

Deponie „Grauer Wall“
Bremerhaven - Speckenbüttel
Bewertung der hydrogeologischen
Situation der Alt- und Neufläche

September 2008

Auftraggeber:

**Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa
Freie Hansestadt Bremen (Stadtgemeinde)**

Dr. Pirwitz Umweltberatung



Büro Oyten

**Clüverdamm 54 * 28 876 Oyten
Tel.: 04207 - 33 41 * Fax 04207 - 33 42**

Büro Bremen

**Hastedter Heerstraße 76 * 28 207 Bremen
Tel.: 0421 - 43 41 556 * Fax: 0421 - 43 41 557**



0.1 Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Veranlassung	1
2. Historie der Deponie „Grauer Wall“	3
3. Kenntnisstand über den hydrogeologischen Untergrund der Deponie „Grauer Wall“	4
3.1 Beschreibung der Ton-Schluff-Torf-Wechselagerung als geologische Barriere an der Basis des Deponiekörpers zum unterlagernden Grundwasserleiter (zu Fragen 1,2 und 3).....	6
3.2 Aufbau und Wasserhaushalt des Altteils der Deponie „Grauer Wall“ (zu Frage 1 und 5).....	12
3.3 Aufbau und Wasserhaushalt des Neuteils der „Deponie Grauer Wall“ (zu Frage 7 und 8)	13
4. Abschätzung der Gefährdung von Schutzgütern über den Pfad „Deponie-Sickerwässer → Grundwasser und Oberflächengewässer“ (zu Frage 4)	15
5. Absenkung der Stauwasserglocke im Deponiealtteil (zu Frage 6)	20



0.2 Anlagenverzeichnis

- Anlage 1:** Lage der Deponiefläche und Grundwassergleichenplan der Umtec
- Anlage 2:** Auszug aus Bestandslageplan der Umtec, ergänzt mit den Schnittführungen des NLfB und der Dr. Pirwitz Umweltberatung
- Anlage 3:** Profilschnitte
- Anlage 3.1:** Profilschnitte des NLfB
- Anlage 3.2:** Profilschnitt A – A'
- Anlage 3.3:** Profilschnitt B – B'
- Anlage 3.4:** Bohrprofile der Grundwassermessstellen GMS 4, GMS 5, GMS 6
- Anlage 4:** Analysen
- Anlage 4.1:** Analysen der Beobachtungsbrunnen
- Anlage 4.2:** Analysen der gefaßten Sickerwässer
- Anlage 5:** Ausbauvorschlag Basisabdichtungssystem Neudeponiekörper Querschnitt Station 0+100,00 (Umtec)



1. Veranlassung

Für die Deponie „Grauer Wall“ in Bremerhaven-Speckenbüttel werden derzeit im Auftrag des Deponiebetreibers BEG von der Umtec, Prof. Biener, Sasse und Partner GbR Lösungsvorschläge für den Weiterbetrieb der Deponie erarbeitet.

Der Bremer Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa der Freien Hansestadt Bremen prüft derzeit die Genehmigungsfähigkeit des vom Deponiebetreiber beantragten Weiterbetriebes der Alt- und Neufläche der Deponie „Grauer Wall“.

Im Rahmen dieser Prüfung soll die geologische und hydrogeologische Situation des Deponiestandortes erfasst und bewertet werden. Im August 2008 wurde die Dr. Pirwitz Umweltberatung vom Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa mit der Stellungnahme zu folgenden Fragen beauftragt:

1. Gibt es unter der Deponie eine Schicht, die als geologische Barriere den Schadstofftransport über den Deponiesickerwasser-Pfad zum unterlagernden Grundwasserleiter verhindert?
Ist dem Porenwasser dieser Barriere der Schutzcharakter des Grundwassers beizumessen?
Ist in der Setzungsphase und nachfolgend mit Beeinträchtigungen der Barrierefunktion zu rechnen?
Welchen Einfluss hat dabei das aufgrund der gespannten Grundwassersituation von unten nach oben aufsteigende Grundwasser?
2. Unterscheiden sich der Alt- und Neuabschnitt der Deponie in ihrer hydrogeologischen Situation (Stauwasserneubildung und -fassung, Kontakt zu angrenzenden Oberflächen- und Grundwasservorkommen, Ausbildung der geologischen Barriere zum unterlagernden Hauptgrundwasserleiter)?
3. Wie ist die unter dem Deponiekörper liegende Schichtung aus hydrogeologischer Sicht hinsichtlich ihrer Homogenität und Mächtigkeit beschaffen?



Wie weit reicht sie über den eigentlichen Deponiebereich hinaus?

4. In welcher Weise wird das am Grundwasserkreislauf teilnehmende Grundwasser unterhalb der geologischen Barriere durch das Sickerwasser der Deponie tangiert? Hierbei ist zwischen Alt- und Neuteil der Deponie zu unterscheiden.

Wird es Auswirkungen durch die Verfüllung des Neuteils geben und wenn ja, welche?

5. Finden Fließbewegungen des im Altteil der Deponie eingestauten Deponie-sickerwassers zu angrenzenden Oberflächen- und Grundwässern statt, so dass der Stauwasserkörper als "Grundwasserleiter" zu definieren ist?
6. Wie kann die Stauwasserglocke des Altteils der Deponie nachhaltig abgebaut werden?
7. Ist mit der Bildung einer Stauwasserglocke im neuen Deponieabschnitt zu rechnen und wie kann sie verhindert werden?
8. Besteht eine hydraulische Interaktion zwischen dem Deponiealtabschnitt und -neuabschnitt?

Folgende Fragen sollten dann beantwortet werden, wenn sicher davon ausgegangen werden kann, dass die Deponie nicht im GW liegt:

9. Können die bereits bestehenden oder zukünftig vorzunehmenden technischen Maßnahmen des Fortführungskonzepts (Entwurf Umtec) ein möglicherweise bestehendes Restrisiko von Stauwasserverlagerungen in angrenzende Gewässer ausräumen?
10. Wo ist Erhebungsbedarf für hydrogeologische Grundlagen zur Beantwortung oben angeführter Fragestellungen gegeben?



2. Historie der Deponie „Grauer Wall“

Die Deponie „Grauer Wall“ wurde Ende der 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts im Marschenland westlich des Stadtparks Speckenbüttel angelegt.

Der Abfallkörper wurde ohne künstliche Aufbereitung des Untergrundes oder Einrichtungen von Drainsystemen auf den gewachsenen, sehr gering wasserleitenden Kleiboden aufgesetzt. Das sich im Deponiekörper über dem Klei einstauende Sickerwasser wird bis heute in einem den Deponiefuß umgebenden Ringgraben gefasst und in die Kanalisation abgeleitet.

Bis in die 70er Jahre wurden vorrangig Hausmüll, Boden und Bauschutt auf der Deponie abgelagert. Seit Mitte der 70er Jahren wurde die Deponie nach der in Bremerhaven aufgenommenen Müllverbrennung vorrangig mit E-Filterstäuben und Pressschlamm, untergeordnet auch MVA-Schlacken aus der Müllverbrennungsanlage, mit Gewerbeabfällen und schadstoffhaltigem Bauschutt und Boden beschickt.

Die Deponie wurde 1983 planfestgestellt. 1987 wurden vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung geeignete Standorte für die Deponierung der stark schwermetallbelasteten E-Filterstäube und Pressschlamm der Müllverbrennungsanlage erkundet. In diesen Untersuchungen erwies sich die westlich an den Altdeponiekörper der Deponie „Grauer Wall“ angrenzende Fläche aus hydrogeologischer Sicht als sehr geeignet (3). Der Untergrund dieser Fläche weist nach dem Gutachten dieses Amtes eine Vielzahl natürlicher geologischer Barrieren zum unterlagernden Grundwasserleiter auf. 1990 erfolgte eine Änderung und Ergänzung des Planfeststellungsbeschlusses von 1983.

Im Jahr 2001 wurde der 1. Bauabschnitt der westlich des Deponie-Altteils erstellten Neudeponie fertig gestellt. Derzeit wird von der Umtec eine gezielte Erkundung des hydrogeologischen Untergrundes und eine Planung für den optimierten Weiterbetrieb des Alt- und Neuteils der Deponie vorgenommen, deren erste



Entwürfe bei der vorliegenden Bewertung der hydrogeologischen Situation der Deponie „Grauer Wall“ berücksichtigt werden.

3. Kenntnisstand über den hydrogeologischen Untergrund der Deponie „Grauer Wall“

Die Deponie „Grauer Wall“ liegt am Ostrand der Wesermarsch im Bereich des Übergangs zur östlich gelegenen Geest.

Die hydrogeologischen Lagerungsverhältnisse der Deponie werden vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung-Außenstelle Bremen im Rahmen einer „*Erkundung geeigneter Flächen zur Anlage von Deponien für Verbrennungsrückstände der Müllbeseitigungsanlage (MBA)-Bremerhaven*“ eingehend beschrieben (3) und in mehreren Schnittbildern dargestellt (s. Ausgewählte Schnitte in 3.1). Im Laufe des Deponiebetriebes wurden die hydrogeologischen und hydrologischen Erkenntnisse erweitert. Im Rahmen der Planungen der Umtec wurden insbesondere die hydrogeologischen Verhältnisse am Ostrand des Deponie-Altkörpers eingehend erfasst (11).

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen vorangegangener Untergrunderkundungen wird der hydrogeologische Untergrund der Wesermarsch im Umfeld der Deponie von bis zu 20 m mächtigen holozänen Weichschichten gebildet.

Diese Weichschichten werden von einer Wechselfolge aus Tonen, Schluffen und torfigen Horizonten aufgebaut. Die in Nähe der Weser westlich der Deponie in den Marschensedimenten bekannten feinsandigen Einschaltungen in diesen Weichschichten wurden in den Aufschlussbohrungen im unmittelbaren Deponiebereich nicht angetroffen (s. Schnitt A-A' in Anlage 3.2).

Die holozänen Weichschichten bilden die Deckschicht des Grundwasserleiters, der im Marschenland von den Wesersanden, z.T. auch den unterlagernden sandigen Anteilen der eiszeitlichen Geestablagerungen gebildet wird.



Die von den holozänen Weichschichten gebildeten bindigen Deckschichten des Grundwasserleiters der Wesermarsch dünnen nur am Ostrand der Deponie gegen die ansteigende Geestböschung aus und erreichen östlich des Deponiekörpers entlang der Neuen Aue stellenweise nur noch eine Schichtstärke um 2,0 m, im südöstlichen Abschnitt der Deponie sogar nur ca. 1,0 m (s. Schnitt B-B' in Anlage 3.3). Hier werden die holozänen Deckschichten des Grundwasserleiters jedoch durch die ebenfalls sehr wassergering leitenden tonig ausgebildeten glazialen Geschiebelehmhorizonte der Geest unterlagert.

Die großräumige Grundwasserfließrichtung ist von der östlich der Deponie „Grauer Wall“ gelegenen Geest nach Westen auf die Weser als Vorfluter gerichtet (s. Gleichenplan der Umtec in Anlage 1). Das Grundwasserfließgefälle ist am Böschungsrand von der Geest zur Wesermarsch relativ groß. In der Wesermarsch zeigt das Grundwasser bei sehr geringem Gefälle zur Weser eine geringe Fließbewegung von < 1 cm/d.

Auf der Karte B der „Grundwasser- und Geotechnischen Planungskarte Bremerhaven“ (6) ist im Bereich der Deponie „Grauer Wall“ eine Grundwassersenke dargestellt. Das Ingenieurbüro Umtec konnte aufzeigen, dass diese Grundwassersenke auf die Entwässerung des Grundwasserleiters durch den Einschnitt der östlich der Deponie verlaufenden Neuen Aue in den Aquifer verursacht wird (8). Zudem ist auch für den östlich der neuen Aue gelegenen Speckenbüttler Bootsteich eine Anbindung an den Grundwasserleiter nachgewiesen (5). Bei einem für diesen Teich angegebenen Einstau auf ca. 0,35 m NN entwässert auch der Teich zumindest zeitweise den Grundwasserleiter. Durch die östlich der Deponie nachgewiesenen Grundwasserabsenkungen kehrt sich der Grundwasserabstrom im Deponiebereich in östliche Richtung auf die Neue Aue als Vorfluter um.

Die Deponie „Grauer Wall“ liegt im Verzahnungsbereich der von der Geest abströmenden salzarmen Grundwässer zu den salzigen Grundwässern des



Marschenlandes (s. Anlage 3.1). Die in das Marschenland abströmenden Süßwässer überlagern dabei die salzigen Tiefenwässer der Marsch.

Die Grundwasserfließverhältnisse sind im Übergangsbereich von der Geest zur Wesermarsch sehr komplex, da hier zwei unterschiedliche Aquifere mit unterschiedlicher Körnung und Schichtstärke ineinander übergehen. Im Übergangsbereich von der Geest zur Marsch bilden die am Geesthang abgeglittenen Geschiebelehmfließerden inhomogene Fließhindernisse zwischen den feinkörnigeren Sanden des Geestgrundwasserleiters und den gröberen Wesersanden des Grundwasserleiters der Wesermarsch. Zudem engen die am Geestfuß einsetzenden, zur Weser hin auf kurzer Strecke sehr mächtig werdenden Kleideckschichten den Durchströmungsquerschnitt des unterlagernden oberen Grundwasserleiters der Marsch (pleistozäne Wesersande) im Bereich der Deponie Grauer Wall stark ein.

Im Untergrund des Südteils der Deponie sind die Wesersande als oberer Grundwasserleiter in einer holozänen Rinne abgelagert (s. Profil VII des NLFB der Anlage 3.1). Außerhalb der Rinne sind die Wesersande zwischen dem Klei und dem Geschiebelehm stellenweise gar nicht vorhanden. Hierin kann die Ursache für die große Reichweite der durch die Grundwasserentwässerung an der Neuen Aue erzeugten Grundwasserabsenkung gesehen werden.

3.1 Beschreibung der Ton-Schluff-Torf-Wechselagerung als geologische Barriere an der Basis des Deponiekörpers zum unterlagernden Grundwasserleiter (zu Fragen 1,2 und 3)

Die geologische Barriere der Deponie wird von den holozänen Weichschichten der Wesermarsch gebildet, die ortsüblich als Klei bezeichnet werden. Der oberste 1-2 m schichtstarke Horizont dieser bis über 10 m mächtigen Grundwasserdeckschicht ist als stark organischer „Dark“ ausgebildet. Auch die unterlagernden Anteile des Kleis zeigen als marine Sedimente hohe organische Anteile und sind zudem durch Schalenanteile verschiedenster Meeresorganismen stark kalkig ausgebildet. Im Klei



wurden vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung Kf-Werte zwischen 10^{-9} und 10^{-11} m/s ermittelt (s Profil VII des NLfB in Anlage 3.1).

Die tonig schluffigen Kleiablagerungen verzahnen sich in Nähe zum Geestrand mit torfigen Einschaltungen. Diese Torfe zeigen als Niedermoor torfe neutrale pH-Werte. Die Kf-Werte des Niedermoor torfes liegen bei ca. 10^{-8} m/s.

Die sehr geringe Wasserwegsamkeit erlaubt nur eine vertikale Durchsickerung der geologischen Barriere von wenigen Zentimetern/Jahr (s. u.). Da im Altteil der Deponie der hydraulische Druck der Stauwasserglocke auf der geologischen Barriere lastet (Stauwasserspiegel ca. 3 m über dem entspannten Grundwasserspiegel), ist die Sickerbewegung innerhalb der Barriere nach unten zur Sohle der Barriere gerichtet. Im Neuteil der Deponie wird der Aufbau einer über dem Druckspiegel des gespannten Grundwasserleiters gelegenen Stauwasserglocke durch das bestehende Drainsystem weitestgehend verhindert. Hierdurch können die gespannten Grundwasserverhältnisse bei reduzierter Stauwasserauflast zu einer nach oben gerichteten Durchsickerung der Barriere führen, so dass ein Eintrag gelöster Schadstoffe in den Grundwasserleiter nach hydraulischen Gesetzmäßigkeiten ausgeschlossen ist.

Die durch die Deponieauflast erzeugten Setzungen führen zu einer Verminderung der Porosität der geologischen Barriere. Zudem erfolgt bei der Setzung eine horizontale Ausrichtung länglicher Kornpartikel, so dass die vertikale Wasserdurchlässigkeit der geologischen Barriere im Zuge der Setzung zusätzlich minimiert wird. Grundbrüche sind aufgrund der großen Mächtigkeit der geologischen Barriere unter dem Deponiekörper und des langen Zeitraums der Deponiebeschickung nicht zu erwarten. Die geplante Entwässerung an der Basis des Deponiekörpers wird durch die Setzungen während und nach der Deponiebeschickung weder im Neuteil noch im Altteil im Hinblick auf das Ziel einer Absenkung des Deponiewasserspiegels unter den Druckspiegel des Grundwasserleiters negativ beeinflusst.



Bei der Bewertung der hydraulischen Barrierefunktion der Sohlschichten der Deponie „Grauer Wall“ ist zu berücksichtigen, dass die vertikale Wasserdurchlässigkeit der geologischen Barriere von deren Schichtstärke unabhängig ist (2). Maßgeblich für die Barrierewirkung im Hinblick auf eine Minimierung der vertikalen Sickerwassertransporte zum Grundwasserleiter ist die horizontale Bodenschicht mit dem geringsten Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert). Demnach bestimmt bereits eine nur wenige Zentimeter schichtstarke Tonlage mit sehr geringer Durchlässigkeit als Einschaltung in der Barriereschicht die vertikale Gesamtdurchlässigkeit der geologischen Barriere entscheidend. Daher lässt sich aus Sicht der Durchsickerungsraten der geologischen Barriere kein Unterschied zwischen dem Deponie-Altteil mit seiner am Ostrand ausdünnenden geologischen Barriere und dem Neuteil mit mehr als 10 m mächtigen Barrierschichten ableiten.

Mit zunehmender Schichtstärke der geologischen Barriere erhöht sich jedoch die Verweildauer der in die Barriere eindringenden Deponiesickerwässer in den Barrierschichten. Die Verweildauer der vertikal die geologische Barriere durchdringenden Deponiesickerwässer in der ca. 10 m schichtstarken Ton-Schluff-Torf-Barriere kann orientierend mit ca. 200 a angegeben werden (2). Die am Ostrand des Altkörpers mindestens 2,0 m starken Barrierschichten werden in entsprechend kürzerer Zeit vertikal durchsickert.

Die geologische Barriere einer Deponie dient jedoch nicht allein der Minimierung der Versickerungsraten aus dem Deponiekörper zum unterlagernden Grundwasserleiter. Vielmehr soll diese Barriere auch die Funktionen der Schadstoffadsorption und des Schadstoffabbaus der diffus einsickernden Deponiewässer übernehmen. Hierbei spielt die Schichtmächtigkeit der Barriere eine wichtige Rolle, da sie die Adsorptionskapazität und die von der Verweildauer der Sickerwässer in der Barriere abhängigen Abbaurate vieler Schadstoffverbindungen bestimmt.

Die geologische Barriere an der Sohle einer Deponie ohne zusätzliche künstliche Basisabdichtungen ist grundsätzlich wassergesättigt, da die Barriere, wenn auch nur sehr langsam, von Wässern aus dem überlagernden Deponiekörper vertikal



durchsickert wird. Auch die in der Deponieverordnung im Anhang 1 formulierten Anforderungen an die geologische Barriere gehen davon aus, dass diese als letzte Barriere zum Grundwasserleiter die Aufgabe des Rückhaltes diffus in die Barriere einsickernder Schadstoffe übernimmt. Die tonigen Böden einer geologischen Barriere im norddeutschen Flachland sind i.d.R. wassergesättigt. Das sich sehr langsam vertikal in der Barriere bewegendes Porenwasser nimmt jedoch nur zu vernachlässigenden Anteilen am Wasserkreislauf teil und ist in der geologischen Barriere unter einer Deponie nicht nach den Güteansprüchen an Grundwässern in Grundwasserleitern zu bewerten. Erst im Übergangsbereich der geologischen Barriere zum unterlagernden Grundwasserleiter muss gewährleistet sein, dass die geologische Barriere einen ausreichenden dauerhaften Schadstoffrückhalt bietet.

Ebenso wenig zulässig ist die Bewertung der oberhalb der geologischen Barriere eingestauten Sickerwässer nach Bewertungsmaßstäben von Grundwässern und im Ringgraben/Fanggraben gefassten Deponiewässer nach Oberflächenwasserkriterien (zu Frage 1, Satz 2).

Die Schichtenfolge der geologischen Barriere der Deponie „Grauer Wall“ ist durch die hohen organischen Anteile, die lagenweise hohen Tonanteile und die neutralen bis leicht alkalischen pH-Werte sehr günstig in Bezug auf das Rückhaltevermögen von Schadstoffen zu bewerten. Die meisten Schwermetalle sind gut an Tonmineralien adsorbierbar. Die neutralen bis leicht alkalischen pH-Werte der Barriere mindern zudem die Schwermetallmobilität erheblich.

Organische Schadstoffverbindungen werden bevorzugt an den hohen Organikanteil der Barriere adsorbiert. Der hohe Organikanteil des Kleis und die zusätzliche „Adsorptionsbarriere“ der sehr gering wasserleitenden Niedermoortorfe bilden einen sehr wirksamen Adsorptionsfilter für viele gut adsorbierbare organische Schadstoffgruppen wie z.B. PAK und PCB. Derartig gut adsorbierbare organische Schadstoffe können auch langfristig betrachtet nur wenige Dezimeter in die geologische Barriere eindringen und können die geologische Barriere selbst am Ostrand der Deponie nicht durchdringen. Weniger gut adsorbierbare Stoffe wie



Mineralölkohlenwasserstoffe und BTEX werden durch ihre sehr lange Verweildauer in der Barriere abgebaut.

Da die meisten Inhaltsstoffe der Deponiesickerwässer aufgrund ihres Adsorptions- und Desorptionsverhaltens z.T. sehr viel langsamer in der Barrierschicht transportiert werden als Wasser (stoffspezifische Retardationskoeffizienten z.T. mehr als das 10-fache langsamer als Wasser), kann trotz der Betriebsdauer der Deponie „Grauer Wall“ von ca. 50 Jahren davon ausgegangen werden, dass nur wenige nicht adsorbierbare und nicht abbaubare Stoffe wie Chlorid, Bromid (Tracerstoffe) eingeschränkt auch Ammonium bisher die geringsten Barrierschichtstärken am Ostrand des Deponiealtteiles durchwandern können. Die genannten Parameter ließen sich im Falle einer Durchwanderung der geologischen Barriere aber aufgrund der extrem geringen Durchsickerungsraten der Barriere und der natürlichen hohen Chlorid-, Bromid- und Ammoniumgehalte des Grundwassers der Wesermarsch nicht eindeutig als Grundwasserbeeinflussung durch die Deponie interpretieren.

Sowohl der Neuteil, als auch der Altteil der Deponie „Grauer Wall“ liegen im Bereich der flächendeckend nachgewiesenen geologischen Barriere aus lateral sehr homogenen organischen tonig-schluffigen holozänen Weichschichten.

Unter dem Neuteil der Deponie ist diese aus holozänen Weichschichten aufgebaute geologische Barriere aufgrund seiner gegenüber dem Altteil größeren Entfernung zum Geestrand sehr mächtig und zeigt flächendeckend Schichtstärken von > 10 m.

Auch der Altteil zeigt in der Westhälfte diese große Schichtmächtigkeit der geologischen Barriere. Nur am Ostrand des Altdeponierkörpers dünnt diese Barriere zur Geest hin auf eine Schichtstärke von ca. 2,0 m, am Südostrand sogar auf ca. 1,0 m aus (s. Schnitt B-B' der Anlage 3.3). Hier wird die ausdünnende Kleibarriere aber von einer Unterlagerung aus sehr gering wasserleitendem eiszeitlichen Geschiebelehm/-mergel abgelöst. Dieser Geschiebelehm/-mergel weist im südlichen



Verlauf des Profilschnittes Schichtstärken von ca. 10 m auf, so dass hier eine wasseringleitende Barrierschicht von > 5 m nachgewiesen ist. Die geringste Deckschichtmächtigkeit östlich der Deponie liegt in einem kleinräumigen Areal nördlich des Beobachtungsbrunnen GWMS 5. Hier wurde eine Kleimächtigkeit um 2 m ohne zusätzliche Geschiebelehmunterlagerung erbohrt.

Der saaleiszeitliche z.T. mergelige Geschiebelehm östlich der Deponie deckt den im oberen Abschnitt vorrangig feinsandigen Geestgrundwasserleiter der Geest ab. Als geologische Barriere des Deponiekörpers ist dieser Geschiebelehm von nachrangiger Bedeutung, da er erst östlich des Deponiekörpers die Schutzfunktion der Grundwasserdeckschicht einnimmt. Die den am Ostrand der Altdeponie ausdünnenden Klei unterlagernde Geschiebelehme/-mergel zeichnen sich nach Untersuchungen des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung zumindest in den obersten Lagen durch sehr geringe Wasserdurchlässigkeiten aus (Kf-Werte um 10^{-10} m/s). Aufgrund der schlierenartigen Einschaltungen von Sanden (starke Schichtenüberprägung durch Glazialtektonik) ist der Geschiebelehm nicht als homogen ausgebildete Einheit mit einer derart geringen Durchlässigkeit zu bewerten. Da diese Sandeinlagerungen aber i.d.R. isolierte Linsen bilden, die mit dem umgebenden Grundwasserleiter in stark gemindertem hydraulischen Austausch stehen, stellt der Geschiebelehm auch eine zusätzlich sehr wirksame geologische Barriere im Bereich östlich der Deponie dar.

Zusammenfassend ist somit festzustellen, dass die Deponie „Grauer Wall“ sowohl im Neuteil als auch im Altteil über eine hydraulisch sehr wirksame geologische Barriere zum Grundwasserleiter verfügt. Gegenüber geologischen Barrieren von Deponie aus pleistozönen und tertiären Tönen verfügt die Deponie „Grauer Wall“ aufgrund der sehr hohen Organikanteile über ein sehr hohes Adsorptionsvermögen gegenüber organischen Schadstoffverbindungen.



3.2 Aufbau und Wasserhaushalt des Altteils der Deponie „Grauer Wall“ (zu Frage 1 und 5)

Der Altteil der Deponie „Grauer Wall“ wurde auf die tonig-schluffigen, lagenweise torfigen Deckschichten des Grundwasserleiters der Wesermarsch aufgesetzt. Es wurden keine zusätzlichen Maßnahmen zur Basisdichtung oder Entwässerung an der Abfallsohle ausgeführt. Die ehemalige Geländeoberfläche des Deponiestandes lag bei ca. 1,0 m NN. Durch die Auflast des inzwischen auf ca. 25 m NN aufgehöhten Deponiekörpers ist im zentralen Bereich der Altdeponie mit starken Setzungen der hier sehr mächtigen Deckschichten (Schichtstärke um 10 m) des Grundwasserleiters zu rechnen. Der Setzungsbetrag der Altdeponiesohle beträgt nach Untersuchungen des niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung ca. 3,0 m (3).

Im Untergrund des Deponiealtteils konnten die vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Geozentrum Hannover in der 2003 veröffentlichten „Grundwasser- und Geotechnischen Planungskarte Bremerhaven“ als „äußerst gering wasserleitend“ (k_f -Werte $< 10^{-9}$ m/s) eingestuftten Barrierschichten flächendeckend an der Basis des Altdeponiekörpers nachgewiesen werden (s. eingehendere Beschreibung der Geologischen Barriere in Kap. 3.1).

Die im Deponiekörper versickernden Niederschlagswässer stauen sich in der Setzungsmulde der Hochdeponie auf der geologischen Barriere ein und fließen über der Barrierschicht lateral in einen am Deponiefuß angelegten Ringgraben ab.

Das im Ringgraben gefasste Deponiesickerwasser wird in die Schmutzwasserkanalisation abgeleitet.

Für den Deponiealtkörper wurde bisher keine detailliertere Wasserhaushaltsbilanz aufgestellt. Ausschlusskriterien für hydraulische Anbindungen der Deponiesickerwässer an angrenzende Oberflächengewässer oder an den Grundwasserleiter unter der geologischen Barriere des Altdeponiekörpers lassen sich somit nicht über eine Wasserhaushaltsbilanz der Altdeponie ableiten.



Für eine überschlägige Betrachtung des Wasserhaushaltes wird die von dem Ringgrabensystem erfasste Deponiefläche von ca. 30 ha berücksichtigt (Gesamtfläche Alt- und Neuteil der Deponie). Auf dieser Fläche fällt jährlich eine Menge von ca. 240.000 m³ an Niederschlagswasser an (Niederschlag Bremerhaven ca. 800 mm/a). Geht man davon aus, dass ca. die Hälfte des Niederschlages verdunstet (Mittelwert der Verdunstungsrate der Bundesrepublik nach HÖLTING ca. 51 % des Niederschlages), bilden die im Deponiebereich über das Ringgrabensystem gefassten und in die Kanalisation abgeleiteten Einleitmengen von 124.000 m³/a (Durchschnitt der in den letzten 6 Jahren von der BEG aus dem Ringgraben in die Kanalisation eingeleiteten Wässer) die vollständige Fassung aller Oberflächen- und Sickerwässer der Deponie ab. Aus dieser grob orientierenden Abschätzung des Wasserhaushaltes der Deponie „Grauer Wall“ kann abgeleitet werden, dass keine größeren Sickerwassermengen aus der Deponie als unterirdischer Abfluss zum Grundwasserleiter oder in angrenzende Oberflächengewässer in eine vertiefende Wasserhaushaltsbilanz einfließen können.

3.3 Aufbau und Wasserhaushalt des Neuteils der „Deponie Grauer Wall“ (zu Frage 7 und 8)

Der Neuteil der Deponie „Grauer Wall“ liegt westlich der Altdeponie und damit in einem Areal, das durch eine sehr große Schichtstärke der geologischen Barriere gekennzeichnet ist. Die hier erbohrten Kleimächtigkeiten liegen zwischen 10 und 15 m.

Im 1. Bauabschnitt des Deponie-Neuteils wurde bereits ein künstliches Abdichtungssystem über der geologischen Barriere angeordnet. Dieses System besteht aus einer Kunststoffdichtungsbahn, die von Drainschichten unter- und überlagert wird. Die Drainschichten werden getrennt entwässert. Aus der Drainschicht oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn wird das Deponiesickerwasser, aus der unterlagernden Drainschicht das Porenwasser der geologischen Barriere abgeleitet.



Das Drainsystem unterhalb der Dichtungsbahn liegt auf einem Höhenniveau von ca. $-1,0$ m NN und damit deutlich unterhalb des Druckwasserspiegels des gespannten Grundwasserleiter (ca. $+ 0,5$ m NN). Durch die Drainung über dem Klei sind die Fließbewegungen innerhalb der geologischen Barrierschichten vom unterlagernden Grundwasserleiter nach oben auf die Drainschicht gerichtet. Ein konvektiver Stofftransport aus dem Deponiekörper zum Grundwasserleiter wird dadurch vollständig unterbunden.

Die im Deponie-Neukörper anfallenden Sickerwässer werden über das Drainagesystem gefasst und abgeleitet. Im 1. Bauabschnitt liegt die oberhalb der Dichtungsbahn angeordnete Drainschicht derzeit auf einem Höhenniveau von $-0,5$ m und wird sich auf ein noch tieferes Niveau setzen. Der Aufbau einer Stauwasserblase oberhalb des Druckspiegels des Grundwasserleiters, wie im Deponie Altteil nachweisbar ist, kann durch das Basissystem des Deponieneuteils erfolgreich verhindert werden, so dass das hydraulische Gefälle stets vom Grundwasserleiter in den Deponiekörper gerichtet ist.

Zwischen dem Neukörper und dem Altkörper der Deponie „Grauer Wall“ verläuft nach dem Planungskonzept der Umtec ein Fangegraben, der eine hydraulische Barriere zwischen den Deponiesickerwässern des Deponie-Altteils und dem geplanten Neukörper der Deponie bildet (s. Ausbauvorschlag der Umtec in Anlage 5). Dieser Fangegraben wird durch den Neukörper der Deponie überlagert, die Entwässerungsfunktion wird durch zwei in unterschiedlicher Höhe in der Grabenverfüllung verlegte Drainleitungen aufrecht erhalten. Nach den uns vorliegenden Planunterlagen des Büro Umtec wird die Kunststoffdichtungsbahn an der Basis des Neukörpers bis über den Fangegraben an den Hang des Altteils herangeführt. Der Altkörper wird am Westhang mit einer mineralischen Zwischenabdichtung (K_f -Wert $< 5 \times 10^{-10}$ m/s) abgedeckt. Die Kunststoffdichtungsbahn bindet in diese Zwischenabdichtung ein. Diese Abdeckung des Altteils bildet gleichzeitig die Basisdichtung des Deponie-Neuteils, der in seinem östlichen Teil auf den Deponiealtteil aufgesetzt wird. Über der Zwischenabdichtung wird das Sickerwasser des Neuteils in einer Entwässerungsschicht bis nahe an den



Deponiefuß abgeleitet und in einer Entwässerungsleitung gefasst. Im gesamten Bereich des Deponie-Neukörpers werden die Sickerwässer des Neukörpers von den Sickerwässern des Altkörpers hydraulisch voneinander getrennt. Die Drainungen des überdeckten Fangegrabens nehmen aus dem Deponieneuteil nur die Porenwässer der geologischen Barriere unter der Kunststoffdichtungsbahn auf. Aus dem Altteil werden auch Wässer der Stauwasserglocke im Fangegraben aufgenommen. Eine Entwässerung des Deponiealtteils über das Drainsystem am Fuße des Westhangs ist in den Entwässerungsplanungen nur untergeordnet über eine 30 cm dünne Sandlage vorgesehen, die den Altteil an den Fangegraben hydraulisch anbindet. Durch die Zwischenabdichtung zwischen dem Deponiealt- und -neuteil wird die Sickerwasserneubildung im Westteil des Altkörpers weitestgehend unterbunden, so dass durch diese Planungen dennoch eine Absenkung der Stauwasserglocke des Altteils erzielt wird.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass durch die Planungsvorschläge der Umtec eine vollständige hydraulische Trennung zwischen dem Deponie-Neuteil und der Altdeponie „Grauer Wall“ erreicht wird. Die Deponiesickerwässer des Neuteils werden über dem künstlichen Dichtungssystem gefasst. Ein konvektiver Schadstofftransport zum Grundwasserleiter oder ein lateraler Austrag in angrenzende Oberflächengewässer außerhalb des die Deponie umgebenden Ringgrabens kann aufgrund der hydraulischen Randbedingungen des Sicherungssystemes ausgeschlossen werden.

4. Abschätzung der Gefährdung von Schutzgütern über den Pfad „Deponie-Sickerwässer → Grundwasser und Oberflächengewässer“ (zu Frage 4)

Wie oben ausgeführt, kann eine Grundwassergefährdung durch Deponiesickerwässer aus dem geplanten Neuteil ausgeschlossen werden. Da die Sickerwässer des Neuteils an der Deponiesohle gefasst werden und die Kunststoffdichtungsbahn am westlichen Deponiefuß bis an die Geländeoberfläche geführt wird, sind auch laterale Sickerwasserverlagerungen zu angrenzenden Oberflächengewässern



auszuschließen. Der zusätzlich angelegte Ringgraben bildet mit seinem auf $-0,7$ m NN gehaltenen Wasserspiegel ein zusätzliches Sicherungselement, so dass gesichert davon ausgegangen werden kann, dass Sickerwasserausträge aus dem Deponie-Neuteil in angrenzende Gewässer vollständig unterbunden werden.

Die Deponiesickerwässer des Altteils stauen sich über der geologischen Barriere ein und fließen auf der Barriere horizontal dem Ringgraben zu. Dieser Graben umschließt den gesamten Deponie Alt- und Neuteil. Er soll nach Empfehlungen der UMTEC zukünftig aktiv auf ein Höhenniveau von ca. $-0,7$ m NN ($0,2$ m tiefer als der Wasserspiegel der Neuen Aue) abgesenkt werden, um einen hydraulischen Gradienten zum Ringgraben auszubilden. Dadurch liegt die gesamte Deponie in einer „hydraulischen Falle“, die im hydraulischen Einzugsbereich des Ringgrabens eine zusätzlich zur geologischen Barriere wirksame Sicherung gegen Sickerwassereinflüsse auf das Grundwasser bildet.

Diese zusätzliche Sicherung kann insbesondere an der Ostflanke der Altdeponie das hier erkennbare Restrisiko einer Durchsickerung der in Ringgrabennähe ausgedünnten geologischen Barriere ausgleichen.

Über die chemische Zusammensetzung der Deponiesickerwässer des Altteils liegen uns Analysen aus drei im Deponiekörper verfilterte Brunnen aus dem Jahr 1987 vor. Wie aus der Historie der Deponiebeschickung ableitbar, zeigen die Sickerwässer der drei Brunnen sehr unterschiedliche chemische Inhaltsstoffe. Während z.B. die Wasserprobe des Brunnens B 32 (Lage s. Bestandsplan der Umtec in Anlage 2 mit unseren Ergänzungen) einen Chloridgehalt von 3.500 mg/l aufweist, liegen die Chloridgehalte der Brunnen B 23 und B 24 bei nur 530 bzw. 625 mg/l. Im Sickerwasser des Brunnens B 24 wurde ein PAK-Gehalt von 390 µg/l analysiert, in den beiden anderen Brunnen hingegen von 25 µg/l bzw. nur 1 µg/l. Ähnlich breite Konzentrationsstreuungen sind bei den übrigen Parametern der umfassenden Parameterliste in den drei Brunnen festzustellen.



Die im Ringgraben gefassten Deponiesickerwässer zeigen in den uns vorliegenden, seit 1993 jährlich durchgeführten Wasseranalysen relativ konstante chemische Zusammensetzungen. Auffällig ist jedoch der abnehmende Trend für den Parameter Ammonium von ca. 100 mg/l im Jahr 1996 auf inzwischen ca. 50 mg/l. Demgegenüber ist der Sulfatgehalt der im Ringgraben gefassten Deponiesickerwässer von ca. 300 mg/l im Jahr 2003 auf inzwischen ca. 900 mg/l drastisch angestiegen. Andererseits zeigt der Chloridgehalt nur einen leichten Anstieg von ca. 4.500 mg/l auf ca. 5.000 mg/l. Diese Verschiebungen im Chemismus der Sickerwässer sind auf die Verlagerung der Deponierung von organischen Abfällen hin zu sulfathaltigen anorganischen Abfallströmen bei der Deponiebeschickung zurückzuführen.

Die PAK-Gehalte der im Ringgraben gefassten Sickerwässer sind mit Werten um 1,0 µg/l für Altdeponien ausgesprochen gering. Die zumindest lokal im Stauwasserkörper der Deponie zu erwartenden höheren PAK-Gehalte werden vermutlich bereits auf der Fließstrecke durch den Abfallkörper zum Ringgraben an die organischen Feststoffanteile des Abfallkörpers adsorbiert.

Unter den Schwermetallen ist nur das über den Wasserpfad vergleichsweise mobile Metall „Zink“ im Hinblick auf die Bewertung einer Beeinflussung des Grundwassers durch das Deponiesickerwasser zu berücksichtigen. Aufgrund seiner Mobilität liegt der Zink-Gehalt des Deponiesickerwassers um ein Mehrfaches über den Konzentrationen der übrigen Schwermetalle (Mittelwert von Zink ca. 300 µg/l). Solange für das Metall „Zink“ kein Durchbruch durch die geologische Barriere nachweisbar ist, ist auch für die übrigen Schwermetalle keine Verlagerung zum Grundwasserleiter zu erwarten.

Wie oben ausgeführt, ist die vertikale Wasserdurchlässigkeit der geologischen Barriere so gering, dass in den nächsten Jahrzehnten keine Durchsickerung bis an die Basis der mehr als 10 m mächtigen geologischen Barriere zu erwarten ist. Auf der langen Sickerstrecke werden die deponietypischen Inhaltsstoffe in der geologischen Barriere adsorbiert, chemisch gefällt und/oder abgebaut. Somit wird



das nach grober Abschätzung erst in mehr als 100 Jahren bis an die Barrierebasis gelangende Sickerwasser beim Erreichen des Grundwasserleiters frei von deponietypischen Inhaltsstoffen sein. Lediglich für den in Bezug auf den Stofftransport sehr konservativen Parameter „Chlorid“ ist nach dieser Durchsickerungsdauer eine Verlagerung bis an die Barrierebasis zu erwarten. Im Übergangsbereich zum Grundwasser wird aber aufgrund der geringen Durchsickerungsmengen und der daraus resultierenden Verdünnung mit dem ohnehin chloridhaltigen Grundwasser des Marschenlandes keine signifikante Grundwasserbeeinflussung nachweisbar werden.

Lediglich am Ostrand des Deponie-Altkörpers kann die hier ausdünnende geologische Barriere zu einem früheren Zeitpunkt durchsickert worden sein. Aber auch hier ist der in Bezug auf das Adsorptions-, Fällungs- und Abbaufunktion günstige günstige Aufbau der geologischen Barriere in der Lage, die Inhaltsstoffe der Deponiesickerwässer auf dem Transportweg zum Grundwasserleiter vollständig zurückzuhalten. Die gute hydraulische Barrierewirkung wird daran erkennbar, dass die unmittelbar am Ringgraben eingerichteten Grundwassermessstellen GWMS 4, 5 und 6 trotz der im Ringgraben abgeführten Chloridkonzentrationen von 5.000 mg/l keine signifikant erhöhten Chloridgehalte aufweisen. Der an der „schwächsten Stelle“ der geologischen Barriere unmittelbar am Ringgraben flach in 5 m Tiefe verfilterte Grundwasserabstrombrunnen GWMS 5 zeigt mit Chloridgehalten zwischen 30 und 40 mg/l die geringsten Chloridgehalte aller die Deponie umgebenden Beobachtungsbrunnen. Zum vorbeugenden Grundwasserschutz sieht die Umtec eine zusätzliche hydraulische Sicherung des Deponie-Ostrandes durch eine aktive Absenkung des Wasserstandes im Ringgraben bzw. einer Drainung im südlichen Anschluß des Ringgrabens bis deutlich unter den Druckspiegel des gespannten Grundwasserleiters vor. Der hierdurch am Deponie-Ostrand erzeugte nach oben gerichtete hydraulische Gradient wirkt als zusätzliche hydraulische Barriere, so dass ein Transport von Inhaltsstoffen der Deponiesickerwässer zum Grundwasserleiter in der Umgebung des Ringgrabens ausgeschlossen werden kann.



In allen Beobachtungsbrunnen um die Deponie „Grauer Wall“ wurden bei einer Beprobung im Januar 2007 Spuren an PAK unterhalb des Geringfügigkeits-schwellenwert der LAWA nachgewiesen, die aufgrund der sehr homogenen flächigen Verteilung im Grundwasserleiter und der einheitlichen PAK-Spektren (nur Naphthalin und Acenaphten) als Hintergrundwert zu bewerten sind. Gerade die Stoffgruppe der PAK wird aufgrund ihrer guten Adsorbierbarkeit nur sehr geringe Eindringtiefen in die geologische Barriere aufweisen und kann die Barriere nicht überwinden.

Im Brunnen GWMS 5 wurde Anfang 2007 kurzzeitig ein leicht erhöhter Zinkgehalt von 70 µg/l nachgewiesen, der im Frühjahr 2008 wieder auf 10 µg/l gesunken ist. Dieser Zinkgehalt ist als geogener Hintergrundwert zu sehen und wurde im Rahmen der Grundwasseruntersuchungen zur „*Grundwasser und Geotechnischen Planungskarte Bremerhaven*“ auch in den anstromigen Geestbrunnen Brunnen 66 und 81 der Plankarte B festgestellt.

Zusammengefasst lässt sich aus den bisherigen Grundwasseruntersuchungen erkennen, dass die geologische Barriere der Deponie „Grauer Wall“ bisher nicht von Schadstoffen aus dem Deponiekörper durchsickert wurde. In keinem der Beobachtungsbrunnen wurden Schadstoffe nachgewiesen, die als Hinweis auf eine Grundwasserbeeinflussung durch die Deponie gewertet werden könnten.

Eine vertiefende Modellierung des vertikale Stofftransportes in der geologischen Barriere kann im Rahmen vorliegender Aufgabenstellung nicht durchgeführt werden. Die von der Umtec erarbeiteten Sicherungsmaßnahmen zum Weiterbetrieb des Deponiealt- und -neuteils lassen aber nach vorliegenden Erkenntnissen erwarten, dass das ohnehin geringe Restrisiko diffuser Stoffverlagerungen aus der Deponie zu angrenzenden Gewässern soweit minimiert wird, dass eine Beeinträchtigung von Schutzgütern durch den Deponiebetrieb ausgeschlossen werden kann (s. Frage 9).



5. Absenkung der Stauwasserglocke im Altteil der Deponie (zu Frage 6)

Die oben beschriebene Stauwasserglocke im Altteil der Deponie wird derzeit über die umgebenden Fanggräben entwässert. Diese Entwässerung kann aber aufgrund des Wasserrückhaltevermögens des Deponiekörpers nicht verhindern, dass sich der Stauwasserspiegel im Zentralbereich der Deponie deutlich oberhalb des Druckwasserspiegels des unter der geologischen Barriere gelegenen Aquifers eingestellt hat. Dadurch ist das hydraulische Gefälle gegen den gespannten Grundwasserspiegel nach unten auf den Grundwasserleiter gerichtet.

Im Fortführungskonzept der Umtec ist „aus Sicht des vorbeugenden Grundwasserschutzes“ eine Absenkung des Stauwasserspiegels anzustreben.

Durch die starke Setzung der Kleioberfläche unter dem Deponiekörper auf ein Höhenniveau von vermutlich bis zu $-3,0$ m NN im Deponiezentrum besteht grundsätzlich die Möglichkeit, den Wasserspiegel in der „Setzungswanne“ soweit abzusenken, dass er unter den Druckspiegel des gespannten Grundwasserspiegels fällt. Dadurch würde der hydraulische Druck des Grundwasserleiters in den Deponiekörper gerichtet, so dass eine Stoffverlagerung zum Grundwasserleiter ausgeschlossen werden kann.

Durch die im Fortführungskonzept der Umtec vorgesehene Ausgestaltung des Deponie neu- und -altteils sind weitere Setzungen in der Westhälfte der Altteils der Deponie zu erwarten, die den westlichen Rand der Setzungswanne absenken und vermutlich die Anbindung der Stauwasserglocke an den mittleren Fanggräben verbessern. Zudem wird die Entwässerung der Stauwasserglocke durch die von der Umtec empfohlene stärkere Absenkung des Wasserspiegels im Ringgrabensystem optimiert.

Diese über den Randbereich der Altdeponie gesteuerte Entwässerung der Stauwasserglocke im Zusammenspiel mit der späteren Deponiebadeckung des Altteils wird vermutlich nur langfristig gesehen eine ausreichende Absenkung des



Stauwasserspiegels gewährleisten und bedarf nach erster Einschätzung einer Ergänzung durch zusätzliche Entwässerungselemente im zentralen Deponiekörper. Grundsätzlich halten wird aber eine Absenkung der Stauwasserglocke bis auf das Höhenniveau des Druckwasserspiegels für machbar.

Wir halten es jedoch nicht für zielführend, in der derzeitigen Planungsphase der Umtec Stellung zum Erhebungsbedarf von Grundlagen für die weiteren Planungen zur Deponieertüchtigung (Frage 10) zu beziehen. Das planende Büro Umtec hat bereits im Rahmen der Deponiegesamtplanung sehr fachkompetente Lösungsvorschläge für noch offene Fragestellungen erarbeitet, die derzeit noch in Bearbeitung sind. Aus den uns vorliegenden bisherigen Grundlagenerhebungen der Umtec wird deutlich, dass dieses Planungsbüro einen Schwerpunkt der hydrologischen und hydrogeologischen Erkundungen zur Deponiesicherheit am Ostrand des Altkörpers sieht. Für diesen Bereich werden derzeit Grundlagen zum Nachweis eines gefahrlosen Weiterbetriebs der Deponie „Grauer Wall“ mit entsprechenden Ertüchtigungsmaßnahmen erhoben, die nach unseren Vorlagen bereits einen hohen Kenntnisstand erreicht haben.

Bremen, den 12. September 2008

Dr. Pirwitz Umweltberatung

Dipl. Geol. Dr. Kasimir Pirwitz

Verwendete Unterlagen:

- (1) Bund
Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) vom 12.08.2004,
Bundesanzeiger (BGBl.IS. 2190),2004
- (2) SCHNEIDER & GÖTTER, Berlin
Ermittlung von Basisdaten zur numerischen Simulation der Schadstoffausbreitung in



- mineralischen Deponiedichtungen, Umweltbundesamt 1989
- (3) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Hannover, ORTLAM 1987: Erkundung von Flächen zur Anlage von Deponien für Verbrennungsrückstände der Müllbeseitigungsanlage Bremerhaven
 - (4) Geologischer Dienst für Bremen, Bohrprofile des Bohrarchivs
 - (5) Schwenke Geo Consult, Auftrag des Magistrates der Stadt Bremerhaven 2000 Ergebnisbericht der Erkundung des Speckenbüttler Bootsteiches in Bremerhaven
 - (6) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (2003) Grundwasser und Geotechnische Planungskarte Bremerhaven
 - (7) Umtec, Vorabzug Stand Januar 2007, im Auftrag der BEG Deponie Grauer Wall, Fortführungskonzept zum Weiterbetrieb des Alt- und Neudeponiekörpers
 - (8) Umtec, Mai 2007, im Auftrag der BEG Ergebnisbericht zum Untersuchungsprogramm GW-Strömungsverhältnisse (Schritt 6-9 des Untersuchungsprogramms) sowie zu weiteren Untersuchungen
 - (9) Umtec November 2007, im Auftrag BEG Deponie Grauer Wall, Querprofile am östlichen Deponiefuß im Rahmen der Leistungsphase „Vertiefende Erkundungen am östlichen Deponiefuß“
 - (10) Brunnenausbaudaten, Grund- und Sickerwasseranalysen von 1987 bis 2008, Mengenermittlung der Sickerwasser-Indirekteinleitung der letzten 6 Jahre.
 - (11) Umtec 2006/2007, im Auftrag der BEG Grundwassergleichenpläne, Bestandslageplan und Ausbauvorschlag Basisdichtungssystem Neukörper Querschnitt Staton 0+100,00 (926GUT 002, 926GUT101)