

# **Oberflächenabdichtung vollständig aus Geokunststoffen – Praxisbeispiel Deponie „Lichte“ (BW), Vergleich zweier Bauabschnitte – heute und vor 10 Jahren**

Dipl.-Ing. Eckhard Haubrich, Klinger und Partner GmbH Stuttgart

## **1 Einleitung**

Die Abfallwirtschaftsgesellschaft des Rems-Murr-Kreises mbH mit Sitz in Baden-Württemberg hat in der Zeit von 1976 – 2005 auf der Gemarkung Kaisersbach die Deponie „Lichte“ betrieben.

Die Abfallablagerung wurde im Jahr 2005 beendet.

Im Jahr 1992 hat der Landkreis eine Erweiterung der Deponie auf dem bereits planfestgestellten Gelände beim Regierungspräsidium Stuttgart beantragt, die mit Datum vom 28.06.1995 abfallrechtlich genehmigt wurde.

Daten zur Deponie:

Gesamtfläche: ca. 6,4 ha (einschließlich Rand- und Betriebsflächen)

Bruttoauffüllvolumen: ca. 521.000 m<sup>3</sup>

Die Deponie „Lichte“ Kaisersbach weist eine flächendeckende Sohlabdichtung mit Entwässerungssystem auf.

Der ältere Deponieteil hat eine mineralische Basisabdichtung während im Erweiterungsabschnitt, in den zwischen 1993 – 1996 ausgeführten 3 Bauabschnitten die Basisabdichtung als Kombinationsdichtung gemäß TASI ausgeführt wurde,

Im Rahmen der Genehmigungsplanung von 1992 für die Deponieerweiterung erfolgte auch die Planung der Oberflächenabdichtung und Entgasung der gesamten Deponie.

Das flächendeckende Gaserfassungssystem wurde in den 90er Jahren installiert und ist in die jeweiligen Bauabschnitte der Oberflächenabdichtung zu integrieren.

Im Kuppenbereich der Deponie befindet sich ein Häckselplatz für Grüngut, der im Zuge der Profilierung in einen anderen Flächenbereich oberhalb des Oberflächenabdichtungssystems zu verlegen ist. Weiterhin wird in unmittelbarer Grenze zur Deponiefläche im Nordwesten der Deponie eine Abwurframpe für Anlieferer betrieben, die im Bereich der Containerstellplätze eine Flächenbefestigung erhält, welche mit der geplanten Oberflächenabdichtung verbunden werden muss.



Abb. 1: Luftbild der Deponie „Lichte“, Kaisersbach mit Abgrenzung der bereits oberflächengedichteten Bereiche

## 2 Konzeption

Da zum Zeitpunkt der Genehmigungsplanung im Jahr 1992 beim Gesetzgeber noch über die TASI beraten wurde, erfolgte die Planung der Oberflächenabdichtung in Anlehnung an den Entwurf zu dieser technischen Anleitung.

Das im Jahr 1995 genehmigte Oberflächenabdichtungssystem entsprach den Vorgaben der TASI.

Im Zeitraum von der Antragstellung bis zur Genehmigung und auch danach, wurden in einigen Bundesländern verschiedene alternative Oberflächenabdichtungen für Hausmülldeponien diskutiert.

Die **UW** Umweltwirtschaft Wasser, Boden, Luft, Abfall GmbH (heute mit Klinger und Partner, Ingenieurbüro für Bauwesen und Umwelttechnik GmbH, Stuttgart fusioniert) hat daher die Vor- und Nachteile verschiedener Dichtungssysteme untersucht und schlug dem Auftraggeber Ende 1997 ein dem Stand der Technik entsprechendes alternatives Oberflächenabdichtungssystem zur Ausführung vor, das technische und wirtschaftliche Vorteile gegenüber dem genehmigten System bietet. Zur Veranschaulichung sind beide Dichtungssysteme in der Abb. 2 gegenübergestellt.

Im vorgeschlagenen alternativen System, werden einzelne Elemente des TASI-Dichtungssystems durch geotextile Elemente ersetzt. Die Kunststoffdichtungsbahn als Element der Kombinationsabdichtung bleibt erhalten.

Die Anwendung des Alternativsystems führte zu einer deutlichen Kostenreduzierung gegenüber dem Regelabdichtungssystem nach TASI. Bei der Planung wurden hierbei sowohl die regionalen Kostenstrukturen, die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen, als auch die technische Realisierbarkeit (z. B. Böschungsneigung, Setzungsverhalten etc.) berücksichtigt.

Anhand des konkreten Planungs- und Ausführungsbeispiels Deponie „Lichte“ Kaisersbach in der Region Stuttgart, soll die Projektentwicklung einer alternativen Oberflächenabdichtung von der Konzeption bis zur Ausführung näher dargestellt werden.

Die Oberflächenabdichtung wird in zwei zeitlich getrennten Bauabschnitten, mit einem Abstand von 10 Jahren ausgeführt, wodurch sich entsprechende Unterschiede in der Genehmigungsphase und Bauausführung ergeben.

### 3 Bauabschnitt I (BA I)

#### 3.1 Systemaufbau

Auf dem im Norden befindlichen 1. Bauabschnitt wurde das alternative Abdichtungssystem im Jahr 1999/2000 auf einer Fläche von ca. 1,8 ha unter vollständiger Verwendung geotextil-er Elemente aufgebracht.

Die Flächenneigung war in überwiegenden Bereichen bis max. 1 : 10, während in einem kurzen Böschungsabschnitt eine Neigung bis 1 : 3 vorhanden war.

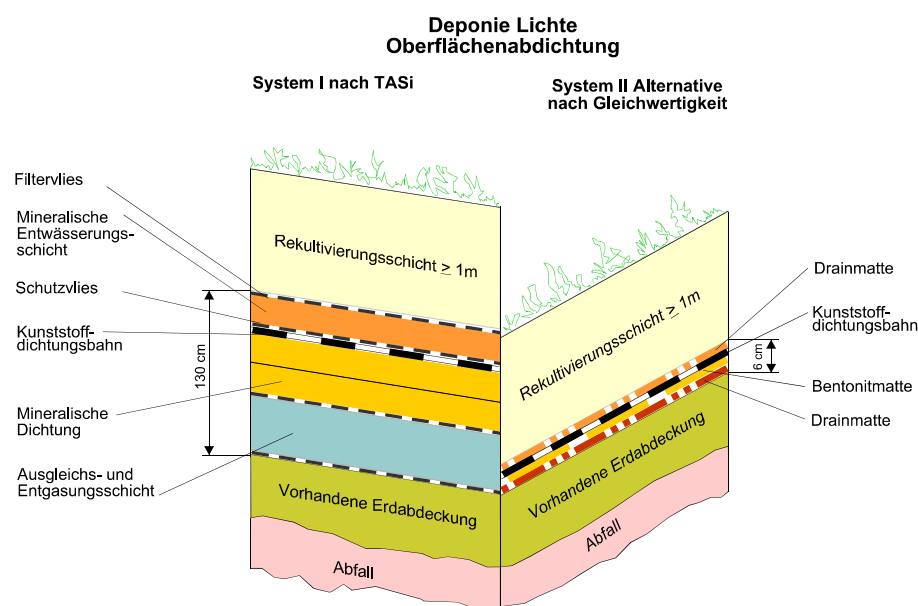


Abb. 2: Gegenüberstellung TASI-System und alternatives Oberflächenabdichtungssystem mit Geokunststoffen

Dichtungsaufbau:

1. Drainmatte anstelle einer Entgasungsschicht
2. Bentonitmatte anstelle einer mineralischen Dichtung
3. Kunststoffdichtungsbahn nach TASI
4. Drainmatte als Entwässerungsschicht anstelle einer Drainschicht aus Kies.

Der Vergleich beider Systeme in der Abb. 2 zeigt, dass das alternative Oberflächenabdichtungssystem einen deutlich geringmächtigeren Aufbau hat, was insofern für das Projekt von großer Bedeutung war, da die Endhöhe im vorgesehenen Bauabschnitt bereits erreicht wurde und ein umfangreicher Abtrag bei der Ausführung des TASI-Systems erforderlich gewesen wäre.

Die wesentlichen Vorteile des alternativen Systems sind:

- geringere Kosten im Vergleich zu System I (Standort bezogen)
- einfachere und damit schnellere Herstellung der Dichtung
- geringere Abhängigkeit von der Witterung
- Zuverlässigkeit bei der Materiallieferung
- geringere Mächtigkeit des Aufbaus (ca. 1,3 m geringer) und damit bessere Volumenausnutzung der Deponie, bzw. geringere Massenbewegung beim Flächenabtrag erforderlich.
- Die Bentonitmatte ist gegenüber einer mineralischen Dichtung setzungsunempfindlicher, dies ist insbesondere wichtig im Hinblick auf Flächenbereiche mit geringer Geländeneigung.

### 3.2 Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde

Die Konzeption zur geänderten Planung wurde den Vertretern des zuständigen Regierungspräsidiums Stuttgart im März 1998 vorgestellt. Nach Festlegung der Behörde wurde keine Änderungsgenehmigung zur erteilten abfallrechtlichen Genehmigung erforderlich, da die Maßnahme den gleichen Zweck wie die bereits zugelassene Regeldichtung nach TASI erfüllt und somit als unwesentliche Änderung angesehen werden kann.

Voraussetzung für die Genehmigung war allerdings die Aufstellung eines Gleichwertigkeitsnachweises, in dem das vorgesehene alternative System mit dem TASI-System verglichen und bewertet wird.

Da vom Land Baden-Württemberg für die Ausführung von innovativen Bauvorhaben Fördermittel zur Verfügung gestellt werden, erfolgte parallel eine Voranfrage beim Umweltministerium Baden-Württemberg bzgl. der Förderwürdigkeit der vorgesehenen Maßnahme aus dem kommunalen Investitionsfond.

Die Bewilligung erfolgte für den innovativen Teil der alternativen Abdichtung, da dieser Aufbau bundesweit erstmalig so geplant wurde. Voraussetzung für eine Mittelbereitstellung war allerdings die Genehmigung durch das Regierungspräsidium Stuttgart.

Es galt also nun den Kreis zwischen innovativem Lösungsansatz / Genehmigungsfähigkeit / Gleichwertigkeitsnachweis / Fördermittelbewilligung zu schließen.

### 3.3 Gleichwertigkeitsnachweis BA I

Die Feststellung der Gleichwertigkeit von Alternativsystemen erfolgte bekanntlich zum damaligen Zeitpunkt (1998) im Einzelfall projektspezifisch durch die jeweils abfallrechtlich zuständige Behörde. Dabei waren die Anforderungen der „Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen“ des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) zu berücksichtigen.

Die zuständige Genehmigungsbehörde konnte sich zur Entscheidung über die Gleichwertigkeit von Alternativsystemen folgender Hilfsmittel bedienen:

- **bauaufsichtliche Zulassungen**, die vom DIBt für einzelne Dichtelemente in der Vergangenheit erteilt wurden. Diese Zulassungen erfolgten unabhängig vom konkreten Bauvorhaben und definieren die jeweils einzuhaltenden Randbedingungen.

Die bauaufsichtlichen Zulassungen wurden zum Nachweis der Eignung einzelner Dichtelemente in Dichtsystemen herangezogen.

- **Einzelfallgutachten durch die BAM** oder anderer Institute für das konkrete Bauvorhaben.

Die bislang realisierten Alternativsysteme, wurden daher in der Regel mittels Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde, bei Bedarf mit Erstellung eines Eignungsgutachtens genehmigt.

### 3.4 Besonderheiten zum BA I

In den Gesprächen mit der Behörde zum Gleichwertigkeitsnachweis wurde deutlich, dass für die Erlangung einer zügigen Genehmigung zugelassene geotextile Produkte bevorzugt werden sollten. Anderenfalls wären umfangreiche Nachweise zur Eignung der einzelnen Materialien vorzulegen, die möglichst einen lückenlosen Aufschluss über die Produktqualität geben.

- Für das Dichtungselement Kunststoffdichtungsbahn wurden nur BAM (Bundesanstalt für Materialprüfung) -zugelassene Bahnen verwendet.
- Für die Bentonitmatte wurden zugelassene Produkte gefordert. Da verschiedene Hersteller mittlerweile Zulassungen (DIBt) für den Einsatz von Bentonitmatten in der Deponieklasse I erhalten hatten, war die Genehmigungsfähigkeit für den Einsatz in der Deponieklasse II sehr aussichtsreich.

Da wegen der fehlenden Zulassung für einlagige Bentonitmatten aber keine Genehmigung für die Deponieklasse II erteilt worden wäre, wurde schlussendlich der behördlichen Forderung nach einer zweilagigen Bentonitmatte gefolgt.

Die Notwendigkeit einer doppelt verlegten Bentonitmatte unter einer Kunststoffdichtungsbahn, wurde vom Autor allerdings in Frage gestellt, da Austrocknungserscheinungen aufgrund des Absperreffektes der KDB und des dadurch ständig feuchten Milieus eher unwahrscheinlich waren.

Eine zusätzliche Forderung des Regierungspräsidiums war, die Träger- und Deckvliese sowie die Vernadelung der unteren Bentonitmatte aus einem PE-HD-Rohstoff zu fertigen, der möglichst über eine BAM - Zulassung verfügt, da die Langzeitbeständigkeit der Kunststoffe aufgrund von Kontakt mit den Medien Deponiegas, Gaskondensat und Deponiesickerwasser beachtet werden musste.

- Für die Drainmatten lagen bis zum Projektstart noch keine allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen durch das DIBt oder BAM vor. Deshalb wurde in Abstimmung mit der Behörde Herr Prof. Dr. Ing. Floss, damaliger Lehrstuhlinhaber für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik an der Technischen Universität München, mit der Eignungsfeststellung für die Drainmatten der Entgasungs- und Entwässerungsschicht für den speziellen Anwendungsfall beauftragt. Herrn Prof. Floss lagen langjährige Erfahrungen zum Einsatz von geotextilen Elementen vor. Es wurden von ihm umfangreiche Forschungsvorhaben durchgeführt und er hatte auch maßgeblich an der Entwicklung von geotextilen Drainelementen mitgewirkt.

Auch für die Drainmatte der Entgasungsschicht forderte das Regierungspräsidium Stuttgart, dass die Vliesstoffe incl. dem Drainkern aus einem PE-HD Rohstoff zu fertigen sind, der möglichst über eine BAM - Zulassung verfügt, um die Langzeitbeständigkeit aufgrund des Kontaktes zum Rohmüll zu verbessern.

Die gesamtheitliche Prüfung des Gleichwertigkeitsnachweises hatte ein positives Ergebnis. In der Beurteilung der Drainmatten wurde zusammenfassend festgestellt, dass die Gleichwertigkeit neben einer ausreichenden Durchlässigkeit und unter dem Gesichtspunkt der Langzeitbeständigkeit und der Qualitätssicherung nachgewiesen ist.

Es wurde in Anlehnung an die TASI ein Testfeld vorgegeben, bei dem der Auftragnehmer nachweisen muss, dass er den Einbau und die Verlegung des Drainsystems in Verbindung mit den anderen Elementen des Oberflächenabdichtungssystems beherrscht.

### 3.5 Genehmigung BA I

Der Eignungsnachweis und das Gutachten von Herrn Prof. Floss wurden Anfang November 1998 bei der Genehmigungsbehörde, dem Regierungspräsidium Stuttgart, eingereicht. Die Genehmigung wurde Anfang Dezember 1998 mit folgenden Auflagen erteilt:

- Wegen des Pilotcharakters dieser Oberflächenabdichtung kommen der Herstellung des Testfeldes, der Auswertung und Dokumentation der Testfeldergebnisse sowie der Qualitätssicherung mit Qualitätssicherungsplan für die Herstellung der Oberflächenabdichtung eine erhöhte Bedeutung zu.
- Die im Gutachten Prof. Floss genannten Nachweise müssen für die konkret eingesetzte Drainmatte im Zusammenwirken mit den gewählten Materialien für die Rekultivierungsschicht vor Beginn der Bauarbeiten vorgelegt werden.
- Die Auswertung und Dokumentation der Testfeldergebnisse sowie der Qualitätssicherungsplan sind vor Beginn der Oberflächenabdichtungsarbeiten vorzulegen.

Für das Land Baden-Württemberg war die **innovative Konzeption** der Oberflächenabdichtung der Deponie Lichte von großem Interesse, da sie eine Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten darstellt. Sie wurde deshalb mit Mitteln aus dem kommunalen Investitionsfond in Höhe von 30 % der Investitionskosten des innovativen Teils gefördert.

### 3.6 Testfeld BA I

Das Testfeld wurde in einer Größe von 10 m x 20 m mit der gesamten Aufbauhöhe des Dichtungssystems hergestellt, vom Fremdüberwacher gemäß Qualitätssicherungsplan systematisch durchgeprüft und zur Materialentnahme wieder rückgebaut.

Die einzelnen Geokunststoffe lagen ohne größere Verschiebung, Falten oder Hohllagen eben auf ihren jeweiligen Unterlagen. Es konnten keine Beschädigungen der Geokunststoffe festgestellt werden. Bodeneinlagerungen in den Drainschichten waren nicht erkennbar.

Die Laboruntersuchungen der gewonnenen Proben waren positiv und zeigten keine Auffälligkeiten. Das Testfeld zeigte auf, dass das vorgesehene Abdichtungssystem mit den angebotenen Materialien ausführbar und standsicher ist. Die Eignung der Materialien war damit durch den Gutachter nachgewiesen.

Eine Besonderheit der Testfelddurchführung war ein Bewässerungsversuch bei dem am oberen Ende des Testfeldes über eine Drainage eine kontinuierliche Wassermenge von ca. 4 l/s (2.600 l in ca. 10 min.) über die gesamte Breite des Testfeldes eingeleitet wurde. Nach ca. 3 min. sickerte Wasser aus dem Entwässerungsrohr am unteren Ende des Feldes ab, nach weiteren 2 min. stellen sich annähernd stationäre Strömungsverhältnisse ein.

Der Bewässerungsversuch hatte zum Ziel, die Drainmatte und die Grenzflächen zur Kunststoffdichtungsbahn und zur Rekultivierungsschicht zu bewässern um die Standsicherheit des Systems auch im nassen Zustand belegen zu können. Es war nicht Ziel des Bewässerungsversuchs, die Transmissivität des Drainsystems nachzuweisen, obwohl große Wassermengen abgeleitet wurden, denn diese waren bereits rechnerisch nachgewiesen.

Am rechten, nicht überschütteten Testfeldrand konnten mittels Farbmarkierungen die Verschiebungen der einzelnen Bestandteile der Oberflächenabdichtungssysteme näherungsweise durch den Fremdüberwacher bestimmt werden. Die Farbmarkierungen wurden an 4 Querschnitten angebracht. Die Verschiebungen wurden ohne Bodenauflast, nach dem Aufbringen von 30 cm bzw. von 1,0 m Rekultivierungsboden und nach dem Bewässerungsversuch gemessen. In der Tabelle sind die relativen Verschiebungen der 4 Messquerschnitte zusammengestellt.

	Ohne Auflast	30 cm	1,0 m	nach Bewässerung
Planum-PE-Drainmatte	~ 0 mm	20 – 25 mm	25 – 35 mm	25 – 35 mm
PP-Drainmatte-Bentonitmatte	~ 0 mm	~ 5 mm	~ 5 mm	~ 5 mm
Bentonitmatte-KDB	~ 0 mm	15 – 20 mm	~ 20 mm	~ 20 mm
KDB-PP-Drainmatte	~ 0 mm	~ 5 mm	~ 15 mm	~ 15 mm

Tab. 1: Verschiebungsmessung von 4 Messquerschnitten

Ohne Auflast waren praktisch keine Verschiebungen zu erkennen. Der Hauptanteil der Verschiebungen war nach Aufbringen der ersten 30 cm Rekultivierungsboden zu verzeichnen. Weitere Laststeigerungen und die Bewässerung haben die Verschiebungen nur unwesentlich vergrößert. Die Verschiebungen in der Größenordnung von 20 bis 35 mm entsprechen in etwa den Vorschubwegen die bei den vom Hersteller durchgeführten direkten Scherversuchen bis zum Erreichen des maximalen Scherwiderstandes notwendig waren und sind damit als unkritisch einzustufen. Aufgrund der Messergebnisse war kein Böschungsbruch oder progressiver Bruchzustand abzuleiten.

Der Rückbau erfolgte lagenweise mit dem Abtrag der einzelnen Schichten.

### 3.7 Bauausführung BA I

Mit den Bauarbeiten konnte Ende Mai 1999 begonnen werden.

Die Geländeprofilierung des Baufeldes BA I erfolgte nach vorgegebenem Höhenlinienplan. In Teilbereichen war eine Massenumlagerung der vorhandenen Erdatbedeckung in einer Größenordnung von ca. 3.500 m<sup>3</sup> erforderlich um die notwendigen Gefälleverhältnisse für die Entwässerung mit  $\geq 5\%$  gemäß TASI zu erreichen. Das Material wurde lagenweise verdichtet (Dpr  $\geq 95\%$ ) eingebaut.

Für ein geeignetes Planum des Dichtsystems wurde die Oberfläche abgewalzt.

Es waren Abweichungen zur Sollhöhe von max.  $\pm 3$  cm zulässig.

Stufen und Walzkanten durften nicht über 2 cm betragen. Die Oberfläche des Planums muss frei von hervorstehenden Steinen sein.

Auf dem Planum wurde eine geosynthetische Drainmatte als Entgasungsschicht gemäß Verlegeanleitung des Herstellers verlegt. Die Drainmatte musste nach Behördenvorgabe aus Gründen der höheren Beständigkeit komplett aus PE-HD bestehen. Im Aufbau bestand die Matte aus einem Wirrgelege mit zwei Vliesstoffen. Die Deckvliese wurden 10 cm überlappt und im Stoßbereich thermisch verbunden.

Oberhalb der Drainmatte wurde eine Bentonitmatte mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) für die Deponieklasse I in zweilagiger Verlegung vorgesehen.

In einem Sondervorschlag wurde durch die Baufirma eine kostengünstigere Verbundmatte, der sogenannte „Doppeldecker“ angeboten, die auch letztlich zur Ausführung kam. Die Matte besteht aus 2 Lagen Bentonit und drei Lagen Vliesstoff, die im Fall Deponie „Lichte“ alle aus dem Faserwerkstoff Polyethylen (PE-HD) hergestellt wurden.

Die Abmessungen einer Bentonitrolle betrug L/B 30/4,85 m mit einem Gewicht von ca. 1200 kg. Die Überlappung im Stoßbereich der Bahn beträgt 30 cm und ist werkseitig mit Bentonitpulver bestreut. Auf der Bentonitmatte wurde eine strukturierte Kunststoffdichtungsbahn aus PE-HD d = 2,5 mm mit BAM – Zulassung verlegt. Die Verschweißung im Überlappungsbereich erfolgte mittels Heizkeilweise mit Prüfkanal unter Beachtung der entsprechenden BAM-Zulassung.

Auf der Kunststoffdichtungsbahn wurde eine geosynthetische Drainmatte aus PP-Werkstoff als Entwässerungsschicht verlegt. Da die Drainmatte gleichzeitig als Schutzlage für die Kunststoffdichtungsbahn diente, wurde ein Schutzwirkungsnachweis gegenüber dem nachfolgenden Rekultivierungsboden verlangt.

Es wurde unbelasteter Boden der folgenden Bodengruppe nach DIN 18 915 verwendet.

	Bodengruppe 4 (Schwach bindiger Boden)	Bodengruppe 6 (Bindiger Boden)
d < 0,06 mm	>10 - $\leq 20$ Gew.-%	>20 - $\leq 40$ Gew.-%
d > 20 mm	$\leq 10$ Gew.-%	$\leq 10$ Gew.-%
Größtkorn	50 mm	50 mm

Tab. 2: Vorgaben an den Rekultivierungsboden



Der Einbau des steinarmen Abdeckbodens erfolgte überwiegend mit dem Bagger, teilweise auch mit Raupe in einer Gesamtdicke von  $d = 1,0-1,2$  m. Die Verlegeanleitung des Herstellers war strikt einzuhalten. Die Bauarbeiten wurden Anfang 2000 abgeschlossen.

## 4 Bauabschnitt II (BA II)

### 4.1 Systemaufbau

Die Flächengröße des II. Bauabschnittes beträgt ca. 3,8 ha und umfasst die Restfläche der Deponie.

Das Dichtsystem des BA II hat in überwiegenden Bereichen eine Böschungsneigung von ca. 1 : 3 oder flacher.

Es hat nachfolgend beschriebenen Aufbau (von oben nach unten)

Im Unterschied zum bereits ausgeführten Bauabschnitt I soll die Ausgleichs- und Gasdränschicht unterhalb der Dichtung anstelle eines geotextilen Dränelementes aus Recyclingmaterial mit einer Schadstoffbelastung innerhalb der Grenzen der Deponieverwertungsverordnung bis DK I ausgeführt werden. Hierdurch ergeben sich entsprechende Kosteneinsparungen für den Auftraggeber. Letzlich wird auch die Tragfähigkeit des Dichtungsaufagers verbessert.

- Rekultivierungsschicht ( $d = 1,2$  m), Anforderungen gemäß Anhang 5 der DepV, bezüglich der Schutzwirksamkeit darf das Größtkorn der unteren Lage 63 mm nicht übersteigen. Unverdichteter Einbau  $D_{pr} = 93 - 95$  %
- Geotextile Dränmatte als Entwässerungsschicht anstelle einer Entwässerungsschicht aus Schotter. Es werden nur Matten mit einer Eignungsbeurteilung der BAM zugelassen
- Kunststoffdichtungsbahn, PE-HD, 2,5 mm strukturiert mit BAM - Zulassung
- Geosynthetische Tondichtungsbahn (Bentonitmatte), einlagig verlegt, anstelle einer mineralischen Dichtung. Mit Eignungsbeurteilung der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“
- Feinplanum ( $d = 8$  cm) aus Recyclingmaterial Körnung 0/8 als Auflagerschicht für die geosynthetische Tondichtungsbahn, Schadstoffbelastung bis Deponieklasse DK I, ohne Kalkgehaltsbegrenzung,  $D_{pr} \geq 97$  %
- Ausgleichs- und Entgasungsschicht ( $d = 50$  cm) aus Recyclingmaterial, Körnung 8/56, Schadstoffbelastung bis Deponieklasse DK I, ohne Kalkgehaltsbegrenzung, Durchlässigkeitsbeiwert  $k \geq 10^{-4}$  m/s,  $D_{pr} \geq 97$  %.

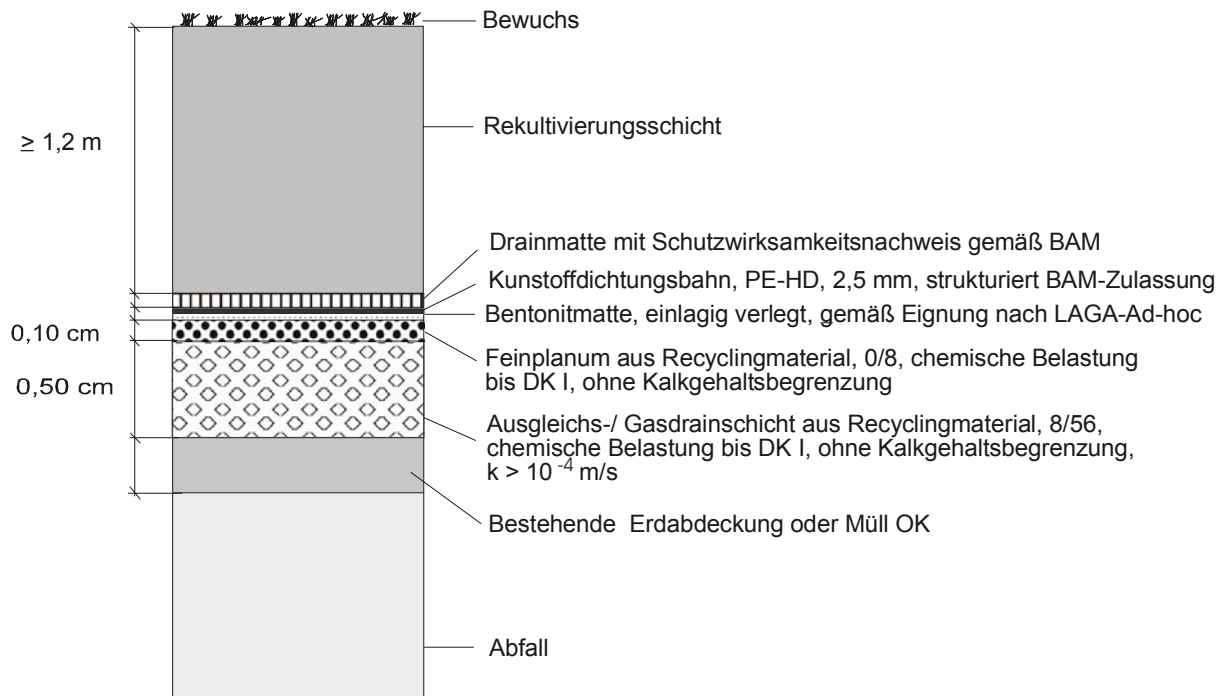


Abb. 3: Oberflächenabdichtungssystem Bauabschnitt II (BA II)

## 4.2 Behördenabstimmung

Im Verlauf des Jahres 2008 wurden mehrere Abstimmungsgespräche mit der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem Regierungspräsidium Stuttgart zur Planung des BA II geführt.

Analog zum BA I wurde von der Behörde vermittelt, dass nur zugelassene geotextile Produkte genehmigungsfähig sind.

- Für die Ausführung einer einlagigen Geosynthetischen Tondichtungsbahn muss eine positive Eignungsbeurteilung der LAGA-Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ vorliegen.  
Ansonsten wird analog zum BA I die Ausführung mit einer doppelteilagigen Bentonitmatte gefordert.  
Zum Zeitpunkt der Planung lag diese Eignungsbeurteilung noch nicht vor, wurde aber von der Arbeitsgruppe in Aussicht gestellt.
- Für die Kunststoffdichtungsbahn wird wie üblich ein Produkt mit BAM – Zulassung verlangt. Hierzu liegen bekanntlich Zulassungen verschiedener Hersteller vor.
- Für den Einsatz von Drainmatten wurden ebenfalls Zulassungen bzw. Eignungsprüfungen gefordert.  
Auch hierzu liegen mittlerweile von der BAM geprüfte Produkte verschiedener Hersteller vor, was das Prozedere im Verlauf der Genehmigung deutlich vereinfachte.

## 4.3 Genehmigung BA II

Die vollständigen Genehmigungsunterlagen zur Oberflächenabdichtung BA II wurden im März 2009 bei der Genehmigungsbehörde Regierungspräsidium Stuttgart eingereicht.

Da zwischenzeitlich auch die positive Eignungsbeurteilung der LAGA-Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ zu Geosynthetischen Tondichtungsbahnen vorlag wurde die Planung am 27.05.2009 genehmigt.

Parallel zur Genehmigungsphase wurden die Ausführungsplanung und das Leistungsverzeichnis gefertigt. Die Vergabe der Bauleistungen erfolgte Anfang Juli 2009.

#### 4.4 Testfeld BA II

Vor Baubeginn wurde ein Testfeld in der Größe 15 x 30 m mit allen Komponenten des Oberflächenabdichtungssystems hergestellt. Das Feld wurde im steilsten Bereich der Böschung mit ca. 1 : 3 angelegt.

Es wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Raupe CAT D 5
- Walze, Vibrationwalzenzug ca. 13 t

OK Profilierungsschicht konnte mittels Proof Rolling eine ausreichend hohe Tragfähigkeit nachgewiesen werden. Aufgrund der geringen Fahrspuren kann von  $E_{v2}$  – Werten von mind. 10 MN/m<sup>2</sup> ausgegangen werden.

Bei der Herstellung der Gasdrain- und Ausgleichsschicht konnte der geforderte Wert von Dpr 97 % nicht sicher erreicht werden, so dass der Geotechniker eine Herabsetzung auf Dpr 95 % empfahl. Die Durchlässigkeit wurde i. M. mit  $2,5 \times 10^{-3}$  m/s sicher erreicht.

Bei der Verdichtung des Feinplanums mit dem Walzenzug ergaben sich z. T. Querrisse auf der Schichtoberfläche. Mit der Vorgabe einer zweimaligen Überfahung mit dynamischer Verdichtung bergauf und statischer Verdichtung bergab konnte die Rissbildung weitgehend vermieden werden. Die geforderte Verdichtung von Dpr > 97 % konnte an 3 von 4 Proben eingehalten werden.

Die Verlegung der einzelnen Geokunststoffe wie Bentonitmatte, Kunststoffdichtungsbahn und Drainmatte erfolgte nach den Verlegerichtlinien und gestaltete sich vollkommen unproblematisch.

Besonders Augenmerk musste dem Aufbringen der untersten Lage der Rekultivierungsschicht geschenkt werden, da gerade hierbei Beschädigungen des Dichtsystems bei unsachgemäßem Vorgehen nicht ausgeschlossen werden können.

Der Einbau hat mit leichter Raupe und möglichst breitem Kettenfahrwerk zu erfolgen um die Flächenpressung durch das Gerät zu reduzieren. Es muss in einer Mindestmächtigkeit von 70 cm (Vorgabe Statik) Vor-Kopf in Böschungsfallrichtung eingebaut werden. Es erfolgt keine zusätzliche Verdichtung des Bodens.

Es wurde ein Verdichtungsgrad von Dpr 92,5 – 93,9 % ermittelt. Laut Qualitätssicherungsplan wurde Dpr 93 – 95 % vorgegeben. Die Werte siedeln sich somit an der unteren Grenze der Soll-Werte an. Es ist davon auszugehen, dass mit den verwendeten Baugeräten und der Ausführung der zweiten Lage der Rekultivierungsschicht die geforderten Verdichtungsgrade erreicht werden.

## 4.5 Bauausführung BA II

Der Bauabschnitt II bindet an der südlichen und westlicher Grenze des BA I vollständig an diesen an (siehe Abb. 4). Im Norden verläuft die Grenze entlang der Wertstoffstation, im Westen und im Süden wird die Oberflächenabdichtung bis an die Deponierandstraße geführt und hier dicht im Randwall eingebunden.

In den anderen Bereichen wird die Oberflächenabdichtung mit der Basisabdichtung verbunden (Abb. 5). Im nordwestlichen Deponiebereich soll der z. Z. bereits im Kuppenbereich betriebene Häckselplatz neu als Asphaltfläche mit ca. 3.500 m<sup>2</sup> installiert werden. Der Häckselplatz wird oberhalb der Abdichtung gebaut, so dass keine unmittelbare Verbindung zum Dichtsystem besteht.

Bei den Profilierungsarbeiten im BA II fallen im Vergleich zum BA I deutlich höhere Abtrags- und Auftragsmassen an, um die Oberflächenabdichtung zu integrieren. Der Gesamtabtrag des Abdeckbodens beträgt ca. 23.000 m<sup>3</sup>, davon der Müllanteil nur ca. 300 m<sup>3</sup>.

Der geringe Müllanteil von ca. 300 m<sup>3</sup> wird im Kuppenbereich in Auftragsbereichen verdichtet wieder eingebaut. Der abgetragene Boden wird zur Wiederverwendung zwischengelagert. Später soll das Material in der Rekultivierungsschicht obere Lage eingebaut werden.

Der Abtrag für die Installation des Häckselplatzes beträgt weitere ca. 2.000 m<sup>3</sup>, so dass insgesamt ca. 25.000 m<sup>3</sup> Abtragsmassen (Bodenmaterial) anfallen.

Die Erkundungsmaßnahmen zur Ermittlung der Abdeckmächtigkeiten ergab, dass das Material die Anforderungen des Anhangs 5 der Deponieverordnung einhält und dass in keiner der untersuchten Proben eine Überschreitung der Parameter festgestellt wurde.

Nach der Profilierung wird die Böschungsneigung von max. 1 : 3 in allen Bereichen der Fläche eingehalten bzw. flacher ausgeführt.

Mit der Planung zur Oberflächenabdichtung wurde u. a. auch eine Bewertung des Setzungsverlaufs vorgenommen.

In den Jahren 1992 – 1995 wurden Setzungen zwischen 0,06 und 0,18 m festgestellt. In den Folgejahren bis 2008 wurden nur noch geringe Setzungen zwischen 0 und 0,05 m pro Jahr ermittelt.

Nach der Profilierung und teilweise Bodenumlagerung wird auf der bestehenden Erdabdeckung ein Planum hergestellt, dessen Tragfähigkeit z. B. durch proofrolling untersucht wird. Sofern EV<sub>2</sub>-Werte  $\leq 10$  MN/m<sup>2</sup> festgestellt werden, erfolgt eine Bodenverbesserung bzw. ein Bodenaustausch zur Erhöhung der Tragfähigkeit. Auf dem Planum wird eine Ausgleichsschicht mit einer Mächtigkeit von 50 cm aufgebracht.

Die Körnung des Materials sollte 2/56 mm mit einer Mindestdurchlässigkeit  $k_f$  von  $10^{-4}$  m/s betragen. Auf eine Begrenzung des Kalkgehaltes wird verzichtet. Gemäß Vorabstimmung mit der Genehmigungsbehörde wird im Bereich der bestehenden Basisabdichtung Recyclingmaterial mit einer chemischen Belastung bis maximal Deponieklasse I (DK I) gemäß Spalte 7, Tabelle 2 im Anhang 1 der DepVerwV zugelassen.

Gemäß Eignungsbeurteilung der LAGA-Ad-hoc-Arbeitsgruppe wird folgendes gefordert. „... als Dichtungsaflager eine verdichtete Ausgleichsschicht aus nicht sandigem Material von mindestens 0,5 m Dicke herzustellen. Die Ausgleichsschicht ist so zu dimensionieren, dass Unebenheiten in der Abfalloberfläche ausgeglichen werden und die Tondichtungsbahn auf ihr ordnungsgemäß eingebaut werden kann.

Die oberen 30 cm müssen aus einem weitgestuften Sand-Kies-Gemisch (nach DIN 19 496) oder feiner bestehen ... Zur Vermeidung von Beschädigungen der Tondichtungsbahn durch größere Einzelkörner ist ab 20 mm Größtkorn für das Ausgleichsmaterial eine Absandung der Oberfläche vorzunehmen.“

Für die Deponie Lichte wurde für die Ausgleichsschicht eine Körnung von 2/56 mm vorgesehen um den Spielraum für die Materialbeschaffung zu vergrößern. Im Verlauf der Maßnahme wurde in Abstimmung mit dem Geotechniker die Körnung auf 8/56 angepasst.

Um eine ausreichende Puffer- und Schutzwirkung für die nachfolgenden Schichten, wie Bentonitmatte und Kunststoffdichtungsbahn zu erhalten, wurde für das Feinplanum eine definierte Schicht mit einer Körnungslinie 0/20 mm und einer Dicke von  $d = 0,10$  m planerisch vorgesehen. Es wird Recyclingmaterial mit einer chemischen Belastung bis max. DK I zugelassen. Hier wurde im Zuge der Ausführung eine Anpassung auf  $d = 0,08$  m und eine Körnung von 0/8 mm vorgenommen.

Auf dem Feinplanum wird eine einlagige geosynthetische Tondichtungsbahn verlegt, welche einer Eignungsbeurteilung durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ unterzogen wurde.

Die Ausführung kann als mindestens gleichwertig zur mineralischen Tondichtung angesehen werden.

Oberhalb der geosynthetischen Tondichtungsbahn wird eine beidseitig strukturierte Kunststoffdichtungsbahn mit einer Dicke von 2,5 mm mit gültiger BAM - Zulassung verlegt.

Auf der Kunststoffdichtungsbahn folgt die vollflächige Verlegung einer geotextilen Dränmatte zur Ableitung des Versickerungswassers aus der Rekultivierungsschicht.

Da die Drainmatte auch die Schutzfunktion für die Kunststoffdichtungsbahn übernimmt, muss die Schutzwirksamkeit für die untenliegende Kunststoffdichtungsbahn gemäß BAM-Richtlinie „Anforderungen an die Schutzschicht für die Dichtungsbahnen in der Kombinationsabdichtung, Zulassungsrichtlinie für Schutzschichten“ (August 1995) vor dem Einbau nachgewiesen werden.

Die Produktanforderungen für die Geokunststoffe, sowie die Anforderungen für die angrenzenden Schichten, wie das Auflager/Planum sowie die Rekultivierungsschicht werden in den jeweiligen Zulassungen bzw. Eignungsbeurteilungen geregelt. Auf die entsprechenden Schriften wird verwiesen.

Auf der Dränmatte wird eine Rekultivierungsschicht in einer Mächtigkeit von 1,2 m aufgebracht. Die Anforderungen an die chemische Belastung des Bodenmaterials ergeben sich aus Anhang 5 der DepV.

Es ist geplant, die Gesamtmasse der Rekultivierungsschicht mit ca. 49.000 m<sup>3</sup> in zwei Lagen auszuführen. In der unteren Lage mit ca. 0,70 m ist Bodenmaterial zu verwenden, welches den Anforderungen des Anhangs 5 DepV entspricht und bei der Korngröße begrenzt ist.

Die erforderliche Masse beträgt ca. 27.000 m<sup>3</sup> und wird nach definierten Anforderungen aus Gewinnungsstätten außerhalb des Deponiegeländes durch die ausführende Firma angeliefert und mit geringer Verdichtung mit Bagger oder Vor-Kopf mit leichtem Raupengerät eingebaut.

Das max. Größtkorn hat dem Schutzwirksamkeitsnachweis für die Kunststoffdichtungsbahn zu entsprechen. So wurde z. B. der nach BAM - Zulassung für PE-HD Dichtungsbahnen max. zulässige Grenzwert von  $E_{\max.} = 0,25 \%$  bei einer Dränmatte „Secudrän R 2017 WD 60 17 R 2017 (BAM) bei ausgewiesenen Referenzprojekten mit Schutzwirksamkeitsprüfung weit unterschritten und das bei etwa doppelt so hoher Prüfspannung von 50 KPa, anstelle im Fall der Deponie „Lichte“ mit ca. 24 KPa. Die zugelassene Körnung betrug 0/63 mm. Somit ist im Fall der Deponie „Lichte“ gewährleistet, dass die vorgenannte Körnung eine ausreichende Schutzwirksamkeit gewährleistet.

In der oberen Lage der Rekultivierungsschicht von  $d = 0,50 \text{ m}$  wird, wie bereits angesprochen Bodenmaterial der vorhandenen Abdeckung verwendet, welche gemäß Erkundungsmaßnahme ebenfalls den Anforderungen nach Anhang 5 DepV entspricht. Der Einbau wird nach geotechnischen Anforderungen und nach Gesichtspunkten der Standsicherheit eingebaut, wobei auf eine möglichst schonende Einbauweise und auf geringe Verdichtung geachtet wird.

Die Rekultivierungsschicht wird zur Sicherstellung des Erosionsschutzes kurzfristig nach Fertigstellung mit einer Rasenansaat versehen. Eine befristete Waldumwandlungsgenehmigung besteht nicht, so dass keine Baumbepflanzung erforderlich wird.

Im Bauzustand wird über die Ausgleichs- und Entgasungsschicht auch Niederschlagswasser über die Böschungslinie zum Fußpunkt abgeführt, welches durch die belasteten Stoffe verunreinigt wird. Auch nach Abschluss der Abdichtungsmaßnahmen wird über die Ausgleichsschicht noch Sickerwasser abgeleitet, welches aus dem Deponiekörper nach und nach absickert. Damit es zu keinem Sickerwasserstau am Fußpunkt und damit zu einer Standsicherheitgefährdung in diesem Bereich kommen kann, wird eine 2/3 gelochte Sickerwasserdrainage PE 80 da 225 SDR 17,6 verlegt und im Tiefpunkt an den Sickerwasserspeicherbehälter angeschlossen.

Der bisher im Kuppenbereich betriebene Häckselplatz wird in den nördlichen Bereich der Deponie verlagert und befindet sich etwa zur Hälfte auf der Fläche des Bauabschnitts I (BA I). Die Flächengröße beträgt ca.  $3.500 \text{ m}^2$ . Die Befestigung des Platzes erfolgt mit einem Unterbau aus einer KFT-Schicht  $d = 0,50 - 0,70 \text{ m}$  sowie zwei Asphalttschichten, einer Asphalttragschicht  $d = 12 \text{ cm}$  und einer Asphaltdeckschicht  $d = 4 \text{ cm}$ .

Im Bereich des BA I wird die vorhandene Rekultivierungsschicht in einer Mächtigkeit von ca. 70 cm abgetragen um den zuvor beschriebenen Asphaltunterbau aufbringen zu können.

Neben den Arbeiten zur Oberflächenabdichtung werden weitere umfangreiche Baumaßnahmen erforderlich. Um die Deponie sicher zu entwässern, werden entlang der Bermen und Randstraßen Randgräben zur Oberflächenwasserableitung erforderlich.

Das bestehende Gaserfassungssystem mit 13 Gasbrunnen wird an das Dichtsystem angepasst. Die Brunnen werden durch die Dichtung mittels gasdichter Durchdringung hindurchgeführt und an neue in der Rekultivierungsschicht zu verlegende Gasleitungen angeschlossen. Im Kuppenbereich werden 3 zusätzliche horizontale Gasdrainagen angeordnet.

## 5 Wesentliche Unterschiede von BA I und BA II

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Bauabschnitten BA I und BA II können wie folgt zusammengefasst werden:

- Da im BA II die genehmigten Höhen bei der Gestaltung des Endzustandes einen größeren Spielraum zu lassen, konnte die Entgasungsschicht anstelle mit einer Drainmatte als

mineralische Schicht  $d = 50$  cm ausgeführt werden. Durch die Verwendung von Recyclingmaterial bis zu einer Belastung von DK I konnten hiermit erhebliche Kosten gespart werden. Außerdem wurde Tragfähigkeit für das Dichtungsauflager deutlich verbessert.

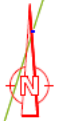
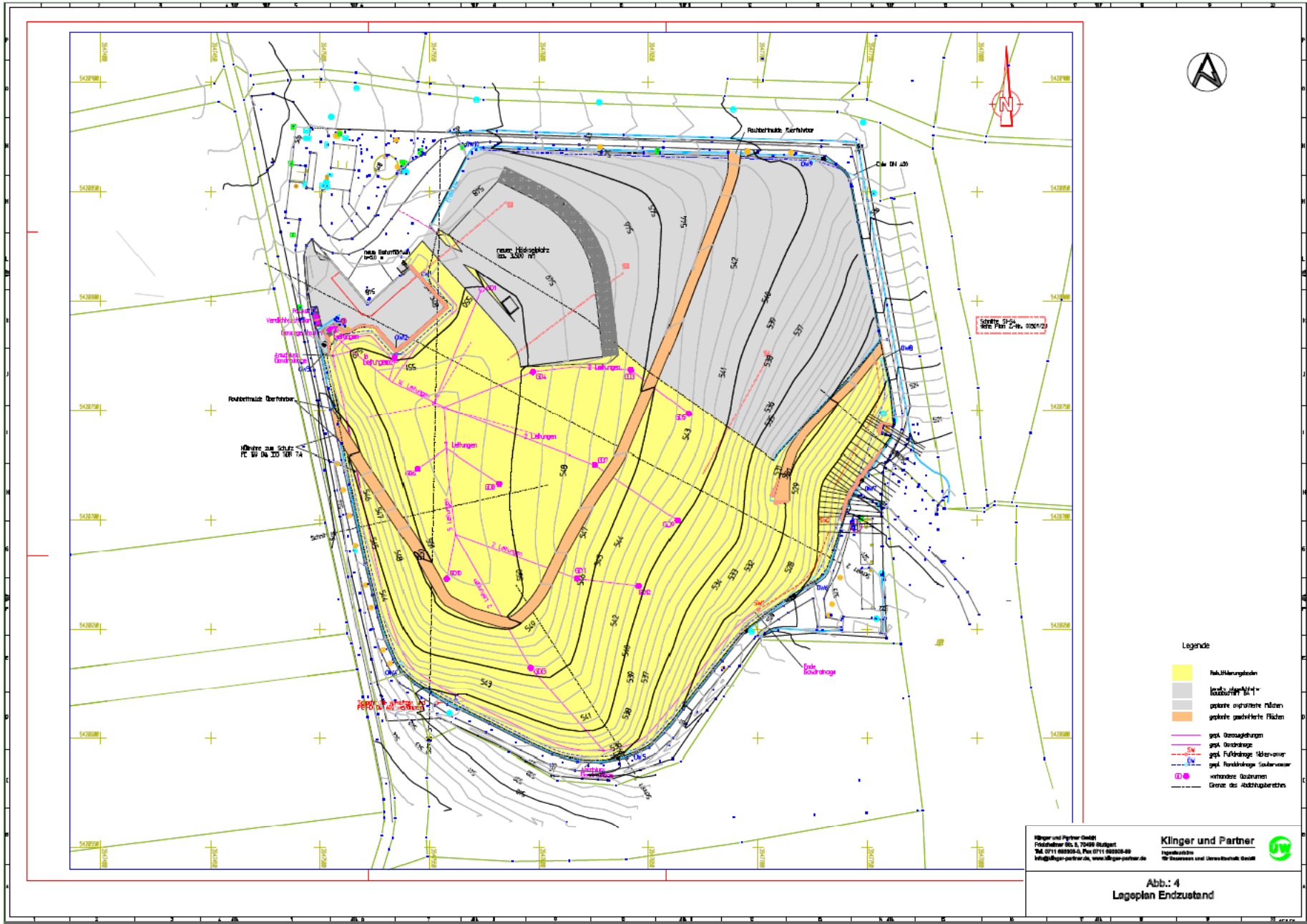
- Mit der Eignungsbeurteilung von Geosynthetischen Tondichtungsbahnen vom 27.01.2009 hat die LAGA-Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ eine wertvolle Arbeit geleistet, die zum einen das Prozedere im Rahmen der Genehmigung erheblich vereinfacht hat und zum anderen die Genehmigungsfähigkeit von einlagig verlegten Bentonitmatten zumindest in einer Mehrzahl der anstehenden Projekte überhaupt ermöglicht hat. Während im BA I 1999 nur die doppelt verlegte Bentonitmatte genehmigungsfähig war, genehmigte das Regierungspräsidium im BA II die einlagige Ausführung. Durch die wirtschaftliche Ausführungsweise wurden dem Deponiebetreiber erhebliche Kosten erspart.
- Vergleichbares lässt sich für die Eignungsbeurteilung von Dränmatten durch die BAM (01.07.2008) sagen.

Durch diese Beurteilung der BAM für verschiedene Produkte von Kunststoff-Drainelementen konnte das im BA I noch mit großem Umfang durch einen Fachgutachter begleitete Einzelfallgutachten im BA II entfallen. Auch hier konnten die nicht unerheblichen Gutachterkosten eingespart werden und der entsprechende Zeitverlust für Laborarbeiten etc. kann entfallen.

Insgesamt haben die sehr guten Erfahrungen bei der Ausführung der Oberflächenabdichtung unter Verwendung von geotextilen Elementen im Bauabschnitt I sicher auch vertrauensbildend bei der Genehmigungsbehörde gewirkt, wodurch sich die eine oder andere Fragestellung im Verfahren ohne größeren Diskussionsbedarf klären lässt.

## 6 Literaturverzeichnis

- Forschungsvorhaben, Bay. Forrest, Langzeitverhalten von karbonathaltigen Gasdrän-schichten bei der Durchströmung mit aggressivem Deponiegas, Kainzmaier, Huber, Wohnlich, 2001, Vorhaben Nr. F 163/164
- Haubrich, E. (2002), „Alternative Oberflächenabdichtung mit Bentonit- und Drainmatte“, **UW** – Aktuell 2002, Spezial Nr. 15 – Oberflächenabdichtung von Deponien
- Haubrich, E. (2002), Oberflächenabdichtungssysteme, Stand der Technik – Systemauswahl – technische und wirtschaftliche Bewertungskriterien, Fachtagung Deponietechnik 2002, Abschlussplanung und Sicherung von Deponien, LAU Halle
- Haubrich, E. (2006), Bauen mit Geokunststoffen in steilen Böschungen, Gesamtkonzept Stilllegung Deponie Hüfingen, SKZ Tagung – Die sichere Deponie, Würzburg
- Eignungsbeurteilung Dränmatten (BAM) Eignung des Kunststoff-Dränelementes Secu-drän R 201 Z WD 601 Z R 201 Z für die endgültige Oberflächenabdichtung von Deponien, Stand 01.07.2008
- Abfallwirtschaftsgesellschaft des Rems-Murr-Kreises mbH, Deponie „Lichte“ Kaisersbach, Genehmigungsantrag für die Deponieoberflächenabdichtung, (2009), Waiblingen
- Eignungsbeurteilung der LAGA-Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ für Na Bento RL – N zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien, 27.01.2009.



STREIFEN 51-2  
 80% Plan 24.01.2024/21

Legende

- Naturschutzgebiet
- besteh. Abfall-/Wasserbauwerke
- geplante asphaltierte Flächen
- geplante gepflasterte Flächen
- gepl. Dienstfahrwege
- gepl. Dienstwege
- gepl. Fußwege
- gepl. Randabfuhrgeleise
- gepl. Randabfuhrgeleise
- vorhandene Geotrennen
- Grenze des Abfallgebietes

Klinger und Partner GmbH  
 Feldschloßstr. 5, 70469 Stuttgart  
 Tel. 0711 98282-4, Fax 0711 98282-40  
 info@kling-partner.de, www.kling-partner.de

**Klinger und Partner**  
 Ingenieurbüro  
 für Bauwesen und Umwelttechnik GmbH



Abb.: 4  
 Lageplan Endzustand



