

# **Gesamtkonzept Stilllegung Deponie Hüfingen – Bauen mit Geokunststoffen in steilen Böschungen**

## **1 Einleitung**

Die Deponie Hüfingen befindet sich ca. 2 km östlich der Stadt Hüfingen im Schwarzwald-Baar-Kreis auf einer Geländehöhe von ca. 685 m ü. NN. Die Deponie wurde als Hügeldeponie angelegt und überragt die Umgebung im Endzustand um ca. 40 m.

Die Deponie wird seit 1969 als Hausmüll- und Bauschuttdeponie betrieben. Seit 1997 erfolgte die weitere Verfüllung mit einem hohen Anteil mineralischer Bau-restmassen zur Profilierung des Deponiekörpers.

Der älteste Deponieabschnitt Fläche 1/1 ist bereits seit ca. 20 Jahren mit Erdma-terial abgedeckt und mit Gehölzen bewachsen. Die Fläche 4 besteht überwie-gend als Randdamm mit entsprechend mächtigen Bodenschichten. Auch hier ist bereits in Teilen ein Bestand an Bäumen vorhanden. Die Fläche 1/2 stellt den derzeit noch nicht vollständig bewachsenen Teil der Altflächen dar. Die Verfü-lung wurde hier aber bereits vor in Kraft treten der TA Siedlungsabfall (TA Si) im Jahr 1993 beendet und die Fläche mit einer Erdabdeckung versehen. Zukünftig werden auch hier standorttypische Gehölze aufgebracht.

Gemäß Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde kann bei den zuvor be-schriebenen Flächenbereichen auf die Ausführung einer Oberflächenabdichtung verzichtet werden.

Bei den Deponieabschnitten 2/2 und 3 handelt es sich um die Flächenbereiche, die erst in den vergangenen Jahren verfüllt wurden und bei denen im Hinblick auf die Art der Abfallzusammensetzung mittelfristig noch mit Setzungen gerechnet werden muss. Hier wurde die Ausführung einer temporären Oberflächenabde-ckung geplant.

In die Fläche 2/1 wurden bis 1998 Abfälle eingebaut, wobei es sich vorwiegend um mineralische Abfälle, wie Erdaushub und Bauschutt, handelte. Mit größeren Setzungen, die sich kritisch auf die Oberflächenabdichtung auswirken könnten, wird nicht gerechnet, so dass hier eine Endabdichtung vorgesehen ist.

Die Neigungen der zu bearbeitenden Flächen beträgt je nach Böschungsflanke 1 : 2,5 bis 1 : 3, in Teilbereichen auch bis 1 : 1,5. Somit sind bei der Wahl der Abdichtungssysteme und bei der Bauausführung im Hinblick auf die Standsicherheit besondere Anforderungen zu beachten.

Die **UW** Umweltwirtschaft GmbH wurde mit der Planung, Ausschreibung und Bauoberleitung der Gesamtmaßnahmen beauftragt. Die örtliche Bauüberwachung erfolgte durch ein ortsansässiges Büro. Die Profilierungsplanung, Variantendiskussion im Rahmen der Vorplanung sowie Anfertigen der Entwurfs- und Genehmigungsplanung erfolgte in enger Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde, Regierungspräsidium Freiburg.

Diese Planungsphasen wurden im Zeitraum Ende 2002 – Ende 2004 erbracht.

Die Bauausführung gliederte sich in zwei getrennt voneinander ausgeführte Bauabschnitte, die aber sehr zeitnah zueinander von Anfang 2005 bis Ende 2006 abgewickelt wurden.

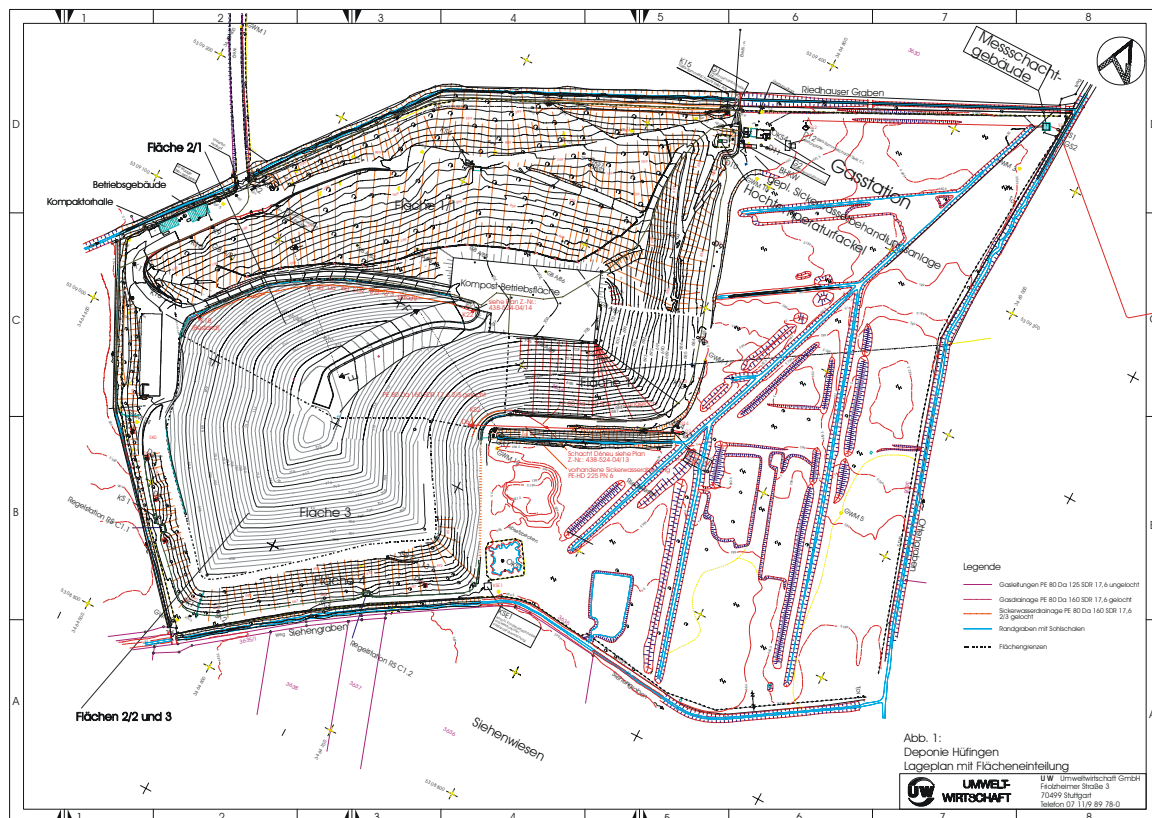


Abb.: 1 Lageplan Deponie Hüfingen mit Flächeneinteilung

## 2 Temporäre Oberflächenabdeckung in Fläche 2/2 und 3

### 2.1 Aufbau der Abdeckung

Diese Flächenabschnitte stellen den am jüngsten verfüllten Deponieabschnitt dar. Da aufgrund des zu erwartenden Setzungsverlaufs keine Endabdichtung aufgebracht werden konnte, entschied man sich für die Ausführung einer temporären Oberflächenabdeckung auf einer Teilfläche von ca. 24.000 m<sup>2</sup>.

Im Zuge der Verfüllung musste der Deponiebetrieb die Profilierung der Böschungen auf der Grundlage der Planung mit einer max. Neigung von 1 : 2,8 herstellen. Die Böschungsprofile wurden anhand der Planschnitte und in enger Abstimmung zwischen dem Planer und dem Deponieleitungspersonal von einem Vermessungsbüro abgesteckt und bei Bedarf angepasst. Bei der Verfüllung wurde vom Deponiebetrieb darauf geachtet, dass möglichst setzungsunempfindliches Material, wie z. B. Bauschutt, in der äußeren Randzone eingebaut wurde.



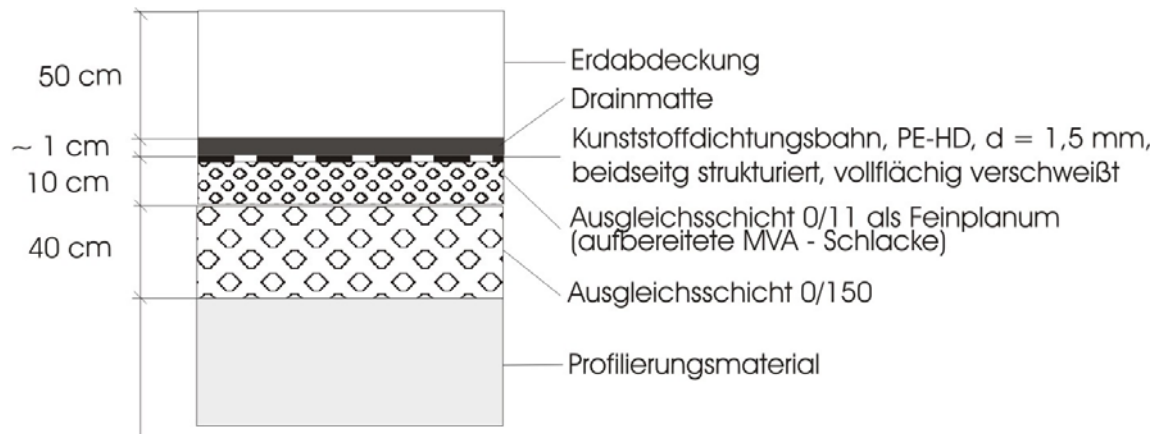


Abb. 3 Aufbau der temporären Oberflächenabdeckung Fläche 2/2 und 3

## 2.2 Materialanforderungen

Der Durchlässigkeitsbeiwert der Ausgleichsschichten muss im eingebauten Zustand mindestens  $k \geq 10^{-4}$  m/s betragen.

Auf ein Trennvlies zwischen der 1. und 2. Lage der Ausgleichsschicht wird verzichtet, da ein in geringerem Umfang zu erwartenden Eindringen des Schlackematerials in die untere Lage akzeptiert werden kann. Die 2. Lage wird als Auflager für die Kunststoffdichtungsbahn vorbereitet und glatt abgewalzt. Es sind Walzkanten mit  $\leq 1,5$  cm zulässig. Die Ebenheit ist mit einer Abweichung von max. 2 cm auf 4 m herzustellen.

Auf die temporäre Abdeckung wird eine Erdschicht von 50 cm Mächtigkeit aufgebracht. Das Größtkorn ist auf 32 mm zu begrenzen, um eventuelle Beschädigungen der Kunststoffdichtungsbahn zu minimieren.

Der Einbau der Erdabdeckung erfolgt mit einer möglichst leichten Raupe im Vorkopf-Einbau ohne direktes Befahren der Dränmatte.

Die Schadstoffgehalte und Eluatwerte des verwendeten Bodenmaterials dürfen die Werte der Tabelle des Anhangs 5 der Deponieverordnung nicht überschreiten.

Die Abdeckung übernimmt die Funktion einer Windsicherung und schützt die Geokunststoffe (KDB und Drainmatte), vor UV-Strahlen und damit verbundener Versprödung.

Gegenüber einem offenliegenden System sind im wesentlichen die folgenden Vorteile zu nennen:

- Risikominimierung bei Schneelasten (Lawinenbildung).
- Temperaturbedingte Spannungen entfallen.
- Erhebliche Reduzierung der Oberflächenwasserabflüsse und damit einhergehende Ersparnisse für sonst erforderliche Rückhaltemaßnahmen.

Die temporäre Abdeckung wird am Böschungsfuß und an der Grenze zur Fläche 4 in die bestehenden Randdämme eingebunden. Hier wird auch eine Entwässerungsrinne zur schadlosen Ableitung von Oberflächenwasser installiert.

Im Randbereichen der Fläche 3 wird am unteren Ende der Ausgleichs- und Gasdrainschicht eine Sickerwasserdrainage PE-HD, da 160, SDR 17,6 2/3 ge-  
locht mit konstantem Gefälle verlegt. Aufgabe dieser Randdrainage ist es, die in der Ausgleichsschicht abfließenden, belasteten Wässer sicher abzuleiten. Dies ist insbesondere während der Bauphase von erheblicher Bedeutung, da ein Wassereinstau unweigerlich zu Standsicherheitsproblemen führen würde.

Das Rohraufleger der Randdrainage wird durch eine in Rohrlängsrichtung verlegte Bentonitmatte abgedichtet, so dass eine Versickerung in den Untergrund unterbunden wird. Die Rohrleitung ist mit kalkarmen Kies 16/32 umhüllt. Die Drainage wird über Kontrollschächte für die späteren Wartungsarbeiten erschlossen. Diese Schächte sind mittels spezieller Anschweißkrägen dicht mit der Kunststoffdichtungsbahn verbunden.

Da sich die Entwässerungsleitung in der Randzone befindet, besteht nach „Ausbluten“ der Deponie später die Möglichkeit, diese Leitung auch zu Entgasungszwecken heranzuziehen. Um ein Ansaugen von Luft zu vermeiden werden in den Kontrollschächten Syphons vorgesehen.

Im Baufeld befinden sich insgesamt 10 Gasbrunnen. Diese Gasfassungselemente werden durch neu zu verlegende Gassammelleitungen jeweils einzeln an die dezentralen Gassammelstationen angeschlossen.

Die Leitungen werden frostsicher unterhalb des Abdecksystems verlegt. Alle Durchdringungen der Kunststoffdichtungsbahn wurden so konstruiert, dass mittels PE-HD Hülse mit Dichtringen und Anschweißkrägen die Kunststoffdichtungsbahn dicht an die Rohrdurchführungen angeschlossen werden konnten.

Ein im Vorfeld der Ausschreibung detailliert aufgestellter Qualitätssicherungsplan dient allen Beteiligten zur lückenlosen Dokumentation der jeweiligen Überwachungspflichten

- EÜ, Eigenüberwachung des Auftragnehmers
- FÜ, Fremdüberwachung für den Auftraggeber und Behörde
- BÜ, örtliche Bauüberwachung.

Für die wesentlichen Elemente der Oberflächenabdeckung werden die folgenden Kriterien definiert:

- Tätigkeit/Prüfmerkmal
- Prüfmethode
- Sollwert/Anforderung
- Häufigkeit der Messung/Prüfung
- Anzahl der Prüfvorgänge für EÜ bzw. FÜ.

Die Ergebnisse der einzelnen Kriterien werden in der Schlusssdokumentation zusammengestellt.

Nach Abklingen der Hauptsetzungen kann zu einem späteren Zeitpunkt die temporäre Oberflächenabdichtung entfernt und auf der bestehenden Ausgleichs- und Gasdrainschicht ein endgültiges Dichtsystem aufgebracht werden. Der Platzbedarf eines endgültigen Dichtsystems mit einer Mächtigkeit von bis zu 2,7 m wurde bei der Planung berücksichtigt (siehe Skizze Abb.: 2).

### 2.3 Bautechnische Vorgaben, Standsicherheit

Bei der Herstellung der temporären Abdeckung, insbesondere bei der Erdaddeckung der Geokunststoffe (Dränmatte und Kunststoffdichtungsbahn) sind die Verlegeanleitungen bzw. die herstellereigenen Anforderungen an die Ausführung der Geokunststoffe zu beachten.

Abweichende Vorgehensweisen sind mit den Lieferanten der Geokunststoffelemente eng abzustimmen. Werden durch den Geokunststofflieferanten spezielle Anforderungen an die Gerätetechnik vorgegeben, wie z. B. Raupengewicht, Kettenbreite, Langstiellagger etc. so sind diese Anforderungen durch den Anbieter in der Angebotskalkulation zu berücksichtigen. Hierzu gehören auch Zwischenzustände im Bauablauf, wie z. B. das Herstellen von Fahrstrassen innerhalb des Baufeldes zum Einbringen der Materialien.

Aufgrund der ortsspezifischen Bedingungen, wie mangelnde Platzverhältnisse, keine ausreichende Zufahrtsmöglichkeiten am Böschungsfuß etc. müsste von der Vorgabe eines böschungsaufwärtsgerechten Materialeinbaues abgewichen werden. Es wurde der Vor-Kopf-Einbau in Böschungsfalllinie auf einer Fahrstrasse von  $\geq 1,20$  m mit anschließendem Rückbau auf eine verbleibende Dicke von 0,50 m im Standsicherheitsnachweis berücksichtigt.

Für die Deponie Hüfingen wurde im Verlauf der Planung und Bauvorbereitung von der Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co. KG, Espelkamp ein Nachweis der Standsicherheit gegen Gleiten für den Einbau- und Endzustand für eine Böschungsneigung von 1 : 2,8 und eine Böschungslänge von  $L = 100$  cm erstellt.

Folgender Aufbau der Abdeckung:

- Rekultivierungsschicht  $d = 0,50$  m
- Geosynthetisches Dränelement
- Strukturierte Kunststoffdichtungsbahn,  $d = 1,5$  mm
- Schlacke 0/11 mm als Auflagerschicht



Für das Abdecksystem aus Geokunststoffen muss sichergestellt werden, dass die an der Oberseite auftretenden Schubkräfte aus dem Eigengewicht der Rekultivierungsschicht oder aus Lasten im Bauzustand mit der geforderten Sicherheit über Reibung zwischen den Komponenten in den Untergrund abgetragen werden können.

Zum Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten der Komponenten des Dichtungssystems untereinander sind haltende (Reibungskräfte in den Schichtgrenzen) und treibende (hangabwärtsgerichtete) Kräfte gegenüberzustellen. Aus dem jeweiligen Verhältnis ergibt sich für die ungünstigsten Randbedingungen die vorhandene Sicherheit  $\eta$ .

Sicherheit nach DIN 4084	LF 1, Endzustand	LF 2, Einbauzustand
erf. $\eta$	1,3	1,2

Tab. 1 Erforderliche Sicherheiten

Eingangsparameter:

Systemkennwerte

Es werden folgende Annahmen hinsichtlich des Dichtungssystems getroffen:

Böschungslänge:	$l$	=	100 m
Böschungsneigung:	$\beta$	=	19,6°
Bodenwichte der Oberbodens:	$\gamma$	=	19 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w$	=	10 kN/m <sup>3</sup>
Aufstauhöhe im Dränsystem:	$h_w$	=	0,02 m
Dicke der ersten Einbauschicht für Befahrung:	$d_1$	=	1,20 m
Dicke der Deckschicht (gesamt):	$d_{ges}$	=	0,50 m

## Lastannahmen

Für die im Einbau- und Endzustand auftretenden Belastungen wird hier angenommen:

im Einbauzustand eine Befahrung des Dichtungsaufbaus mit z. B.

- Raupenfahrzeug CAT D5 mit folgenden Kennwerten

Eigengewicht	$G_R$	=	15,9 t (159 kN)
Kettenbreite	$b_R$	=	0,75 m
Kettenlänge	$l_R$	=	3,00 m
Fahrgeschwindigkeit	$v$	=	1,67 m/s (6,7 km/h)
Bremsverzögerung (angenommen)	$t$	=	1,8 s

im Endzustand

- Schneelast nach DIN 1055, Zone III,  $HN \leq 800$  m  $s_0 = 2,55$  kN/m<sup>2</sup>

## Scherparameter

Zur Bestimmung der Scherparameter werden im Labor durchgeführte, objektbezogene Scherversuche verwendet und Annahmen getroffen. Für folgende Schichtgrenzen wurden objektbezogene Scherversuche durchgeführt:

- KDB (Oberseite) vs. Dränmatte
- KDB (Unterseite) vs. Schlacke 0/11 mm
- Dränmatte vs. Rekultivierungsschicht

Die kritische Scherfuge ist die Fuge mit dem geringsten Kontaktreibungswinkel.

Als kritische Scherfuge geht die Fuge Rekultivierungsschicht zu Dränmatte mit einem rechnerischen Kontaktreibungswinkel  $\text{cal}/\delta' = 25,4^\circ$  in die Berechnung ein.

durch den Schichtenaufbau vorgegebene Gleitfugen	$\delta'$ [°]	$\text{cal } \delta'$ [°]	$\text{cal } a'$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Rekultivierungsboden vs. Dränmatte	27,6	<u>25,4*</u>	-
Dränmatte vs. KDB (Oberseite)	> 25,4		
KDB (Unterseite) vs. Schlacke 0/11 mm	29,7	27,4	-

\* Kritische Scherfuge

Tab.: Zusammenstellung der Scherparameter

Bei einer Neigung von 1 : 2,8 wurde sowohl für die Befahrung in Böschungsfalldlinie mit einer Kettenraupe CAT D5 im Einbauzustand (LF 2  $\eta = 1,21$ ) als auch im Endzustand (LF 1  $\eta = 1,30$ ) eine ausreichende Standsicherheit erreicht. Die Mindeststärke bei einer Befahrung mit einer CAT D5 (ca. 16 T) muss mindestens 1,20 m betragen. Für Unterhaltungszwecke kann später die Abdeckung mit einem Minibagger (ca. 5 Tonnen), bei einer Schichtmächtigkeit von  $d = 0,50$  m eingesetzt werden.

Die Vor-Kopf eingebauten Fahrstrassen in einer Dicke von 1,20 m werden sukzessive durch einen Kettenbagger zurückgebaut.

### **3 Endgültige Oberflächenabdichtung in Fläche 2/1**

#### **3.1 Aufbau der Abdichtung**

Bei der Fläche 2/1 handelt es sich um einen Bereich von ca. 20.000 m<sup>2</sup> der bereits seit 8 Jahren weitgehend verfüllt ist. Lediglich auf einer Teilfläche von ca. 4.000 m<sup>2</sup> ist noch eine Profilierung mit Baurestmassen erforderlich um die geplanten Gefälleverhältnisse und die Endhöhe zu erreichen.

Da in diesem Verfüllabschnitt überwiegend und gezielt Inertmaterial eingebaut wurde, prognostizierte man nur noch geringe und für eine Oberflächenabdichtung unschädlichen Restsetzungen.

Für die Profilierung der endgültigen Böschungsneigung (Südböschung 1 : 2,8, Nordböschung 1 : 2,5) wurde ein Material mit einer Schadstoffbelastung bis max. DK I eingesetzt.

Im überwiegenden Böschungsbereich erfolgte ein interner Massenausgleich durch Auf- und Abtrag um ein gleichmäßiges Gefälle zu erhalten.

Folgende Anforderungen wurden an das Planum gestellt:

- Verdichtungsgrad von  $D_{pr} \geq 95\%$
- Gleichmäßige Tragfähigkeit,  $E_{v2} \geq 10$  MN/m<sup>2</sup>
- Hohlraumreiche Bereiche mit z. B. grobem Bauschutt sind zu vermeiden.

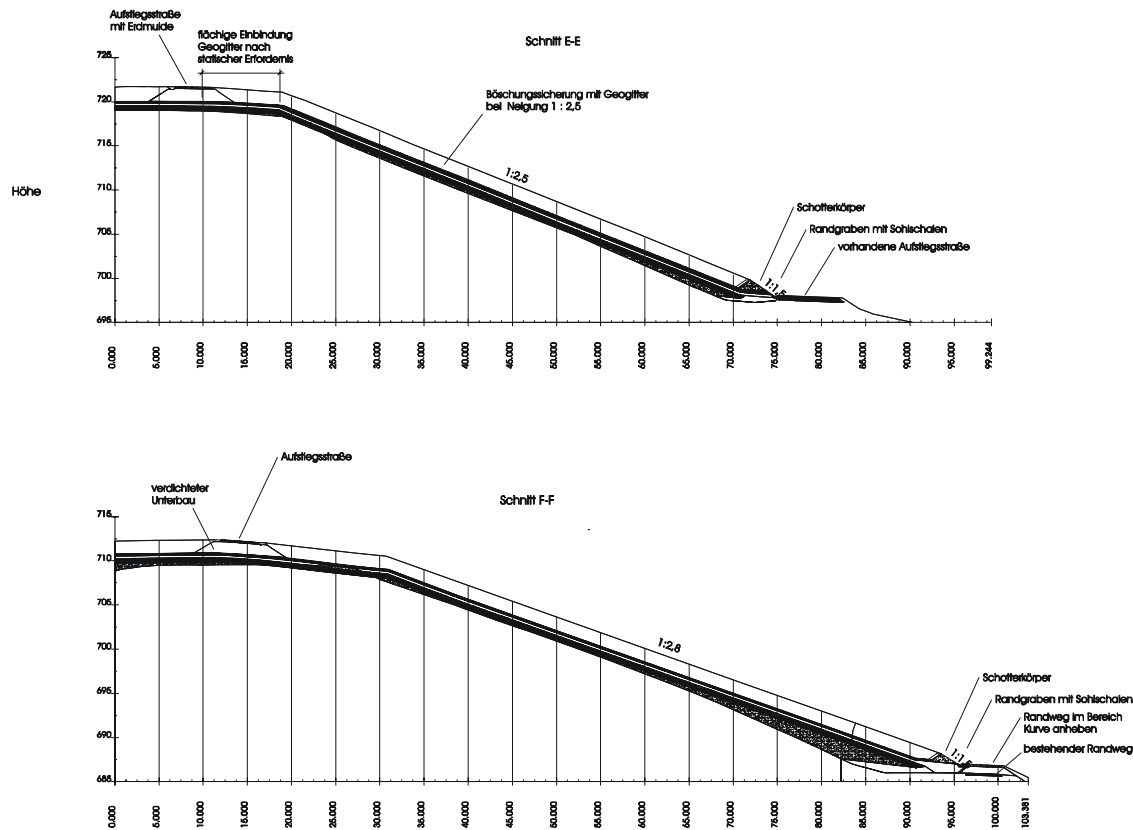


Abb. 4:  
Deponie Hüfingen  
Schnitte Fläche 2/1

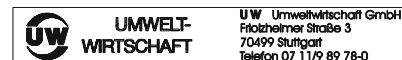


Abb. 4 Schnitt E-E und F-F, Fläche 2/1

## Aufbau der Oberflächenabdichtung und Materialanforderungen

### - Ausgleichsschicht

Auf das Planum der profilierten Böschung wurde die Ausgleichs- und Entgattungsschicht aus Recyclingmaterial aufgebracht. Das Material wurde überwiegend vom Auftraggeber bauseits gestellt. Hierbei handelt es sich um einen güteüberwachten Baustoff aus der Schlackeverwertung Breisgau (SVB) GmbH, mit einem Kornspektrum von 0-11 mm und 0-56 mm. Das Material wurde mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{pr} \geq 98\%$  eingebaut.

Für den Kalkgehalt galten folgende Regelung:

- Kalziumkarbonatgehalt bis zu 30 Gew.-%  $K_f \geq 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
- Kalziumkarbonatgehalt größer als 30 Gew.-%  $K_f \geq 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

- Mineralische Dichtung

Abweichend zur Deponieverordnung wurde eine dickenreduzierte mineralische Dichtung mit einer Schichtdicke von  $d = 0,30$  cm und einlagiger Ausführung bei der Genehmigungsbehörde beantragt und genehmigt.

Folgende Vorgaben zusätzlich:

- Material aus einer Lagerstätte um eine größtmögliche Homogenität zu gewährleisten.
- Mind. steife Konsistenz ( $I_c > 0,85$ )
- Bodenklassen TA, TM, TC und eingeschränkt UA, UM, ST und DIN 18 196
- Fräsfeld außerhalb des Baufeldes
- Für die Aufbereitung, die Verdichtung und die Durchlässigkeit sind folgende Vorgaben zu beachten:

	Durchlässigkeit	Verdichtung	Homogenisierung
Variante 1	$k_f \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s	$D_{pr} \geq 95\%$	Durch Kollergang oder Bodenmischanlage
Variante 2	$k_f \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s	$D_{pr} \geq 97\%$	Mit mind. 2 Fräsgängen in gesondertem Fräsfeld

- Die Eignungsprüfungen entsprechend des Anhangs E der TA Abfall sind vor dem Einbau durchzuführen und vorzulegen.

- Kunststoffdichtungsbahn

Auf der mineralischen Dichtung ist eine strukturierte Kunststoffdichtungsbahn aus PE<sub>HD</sub>, 2,5 mm mit gültiger BAM-Zulassung zu verlegen.

- Entwässerungsschicht

Abweichend zur DepV wurde eine kombinierte Entwässerungsschicht aus geosynthetischer Dränmatte und einer mineralischen Entwässerungsschicht mit einer Körnung 0-45 mm aufgebaut. Die Drainmatte übernimmt gleichzeitig die Funktion einer Schutzlage. Der Schutzwirkungsnachweis für die Kunststoffdichtungsbahn, wurde ebenso wie der hydraulische Nachweis für das Wasserableitungsvermögen (GDA-Empfehlung E2-20) durch den Lieferanten erbracht.

Der Aufbau der Entwässerungsschicht wurde für die beiden Böschungsflanken unterschiedlich festgelegt.

- Südböschung 1 : 2,8:
  - oberhalb der KDB eine geosynthetische Dränmatte Secudrän
  - mineralische Entwässerungsschicht  $d = 0,10$  m
  - Filtervlies, GRK 3 PP weiß, mit einem Flächengewicht von  $150 \text{ g/m}^2$
- Nordböschung 1 : 2,5:
  - oberhalb der KDB eine geosynthetische Dränmatte
  - mineralische Entwässerungsschicht  $d = 0,20$  m, ohne Filtervlies
- Aufgrund der Böschungsneigung in der Nordböschung von 1 : 2,5 wurde durch die Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co. KG, Espelkamp im Rahmen der Standsicherheitsberechnung die Erfordernis eines Geogitters nachgewiesen. Aus Platz- und Kostengründen kam eine Variante der Böschungsfußsicherung mittels verfestigtem und hochverdichteten Bodenmaterial nicht in Betracht. Als Bewehrungselement wurde ein Geogitter 200/40 R6 verwendet, welches zwischen Dränmatte und mineralischer Entwässerungsschicht angeordnet wurde.
- Oberhalb der Entwässerungsschicht und des Geogitters wurde eine 1,5 m mächtige Rekultivierungsschicht aufgebracht. Das Material hat der Eignungsgruppe 1 und 3 gemäß Tabelle 2 der DIN 19 731 zu entsprechen. Auf die Rekultivierungsschicht wird abschließend ein 10 cm dicke Kompostschicht eingearbeitet.

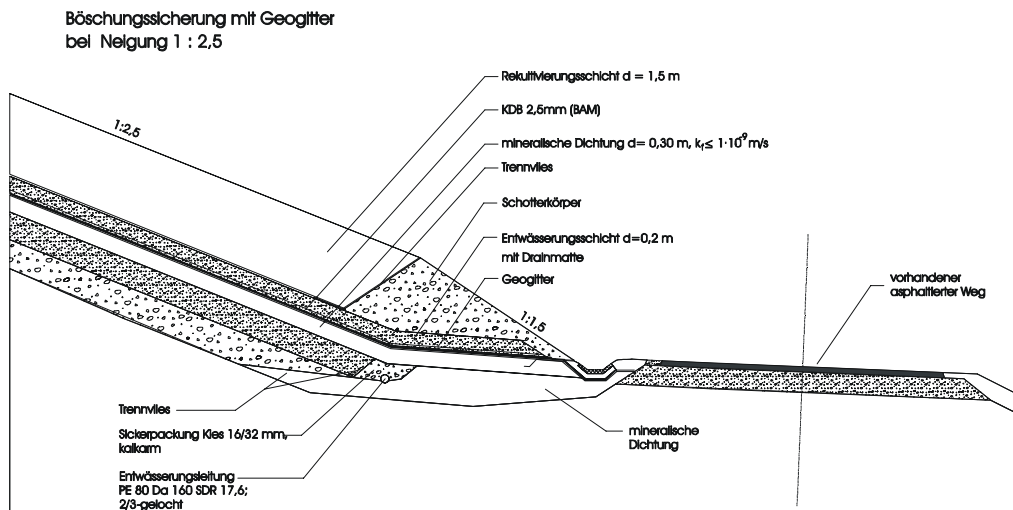


Abb.5:  
Deponie Hüfingen  
Oberflächenabdichtung Fläche 2/1  
Detail Anschluss an vorhandene Verkehrsflächen



Abb. 5 Detailschnitt Randbereich Fläche 2/1

### 3.2 Materialanforderungen und bautechnische Vorgaben

Die dickenreduzierte Ausführung der mineralischen Dichtung in einer Lage von  $d = 0,30 \text{ m}$  stellt an die ausführende Firma besondere Anforderungen. Das Material wurde aus einer Lagerstätte in der Nähe der Deponie gewonnen. Damit konnte eine möglichst gleichmäßige Materialstruktur mit hoher Qualität gewährleistet werden. Die Vorgaben gemäß Qualitätssicherungsplan wurden vollständig eingehalten. Der überhöhter Einbau der mineralische Dichtung erfolgte in Gefälle-richtung von oben nach unten mit der Raupe. Im anschließenden Verdichtungsprozess mit der Igel- und Glattmantelwalze wurde die geforderte Dicke von mind.  $0,30 \text{ m}$  gewährleistet.

Der Materialtransport vom Zwischenlager zur Einbaustelle erfolgte mit Dumpern. Die Verdichtung mit  $D_{pr} \geq 97\%$  sowie die Durchlässigkeit von  $K_f \leq 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$  wurden erreicht.

Das Aufbringen der mineralischen Entwässerungsschicht oberhalb der geosynthetischen Dränmatte und des Geogitters erfolgte über Fahrstraßen mit einer Dicke von mind.  $0,5 \text{ m}$  in Böschungsfalldlinie mit einer Kettenraupe.

Anschließend erfolgte die Materialverteilung auf Sollhöhe von  $d = 0,20$  m in der Nordböschung und  $d = 0,10$  m in der Südböschung mittels Kettenbagger.

Die Flächenbeschickung mit Rekultivierungsmaterial erfolgte sowohl von oben als auch von unten. Die Materiallieferung wurde mit Dumpfern vom Zwischenlager z. T. über temporäre Bermen bis in das Baufeld durchgeführt. Für die Materialverteilung wurden anschließend Kettenraupen und Bagger eingesetzt.

Das Aufbringen der Rekultivierungsschicht musste zeitnahe nach Fertigstellung der Oberflächenabdichtung erfolgen.

Für die erste Einbaulage wurde eine gute Verdichtung vorgegeben um einen Reibungswinkel von  $\text{cal } \varphi \geq 27,5^\circ$  zu erzielen. Die Einbaulagen von 30 cm Stärke sind auf eine Proctordichte von  $\geq 92\%$  zu verdichten.

Analog zur Fläche 2/2 und 3 wird im Randbereich am unteren Ende der Ausgleichs- und Gasdrainschicht eine Sickerwasserdrainage PE-HD, da 160, SDR 17,6, 2/3 gelocht verlegt. Diese führt insbesondere während der Bauphase aber auch noch später eventuell anfallendes Restsickerwasser ohne Aufstau am Böschungsfuß bis zu einem Kontrollschacht ab. Die Leitung kann später auch zu Entgasungszwecken und zur Vermeidung von Gasmigrationen in der Randzone herausgezogen werden.

Im Baufeld werden zwei zusätzliche horizontale Gasdrainagen angeordnet, die über spezielle Durchdringungselemente durch die Dichtung hindurchgeführt und an die in der Rekultivierungsschicht frostsicher verlegten Gassammelleitungen angeschlossen werden.

Das Oberflächenwasser wird am Böschungsfuß mittels Betonsohlschalen abgeleitet. Eine unterhalb der Betonrinne angeordnete PE-HD Folie  $d = 1,5$  mm sorgt für eine zusätzliche Dichtigkeit.

Die Materialanforderungen der einzelnen Schichten des Oberflächenabdichtungssystems sind in einem Qualitätssicherungsplan zusammengestellt. Die Einzelergebnisse werden durch die EÜ und FÜ in den jeweiligen Endberichten zusammengefasst und dienen zur Dokumentation der Baumaßnahme.



### 3.3 Standsicherheit – Einsatz Geogitter

Bei Dichtsystem aus Erdstoffen und Geokunststoffen kann zur Aufnahme von Schubkräften in Böschungsfällrichtung, die nicht durch Reibung in den Schichtgrenzen in den Untergrund abgetragen, ein Bewehrungselement erforderlich werden. Das Bewehrungselement muss dabei oberhalb der kritischen Schichtgrenze angeordnet werden. Häufig ist nicht der Endzustand als kritisch zu bewerten, sondern der Einbauzustand durch zusätzliche dynamische Lasten infolge Befahren der einzubauenden Schichten durch Baugeräte.

Die steilen Böschungen der Nordflanke, mit einer Neigung von 1 : 2,5, erfordern den Einsatz eines Geogitters. Das geotechnische Büro BBG hat einen Nachweis der Standsicherheit gegen Gleiten für den Einbau bzw. Endzustand für die gegebenen Bedingungen durchgeführt.

Folgender Aufbau wurde berücksichtigt:

- Rekultivierungsschicht  $d = 1,50$  m
- Kies 0 – 45 mm  $d = 0,20$
- Geogitter
- Geosynthetisches Dränelement
- PE-HD Kunststoffdichtungsbahn, 2,5 mm
- Mineralische Dichtung

Zum Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten der Komponenten des Dichtungssystems untereinander sind haltende (Reibungskräfte in den Schichtgrenzen) und treibende (hangabwärtsgerichtete) Kräfte gegenüberzustellen. Aus dem jeweiligen Verhältnis ergibt sich für die ungünstigsten Randbedingungen die vorhandene Sicherheit  $\eta$ . Die erforderlichen Sicherheiten siehe Tabelle 1, Kapitel 2.3.

Die kritische Scherfuge ist die Fuge mit dem geringsten Kontaktreibungswinkel. Als kritische Scherfuge geht die Fuge Kunststoffdichtungsbahn Agru MST (BAM) zu Dränmatte Secudrän R 101Z WD 601Z R 201Z (BAM) mit einem rechnerischen Kontaktreibungswinkel  $\text{cal } \delta = 22^\circ$  und einer Adhäsion  $\text{cal } a = 2,7 \text{ kN/m}^2$  ein.

Bei den Berechnungen ohne Geogitter wurden in beiden Lastfällen keine ausreichende Standsicherheit erreicht.

Lastfall 1: Einbauzustand (Befahren mit einer Kettenraupe CAT D 6)

a) Einbau der ersten Bodenschicht

$$d_1 = 0,50 \text{ m, Sicherheit } \eta = 1,110 < 1,2$$

b) Einbau der zweiten Bodenschicht

$$d_2 = 1,20 \text{ m, Sicherheit } \eta = 1,132 < 1,2$$

Die Kurzzeitzugfestigkeit der erforderlichen Bewehrungselemente beim Einbau der zweiten Bodenschicht muss laut Berechnung 3,23 kN/m betragen.

Lastfall 2: Endzustand

$$\text{Sicherheit } \eta = 1,21 < 1,30$$

Die Langzeitzugfestigkeit des erforderlichen Bewehrungselementen muss laut Berechnung 61,1 kN/m betragen.

Somit ist der Lastfall 2 mit einer abzutragenden Defizitzugkraft  $T_G = 61,1 \text{ kN/m}$  für die Festlegung der Bewehrung maßgebend.

Es kommt ein Geogitter zum Einsatz, das bei einer Dehnung von 2,5% und unter Berücksichtigung des Kriechens (120 Jahre) eine Bemessungsfestigkeit von 65,4 kN/m aufweist. Bei der Dimensionierung der Verankerungslänge wurde bei der Geometrie kein Verankerungsgraben gewählt sondern eine flächige Verankerung an der Böschungskrone festgelegt, mit einer Verankerungslänge von  $L_1 = 7,5 \text{ m}$ .

Das Geogitter darf im Hauptzugrichtung nicht gestoßen werden und ist im Böschungsfallrichtung zu verlegen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung DepV)  
24.07.2002
- [2] Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien über Tage  
(DepVerwV), Bundesministerium für Umwelt, 25.07.2005
- [3] Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (TASi), BAUZ. 1993 Nr. 99a, 14.05.1993
- [4] Berechnung zur Standsicherheit des Dichtsystems gegen Gleiten, Oberflächenabdichtung Deponie Hüfingen Flächen 2/2 und 3 und 2/1 vom  
24.10.2005 und 07.08.2006, BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH &  
Co. KG Espelkamp
- [5] Die Beurteilung der Eignung des Kunststoff-Dränelements Secudrän<sup>R</sup>  
R 201Z WD 601Z R 201Z für die endgültige Oberflächenabdichtung von  
Deponien, 01.09.2004, BAM – Berlin.

