweite Abdichtungskomponente <sup>1)</sup>	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich d=0.5 m, k ≤ 5x10 <sup>-9</sup> m/s	erforderlich d=0.5 m, k ≤ 5x10 <sup>-10</sup> m/s
Dichtungskontrollsystem	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich
Entwässerungsschicht d ≥ 0.30 m, k ≥ 1x10 <sup>-3</sup> m/s, Gefälle > 5%	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
Rekultivierungsschicht / technische Funktionsschicht d ≥ 1.00 m, nutzbare Feldkapazität ≥ 1.4 m	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich

- 1) Werden Kunststoffdichtungsbahnen als Abdichtungskomponente eingesetzt, darf ihre Dicke 2.5 mm nicht unterschreiten
- 2) Anstelle der Abdichtungskomponente, der Entwässerungsschicht und der Rekultivierungsschicht kann eine als **Wasserhaushaltsschicht** ausgeführte Rekultivierungsschicht zugelassen werden, wenn die Mindestdicke 1.50 m beträgt, eine nutzbare Feldkapazität von mind. 220 mm bezogen auf die Gesamtdicke der Wasserhaushaltsschicht aufweist und der Durchfluss im fünfjährigen Mittel nicht mehr als 20 mm/Jahr beträgt.
- 3) Anstelle der zweiten Abdichtungskomponente und der Rekultivierungsschicht kann eine als **Wasserhaushaltsschicht** ausgeführte Rekultivierungsschicht zugelassen werden, wenn die Mindestdicke 1.50 m beträgt, eine nutzbare Feldkapazität von mind. 220 mm bezogen auf die Gesamtdicke der Wasserhaushaltsschicht aufweist und der Durchfluss im fünfjährigen Mittel nicht mehr als 60 mm/Jahr beträgt. Dies gilt auch bei Deponien, -abschnitte, auf denen Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Klärschlämme und andere Abfälle mit hohen organischen Anteilen abgelagert worden sind, mit der Massgabe, dass der Deponiebetreiber Massnahmen zur Beschleunigung biologischer Abbauprozesse zur Verbesserung des Langzeitverhaltens nachweislich erfolgreich durchführt oder durchgeführt hat.

Die zuständige Behörde kann Abweichungen zulassen, wenn nachgewiesen wird, dass Leistungsfähigkeit und Standsicherheit gewährleistet sind.

Beim Erfordernis von 2 Systemkomponenten sollen diese Komponenten aus verschiedenen Materialien bestehen, die auf Einwirkung (z.B. Austrocknung, mechanische Perforation) so unterschiedlich reagieren, dass sie hinsichtlich Dichtigkeit fehlerausgleichend wirken.

Bei Deponien oder Deponieabschnitten, auf denen Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Klärschlämme und andere Abfälle mit hohen organischen Anteilen abgelagert worden sind, kann die zuständige Behörde abweichend zulassen, dass bis zum Abklingen der Hauptsetzungen eine temporäre Abdeckung eingebaut wird, wenn grosse Setzungen erwartet werden. Diese temporäre Abdeckung soll Sickerwasserneubildung und Deponiegasfreisetzungen minimieren.

Bei Deponien oder Deponieabschnitten nach obigem Absatz kann die zuständige Behörde auf Antrag des Deponiebetreibers zur Beschleunigung biologischer Abbauprozesse und zur Verbesserung des Langzeitverhaltens ergänzend eine gezielte Befeuchtung durch Infiltration von Wasser oder von deponieeigenem Sickerwasser, eine Belüftung des Abfallkörpers oder eine Kombination der Verfahren zulassen.

Wird ein Oberflächenabdichtungssystem ohne Konvektionssperre erstellt, ist für die DK I, II und III ein Kontrollfeld von min. 300 m<sup>2</sup> Grösse einzurichten, für die Bestimmung des Durchflusses durch das Oberflächenabdichtungssystem. Kontrollfeld ist bis Ende Nachsorgephase zu betreiben.

## Deponieverordnung Österreich, Oberflächenbarriere

Deponietyp/ Systemkomponente	Bo- denaus- hub	Inertabfall	Deponie für nicht gefährliche Abfälle		
			Baurestmassen	Reststoff	Massenabfall
Glühverlust (Masse-%)	k.A.	≤5	≤5	≤8	≤8
TOC (mg C/kg TM)	≤30000	≤30000	≤30000	≤50000	≤50'000
TOC Eluat (mg C/kg TM)	≤200	≤500	≤500	≤500	≤2500
Faktor anorganische Stoffe im Feststoff	1	1.5-5	2-5	50-100	15-100
Faktor anorganische Stoffe im Eluat	1	1	2-10 (Ø ca. 5)	4-40 (Ø ca. 10)	10-500 (Ø ca. 80)
Ausgleichsschicht	d =0.50 m	d =0.50 m	d =0.50 m	d =0.50 m	d =0.50 m
Gasdrainschicht	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	ev. erforderlich <sup>1)</sup> 0.30 m
Begrenzung Niederschlagseintrag <sup>2)</sup>	nicht erforderlich	5% Jahresniederschlag	5% Jahresniederschlag	5% Jahresniederschlag	5% Jahresniederschlag
Erste Abdichtungskomponente (mineralisch) <sup>3)</sup>	nicht erforderlich	d = 0.40 m zweilagig k ≤ 5*10 <sup>-8</sup> m/s	d = 0.40 m zweilagig k ≤ 10 <sup>-9</sup> m/s	d = 0.60 m dreilagig k ≤ 10 <sup>-9</sup> m/s	d = 0.60 m dreilagig k ≤ 10 <sup>-9</sup> m/s
Zweite Abdichtungskomponente (Kunststoffdichtung) <sup>3)</sup>	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich
Oberflächenentwässerung <sup>4)</sup>	nicht erforderlich	d = 0.50 m k ≥ 10 <sup>-2</sup> m/s	d = 0.50 m k ≥ 10 <sup>-2</sup> m/s	d = 0.50 m k ≥ 10 <sup>-2</sup> m/s	d = 0.50 m k ≥ 10 <sup>-2</sup> m/s
Rekultivierungsschicht <sup>5)</sup>	d ≥ 0.50 m	d ≥ 0.50 m	d ≥ 0.50 m	d ≥ 0.50 m	d ≥ 0.50 m

- 1) Bei Massenabfalldeponien, sofern eine Gasbildung zu erwarten ist, insbesondere für mechanischbiologisch behandelte Abfälle und Kompartimente, in denen Abfälle mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen, z.B. gemischte Siedlungsabfälle, abgelagert wurden, ist eine Gasdrainage mit einer Mindeststärke von 0,3 m vorzusehen, die als Teil der Ausgleichsschicht angesehen werden kann.

- 2) Dieser Wert ist jährlich zu bestimmen und spätestens fünf Jahre nach erfolgter Aufbringung der Oberflächendichtung einzuhalten. Als Bemessungsgrundlage ist der mittlere Jahresniederschlag der vergangenen fünf Jahre heranzuziehen. Die Einhaltung des Grenzwertes ist über den gesamten weiteren Nachsorgezeitraum jährlich nachzuweisen.
- 3) Die Ausführung alternativer, gleichwertiger Dichtungssysteme, insbesondere im Bereich von Böschungen, ist zulässig (z.B. geosynthetischen Tondichtungsbahnen).
- 4) Erfolgt die Oberflächenentwässerung durch eine geosynthetische Drainage, ist die Rekultivierungsschicht in einer Mächtigkeit auszuführen, die die örtliche Frosttiefe übersteigt, zumindest jedoch 0,8 m.
- 5) Die Rekultivierungsschicht muss einen ausreichenden Schutz der Oberflächendichtung und -entwässerung, insbesondere gegen Wurzel- und Frosteinwirkung, gewährleisten. Die Anforderungen an die Ausgangsmaterialien, die aufzubringende Erde und die hergestellte Rekultivierungsschicht sind der Folgenutzung anzupassen und nach dem Stand der Technik auszuführen. Der vorzusehende Bewuchs hat ausreichenden Schutz gegen Erosion zu bieten.

Nach Ende der Ablagerungsphase ist bei allen Deponien eine Deponieoberflächenabdeckung herzustellen, welche Rekultivierbarkeit und Erosionsschutz gewährleisten muss.

Bei Inertabfall-, Baurestmassen-, Reststoff- und Massenabfalldeponien muss die Deponieoberflächenabdeckung zur Minimierung des Niederschlagseintrages über eine Oberflächendichtung und eine Oberflächenentwässerung oder eine Wasserhaushaltsschicht verfügen.

Kann die geforderte Dichtwirkung am Standort auch durch eine Rekultivierungsschicht mit der Funktion einer Wasserhaushaltsschicht (Evapotranspirationsschicht) erreicht werden, so ist diese Art der Oberflächenabdeckung bei Inertabfalldeponien und Deponien für nicht gefährliche Abfälle unter folgenden Bedingungen zulässig: Es ist ein Projekt vorzulegen, in dem die geforderte Sickerwasserminimierung durch Vorversuche und Modellrechnungen (insbesondere mittels langjähriger Niederschlagssimulation und Berechnung der entsprechenden Saugspannungs- und Feldkapazitätswerte) nachgewiesen wird. Die Funktionsweise der Wasserhaushaltsschicht ist in situ durch Einbau und Betrieb von Lysimetern oder Druckpotential- und Wassergehaltssensoren an repräsentativen Stellen zu überwachen. Die Ausführung eines Oberflächenentwässerungssystems entfällt.

Bei Deponien oder Deponiekompartimenten, auf denen Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Klärschlämme und andere Abfälle mit hohen organischen Anteilen abgelagert worden **sind**, ist zur Steuerung des Wasserhaushaltes und zur Steigerung des Deponiegaserfassungsgrades eine temporäre Oberflächenabdeckung auf maximal 20 Jahre zu errichten. Diese temporäre Abdeckung soll Sickerwasserneubildung und Deponiegasfreisetzungen minimieren.

Der Behörde ist spätestens zwölf Monate nach Ende der Ablagerungsphase ein Konzept über Massnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse vorzulegen. Die Behörde hat anhand des vorhandenen Gasbildungspotentials, allfällig darüber eingebauter anderer Abfälle und der technisch möglichen und dem Stand der Technik entsprechenden Massnahmen zu entscheiden, ob und für welche Massnahmen sie dem Deponieinhaber die Vorlage eines entsprechenden Projektes für das gesamte Kompartiment in angemessener Frist vorschreibt. Eine endgültige Oberflächenabdeckung ist erst nach Abschluss der allfälligen Massnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse herzustellen.