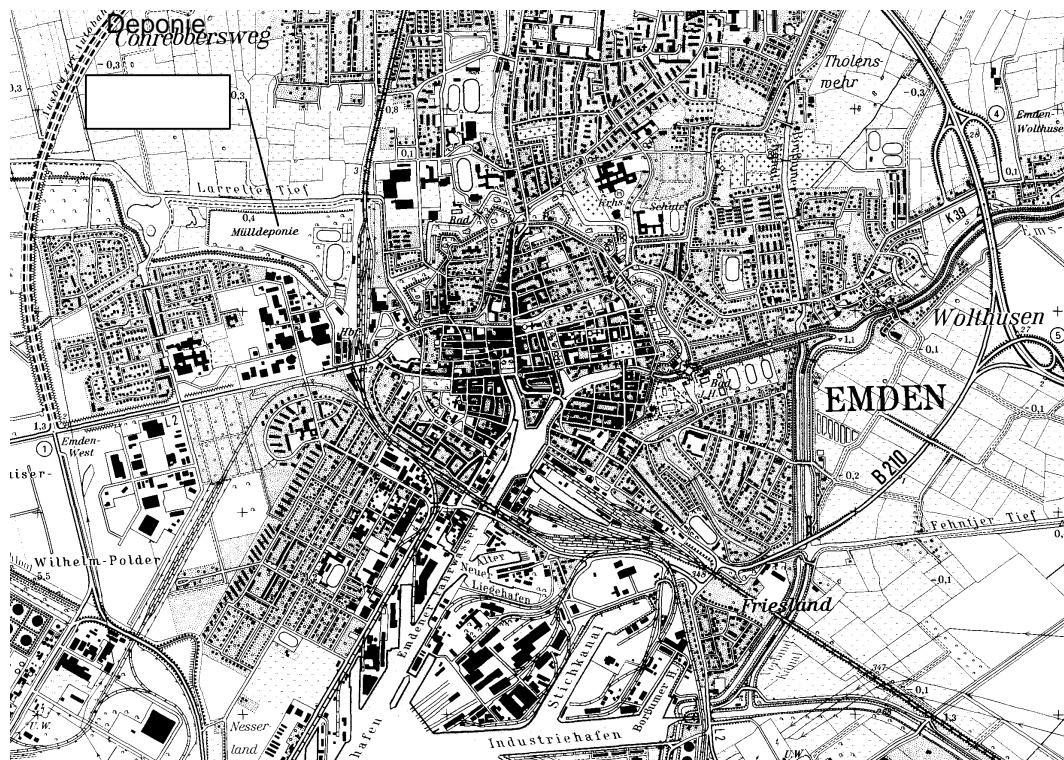


## Oberflächenabdichtung der Deponie Emden / Normannenstraße mit Bentonitmatten, Kunststoffdichtungsbahnen und Dränmatten

### 1 HISTORIE UND STANDORTGEBENHEITEN DER DEPONIE

Die Stadt Emden betreibt seit 1949 an der Normannenstraße eine Abfalldeponie. Bis 1981 diente der Standort als zentrale Hausmülldeponie der Stadt Emden. Im Wesentlichen wurden Haus- und Sperrmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Strahlsande, Flugaschen, Klärschlamm sowie Bodenaushub und Bauschutt abgelagert.



**Abb. 1:** Lage der Deponie Normannenstraße im Stadtgebiet

Seit 1982 werden der städtische Hausmüll sowie hausmüllähnliche Gewerbeabfälle über die MVA Bremerhaven entsorgt. Die Deponie wurde seitdem bis zur Einstellung der Ablagerung am 31.05.2005 nur noch für die Ablagerung von Boden und Bauschutt sowie sonstigen für die Verbrennung ungeeigneten Abfällen genutzt.

Zu Beginn der Deponierung wurde der Abfall hauptsächlich im südöstlichen Bereich des Geländes abgelagert. Die Abfälle wurden direkt auf den anstehenden Kleiuntergrund geschüttet,

wobei Vertiefungen wie Entwässerungsgräben mit verfüllt wurden. Von der Südostecke aus wurden dann die in Richtung Norden und Westen angrenzenden Flächen beschickt. Die deponieseitige Böschung des sogenannten Schlafdeiches wurde hierbei auf einer Länge von ca. 350 m mit Abfall überdeckt. Die jetzige Ablagerungsfläche war im Jahr 1975 zu ca. 50 %, im Jahr 1980 zu ca. 95 % und im Jahr 1985 zu 100 % belegt.

Ab 1970 wurden die Flächen im östlichen Bereich für die Anlegung des Hauptsportplatzes geplant und überbaut. In den Folgejahren wurde dann auch der nördlich angrenzende Nebenplatz hergestellt. Die jetzige Geländehöhe im Bereich der Sportplätze liegt bei ca. 4 mNN und somit rd. 5 m oberhalb der ursprünglichen mittleren Geländehöhe von ca. -1,0 mNN. In Richtung Westen steigt die Deponieoberfläche stetig an. Die höchste Erhebung lag zum Ende der Ablagerung auf ca. 18,5 mNN. Die Böschungen wurden mit Zwischenbermen angelegt. Die Böschungsneigungen betragen im Wesentlichen ca. 1: 4 (ohne Berücksichtigung der Bermen). In Teilbereichen wurden allerdings auch Neigungen bis 1:1 gemessen.

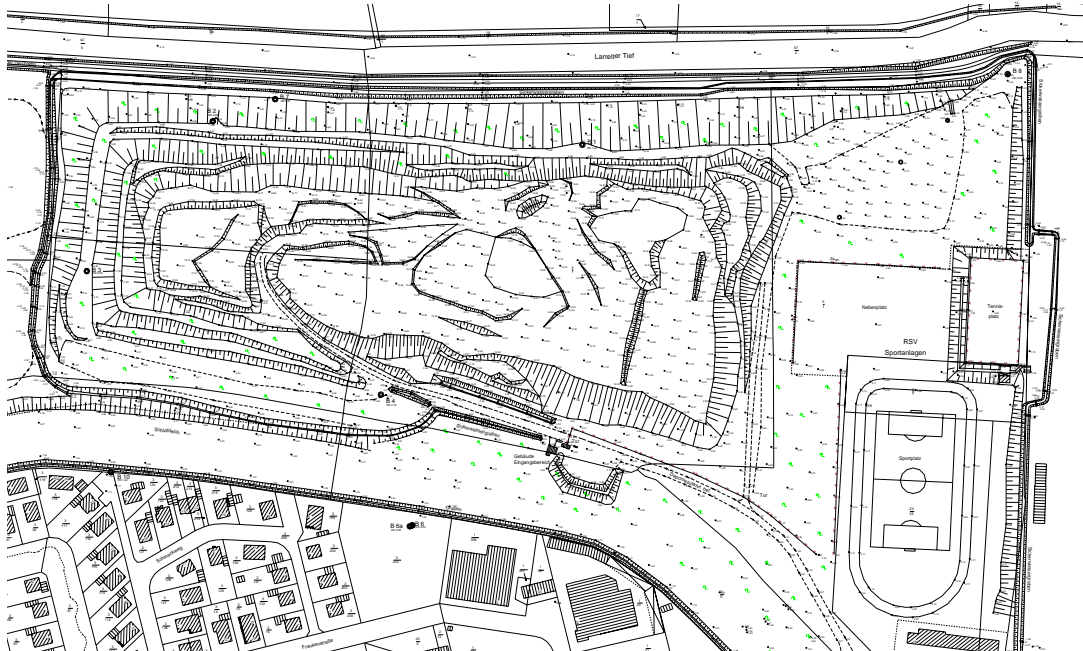
Eine planmäßige Abdeckung der Deponieoberfläche fand nicht statt. Der vorh. Abdeckboden ist relativ inhomogen. Neben dem fast überall mit Bauschutt, Klinker- und Mörtelresten verunreinigtem Klei wurde punktuell auch Klärschlamm und, insbesondere in den flacheren Bereichen, Hausmüll angetroffen. Die flacheren Böschungsbereiche sind z. T. mit Strauch- und Baumbewuchs versehen. Auf der Nordböschung wurden in den 70er Jahren planmäßig Bäume gepflanzt.

Der unmittelbare Untergrund im Deponieumfeld wird von einer 0,7 bis 6,0 m dicken Kleischicht mit Durchlässigkeiten von  $k_f < 10^{-8}$  m/s gebildet. Darunter steht Torf in Mächtigkeiten von 0,4 bis 4,6 m an, der zum Teil von einer geringmächtigen Feinsandschicht unterlagert wird. Unterhalb des Klei-Torf-Komplexes wurde eine 1,9 bis 4,0 m dicke Geschiebelehmschicht erbohrt. Dieser im Schnitt mehr als 6 m mächtige Komplex gering durchlässiger Sedimente wird durch den unterlagernden Lauenburger Ton ergänzt.

Hauptvorfluter für Oberflächenwasser im Deponieumfeld ist das im Norden angrenzende Larrelter Tief. Derzeit entwässert die Deponieoberfläche allerdings weitestgehend in den die Deponie umgebenden Ringgraben. Im Süden ist der Ringgraben auf einer Länge von ca. 350 m unterbrochen. Der Ringgraben mündet in das in der Südostecke des Deponiegeländes gelegene Pumpwerk, welches das gefasste Wasser zur städtischen Kläranlage abführt.

Einschl. der Sportanlagen umfasst das gesamte Deponiegelände eine Fläche von ca. 19,7 ha. Der Großteil des Abfalls wurde auf den westlich der Sportanlagen gelegenen Flächen abgelagert. Dies ist schon anhand der in diesen Bereichen vorh. Ablagerungsmächtigkeiten erkenn-

bar. Das Ablagerungsvolumen beträgt insgesamt ca. 1,7 Mio. m<sup>3</sup>. Gemäß den gesetzlichen Vorgaben ist die Deponie Normannenstraße zu sichern und zu rekultivieren.



**Abb. 2:** Lageplan Bestand Okt. 2005

## 2 WEITERGEHENDE UNTERSUCHUNGEN AM DEPONIEKÖRPER

Gemäß den regelmäßig durchgeführten Grundwasseruntersuchungen ist in einigen Messstellen eine Grundwasserbeeinträchtigung durch die Deponie gegeben. Ebenso ist das Wasser im Deponieringgraben mit deponiebürtigen Schadstoffen belastet. Im Oberflächenwasser des Larrelter Tiefs konnte kein Deponieeinfluss nachgewiesen werden.

Noch in der Ablagerungsphase wurden zwecks Abschätzung des Gefährdungspotentials als Grundlage für die Planungen zur Sicherung der Deponie weitere Untersuchungen durchgeführt. So wurden z. B. Betrachtungen zur Geschichte und zum Abfallinventar der Deponie sowie zum Entgasungsverhalten des Deponiekörpers und zum Abdeckboden angestellt.

Im geringmächtigen östlichen Bereich der Deponie (Sportanlagen) wurden die Ablagerungsgrenzen und die Inhaltsstoffe der Deponie zusätzlich durch Bohrungen erkundet. Vorhandene Unterlagen zur Deponie gaben hierzu nur unzureichend Auskunft. Hierbei wurde festgestellt, dass sowohl die Auffüllung unterhalb des Nebensportplatzes als auch die Andeckung des Schlafdeiches überwiegend aus Hausmüll und Bauschutt bestehen.

Die im Bereich des heutigen Hauptsportplatzes durchgeführten Untersuchungen ergaben nur einen untergeordneten Müllanteil. Auf einem Luftbild aus dem Jahr 1975 ist der Sportplatz bereits hergestellt, die Ablagerung findet westlich und nördlich des Platzes statt. Unterhalb des heutigen Hauptsportplatzes lagert zum überwiegenden Teil Boden und Bauschutt.

In einem Raster von ca. 50 x 50 m wurden Bodenluftsonden aus verzinkten Stahlrohren in die Deponieoberfläche gerammt bzw. gepresst (ca. 100 Stück). Die Stahlrohre hatten im unteren Drittel Lufteintrittsöffnungen. Den Sonden wurden Bodenluftproben entnommen, die anschließend analysiert wurden.

An 11 Punkten wurde eine Methankonzentration von über 15 % CH<sub>4</sub> festgestellt. An 3 Punkten wurden Werte zwischen 5 - 15 % gemessen. Aufgrund der Inhomogenität des Deponiekörpers kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch in Bereichen, in denen keine Methankonzentrationen festgestellt wurden, in größeren Tiefen Deponiegasvorkommen vorhanden sind.

Die Ergebnisse aus den Bodenluftsonden ließen noch keine Aussagen über die Gasmengen zu. Daraufhin wurde auf der Deponie ein Entgasungsprobetrieb mit 8 Gasbrunnen durchgeführt. Der Probetrieb hat gezeigt, dass an der Deponie Normannenstraße eine aktive Entgasung möglich ist. Für die im Probetrieb besaugten 8 Gasbrunnen wurde als Leistungsuntergrenze ein Volumenstrom von 22 m<sup>3</sup>/h bei Methangehalten von rund 40 Vol. % ermittelt. Die Ermittlung der Obergrenze konnte nicht vorgenommen werden, da hierbei die böschungsnahen Gasbrunnen übersaugt worden wären und Sauerstoffeinbrüche zur automatischen Sicherheitsabschaltung der Anlage geführt hätten. Die Ergebnisse des Probetriebes lassen aber darauf schließen, dass die Deponie Normannenstraße trotz des Alters der zur Methangasproduktion beitragenden Abfälle noch über ein Gaspotential verfügt.

Der vorh. Abdeckboden ist relativ inhomogen. Neben dem fast überall mit Bauschutt, Klinker- und Mörtelresten verunreinigtem Klei wurde punktuell auch Klärschlamm und, insbesondere in den flacheren Bereichen, Hausmüll angetroffen. Eine dichtende Funktion kann der vorh. Abdeckboden nicht übernehmen.

### **3 GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG**

In der Gefährdungsabschätzung wird empfohlen bzw. gefordert, den Deponiekörper nach Beendigung des Schüttnbetriebes mit einer Oberflächenabdichtung zu versehen. Die Oberflächenabdichtung soll den Zutritt von Niederschlagswasser verhindern und somit den Sickerwasseranfall minimieren.

Zur Verbesserung der Sickerwasserfassung ist der vorh. Sickerwasserringgraben am südlichen Böschungsfuß zu vertiefen und in östliche Richtung zu verlängern. Das gefasste Sickerwasser ist weiterhin der städtischen Kläranlage zur Behandlung zuzuführen.

Das vom gedichteten Deponiekörper abfließende unbelastete Oberflächenwasser ist in einem gesonderten Grabensystem zu fassen und an den Vorfluter abzuleiten.

Unterhalb der Oberflächenabdichtung ist zur Fassung des Restgases ein Entgasungssystem zu installieren. Das gefasste Deponiegas ist einer Behandlung zuzuführen.

Der östliche Deponiebereich ist mit Ausnahme des Hauptsportplatzes und der südlich daran anschließenden Flächen sowie der tiefer gelegenen Tennisplätze in die Sicherungsmaßnahmen einzubeziehen.

#### **4 GENEHMIGUNG**

Das aufgestellte Sicherungskonzept setzt die Forderungen der Gefährdungsabschätzung vollständig um. Die geplanten Maßnahmen wurden der Genehmigungsbehörde, dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg, vor der Antragsstellung erläutert.

Kontrovers diskutiert wurde hierbei allein das Oberflächenabdichtungssystem. Während der Bauherr aus Kostengründen anfangs ein Dichtungssystem mit einer Kunststoffdichtungsbahn als alleinigem Dichtungselement favorisierte, beharrte die Genehmigungsbehörde, sofern nicht nur eine temporäre Abdeckung aufgebracht werden sollte, auf ein Abdichtungssystem gemäß Deponieverordnung. Letztendlich verständigte man sich auf eine Kombinationsdichtung, bestehend aus einer geeigneten Bentonitmatte als mineralisches Dichtungselement und einer Kunststoffdichtungsbahn.

Die Kunststoffdichtungsbahn muss selbstverständlich über eine gültige Zulassung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) für den vorgesehenen Einsatzzweck verfügen. Bentonitmatten wurden bis dato noch nicht von einem unabhängigen Institut für die Oberflächenabdichtung von DK-II Deponien zugelassen. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat allerdings seinerzeit Zulassungen für Bentonitmatten zur Herstellung des Dichtungselementes in Oberflächenabdichtungssystemen für DK-I Deponien erteilt. Die Geltungszeiträume der Zulassungen waren beschränkt und sind abgelaufen. Das DIBt hat seine Zulassungstätigkeit für Deponieabdichtungen mittlerweile eingestellt.

Diskutiert wurden seinerzeit die Austrocknungsgefährdung, Wurzelfestigkeit und die Langzeitscherfestigkeit der Bentonitmatten. Zur Reduzierung der Austrocknungsgefährdung war in der

Zulassung eine zweilagige Verlegung der Bentonitmatten vorgeschrieben. Bei einer Verlegung unterhalb der Kunststoffdichtungsbahn ist die Austrocknungsgefährdung erheblich reduziert. Zudem ist die Kunststoffdichtungsbahn ein wirksamer Wurzelschutz.

Die Langzeit-Scherfestigkeit eines Produktes, das ehemals vom DIBt für die Herstellung von Oberflächenabdichtungen von DK-I Deponien zugelassen war, wurde von der BAM im Juni 2005 beurteilt (Aktenzeichen IV.32/1312/03-2). Es handelte sich um eine vollflächig vernadelte Bentonitmatte mit unten und oben liegenden Vliesstoffen und einer dazwischen liegenden Schicht aus Natriumbentonit. Hierbei wurde eine Böschungsneigung von 1:2,5 und eine Auflast von 50 kN/m<sup>2</sup> simuliert. Die weiteren Rahmenbedingungen sind dem o. g. Gutachten der BAM zu entnehmen. Gemäß der Beurteilung der BAM zeigen die Befunde, dass bei Anwendung in Deponieoberflächenabdichtungssystemen die innere Scherfestigkeit des untersuchten Produktes ausreicht, um einen langfristig standsicheren Dichtungsaufbau zu gewährleisten.

Für die Deponie Normannenstraße sieht die Planung Böschungsneigungen von max. 1:4 vor. Oberhalb des Abdichtungssystems wird eine 1,0 m dicke Bodenschicht aufgebracht. Die Auflast beträgt somit max. 20 kN/m<sup>2</sup>.

Die Plangenehmigung zur Sicherung und Rekultivierung der Deponie Normannenstraße wurde vom Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg im September 2005 erteilt. Hinsichtlich der Bentonitmatte wurde folgende Auflage formuliert: „Die Bentonitmatten müssen den Vorgaben einer DIBt-Zulassung entsprechen und nach diesen Vorgaben hergestellt werden. Zusätzlich muss die Langzeitscherfestigkeit, z. B. durch ein Gutachten der BAM, nachgewiesen werden.“

## **5 AUSFÜHRUNGSPLANUNG UND AUSSCHREIBUNG DER BAULEISTUNG**

### **5.1 Ausführungskonzept**

Vor Aufbringen des Oberflächenabdichtungssystems ist der Strauch- und Baumbewuchs auf dem Deponiekörper vorher vollständig zu entfernen und die Oberfläche der Deponie entsprechend der Planung zu profilieren. Zur Entgasung sind vertikale Entgasungsbrunnen vorgesehen. Im geringmächtigen östlichen Bereich werden direkt unterhalb der Oberflächenabdichtung Horizontalgasdränagen eingebaut.

Die Entgasungsbrunnen und -dränagen werden über Schachtbauwerke durch die Oberflächenabdichtung geführt und über oberhalb der Dichtung verlegte Gassammelleitungen an die am Böschungsfuß angeordnete Gassammelstation angeschlossen. Von hier aus gelangt das Deponiegas über eine im Böschungsbereich verlegte Gastransportleitung zur Gasbehandlungsanlage.

Der Sickerwasserringgraben wird im Süden vertieft und in östliche Richtung verlängert. Im Zuge dieser Arbeiten wird der auf der Böschung des Schlafdeiches abgelagerte Abfall abgeräumt und innerhalb der geplanten Kubatur wieder eingebaut. Das ursprüngliche Deichprofil wird hierbei wieder freigelegt. Auf der Südseite wird am östlichen Ende des Sickerwasserringgrabens ein neues Pumpwerk installiert, über das das im Ringgraben gefasste Wasser zur städtischen Kläranlage gefördert wird. Das östlich der Sportanlagen gelegene vorh. Pumpwerk wird rückgebaut.

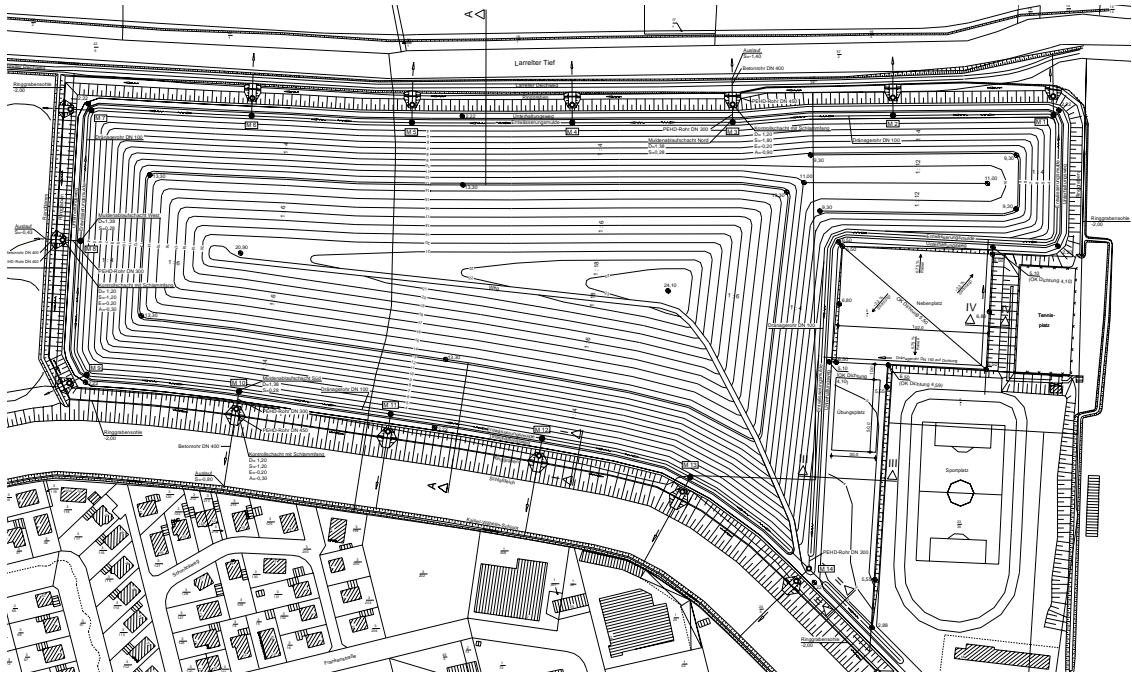
Zur Fassung und Ableitung des Oberflächenwassers wird am Böschungsfuß eine Entwässerungsmulde angelegt. Über Muldenablaufschächte und Rohrleitungen wird das Oberflächenwasser an die Vorfluter abgegeben. Zwischen Sickerwasserringgraben und Oberflächenentwässerungsmulde wird ein umlaufender Unterhaltungsweg hergestellt. Von der Südostecke der Deponie wird ein Unterhaltungsweg auf den Deponiekörper geführt.

Der jetzige Nebensportplatz wird nach Durchführung der Sicherungsarbeiten oberhalb des Dichtungssystems in ähnlicher Größenordnung wieder hergestellt.

Im nachfolgenden Maßnahmenkatalog sind die wesentlichen Ausführungsschritte aufgeführt:

- Abräumen des Strauch- und Baumbewuchses
- Profilierung des Deponiekörpers mit Abräumung des Schlafdeiches sowie Vertiefung und Verlängerung des Sickerwasserringgrabens auf der Südseite
- Herstellung der Entgasungsbrunnen und -dränagen
- Oberflächenabdichtung des Deponiekörpers mit Herstellung der Oberflächenentwässerungsmulden und -leitungen
- Anschluss der Entgasungseinrichtungen an die Gassammelstation bzw. an die Gasbehandlungsanlage
- Wegebauarbeiten
- Begrünung der Vegetationsschicht
- Wiederherstellung des Sportplatzes.

Die abzudichtende Fläche umfasst rd. 16,5 ha.



**Abb. 3:** Lageplan Endzustand

## 5.2 Profilierung des Deponiekörpers

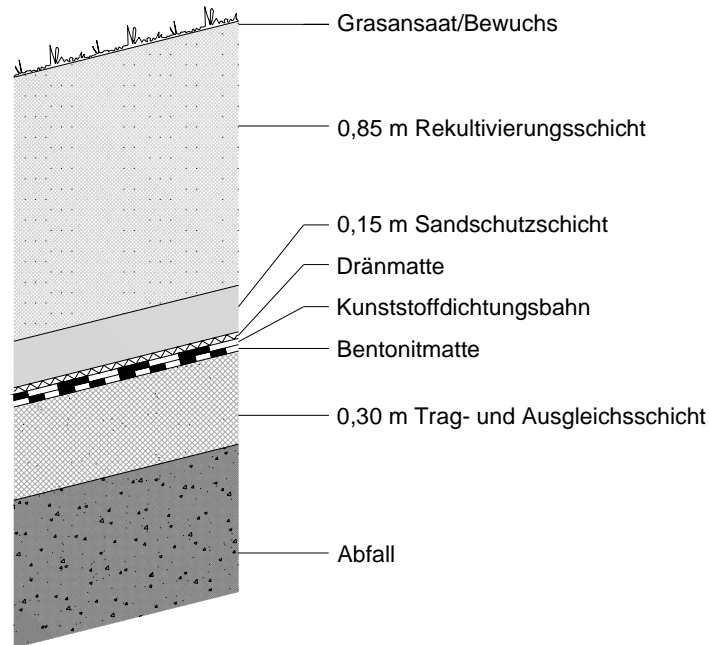
Die Böschungen des Abfallkörpers werden mit Neigungen von 1:4, 1:6 und 1:18 angelegt. Die 1:4 - Böschung beginnt am Böschungsfuß und wird bis auf eine Höhe von 13,30 mNN geführt. Zwischen 13,30 mNN und 20 bzw. 23 mNN erhält die Böschung eine Neigung von 1:6. Die Deponiekuppe liegt auf rd. 21 bis 24 mNN und wird mit einem Gefälle von 1:18 angelegt. Der Bereich des Nebensportplatzes sowie die Fläche zwischen Hauptsportplatz und Mittelentwässerung erhalten Neigungen von ca. 2 % (OK Dichtung). Zur Herstellung der geplanten Kubatur sind ca. 160.000 m<sup>3</sup> Abfälle umzulagern.

Der Nachweis der ausreichenden Sicherheit gegen Böschungsbruch wurde sowohl für die gesamte Deponieböschung (globale Betrachtungsweise) als auch für den Böschungsfuß (lokale Standsicherheit) erbracht. Für den Bereich der Deponiekuppe wurden die Setzungen zu 0,5 bis 1,5 m abgeschätzt.



### 5.3 Oberflächenabdichtungssystem

Auf den profilierten Abfallkörper wird ein Dichtungssystem mit folgendem Aufbau aufgebracht:



**Abb. 4:** Oberflächenabdichtungssystem

Als Auflager für die Dichtung wird eine ca. 30 cm dicke Trag- und Ausgleichsschicht auf den Abfallkörper aufgebracht. Die DIBt-Zulassung für die Bentonitmatte fordert, dass das Auflager für die Matte aus einem weitgestuften Sand-Kies-Gemisch (SW nach DIN 18196) oder feiner herzustellen ist. Das Größtkorn ist auf 20 mm zu begrenzen. Ansonsten ist eine Absandung der Oberfläche erforderlich. Die Zulassung beinhaltet ein Sieblinienband, dem die Kornverteilung der Auflagerschicht entsprechen soll.

Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen ist der Einsatz von geeigneten Abfallstoffen und industriellen Nebenprodukten sinnvoll. Es wurde ein Material ausgeschrieben, das den Anforderungen der Deponieverwertungsverordnung genügen muss.

Auf die vorgenannte Schicht wird die Bentonitmatte aufgelegt. In den Verdingungsunterlagen wird eine Bahn mit einer Flächenmasse an Bentonit von mind. 4.000 g/m<sup>2</sup> gefordert. Als Eignungsnachweise für die Bentonitmatte waren vorzulegen:

entweder

- die bauaufsichtliche Zulassung für die Matte zur Verwendung in Deponieoberflächenabdichtungssystemen der Deponieklasse I durch das DIBt (auch wenn die Zulassung nicht mehr gültig ist), und
- die Erklärung des Herstellers, dass die Matte nach den Vorgaben der DIBt-Zulassung gefertigt wird, und
- die Erklärung des Herstellers, dass bei der Herstellung die Qualität entsprechend den Vorgaben der DIBt-Zulassung im Rahmen der Eigenüberwachung sichergestellt wird, und
- ein Gutachten der BAM über die ausreichende Langzeit-Scherfestigkeit der Matte

oder

- eine gültige Zulassung der BAM für die Bentonitmatte für den hier vorgesehenen Einsatzzweck.

Auf die Bentonitmatte wird die 2,5 mm dicke Kunststoffdichtungsbahn aus PEHD aufgelegt und verschweißt. Mit Ausnahme der gering geneigten Flächen des Nebensportplatzes sowie des Bereiches zwischen Hauptportplatz und der Mittelentwässerung kommt zur Sicherstellung der Standsicherheit (Gleiten) eine beidseitig strukturierte Dichtungsbahn zur Ausführung. Als Eignungsnachweis für die KDB war die gültige BAM-Zulassung vorzulegen.

Als Entwässerungsschicht über der Kunststoffdichtungsbahn kommt eine geotextile Dränmatte zur Ausführung. Um den Bieterkreis nicht einzuengen wurde ein Eignungsnachweis der Dränmatte durch die BAM ausdrücklich nicht gefordert. Der Eignungsnachweis war allerdings auf der Grundlage der BAM-Richtlinie „Eignungsnachweis für Kunststoffdränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten“ zu erstellen. Projektspezifisch waren hierbei insbesondere die hydraulische Leistungsfähigkeit, die Filterwirksamkeit der Vliese, die mechanische Schutzwirkung sowie die Standsicherheit nachzuweisen.

Das Bodenmaterial für die Vegetationsschicht wird vom Bauherrn zur Verfügung gestellt. Ausgeschrieben wurden die Entnahme, der Transport und der Einbau des Materials in einer Schichtdicke von 0,85 m. Die Vegetationsschicht wird mit einer Grasansaat begrünt. Zum Schutz der Dränmatte und der Kunststoffdichtungsbahn vor Beschädigungen wird zwischen Dränmatte und Vegetationsboden eine 15 cm dicke steinfreie Sandschicht eingebaut, die gleichzeitig eine Filterfunktion wahrnimmt.

#### **5.4 Sickerwasserfassung am Böschungsfuß**

Aus den Böschungen austretendes sowie auf der Kleibasis zu den Deponierändern abfließendes Sickerwasser wird im Sickerwasserringgraben gefasst.

Zur Verbesserung der Sickerwasserfassung auf der Südseite wird der vorh. Sickerwasserringgraben hier vertieft und in östliche Richtung verlängert. Am östlichen Ende des Ringgrabens wird ein neues Pumpwerk installiert, über das das gefasste Wasser zur städtischen Kläranlage gefördert wird. Das östlich der Sportanlagen gelegene vorh. Pumpwerk wird beseitigt. In den übrigen Bereichen wird der vorh. Ringgraben aufgereinigt und profiliert.

#### **5.5 Oberflächenwasserfassung und -ableitung**

Oberflächen- und Dränwasser werden in der am Böschungsfuß angeordneten Entwässerungsmulde gefasst und über Muldenablaufschächte und Rohrleitungen den Vorflutern zugeführt. Dies sind im Norden das Larrelter Tief, im Süden der Kaiser-Wilhelm-Schloot und im Westen die Teiche. Die Ostseite entwässert zur Nord- bzw. Südseite. Der Kaiser Wilhelm-Schloot sowie die Teiche haben Anschluss an das Larrelter Tief.

Die am Böschungsfuß angeordnete Entwässerungsmulde wird mit der Kunststoffdichtungsbahn gegen den Untergrund abgedichtet. Zur Abführung des Dränwassers sowie zur Sohlbefestigung wird die Mulde mit Brechkornmaterial belegt. Auf der Sohle wird zusätzlich eine Dränage DN 100 verlegt, die in die Muldenablaufschächte einmündet. Die Muldenablaufschächte bestehen aus PEHD-Schachtmänteln DN 600 mit auf Betonplatten lagernden Einlaufrosten. In Höhe der Kunststoffdichtungsbahn sind die Schächte mit angeschweißten PEHD-Kragen versehen, an die wiederum die Kunststoffdichtungsbahn angeschweißt wird. Die Muldenablaufschächte werden über PEHD-Rohrleitungen DN 300 an die Vorflutgräben angeschlossen..

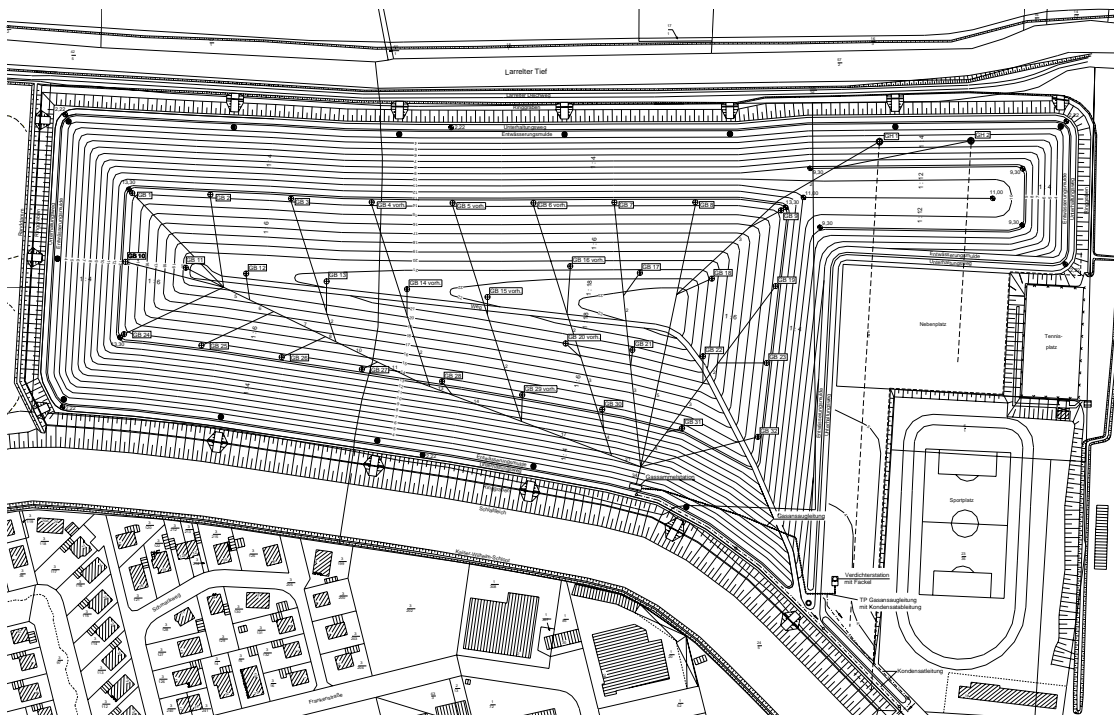
#### **5.6 Entgasung**

Für die Deponie Normannenstraße ist eine Entgasung über vertikale Gasbrunnen vorgesehen. Im geringmächtigen östl. Teil der Ablagerung werden unmittelbar unterhalb der Oberflächenabdichtung horizontale Gasdränagen installiert.

Das Entgasungssystem gliedert sich im Einzelnen auf in:

- Gasbrunnen und horizontale Gasdränagen
- Gassammelleitungen
- Gassammelstation

- Gasansaugleitung
- Kondensatabscheidungschacht
- Kondensatleitungen
- Verdichterstation mit Hochtemperaturfackel.



**Abb. 5:** Lageplan Entgasung

Die Entgasung erfolgt über 32 Brunnen mit einem Durchmesser von 800 mm. Entsprechend der Lage auf der Deponie erfolgt die Kondensatentwässerung der Gassammelleitung zum Brunnen hin (Entwässerung gegen die Fließrichtung des Gases) oder zur Gassammelstation (Entwässerung in Fließrichtung des Gases). Die Bohrungen werden bis zu einer Tiefe von ca. 1,0 m über Deponiesohle niedergebracht. Im unteren Bereich der Brunnen werden perforierte PEHD-Filterrohre 280 x 25,5 mit ca. 10 % Perforation eingesetzt und mit Kies 16/32 mm (Kalziumkarbonatanteil < 10 Masse-%) ummantelt. Beim Einbau ist ein Abstand von 0,5 m zwischen Unterkante Kiesbohrung und Unterkante Entgasungsfilterrohr vorgesehen. Das perforierte Rohr wird im oberen Bereich mit einem Vollrohr gleichen Durchmessers verlängert. Das Vollrohr dient als Führung für das teleskopierbare Entgasungsfilterrohr aus PEHD 200 x 18,2.

Oberhalb der Oberflächenabdichtung wird ein Schacht aus PEHD, Durchmesser 1200 mm, errichtet, dessen Schachtboden außerhalb des Schachtes mit der Kunststoffdichtungsbahn gasdicht verschweißt wird. Im Schachtinneren ist auf dem Schachtboden senkrecht ein Brunnen-

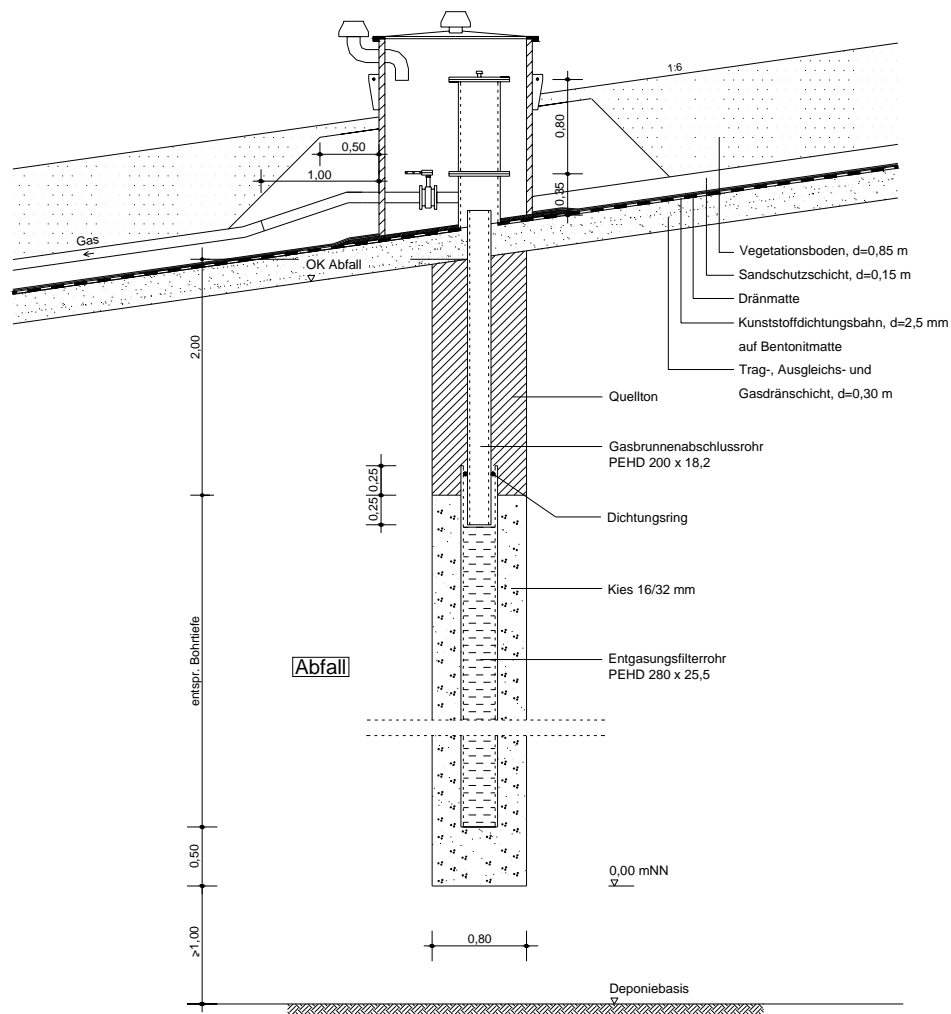
kopf aus PEHD 355 x 20,1 auf einer im Schachtboden befindlichen Öffnung aufgeschweißt. Der Brunnenkopf dient zur Aufnahme des Gasbrunnenabschlussrohres. Der Abschluss des Brunnenkopfes erfolgt mit einem Blindflansch. Seitlich am Brunnenkopf befindet sich der Stutzen zum Anschluss der Gassammelleitung. Am Brunnenkopf ist eine Absperrung für Kontrollzwecke vorgesehen, das Beprobieren und das Einstellen des Volumenstromes erfolgt jedoch in der Gassammelstation. Für das Betriebspersonal ist die Durchführung dieser Arbeit damit wesentlich sicherer und weniger zeitaufwendig.

Im geringmächtigen östlichen Bereich werden direkt unterhalb der Oberflächenabdichtung horizontale Gasdränagen aus geschlitzten PEHD-Rohren 200 x 18,2 hergestellt. Die Verlegung erfolgt in 1,20 m tiefen und 0,80 m breiten Gräben, die mit Kies 16/32 verfüllt werden. Die Durchführung durch das Dichtungssystem und die Anbindung erfolgen wie bei den Gasbrunnen.

Der Transport des Gases von den Brunnen weg erfolgt über Gassammelleitungen, die in der Gassammelstation enden. Die Gassammelleitungen aus PEHD-Rohren 90 x 5,1 werden innerhalb der Vegetationsbodenschicht in ca. 0,80 m Tiefe frostsicher verlegt. Ein Mindestgefälle der Gassammelleitungen von 5 % zur Gassammelstation bzw. zum Gasbrunnen hin wird eingehalten.

Die Gassammelleitungen werden in der Gassammelstation zusammengeführt. Diese besteht aus einer oberirdischen Beton-Raumzelle, in der sich ein Gassammelbalken DN 200 befindet. Die Gasansaugleitungen schließen an den Gassammelbalken an. Durch die Aufstellung der Gassammelstation am Böschungsfuß ist es möglich, die Gassammelleitungen unterhalb der GOK in die Gassammelstation zu führen. In der Gassammelstation sind Absperr-, Beprobungs- und Messelemente angeordnet. Jeder einzelne Brunnen kann über Absperrarmaturen gesteuert werden, um einerseits eine ausreichende Besaugung sicherzustellen und andererseits eine Übersaugung zu vermeiden. In der Gassammelstation anfallendes Kondensat wird über eine PEHD-Rohrleitung zum Sickerwasserpumpwerk abgeführt.

Die Gasansaugleitung wird aus PEHD-Rohren 160 x 14,6 hergestellt. Sie verbindet die Gassammelstation mit der Verdichterstation. Das gefasste Deponiegas wird in einer Hochtemperaturverbrennungsanlage verbrannt.



**Abb. 6:** Gasbrunnen

## 5.7 Verkehrserschließung / Sportplatz

Am Böschungsfuß wird ein Unterhaltungsweg angelegt. Von Südosten her wird eine Auffahrt auf den Deponiekörper hergestellt. Die Wege werden mit Mineralgemisch befestigt. Der im Zuge der Sicherungsarbeiten aufgenommene Sportplatz wird zum Abschluss der Bauarbeiten oberhalb des Abdichtungssystems an gleicher Stelle wiederhergestellt.

## 6 AUSFÜHRUNG

Die Bauarbeiten zur Sicherung und Rekultivierung der Deponie Normannenstraße wurden parallel zum Genehmigungsverfahren im offenen Verfahren EG-weit ausgeschrieben. Die Submission fand Ende September 2005 statt. Mit der Ausführung der Baumaßnahme wurde Ende November 2005 begonnen.

In Anlehnung an den im Zuge der Genehmigungsplanung auf der Grundlage von Erfahrungswerten (Reibungsparameter) erstellten Gleitsicherheitsnachweis hatte der Auftragnehmer den Nachweis der Gleitsicherheit nochmals für jede Scherfuge des Oberflächenabdichtungssystems zu erbringen, wobei die Reibungsparameter der tatsächlich zur Ausführung kommenden Materialien anzusetzen waren. Die Versuche für die Bestimmung der Reibungsparameter wurden in Anlehnung an die Empfehlung GDA E 3-8 des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) durchgeführt. Sämtliche Versuche wurden unter Wasser durchgeführt. Die Berechnungen wurden von einem vom AG eingeschalteten Fachbüro geprüft.

Für die Herstellung der Trag- und Ausgleichsschicht kommen industrielle Abfallprodukte, nämlich Glasbruch und Bleigranulat zur Ausführung. Um den Zulassungsanforderungen der Bentonitmatte an die Auflagerschicht zu genügen, wird das Glasbruchmaterial vor Ort in einer Brecheranlage gebrochen und mit dem Bleigranulat gemischt.

Nachdem der Bewuchs vollständig abgeräumt und die Abfallumlagerungsarbeiten im östlichen Bereich des Deponiekörpers abgeschlossen waren, wurde im Mai 2006 auf der 1:4 geneigten Böschung ein Probefeld mit dem gesamten Dichtungsaufbau angelegt. Im Probefeld hatte der AN die von ihm vorgesehenen Arbeitsabläufe darzustellen und insbesondere nachzuweisen, dass

- die Bentonitmatte und die KDB durch das unterhalb eingebaute Glassand/Bleigranulat-Gemisch nicht unzulässig mechanisch beansprucht werden,
- die Dränmatte keine Schaden nimmt und deren Schutzwirkung für die KDB ausreicht,
- die Standsicherheit des Dichtungsaufbaues beim Einbau der folgenden Schichten gewährleistet ist.

Das Probefeld hatte Ausmaße von ca. 20 x 20 m. Nach Herstellung der Trag- und Ausgleichsschicht wurden die 4,85 m breiten Bentonitmatten von einer an einem Bagger hängenden Traverse von Hand von oben nach unten abgezogen. Analog wurde mit den 5,10 m breiten Kunststoffdichtungsbahnen verfahren. Die 2,00 m breiten Dränmatten wurden ohne Baggerhilfe von Hand von oben nach unten abgerollt. Auf eine Verschweißung der Nähte wurde verzichtet.

Die Lagen der Bentonitmatten, der Kunststoffdichtungsbahnen und der Dränmatten wurden mit Markierungsspray auf der jeweils unterhalb liegenden Schicht an mehreren Stellen markiert, um evtl. Verschiebungen aus dem Baubetrieb feststellen zu können.

Die Sandschutzschicht wurde mit einem Bagger von einem ca. 1,0 m hohen Fahrdamm aus eingebaut. Der Einbau des Vegetationsboden wurde mit Sand simuliert und erfolgte mit einer Planierraupe im Vor-Kopf-Verfahren in einer Schichtdicke von 0,50 m. Dabei wurde die gesamte Fläche mehrfach von der Planierraupe mit ausgeprägten Dreh- und Bremsbewegungen überfahren. Anschließend erfolgte der Rückbau des Probefeldes in einem Bereich mit der höchsten Baubetriebsbelastung. Hierbei wurde Folgendes festgestellt:

- Die Oberfläche der Trag- und Ausgleichsschicht war als Auflager für die Dichtungsbahnen anforderungsgerecht hergestellt.
- Die Bentonitmatten wurden fachgerecht eingebaut ohne das Planum unzulässig zu verändern.
- Die Kunststoffdichtungsbahnen wurden fachgerecht auf den Bentonitmatten verlegt ohne dabei die Bentonitmatten in ihrer Lage zu verändern oder unzulässig mechanisch zu beanspruchen. Die Dichtungsbahnen lagen vollflächig auf den Bentonitmatten auf. Der Abdruck der Struktur der Dichtungsbahnen ließ erkennen, dass in der Fuge zwischen Bentonitmatte und Dichtungsbahn keine Verschiebung erfolgte.
- Die Dränmatten wurden fachgerecht eingebaut und durch den Einbau der nachfolgenden Sandschicht nicht verschoben und nicht unzulässig beansprucht. Es wurde keine Verschiebung der Dränmatten auf der Kunststoffdichtungsbahn infolge der Dreh- und Bremsmanöver der Raupe festgestellt.
- Die Dichtungsbahnen wurden beim Einbau der nachfolgenden mineralischen Schichten durch die Dränmatten ausreichend geschützt.
- Die Sandschutzschicht wurde anforderungsgerecht eingebaut. Der Vegetationsboden kann mit einer Planierraupe im Vor-Kopf-Verfahren auf der Sandschutzschicht eingeschoben werden.

Nachdem im östlichen Bereich die horizontalen Gasdränagen, die Gasbrunnen und das Abfallplanum fertiggestellt waren, wurde hier mit der Herstellung des Abdichtungssystems begonnen. Grundsätzlich orientiert sich der Bauablauf an dem im Probefeldbau nachgewiesenen Verfahren. Das Abziehen der Bentonitmatten und der Kunststoffdichtungsbahnen von der am Bagger hängenden Traverse von oben nach unten von Hand lässt sich allerdings bei größeren Längen aufgrund des hohen Gewichtes bzw. wegen der Verkrallung der strukturierten Kunststoffdichtungsbahn im Deckvlies der Bentonitmatten nicht mehr durchführen. Die Bahnen werden daher vom seitlich auf der Trag- und Ausgleichsschicht fahrenden Bagger von der Traverse abgerollt. Dies hat natürlich zur Folge, dass das Feinplanum in der Trag- und Ausgleich-



schicht nicht großflächig hergestellt werden kann. Nach jeder verlegten Bahn ist die Oberfläche für die Verlegung der Folgebahn neu aufzubereiten. Die Verlegeanweisung des Herstellers, die auch Bestandteil der Zulassung ist, lässt Walzkanten von 2 cm Höhe und Spurrillentiefen der verlegenden Fahrzeuge bis zu 5 cm Tiefe zu. Derartige Störungen des Feinplanums werden vor Ort aber nicht toleriert.

Die Bentonitmatten werden nur auf trockenem Untergrund und bei trockenem Wetter verlegt. Hierdurch bedingt sind die Bauarbeiten bei und nach Niederschlägen zu unterbrechen. Das Material der Trag- und Ausgleichsschicht hat sich aber als relativ durchlässig erwiesen, so dass Niederschläge zügig abgeführt werden und die Oberfläche schnell abtrocknet.

Die Überlappungen der Bentonitmatten untereinander beträgt mind. 30 cm. Sie werden unter Verwendung von Bentonitpaste zusätzlich gedichtet (verspachtelt). Die Bentonitmatten werden mind. arbeitstäglich mit der Kunststoffdichtungsbahn abgedeckt und gegen Witterungseinflüsse geschützt. Bei drohenden Niederschlägen werden die Ränder des Dichtungssystems gegen Unterläufigkeiten durch Folien, erforderlichenfalls in Einbindegräben, geschützt.

Die Kunststoffdichtungsbahnen werden untereinander verschweißt. Jede Naht wird beprobt. Nach Freigabe der verlegten Kunststoffdichtungsbahnen durch den Fremdprüfer Kunststofftechnik werden die Dränmatten verlegt. Hierbei werden die Dränkerne aneinander gestoßen. Das an den Seiten überlappende Vlies wird an den Vliesstoff der benachbarten Bahn angeleiert.

Die Sandschutzschicht wird von einem Fahrdamm aus mit einem Langarmbagger auf der Dränmatte in einer Schichtdicke von 15 cm flächig aufgebracht. An heißen Sommertagen wurde die Sandschicht vorrangig frühmorgens eingebaut, um Wellen- und Faltenbildungen in der Kunststoffdichtungsbahn infolge temperaturbedingter Materialausdehnungen zu vermeiden. Zu beobachten war, dass die Wellenbildung in der Kunststoffdichtungsbahn nach der Verlegung der Dränmatte deutlich reduziert auftrat. Dies ist sicherlich auf das weiße Deckvlies der Dränmatte zurückzuführen. Bei Produkten mit schwarzen Deckvliesen ist die Wellenbildung erheblich stärker. Nach der Freigabe der Dränmatten wurde der Vegetationsboden aufgebracht.

In Abstimmung mit den Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden ist vorab ein umfangreicher Qualitätssicherungsplan erstellt worden. Die Überwachung der fachgerechten Ausführung obliegt der Bauüberwachung und den Fremdprüfern. Für die Deponie Normannenstraße wurden vom Gewerbeaufsichtsamt wie üblich Fremdprüfer für die Gewerke Erdbau, Kunststoff und Vermessung eingeschaltet.

Mit der Ausführung der Baumaßnahme wurde Ende November 2005 begonnen. Aufgrund des

langen Winters 2005/2006 mit lang anhaltenden Niederschlagsperioden konnte mit den eigentlichen Abdichtungsarbeiten erst im Juli 2006 begonnen werden. Da die Witterungsbedingungen auch in den Folgemonaten ungünstig waren, wurde bis zur Winterpause 2006/2007 lediglich eine Fläche von rd. 4 ha abgedichtet. Die erforderlichen Vorarbeiten für die Abdichtung (Abfallprofilierung, Gasbrunnen, Herrichten der Randbereiche, Anschlüsse der Oberflächenentwässerungseinrichtungen an die Vorfluter usw.) sind jedoch nahezu vollständig abgeschlossen. Die Baumaßnahme sollte daher innerhalb des vorgesehenen Ausführungszeitraumes bis Ende 2007 fertiggestellt werden können.

## 7 KOSTEN

Die Baukosten für die Gesamtmaßnahme belaufen sich auf -netto- rd. 7,3 Mio. €. Die Kosten für die Herstellung des Oberflächenabdichtungssystems (OK Abfall bis Grasansaat der Vegetationsschicht) betragen -netto- 29,50 €/m<sup>2</sup>.

## 8 BILDAUFNAHMEN VOM PROBEFELDBAU



**Bild 1:** Verlegung der Bentonitmatte



**Bild 2:** Markierung auf der Bentonitmatte



**Bild 3:** Verlegung der Kunststoffdichtungsbahn





**Bild 4:** Verlegung der Dränmatte



**Bild 5:** Aufbringen der Sandschutzschicht



**Bild 6:** Aufbringen der Vegetationsschicht (Simulation mit Sand)



**Bild 7:** Freilegung des Abdichtungssystems





**Bild 8:** Freilegung des Abdichtungssystems



**Bild 9:** Freigelegte Kunststoffdichtungsbahn und Dränmatte