

Stilllegung einer 20 ha großen Deponiefläche mit unterschiedlichen Abdichtungssystemen und einem spezifischen Nachnutzungskonzept

Dipl.-Ing. Eckhard Haubrich

1. Einleitung

Auf der seit 1994 abgeschlossenen Deponie Böblingen, die durch den Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Böblingen seit 1973 betrieben wird, soll auf einer Gesamtfläche von ca. 20 ha eine Oberflächenabdichtung aufgebracht werden.

In der **Hauptfläche** von ca. 18,6 ha wurde durch das Regierungspräsidium Stuttgart das Aufbringen eines **Kombinationsabdichtungssystems** mit den folgenden wesentlichen Elementen genehmigt:

- Ausgleichsschicht (70 cm)
- mineralische Dichtung (1x 30 cm, $k_f < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), **Dickenreduzierung** von 0,5 m auf 0,3 m
- Kunststoffdichtungsbahn PE-HD (2,5 mm)
- Geotextiles Schutzvlies (1.000 g/m²)
- Mineralische Entwässerungsschicht (0,3 m)
- Rekultivierungsschicht (2,0 m).

In einer **Teilfläche** von ca. 0,4 ha soll aufgrund der geringen Platzreserven abweichend davon ein alternatives **geotextiles Dichtsystem** unter Verwendung der Dichtelemente Bentonitmatte und Kunststoffdichtungsbahn mit einer oben liegenden Drainmatte aufgebracht werden.

Die Deponiebereiche welche für eine **Betriebsfläche** vorgesehen sind (ca. 1,1 ha) werden mit einer **Asphaltdichtung** abgedichtet.

Im Zuge der Maßnahme werden auch Anpassungen bzw. Sanierungen des Entgasungs- und Sickerwassersammlersystems durchgeführt. Weiterhin wird der Ausbau von Betriebsstraßen und –wegen und von Gerinnen und Zwischenspeicherbecken zur Ableitung von Oberflächenwasser durchgeführt.

Das Ingenieurbüro Klinger und Partner ehemals UW Umweltwirtschaft GmbH wurde mit der Planung, Bauoberleitung sowie örtlichen Bauüberwachung der Deponiebaumaßnahme beauftragt.

Die Maßnahme wurde in der Zeit von 08/2006 bis 10/2010 abgewickelt.



Abb. 1: Luftbild Deponie Böblingen, Blickrichtung Südost

2. Umfang der Baumaßnahme (Massen)

Im Zuge der Baumaßnahme sind folgende Arbeiten durchzuführen:

- Profilierungsarbeiten durch interne Massenumlagerung, ca. **150.000 m³**
- Kombinations-Oberflächenabdichtung mit folgendem Aufbau:
 - Ausgleichs- und Entgasungsschicht, d = 70 cm, Recyclingmaterial 0/80, Verunreinigung bis maximal Deponieklasse I (DepVerwV), ca. **260.000 t**
 - mineralische Dichtung, einlagig, d = 30 cm, $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s, ca. **65.000 m³**
 - Kunststoffdichtungsbahn, PE-HD, d = 2,5 mm, ca. **200.000 m²**
 - geotextile Schutzlage, 1.000 g/m², ca. **200.000 m²**
 - Entwässerungsschicht, Schotter 0/45, d = 30 cm, ca. **60.000 m³**
 - geotextile Trenn- und Filtervliese, ca. **50.000 m²**
- Alternative Oberflächenabdichtung aus Geokunststoffen mit folgendem Aufbau:
 - Auflagerschicht für Bentonitmatte, d = 50 cm, steinarmer, bindiger Boden, Verunreinigung bis maximal Zuordnungswert Z2 gemäß LAGA M20, ca. **1.500 m³**
 - Bentonitmatte, einlagig verlegt ca. 4.000 m², in Anlehnung an DiBt-Zulassung
 - Kunststoffdichtungsbahn, PE-HD, d = 2,5 mm, ca. 4.000 m²
 - geotextile Drainmatte mit BAM-Eignungsnachweis ca. 4.000 m²
- Lieferung und Einbau von Rekultivierungsboden ca. **345.000 m³**
- Sickerwasserleitungen, PE-HD da 225 bis 250 ca. **2.200 m**
- Sickerwasserkontrollschächte in PE-HD und Stahlbeton inkl. Armaturen und Einbauteile
- Oberflächenwasserableitung (Betonsohlschalen, Betondolen und Raubettrinnen) ca. 4.000 m
- Bau von 2 Speicherbecken für Oberflächenwasser mit Drosselschächten
- Gasbrunnen bohren ca. 240 m
- Gasleitungen PE-HD da 110 ca. 12.200 m
- Dezentrale Gassammelstellen
- Befestigung von Wegen und Betriebsstraßen
- Asphaltabdichtung auf Betriebsflächen ca. **11.500 m²**
- Asphaltbefestigung auf Betriebsflächen ca. 8.500 m²
- Rasenansaat ca. 180.000 m².

3. Boden- und Untergrundverhältnisse

Im abzudichtenden Bereich der Deponie wurde bis zum Jahr 1994 ca. **5,0 Mio. m³ Haus- und Sperrmüll** abgelagert. Auf der Müloberfläche wurde eine Erdabdeckung unterschiedlicher Mächtigkeit (0,5 – 2 m) aufgebracht. Das Abdeckmaterial besteht aus Böden, die lokal Beimengungen von Bauschutt enthalten. Aufgrund der Lage des Baufeldes auf einem Müllkörper mit einer Aufschütthöhe von bis zu ca. 70 m war daher von Erschwernissen bzgl. einer begrenzten Tragfähigkeit des Untergrundes auszugehen.

Die Böschungsneigung sowohl der bestehenden Deponieoberfläche als auch der im Verlauf der Baumaßnahme durch Profilierung herzustellenden Neigung der Oberflächenabdichtung lag überwiegend im Bereich $< 1:2,7$, teilweise lokal bis zu $1:2,5$. Die Maximalneigung des Dichtungssystems wurde durch **Profilierung auf 1:2,7** begrenzt.

4. Vorgaben zum Bauablauf

Die Zwischenspeicherbecken ZSB 1 und ZSB 2 inkl. der entsprechenden Zu- und Ableitungen bis zum Sickerwasserspeicherbecken mit Drosselschächten und Sickerwassermengemessschacht mussten zwingend zu Beginn der Baumaßnahme hergestellt werden, bevor ein Abfluss kontaminierter Wässer aus dem Baufeld möglich ist. Eine Profilierung mit Freilegung von Müllflächen und der Einbau belasteter Baustoffe ist erst nach Inbetriebnahme dieser Becken zulässig.

Weiterhin wurde zu Beginn der Baumaßnahme ein am südwestlichen Deponierand bestehendes Feuchtbiotop teilweise rück- und eine mineralische Abdichtung gegen den Müllkörper eingebaut.

Zeitgleich mit dieser Teichverfüllung musste eine Renaturierung des am südlichen Deponierand entlang der Deponiegrenze (Zaun) verlaufenden Randgrabens durchgeführt werden.

Nach der Abnahme des Testfeldes durch die Genehmigungsbehörde wurde mit dem Bau der Oberflächenabdichtung im Bereich des Tiefpunktes im Ostteil des Baufeldes oberhalb des bestehenden Regenklärbeckens begonnen. Für eine Bauabschnittsplanung war zu berücksichtigen, dass zu jedem Zeitpunkt die Vorflut – getrennt nach Sickerwasser und nicht verunreinigtem Oberflächenwasser – über bestehende oder neu gebaute Entwässerungssysteme gewährleistet werden muss. Das bedeutet, dass das Baufeld im weiteren Bauablauf vom o. g. Tiefpunkt aus sowohl auf der Südseite der Deponie von Ost nach West fortschreitet, als

auch entlang der Ost- und Nordflanke vom Ostbereich über die Nordostecke bis nach Westen. Der in der Westflanke ca. 20 Höhenmeter über dem Deponiefuß bestehende Plateaubereich musste solange wie möglich offen gehalten werden, da hier z. B. innerhalb des Deponiegeländes umgelagerte durchwurzelter Böden eingebaut werden müssen. Daher muss die Abdichtung der Westflanke der Deponie zum Ende der Baumaßnahme erfolgen.

Die Profilierungsarbeiten wurden abschnittsweise durchgeführt, so dass keine offenliegenden Flächen > 1,5 ha gegeben waren. Zur Vermeidung hoher Oberflächenabflüsse sollte die maximal offenliegende Dichtungsfläche auf ca. 1,0 ha begrenzt werden.

Weiterhin wurde die bestehende Entgasungsanlage abschnittsweise außer Betrieb genommen, um die Entgasung auch während der Bauzeit aufrechtzuerhalten und die Emissionen zu minimieren.

5. Standsicherheit der Oberflächenabdichtung

Zu den vorgesehenen Dichtungssystemen wurden Standsicherheitsnachweise durch den eingeschalteten Geotechniker aufgestellt.

Die daraus resultierenden Vorgaben bzgl. der erforderlichen Scherparameter der einzelnen Schichten wurden in den entsprechenden LV-Positionen definiert.

Generell wurde in den einzelnen LV-Positionen der ohne Ansatz von Kohäsion erforderliche Reibungswinkel vorgegeben. Eine Reduzierung des geforderten Reibungswinkels war möglich, sofern ein zusätzlicher Ansatz von Kohäsion zulässig ist und die Gleichwertigkeit in Abstimmung mit dem Fremdüberwacher Geotechnik nachgewiesen werden konnte.

Die Eignung der vom AN angebotenen Baustoffe musste durch Eignungsprüfungen und Nachweis der entsprechenden Scherparameter gemäß LV-Positionen vor Ausführung belegt werden.

6. Profilierungsarbeiten

Vor Beginn der Arbeiten wurde der durchwurzelter Bereich der bestehenden Erdabdeckung in einer Mächtigkeit von 0,2 m abgetragen. Das Material wurde auf einem bestehenden Flachbereich westlich des Deponiegeländes langweise verdichtet eingebaut.

Anschließend erfolgte eine Profilierung durch interne Massenumlagerung. Eine Materialanlieferung für Zwecke der Profilierung war nicht vorgesehen. Bei der Profilierung wurde Boden der bestehenden Erdaddeckung (Bodenklassen 3 bis 5 DIN 18300) und in untergeordnetem Maß auch Müll (Haus- und Sperrmüll, evtl. mit Bauschuttanteilen) umgelagert und lagenweise verdichtet.

7. Deponieoberflächenabdichtung

7.1 Testfeld

Der Nachweise der Herstellbarkeit des gesamten Dichtungsaufbaus wurde unter Baustellenbedingungen in einem Testfeld gemäß den Anforderungen der TA Abfall Anhang E, Nr. 2.3 in einer Neigung von 1:2,7 geführt. Das Versuchsfeld wird nicht Bestandteil der Abdichtung. Die Abmessungen des Testfeldes erfolgen gemäß TA Abfall, Anhang E. Es wird der gesamte Dichtungsaufbau bis Oberkante Rekultivierungsschicht hergestellt. Alle geotextilen Elemente werden mit Überlappungsstößen bzw. Schweißnähten ausgeführt. Diese Nahtstellen dürfen nicht direkt übereinander angeordnet sein. Beim Rückbau ist ein lagenweiser Abtrag aller Schichten nach Vorgabe der Fremdüberwachung durchzuführen. Bei der Entwässerungsschicht ist die unterste Lage von ca. 10 cm Mächtigkeit mittels Handaushub abzutragen.

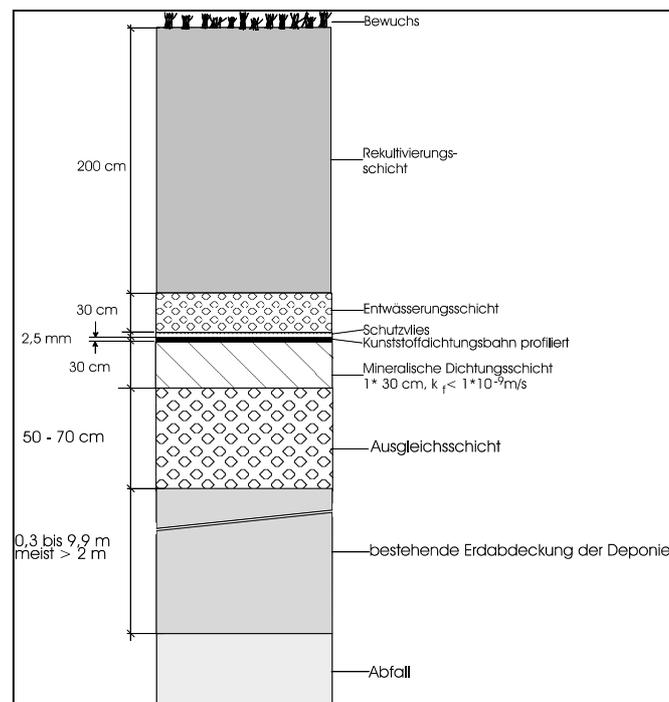


Abb. 2: Kombinationsabdichtung mit dickenreduzierter mineralischen Dichtung

7.2 Ausgleichsschicht

Auf dem nach der Massenumlagerung hergestellten Planum wurde die flächige Ausgleichs- und Entgasungsschicht aus Recyclingmaterial der Körnung 0/80 mit einer Stärke von 70 cm aufgebracht. Es ist eine Wasserdurchlässigkeit von mindestens $1 \cdot 10^{-4}$ m/s im eingebauten Zustand zu gewährleisten. Das Material wurde auf eine Proctordichte von mindestens 97 % verdichtet. Zulässig ist ausschließlich nichtbindiges Material.

Die Ausgleichsschicht erhält unterhalb der Bermen rigolenförmige Verdickungen, die gemäß den Vorgaben des Standsicherheitsgutachters Kriechbewegungen in den Abdeckböden verhindern sollen. Nach Fertigstellung der Profilierung wurde ein mit 60° geböschter Graben mit einer Tiefe von 2,0 m und einer Fußbreite von 1,0 m ausgehoben, der anschließend mit dem RC-Material der Ausgleichsschicht verfüllt wurde.

Die Materialien der Ausgleichs- und Gasdrainschicht dürfen eine Belastung bis maximal Deponieklasse I (DK I) gemäß Spalte 7, Tabelle 2 der Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien (DepVerwV) in der Entwurfsfassung des Kabinettsbeschlusses vom 08. Februar 2006 (siehe Anlage, Anhang D) ergänzt um die Werte der "Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit PAK-, MKW-, BTXE-, LHKW-, PCB-, PCDD/F und Herbizid-haltiger Abfälle" des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg aufweisen. Die Einhaltung der Grenzwerte ist chargenweise durch eine chemische Analyse nachzuweisen.

Im Randbereich im Westen wurde eine Teilmasse der Ausgleichsschicht auf einer Fläche von 4.000 m² als Auflagerschicht für ein geotextiles Dichtungssystem alternativ aus bindigem Boden mit einer Belastung bis LAGA Z.2 mit einer Mächtigkeit von 50 cm hergestellt.

Nach Aufbringen der Ausgleichsschicht wurde an der Oberfläche ein Planum hergestellt, welches entsprechend den Vorgaben gemäß LV eben sein musste. Als Verformungsmodul wurde ein $EV2 \geq 20$ MN/m² angestrebt.

7.3 Mineralische Dichtung

Das Dichtungsmaterial musste den Anforderungen der TA Siedlungsabfall in vollem Umfang entsprechen. Es ist ein Boden mit einem Feinstkornanteil ($d < 0,002$ mm) von mindestens 20 Gew.-% bis max. ca. 25 % (entsprechend Bodengruppe TM gemäß DIN 18196) zu verwenden. Die Schichtdicke beträgt $d \geq 0,30$ m.

Es ist eine Proctordichte über 95 % gefordert. Der natürliche Wassergehalt des Materials muss innerhalb des Bereiches $w_{(pr)} \leq w_{Einbau} \leq w_{(95\%)}$ liegen. Grundsätzlich ist ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (gemäß DIN 18130) von $\leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s zu erzielen. Als ein Reibungswinkel wird $\geq 24,6^\circ$ vorgegeben. Geringere Reibungswinkel werden dann zugelassen, sofern der Nachweis der Gleichwertigkeit unter Einbeziehung der Kohäsion geführt wird.

Das gelieferte Material ist zur Gewährleistung der geforderten Qualität auf einem separaten Fräsfeld außerhalb des Einbaubereiches zu fräsen, um das Material vor Einbau zu homogenisieren und aufzubereiten.

7.4 Kunststoffdichtungsbahn und Schutzlage

Auf der mineralischen Dichtung wurde eine strukturierte Kunststoffdichtungsbahn aus PE HD, 2,5 mm mit gültiger BAM-Zulassung verlegt. Die Anforderungen der BAM-Zulassung der verwendeten Dichtungsbahn (z. B. Verlegeanleitung, Qualitätssicherung) sind vollständig einzuhalten. Die verlegte und verschweißte Kunststoffdichtungsbahn wird vor der weiteren Überdeckung abschnittsweise durch die Fremdüberwachung abgenommen.

Oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn ist eine geotextile Schutzlage aus BAM-zugelassenen Faserrohstoffen unter Beachtung der Verlegeanleitung des Herstellers zu verlegen.

Für das Schutzvlies ist ein Schutzwirksamkeitsnachweis vorzulegen. Im Schutzwirksamkeitsnachweis ist neben dem angebotenen Material der Entwässerungsschicht und der statischen Auflast auch die Verkehrslast beim Einbau der überlagernden Schichten (Entwässerungs-, Rekultivierungsschicht, Straßenbaustoffe) zu berücksichtigen.

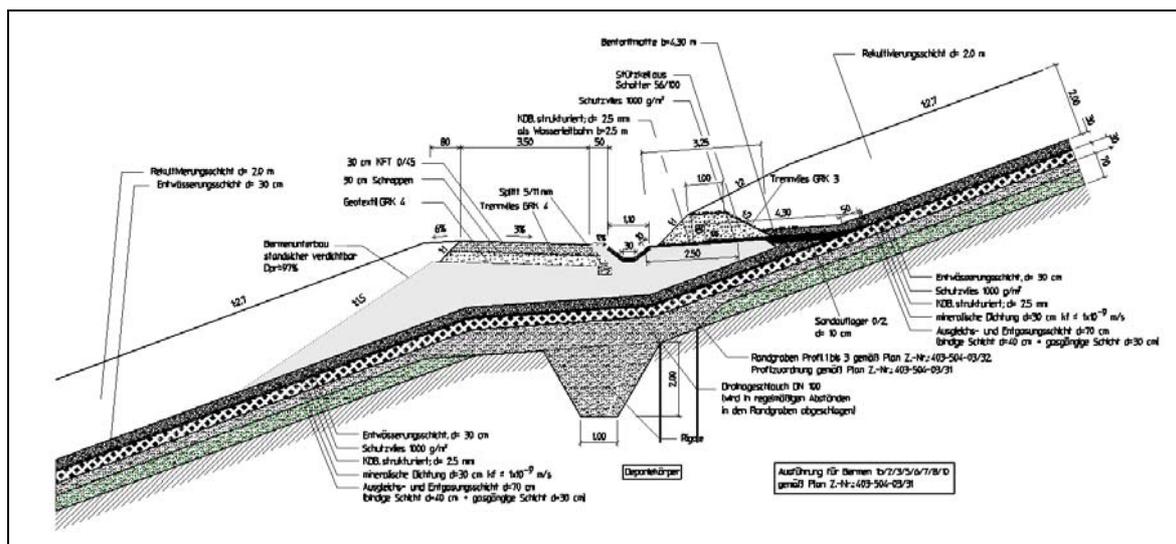


Abb. 3: Anschluss Oberflächenabdichtung im Bereich Berme

7.5 Entwässerungsschicht

Am Böschungsfuß entlang der Randgräben wurde ein Stützkeil aus Schotter 56/100 als Widerlager für die später einzubauende Rekultivierungsschicht aufgebracht. Es ist zu berücksichtigen, dass der Einbau ohne direktes Befahren des untenliegenden Schutzvlieses erfolgen muss. Unzulässige Lasteinleitung in das untenliegende Schutzvlies und die KDB sind auszuschließen. Ein Überfahren des Stützkeils mit Baugerät ist in allen Bauzuständen nicht zulässig, um Eindrückungen in den Untergrund mit Muldenbildung zu vermeiden.

Bergseitig des vorgenannten Stützkeils wurde eine flächige, 30 cm mächtige Entwässerungsschicht aus güteüberwachtem Schotter-Splitt-Gemisch der Körnung 0/45 vorgesehen. Der Einbau erfolgte im Vor-Kopf-Betrieb ohne direktes Befahren des untenliegenden Schutzvlieses.

Für alle Bauzustände ist sicherzustellen, dass am zeitweise offenliegenden oberen Ende der Entwässerungsschicht einzelner Bauabschnitte kein hydrostatischer Druck infolge Wasseraufstau aufgebaut werden kann. Dies bedeutet, dass hier stets ein offener Wasserabfluss mit ausreichendem Gefälle z. B. über entsprechende Erdmulden vorhanden sein muss.

Besonders zu berücksichtigen ist, dass die Entwässerungsschicht zur Reduzierung der Entwässerungslänge entlang der Bermen in den Randgräben ausgeleitet werden muss. Bei der Bauablaufplanung ist daher zu berücksichtigen, dass in diesem Bereich auf die unten liegen-

de KDB eine „Wasserleitbahn“ anzuschweißen ist, die im Bereich der Entwässerungsschicht ein Sandauflager erhält.



Abb. 4: Einbau des Oberflächenabdichtungssystems

7.6 Alternatives Dichtungssystem mit Bentonit- und Dränmatte

Im Randbereich im Westen wurde auf einer Fläche von 0,4 ha ein geringmächtiges, geotextiles Dichtungssystem eingebaut. An Stelle der mineralischen Dichtung wird hier eine einlagig verlegte Bentonitmatte eingesetzt. Danach folgt eine strukturierte Kunststoffdichtungsbahn aus PE HD, 2,5 mm mit gültiger BAM-Zulassung und eine geotextile Dränmatte mit Eignungsnachweis durch die BAM als Entwässerungsschicht. Die Schutzwirksamkeit der Dränmatte für die KDB musste nachgewiesen werden. Das geringmächtige System wurde aufgrund der begrenzten Platzreserven gewählt.

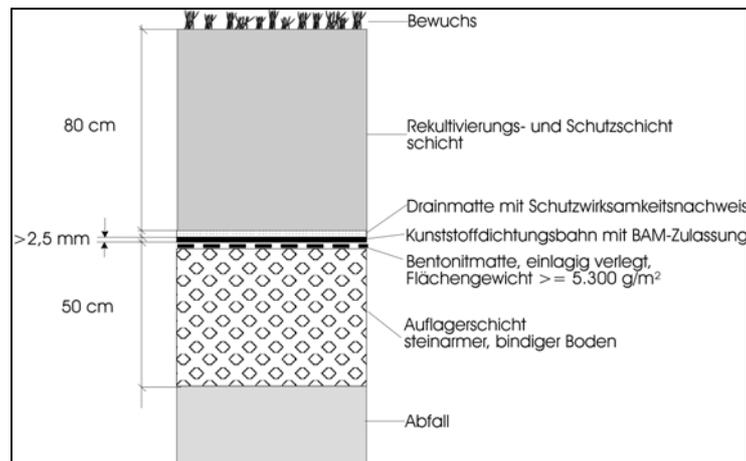


Abb. 5: Alternatives, geotextiles Dichtungssystem

7.7 Landschaftsbauarbeiten/Rekultivierungsschicht

Oberhalb der Entwässerungsschicht wurde eine Rekultivierungsschicht mit einer Mächtigkeit von 2,0 m eingebaut. Das erforderliche Bodenmaterial in einer Masse von ca. 345.000 m³ ist komplett durch den AN zu liefern.

Es ist Material der Eignungsgruppen A und B gemäß Tabelle 2 der DIN 19731 zu verwenden. Bezüglich des Grobbodenanteils ist Material der Eignungsgruppen a und b der Tabelle 2 der DIN 19731 (Volumenanteil des Grobbodens bis 10 %) zu verwenden. Im unteren 1,0 m ist auch Boden der Eignungsgruppe c (bis 30 % Grobbodenanteil) zulässig. Es ist eine lagenweise Verdichtung auf eine Proctordichte $\geq 95\%$ durchzuführen, wobei ein Reibungswinkel von $\varphi' \geq 25^\circ$ zu gewährleisten ist.

Im Bereich des alternativen, geotextilen Dichtungssystems wurde die Rekultivierungsschicht abweichend von der Hauptfläche auf einer Fläche von 0,4 ha mit einer Mächtigkeit von 80 cm aufgebracht.

Um die Erosion des Rekultivierungsbodens gering zu halten, wurde abschnittsweise direkt nach Fertigstellung einzelner Abschnitte eine Rasenansaat ausgeführt.

7.8 Asphaltabdichtung

Die Betriebsflächen für den Containerstellplatz und im Deponieeingangsbereich befinden sich auf Auffüllmaterial und wurden auf einer Gesamtfläche von ca. 11.450 m² mit einer Asphaltabdichtung mit folgendem Schichtenaufbau versehen (von oben nach unten):

- 4,0 cm Asphaltdeckschicht AC 11 DS mit 20 % RC-Material, 0/8 mm mit Bindemittel B 50/70, Hohlraumgehalt an der eingebauten Schicht $\geq 2,5$ Vol-% - $\leq 4,5$ Vol-%
- 6 cm Asphaltbinderschicht AC 16 DN mit 20 % RC-Material mit Bindemittel B 50/70. Hohlraumgehalt an der eingebauten Schicht $\geq 3,0$ Vol-% - $\leq 5,0$ Vol-%
- 11 cm Asphalttragschicht AC 32 TS mit 60 % RC-Material, Bindemittelart B 50/70. Hohlraumgehalt an der eingebauten Schicht $\geq 5,0$ Vol-% - $\leq 7,0$ Vol-%

Als Unterbau wurde eine kombinierte Frostschutz- und Tragschicht 0/45 mm aus güteüberwachtem Sand-Splitt-Schotter-Gemisch mit einer Mächtigkeit von 50 cm eingebaut.

Weiterhin ist die Betriebsfläche mit einer Fläche von ca. 8.400 m² mit Asphalt zu befestigen. Da sich diese Fläche oberhalb der eigentlichen Deponieabdichtung befindet, sind an die Asphaltsschichten dieses Bereiches keine besonderen Anforderungen an die Dichtigkeit zu stellen.

Weiterhin erfolgt die Abdichtung des Zwischenspeicherbeckens ZSB 1 mit Asphalt. Auf einer Schottertragschicht ist eine Asphalttragdeckschicht aus Sand-Splitt-Gemisch, Körnung 0/16, in einer Dicke von 10 cm einzubauen.

Nach Aufbringen einer Haftkleberschicht wird eine Asphaltverschleißschicht (AV) aus Sand-Splitt-Gemisch, Körnung 0/11 mit einer Schichtdicke von 4 cm aufgebracht. Bei der Planung und Ausführung der Arbeiten ist die schwierige Böschungsgeometrie des Beckens zu berücksichtigen.

8. Sickerwasser – Randdrainagen

In den Randbereichen wurde am Fuß der Ausgleichs- und Gasdrainschicht eine Sickerwasserdrainage PE-HD, da 225, SDR 11, 2/3 gelocht verlegt, die das insbesondere während der Baumaßnahme in der Ausgleichsschicht abfließende Wasser abführt. Die Leitung wird in 5 einzelnen Teilsträngen verlegt und abschnittsweise an neu zu installierende Kontrollschächte

angebunden. Über die zukünftige Kontroll- und Wartungsarbeiten vorgenommen werden können.

Alle Anschlusspunkte an das Sickerwasserableitungssystem wurden mit geschlossenen Systemen ausgeführt bzw. mit Siphons ausgerüstet, um ein Ansaugen von Luft in die Ausgleichsschicht zu verhindern. Von dort aus erfolgt die Sickerwasser-/Kondensatableitung durch bestehende Systeme.

Als Regelprofil wird im Bereich des Rohraufagers ein Auflager aus mineralischem Dichtungsmaterial hergestellt. Oberhalb ist eine Bentonitmatte in Rohrlängsrichtung als Abdichtung zu verlegen. Die Rohrleitung wird mit einer Rohrumhüllung aus Kies 16/32, kalkarm versehen.

9. Oberflächenentwässerung

Bei der Profilierung der Deponieoberfläche ist lokal damit zu rechnen, dass in den Müllkörper eingegriffen wird. Die Ausgleichs- und Entgasungsschicht sowie die mineralische Dichtung können mit schadstoffbelastetem Material ausgeführt werden. Daher musste davon ausgegangen werden, dass während des Bauzustandes über die Böschungslanken abfließendes Niederschlagswasser verunreinigt ist.

Die aus kontaminierten Flächen abfließende Menge von Niederschlagswasser ist so weit wie möglich zu minimieren. Zu diesem Zweck wurde der Zufluss von nicht belasteten Wassers zu den kontaminierten Bereichen durch die Anlage entsprechender temporärer Gräben zu verhindern. Die innerhalb des kontaminierten Bereiches anfallende Wassermenge ist möglichst über Sickergruben abzuleiten, um eine zeitverzögerte Ableitung ins Sickerwassersystem zu erreichen.

Die Ableitung der unvermeidlichen Restmenge kontaminierten Wassers in das Sickerwassersystem muss weitgehend feststofffrei erfolgen (Absetzbecken oder entsprechende Filter), um eine Verschlammung des Ableitsystems zu verhindern.

Nach Aufbringen der Kunststoffdichtungsbahn auf einzelnen Teilabschnitten ist das Oberflächenwasser als nicht kontaminiert zu betrachten und dementsprechend zur Minimierung der Sickerwassermengen in das Oberflächenwasser einzuleiten.

Für die Ableitung von Oberflächenwasser wurden im Endzustand entlang der Bermen und Deponierandstraßen Randgräben ausgebildet. Die auszuführenden Grabenquerschnitte wurden hydraulisch bemessen.

10. Betriebsstraßen und Bermen

Nach Bau der Dichtung wurde im Bermenbereich ein Unterbau aus tragfähigem, verdichtetem Boden mit einer Proctordichte $\geq 97\%$ aufgebracht. Auf diesem Unterbau wurde eine Befestigung aus 30 cm Schroppen und 30 cm Kombiniertes Frostschutz- und Tragschicht (KFT) 0/45 mit aufgebracht. Die Regelbreite der Berme an der Oberkante der KFT beträgt 3,5 m.

Im Ost- und Südbereich der Deponie besteht ein asphaltierter Randweg mit einer Breite von 6,5 m. Im Ostbereich wird die gesamte Breite der Straße erhalten. Im Südbereich wurde der Randweg im Zuge der Baumaßnahme auf eine Breite von 4,0 m rückgebaut. Im Südwestbereich und Westbereich wurde der Deponierandweg auf einer Breite von 4,0 m neu asphaltiert.

11. Entgasung

Bei allen Arbeiten am Entgasungssystem ist abschnittsweise vorzugehen, so dass nicht alle Fassungelemente gleichzeitig außer Betrieb genommen werden. Der Zeitraum, in dem die einzelnen Fassungelemente nicht abgesaugt werden können, wurde auf das bautechnisch unbedingt erforderliche Maß begrenzt.

Im Zuge des Aufbringens der Oberflächenabdichtung werden die 13 Gasbrunnen neu gebohrt. Es ist eine Regelbohrtiefe von 20 m ab Geländehöhe Bestand vorgesehen.

Die neuen Brunnen werden mit einem Durchmesser von 800 mm ab Geländeoberkante niedergebracht. Im Bohrloch wird ein Zentralrohr PE-HD, da 280 mm, SDR 17,6 mit einer freien Eintrittsfläche von ca. 9 % eingebracht und zentral ausgerichtet. Anschließend wird das Bohrloch mit Filterkies 16/32 mm mit einem Karbonatanteil $\geq 10\%$ verfüllt.

Die innerhalb des Baufeldes befindlichen Gasdomköpfe im Endausbau wurden demontiert und seitlich zwischengelagert. Nach Einbau der Rekultivierungsschicht wurde das Ab-

schlussbauwerk wieder installiert. Einzelne Teile sind gemäß den entsprechenden LV-Positionen auszutauschen.

Bei allen Gasbrunnen wird das bestehende Zentralrohr PE-HD da 280 entsprechend der Höhenveränderung durch Profilierung und Aufbringen der Oberflächenabdichtung verlängert (bzw. gekürzt). Die oberen 3,5 m werden in PE-EL, da 280 SDR 11 ausgeführt.

Zur Trennung des Gasbrunnens von der gasgängigen Ausgleichs- und Entgasungsschicht ist unterhalb der Oberflächenabdichtung ein Lehmkegel herzustellen.

Die Durchdringung durch die Abdichtung erfolgte mit einem Rohrstück PE-HD, da 355 mm, SDR 17,6 und einem Anschweißkragen aus einer PE-Platte gefertigt, das über das Zentralrohr gestülpt werden kann. Am Anschweißkragen wurde die Kunststoffdichtungsbahn dicht verschweißt. Die zwischen Durchdringung und Zentralrohr bestehende Verschiebmöglichkeit zum Ausgleich von setzungsbedingt zu erwartenden Verschiebungen wurde mittels Rollring abgedichtet.

Nach dem Aufbringen der Ausgleichsschicht wurden die 6 horizontalen Gasdrainagen mit Rohrleitungen PE-HD, da 200 mm, SDR 11, gelocht verlegt.

Die Drainagen wurden in Rigolen mit Anschluss an die flächige Ausgleichs- und Gasdrainage eingebunden. Die Rigolen sind mittels Trennvlies von der Ausgleichs-/Gasdrainage abzutrennen, die Verfüllung erfolgt mit kalkarmem Kies 16/32.

Die Drainagen werden jeweils etwa in der Mitte des Stranges mittels T-Stück an die Gassammelleitung angeschlossen. Die Durchdringung durch die Dichtung wird mit demselben Detail wie bei den Gasbrunnen, jedoch passend zum Rohrdurchmesser mit einem Rohrstück PE-HD, da 250 mm, SDR 17,6 mit Anschweißkragen ausgeführt.

Der Anschluss sämtlicher 75 Gasfassungselemente (6 horizontale Gasdrainagen, 13 neu gebohrte Gasbrunnen, 5 wieder freigelegte, verschüttete Gasdome, 51 bestehende Gasdome) an die Dezentralen Gassammelstellen erfolgt als Einzelanschluss mittels Rohrleitungen PE-HD, da 110, SDR 17,6 die frostfrei mit einem Mindestgefälle von 5 % in der Rekultivierungsschicht verlegt werden.

Die Leitungsführung ist grundsätzlich so ausgeführt, dass anfallendes Kondensat zu den dezentralen Gassammelstellen abläuft bzw. gegen die Gasfließrichtung zum Gasfassungs-

element und in den Deponiekörper entwässert. Alle Leitungen werden in Gräben mit Rohraufleger und -umhüllung aus Sand frostsicher verlegt.

Die 5 dezentralen Gassammelstellen werden als Fertiggaragen mit innen liegendem Gassammelbalken aus elektrisch leitfähigem PE-HD mit den entsprechenden Regelungseinrichtungen ausgeführt. Bei zwei Stationen wurde die Möglichkeit für eine eventuelle spätere Gut-/Schwachgastrennung vorgesehen.

Die Dezentralen Gassammelstellen werden über Gassaugleitungen einzeln an die Hauptgassammelstelle (HGS) angeschlossen. Von hieraus erfolgte der Anschluss an die Verdichterstation und die nachfolgende Behandlungstechnik BHKW bzw. Hochtemperaturfackel.

12. Spezielles Nachnutzungskonzept

12.1 Allgemeines

Der Landkreis Böblingen ist einer von 10 Deponiebetreibern (weitere EU-Staaten) die sich an dem durch die EU geförderten Projekt SufalNet 4 eu (Sustainable use of Former and Abandoned Landfills) beteiligte haben, um die Nachnutzung endgültig abgedichteter Deponien zu untersuchen. Hierbei werden konkrete Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen einer Planung auf ihre technische und wirtschaftliche Machbarkeit hin untersucht.

Der Landkreis Böblingen beauftragte Klinger und Partner Ingenieurbüro für Bauwesen und Umwelttechnik GmbH, mit der technischen Planung zur Realisierung einer Fotovoltaik-Anlage auf der Oberflächenabdichtung der Kreismülldeponie Böblingen unter Beachtung der speziellen Standortbedingungen.

Es sollen die Möglichkeiten einer Installation von Fotovoltaikmodulen auf den steilen (ca. 1:2,7), nach Süden ausgerichteten Böschungen der mit Rekultivierungsboden abgedeckten Oberflächenabdichtung näher untersucht werden.

Hierbei werden insbesondere die bautechnischen Problemstellungen im Zuge einer Variantenbetrachtung herausgearbeitet und Lösungsmöglichkeiten entwickelt.

Im Zuge der Planung werden die in Reihe aufgestellten Modultische unter Beachtung des Sonneneinstrahlungswinkels (Winter) konstruiert. Für die Winkelstellung des Modultisches werden 2 Varianten mit 20° und 25° betrachtet. Die Modultischgröße ergibt sich aus der Anzahl und Größe der Einzelmodule.

Einen wesentlichen Planungsaspekt stellen die Befestigungsmittel der Modultische in der Steilböschung durch z. B. gerammte oder einbetonierte Träger dar. In diesem Zusammenhang müssen die geotechnischen Bedingungen der unverdichteten Bodenabdeckung bzgl. evtl. Setzungen und Verschiebungen der Modultische berücksichtigt und die Standsicherheit der Gesamtkonstruktion bewertet werden.

Die Modultische (Trägersystem) sind inkl. Bodenbefestigung statisch auf Wind-, Sog- und Schneelasten zu bemessen.

Besonders zu beachten ist die ca. 2,0 m tiefer liegende Kunststoffdichtungsbahn, die durch die Fundamentierungs- und Kabelverlegearbeiten nicht beschädigt werden darf.

Auch das umfangreiche Leitungsnetz aus Gas- und Entwässerungsleitungen ist vor Beschädigungen aus den zuvor genannten Arbeiten zu schützen.

Für die statische Vordimensionierung der Drehfundamente sind die anstehenden Bodenkennwerte der Rekultivierungsschicht zu ermitteln.

Für jegliche Art der Nutzung eines Oberflächenabdichtungssystems stellt sich die grundsätzliche Frage nach der Gewährleistung der Gesamtstandsicherheit. Bei Eingriffen in das Abdecksystem (Rekultivierungsschicht) ist zu hinterfragen, ob die geplanten Aufbauten (im vorliegenden Fall Modultische) unzulässige Lasten in das System einleiten oder ob die vorgesehene Installation systemverträglich ist.

Im Rahmen der geotechnischen Stellungnahme zur Gründung von Modultischträgern auf der Oberflächenabdichtung der Deponie Böblingen wurde nachgewiesen, dass die geplante Photovoltaikanlage keinen negativen Einfluss auf die globale Standsicherheit des Deponiekörpers und der Schichten der Oberflächenabdichtung hat.

12.2 Fundamentierung

Als Modultischfundamente kommen grundsätzlich folgende Fundamentarten in Betracht:

- Stahlbetonfundamente als Streifenfundamente oder Betonplatten
- Rammfundamente
- Dreh- bzw. Schraubfundamente



Abb. 6: Herstellung von Betonfundamenten in flach geneigter Oberfläche, Deponie Ulm-Eggingen

Für die Ausführung von Betonfundamenten ist ein aufwendiger Materialtransport erforderlich. In steilen Böschungen ist das System technisch kaum ausführbar und daher nicht zu empfehlen.

Bei **Rammfundamenten** wäre auf der künstlich geschütteten Rekultivierungsschicht mind. eine Einbindetiefe von 1,8 – 2,0 m erforderlich. Da in Teilbereichen der Fläche kein ausreichender Sicherheitsabstand zum Abdichtungssystem gewährleistet werden konnte, schied das System im Falle Deponie Böblingen für die weitere Planung ebenfalls aus.

Drehfundamente sind stahlverzinkte Rohrhülsen mit Wendeelement. Die Einbindetiefe richtet sich nach der Bodenklasse und der Verdichtung und liegt zwischen ca. 1,0 - 1,5 m. Die exakte Tiefe muss aber letztlich nach einem Zug- und Belastungsversuch ermittelt und festgelegt werden.



Abb. 7: Beispiel Drehfundament mit Wendelsystem (Fa. Doma)

Auf der Grundlage dieses Testlaufs erfolgt die Dimensionierung der Fundamente.

Böschungsneigungen auf Deponien mit 1:2,7 wurden nach Aussage der Lieferfirmen bisher noch nicht realisiert.

Es ist zwischen Drehfundament und Dichtsystem (OK Entwässerungssystem) ein Sicherheitsabstand von mind. ca. 30 cm einzuhalten.

Bei der statischen Auslegung werden Wind-, Sog- und Schneelasten berücksichtigt.

Wesentliche Vorteile der Drehfundamente:

- schnelle Montage
- keine Bodenbewegungen erforderlich
- nachjustierbar
- ergeben keine Flächenversiegelung
- kostengünstig
- leichter Rückbau nach der Nutzungszeit der PV-Anlage möglich.



Abb. 8: Beispiel für ein Freiland-Rack (V-System) auf Drehfundamenten (K2-Systems)

Aufgrund der spezifischen örtlichen Bedingungen mit Böschungsneigungen von 1:2,7 und des speziellen Dichtungsaufbaues, wurde das Drehfundament von den zuvor dargestellten Fundamentarten als das Geeignetste befunden.

12.3 Modultischkonstruktion und Aufstellungslageplan

Die Modultische wurden unter Beachtung der Geländegeometrie (Böschungsneigung 1:2,7) und der favorisierten Tischneigung von 25° konstruiert. Die Tischgröße resultiert aus der vorgegebenen Modulplattengröße von 1590 x 808 x 50 mm und beträgt im vorliegenden Fall 11,72 m x 3,20 m. Die Achsabstände der Racks wurde vom Hersteller mit 1,50 m vorgegeben, so dass sich eine Anzahl von 8 Racks je Tisch ergab. Pro Modultisch können 28 Module installiert werden.

Die statische Vorbemessung ergab, dass die bei dieser Variante zu erwartenden Windlasten abgetragen werden können.

Der Modultischabstand ergibt sich aufgrund der Sonneneinstrahlung (Winter 18°) und der vorhandenen Böschungsneigung mit ca. 0,40 m. Die Modultischkonstruktion bildet die Grundlage für den Aufstellungsplan der Modultische im vorgesehenen Flächenbereich der

Südböschung. Die Tischachsen wurden mit ca. 15° aus der Südexposition Richtung Westen verdreht, um das Raster besser dem Höhenlinienverlauf anzupassen.

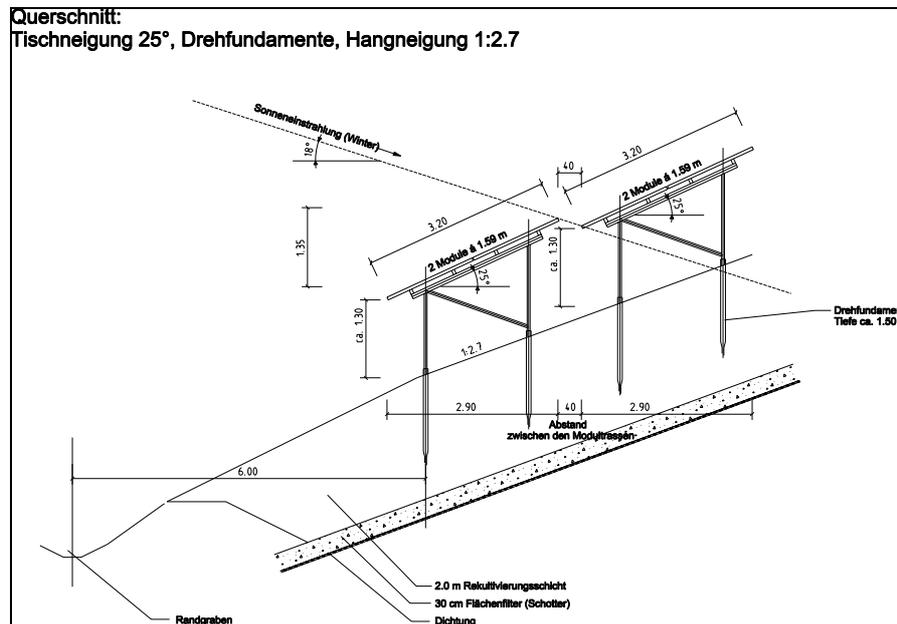


Abb. 9: Querschnitt der Modultische

Bei der Planung ist ein ausreichender Sicherheitsabstand zum Böschungsfuß und zu den Entgasungsbrunnen (Ex-Schutz) einzuhalten.

Im Zuge einer weiteren Detailplanung ist auch der Verlauf der Gasleitungen bei der Installation der Drehfundamente zu beachten.

Die Modultischhöhe soll zum Gelände eine Mindesthöhe von 1,30 m haben. Zwischen den Modultischtrassen wird ein Wartungsgang für die Böschungspflege von ca. 3,0 m angeordnet.

Bei insgesamt ca. 197 Modultischen á 28 Modulen ergibt sich eine errechnete Leistung von ca. 1000 kWp welche die Grundlage für die noch zu erbringende Kosten-/Nutzenbetrachtungen der Fotovoltaikanlage bildet.

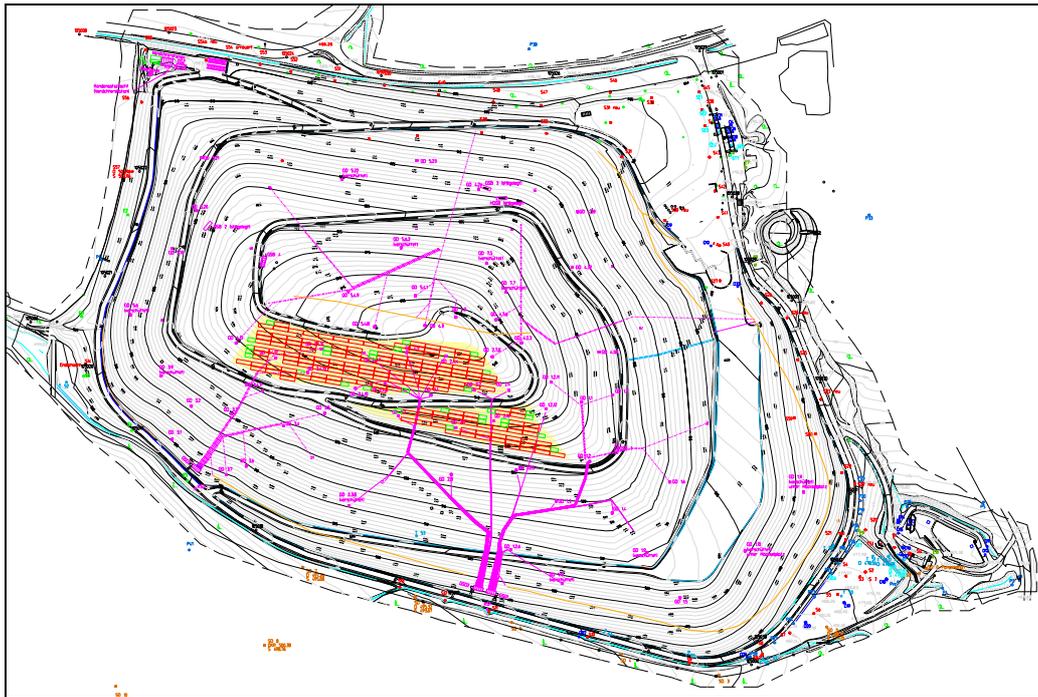


Abb. 10: Übersichtsplan mit PV-Fläche

13. Literaturverzeichnis

- Verordnung über Kreismülldeponien und Langzeitlager (Kreismülldeponieverordnung DepV); 24.07.2002
- Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen; Technische Regeln; Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20; 06.11.1997
- Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit PAK-, MKW-, BTXE-, LHKW-, PCB-, PCDD/F- und Herbizid-haltiger Abfälle; UVM Baden-Württemberg; 12/2003
- Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Kreismülldeponien über Tage (Dep-VerwV); Bundesministerium für Umwelt; 25.07.2005
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-AbfG); 27.11.1994
- Technische Anleitung zur Verwertung Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (TASi); BAnz. 1993 Nr. 99a; 14.05.1993
- Haubrich, E. (2002), „Alternative Oberflächenabdichtung mit Bentonit- und Dränmatte“, UW – Aktuell 2002, Spezial Nr. 15 – Oberflächenabdichtung von Deponien
- Haubrich, E. (2006), Bauen mit Geokunststoffen in steilen Böschungen, Gesamtkonzept Stilllegung Deponie Hüfingen, SKZ Tagung – Die sichere Deponie, Würzburg#