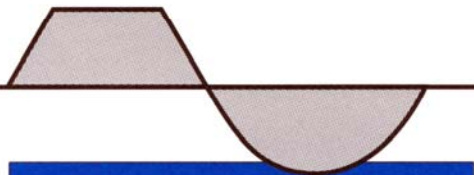


Anlage 8

Fachgutachten

Gleitsicherheit der MFA

Anlage 8.2 2. Bauabschnitt der MFA



GEOTECHNIK · UMWELTTECHNIK
BERATUNG · PLANUNG · KONTROLLE

Am Campus 1-11, Haus 4
18182 Bentwisch
Tel.: 0381/877438-60
Fax: 0381/877438-89
E-Mail: info@sig-mv.de



DAP-PL-3109.00 / DAP-IS-4064.00

IAG Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH
z.H. Frau Kobel
Ihlenberg 1
D-23923 Selmsdorf

Büro Berlin:
Kanalstraße 85
D-12357 Berlin-Neukölln
Telefon: 030/66526914
Telefax: 030/66623918

Büro Bottrop
Bogenstraße 40
D-46236 Bottrop
02041/ 7813024
02041/ 7813026

Bentwisch, 2013-09-09
Dr. Tscherpel/sb

Datei:13 2735-SN-13_130918.doc

**Fremdprüfung der mineralischen und polymeren Baustoffe
im Rahmen der Herstellung der Multi-Funktionalen-Abdichtung (MFA)
der Deponie Ihlenberg, BA 2**

*hier: Stellungnahme zu der von der upi Umweltprojekt Ingenieurgesellschaft mbH
vorgelegten Stellungnahme zur Stand- und Gleitsicherheit der MFA (SN 13)
- Projekt Nr. 13.2735 -*

Sehr geehrte Frau Kobel,

zum Nachweis der Standsicherheit sind gemäß des fortgeschriebenen Qualitätsmanagementplanes /1/ von der bauausführenden Firma vor Herstellung der Multifunktionalen Abdichtung (MFA) Standsicherheitsnachweise nach DIN 4084 und DIN 1054 unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung 2-7 und der GDA-Empfehlung 3-8 projektbezogen für den End- und Bauzustand der MFA zu erstellen.

Die geforderten Standsicherheitsberechnungen wurden von der mit der Eigenprüfung beauftragten upi Umweltprojekt Ingenieurgesellschaft mbH bereits im Rahmen des 1. Bauabschnittes der o.g. Deponiebaumaßnahme für die maßgebliche Böschungsneigung von 1:2,5 vorgenommen, durch die IGU Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Umweltmanagement Prof. Dr.-Ing. Salomo + Partner mbH geprüft und durch die Fremdprüfung in der Stellungnahme vom 2012-09-18 ohne Einwände zur Freigabe empfohlen.

Da im 2. Bauabschnitt aufgrund der relativ flachen Böschungsneigungen (< 11%) die KDB GSE HD BAM DRS mit geringeren Reibungswerten als im 1. BA zum Einsatz kommen soll, wurde in Abstimmung mit den Projektbeteiligten festgelegt, dass lediglich die Kontaktreibungswinkel der Fugen dieser nicht im 1. BA zum Einsatz gekommenen KDB zu ermitteln sind.

Nach Abschluss der daraufhin durch die Hersteller- und Verlegefirma GSE Lining Technology GmbH beauftragten Großrahmenscherversuche wurde der Fremdprüfung die folgenden Unterlage zur Prüfung vorgelegt (s. Anlage 1):

- Stellungnahme zu den Ergebnissen der Großrahmenscherversuche für die Fuge Sand-schutzmatte/KDB sowie KDB/mineralische Dichtung im Zuge der Herstellung der Multi-Funktionellen-Abdichtung (MFA) der Deponie Ihlenberg, BA 2 - Projekt-Nr.: 039.011.02.06-13, upi Rostock, 2013-09-12.

Im Ergebnis der Plausibilitätsprüfung der o.g. Unterlage bleibt unter Einbeziehung der bereits im 1. BA erbrachten Standsicherheitsnachweise festzustellen, dass auch für den 2. Bauabschnitt der Deponie Ihlenberg der Nachweis der Standsicherheit für das Multi-Funktionale-Abdichtungssystem QMP-konform erbracht wurde, aus Sicht der Fremdprüfung keine Einwände bestehen und die Freigabe empfohlen wird.

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen selbstverständlich jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Dr.-Ing. Burckhard Tscherpel
S.I.G. - DR.-ING. STEFFEN GmbH

Dipl.-Geol. Sophia Blanché
Projektingenieurin

Quellenverzeichnis

- /1/ Qualitätsmanagementplan – Deponie Ihlenberg, Deponieabschnittstrennung mittels MFA im BA 2, S.I.G.-DR. ING. STEFFEN GmbH, Stand: 2013-09-06

ANLAGEN

ANLAGE 1

Stellungnahme zu den Ergebnissen
der Großrahmenscherversuche

Stellungnahme zu den Ergebnissen der Großrahmenscherversuche für die Fuge Sandschutzmatte / KDB sowie KDB / mineralische Dichtung im Zuge der Herstellung der Multi-Funktionellen-Abdichtung (MFA) der Deponie Ihlenberg, BA 2

Projekt-Nr.: 039.011.02.06-13

beauftragt durch:

Heilit Umwelttechnik GmbH
Haferwende 27
28357 Bremen

erarbeitet durch:

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH
Niederlassung Nord
Grubenstraße 20
18055 Rostock

Rostock, 12. September 2013



Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	3
2	Ergebnisbewertung.....	4
3	Fazit.....	5

Anlagen

- 1 Prüfbericht Nr. B 50.13.046.02 vom 15.08.2013 für die Gleitfuge Sandschutzmatte / KDB
- 2 Prüfbericht Nr. B 50.13.046.03 vom 23.08-2013 für die Gleitfuge Sandschutzmatte / mineralische Dichtung

1 Vorbemerkungen

Die Heilit Umwelttechnik GmbH wurde mit der Herstellung einer Multi-Funktionalen-Abdichtung (MFA) für die Deponie Ihlenberg – BA 2 beauftragt.

Die MFA übernimmt gleichzeitig die Funktion einer Oberflächen- und Basisabdichtung der Deponie Ihlenberg.

Diese Doppelfunktion wird gewählt, um die Anforderungen sowohl für den Weiterbetrieb von Deponieabschnitten als auch für die Stilllegung von verfüllten Abschnitten zu erfüllen.

Die geplante MFA weist, wie bereits im BA 1, folgenden Aufbau auf (von oben nach unten):

- Filterschicht, z. B. PP-Filtervlies (nach Erfordernis),
- 30 bzw. 50 cm Entwässerungsschicht,
- Sandschutzmatte (MDDS) mit BAM-Zulassung,
- 2,5 mm PEHD-Kunststoffdichtungsbahn inkl. Dichtungskontrollsystem mit BAM-Zulassung,
- 50 cm mineralische Dichtung in 2 Lagen á 25 cm ($k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s),
- Geogitter innerhalb der Gas-, Trag- und Ausgleichsschicht,
- 100 cm Gas-, Trag- und Ausgleichsschicht (GTA),
- vorprofilierter Abfall.

In Abweichung zum Einsatz der mineralischen und polymeren/geotextilen Materialien für die Systemkomponenten der MFA im BA 1 kommt im BA 2 die Kunststoffdichtungsbahn der Fa. GSE Lining Technology GmbH mit der Bezeichnung „KDB GSE HD BAM DRS“ (beidseitig sandrau) zur Anwendung.

Zuvor wurde im BA 1 ein Produkt der AGRU Kunststofftechnik GmbH mit der Bezeichnung „KDB-PEHD BAM 2,5 mm 7,0 m Microspike+, MST+Seite“ eingesetzt.

In der Standsicherheitsberechnung für die MFA vom 02.08.2012 der upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH (geprüft am 10.08.2012 von der IGU Uelzen) wurden die Scherparameter dieser KDB in den Gleitfugen zur Sandschutzmatte (MDDS) und mineralischen Dichtung berücksichtigt.

Die Anforderung im BA 1 bestand jedoch im Nachweis der Stand- und Gleitsicherheit für die maßgebliche Böschungsneigung von 1:2,5.

Hier im BA 2 sind relativ flache Böschungsverhältnisse von < 11 % Neigung (das entspricht einem Böschungswinkel von 6,3°) vorherrschend. Aufgrund dessen ist der Einsatz eines anderen KDB-Produktes mit geringeren Reibungswerten in den Fugen KDB / MDDS sowie KDB / mineralische Dichtung möglich.

Nachstehend geht es um die Bewertung der Ergebnisse, welche in Großrahmenscherversuchen für die Gleitfugen zwischen der KDB der Fa. GSE Lining Technology GmbH und der nach wie vor eingesetzten MDDS sowie der mineralischen Dichtung ermittelt wurden.

2 Ergebnisbewertung

2.1 Fuge MDDS/KDB

In einem Großrahmenscherversuch der MPA Weimar vom 15.08.2013 (Prüfvermerk Nr. B 50.13.046.02) wurden die Scherparameter in der Fuge Sandschutzmatte (MDDS) / KDB GSE HD BAM DRS bestimmt. Dabei wurden im undrännierten Zustand (Scherfuge unter Wasser) Auflasten von 100, 200 und 300 kN/m² verwendet und mit einer Schergeschwindigkeit von 0,67 mm/min abgeschert.

Als Ergebnisse wurden

- der Reibungswinkel mit 20,06° und
- die Adhäsion mit 6,13 kN/m²

ermittelt.

Da der vorliegende Referenzscherversuch für die Fuge KDB / Sandschutzmatte (s. Anlage 1) mit höheren Laststufen gefahren wurde (die Scherparameter der Fuge mineralische Dichtung / KDB wurden im 1. BA mit den Laststufen 10, 20 und 50 kN/m² ermittelt), wird diesem Umstand Rechnung getragen, indem der Scherwinkel mit 30 % statt sonst 10 % nach EAU abgemindert wurde. Somit ergibt sich bei dem versuchstechnisch ermittelten Reibungswinkel von 20,06° nach Abminderung ein Reibungswinkel von 14,34° welcher deutlich größer ist als die steilsten anzutreffenden Böschungswinkel von 6,3° im BA 2. Aufgrund dieses Ergebnisses wird eine differenzierte Standsicherheitsbetrachtung für die einzelnen Lastfälle (Bau- und Endzustand) der MFA im BA 2 nicht als erforderlich gehalten.

2.2 Fuge KDB / mineralische Dichtung

In einem Großrahmenscherversuch der MPA Weimar vom 23.08.2013 (Prüfvermerk Nr. B 50.13.046.03) wurden die Scherparameter in der Fuge KDB GSE HD BAM DRS / mineralische Dichtung bestimmt. Bei dem Material der mineralischen Dichtung handelt es sich um den Ton aus der Grube Groß Pampau der Firma Ohle und Lau. Beim Versuch wurden im undrännierten Zustand (Scherfuge unter Wasser) Auflasten von 100, 200 und 300 kN/m² verwendet und mit einer Schergeschwindigkeit von 0,0167 mm/min abgeschert.

Als Ergebnisse wurden

- der Reibungswinkel mit 27,04° und
- die Adhäsion mit 8,57 kN/m²

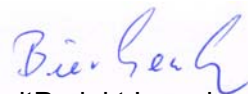
ermittelt.

Da der vorliegende Referenzscherversuch für die Fuge KDB / mineralische Dichtung (s. Anlage 2) mit höheren Laststufen gefahren wurde als der Scherversuch für die gleiche Fuge im 1. BA (hier Laststufen 10, 20 und 50 kN/m²), wird diesem Umstand Rechnung getragen, indem der Scherwinkel ebenfalls mit 30 % statt sonst 10 % nach EAU abgemindert wurde. Somit ergibt sich bei dem versuchstechnisch ermittelten Reibungswinkel von 27,04° nach Abminderung ein Reibungswinkel von 19,66° welcher deutlich größer ist als die steilsten anzutreffenden Böschungswinkel von 6,3° im BA 2. Aufgrund dieses Ergebnisses wird eine differenzierte Standsicherheitsbetrachtung für die einzelnen Lastfälle (Bau- und Endzustand) der MFA im BA 2 nicht als erforderlich gehalten.

3 Fazit

Anhand der experimentell ermittelten Scherparameter für die Gleitfugen, Sandschutzmatte (MDDS) / KDB GSE HD BAM DRS und KDB GSE HD BAM DRS / mineralische Dichtung, belegt durch die Prüfberichte Nrn. B 50.13.046.02 (s. Anlage 1) und B 50.13.046.03 (s. Anlage 2), mit den Reibungswinkeln von $20,06^\circ$ (Adhäsion $6,13 \text{ kN/m}^2$) und $27,04^\circ$ (Adhäsion $8,57 \text{ kN/m}^2$) kann davon ausgegangen werden, dass die Stand- und Gleitsicherheit der Multi-Funktionellen-Abdichtung im BA 2 der Deponie Ihlenberg auch beim Einsatz der oben bezeichneten Kunststoffdichtungsbahn der Fa. GSE Lining Technology GmbH gewährleistet ist.

Rostock, 12. September 2013



upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH
Niederlassung Nord

Anlagen

Anlage 1

Prüfbericht Nr. B 50.13.046.02 vom 15.08.2013 für die Gleitfuge Sandschutzmatte / KDB

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. C. Könke

Abteilung: Geotechnik
Abteilungsleiter: Dipl.-Ing. J. Köditz

MFA Weimar
Coudraystraße 9
99423 Weimar
Herr J. Köditz

Tel. 03643 / 564 347
Fax 03643 / 564 203
geotechnik@mfa.de



Prüfbericht Nr. B 50.13.046.02

Auftrag: **Deponie Ihlenberg**

Durchführung von Großrahmenscherversuchen zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge Sandschutzmatte / KDB GSE HD BAM DRS

Auftraggeber: GSE Lining Technology GmbH
Normannenweg 28
20537 Hamburg

Auftrag vom: 09.07.2013

Im Auftrag

Weimar,
15.08.2013

Dipl.-Ing. J. Köditz
Abteilungsleiter

Dr. rer. nat. A. Damaschke
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Gegenstand der Prüfung	2
2	Verwendete Proben	2
3	Verwendete Prüfeinrichtungen	3
4	Durchgeführte Prüfungen	3
4.1	Versuchsrandbedingungen	4
4.2	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	4
5	Ergebnisse der Prüfungen	5
	Verzeichnis der Anlagen	5
	Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	6

1 Veranlassung und Gegenstand der Prüfung

Anlass dieser Prüfung war ein Auftrag der GSE Lining Technology GmbH zur Durchführung von Scherversuchen zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge Sandschutzmatte / KDB GSE HD BAM DRS im Großrahmenschergerät nach DIN EN ISO 12957-1 [U 3] und der Empfehlung E 3-8 [U 1] des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT).

MFA-intern sind der Gegenstand des Prüfberichtes und die zugehörigen Proben wie folgt gekennzeichnet:

Bezeichnung	Probennummern bis zum Berichtszeitpunkt
Auftrags-Nr.: 50.13.046 GSV Deponie Ihlenberg	50 13 046 001 bis 50 13 046 003

Tabelle 1: Bezeichnungen

2 Verwendete Proben

Die Probenbezeichnungen und -beschreibungen enthält nachfolgende Tabelle:

Bezeichnung durch den AG	Bezeichnung an der MFA	Beschreibung der Probe; Bemerkungen
MDDS-Bahn	50 13 046 001	Sandschutzbahn, beidseitig Gewebe, weiß; G quadrat GmbH; Zuschnitte
KDB GSE HD BAM DRS	50 13 046 003	Kunststoffdichtungsbahn, schwarz, 2,5 mm, beidseitig strukturiert, Rollen-Nr.: 401013817

Tabelle 2: Verwendete Proben

3 Verwendete Prüfeinrichtungen

- allgemeine Laborgeräte
- Schichtdickenmessgerät Typ LG 10
- Großrahmenschergerät SL 300 z

Technische Daten zum Schergerät:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| - Scherfläche: | 30 cm * 30 cm |
| - Vorrichtung für Normalbelastung: | pneumatisch über Druckkissen |
| - Messbereich Normalkraft: | max. 666 kN/m ² |
| - Vorrichtung für Scherbelastung: | kontinuierlicher Vorschub |
| - Messbereich Scherkraft: | 0 –5 kN; 5 – 60 kN; max 60 kN |
| - Schergeschwindigkeit: | 0,001 – 6,000 mm/min |
| - max. Scherweg: | 100 mm; Auflösung 0,005 mm |
| - Messbereich Setzung: | max. 70 mm; Genauigkeit 0,5 mm |
| - Scherspalt: | 0 – 35 mm |

Das Großrahmenschergerät besitzt einen festen oberen Scherrahmen und einen parallelgeführten, 4-fach gelagerten unteren Scherrahmen. Die direkte horizontale Scherkrafteinleitung erfolgt weggesteuert. Die Auflastspannung wird über eine Spezialmembran im Deckel des oberen Scherrahmens aufgebracht, in Höhe des Scherspalt mit Hilfe von 4 Kraftmessbügeln gemessen und unabhängig von Wandreibungen im oberen Scherrahmen exakt gesteuert. Über eine Volumenmeseinrichtung in der Belastungseinheit lassen sich die mittleren Setzungen der Probe während des Scherversuches ermitteln.

4 Durchgeführte Prüfungen

Die Aufgabenstellung beinhaltet die Durchführung von Großrahmenscherversuchen nach DIN EN ISO 12957-1 [U 3] und E 3-8 [U 1] zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge Sandschutzmatte / KDB GSE HD BAM DRS.

Zur Festlegung der Höhen der Scherspalt wurden Dickenbestimmungen an der KDB in Anlehnung an die DIN EN ISO 9863-1 [U 2] durchgeführt.

4.1 Versuchsrandbedingungen

Die Bestimmung der Scherparameter erfolgte als konsolidiert drainierte Versuche (CD-Versuch) unter folgenden Randbedingungen:

- Versuchsgerät:	Großrahmenschergerät SL 300 z
- Anzahl der Teilversuche:	3
- Konsolidationsspannung:	$\sigma = 100 \text{ kN/m}^2 / 200 \text{ kN/m}^2 / 300 \text{ kN/m}^2$
- Vertikale Auflast beim Scheren:	$\sigma = 100 \text{ kN/m}^2 / 200 \text{ kN/m}^2 / 300 \text{ kN/m}^2$
- Konsolidierung:	30 min
- Schergeschwindigkeit:	0,67 mm/min
- Flutung der Probe:	Scherfuge unter Wasser
- Scherspalt:	fest

4.2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

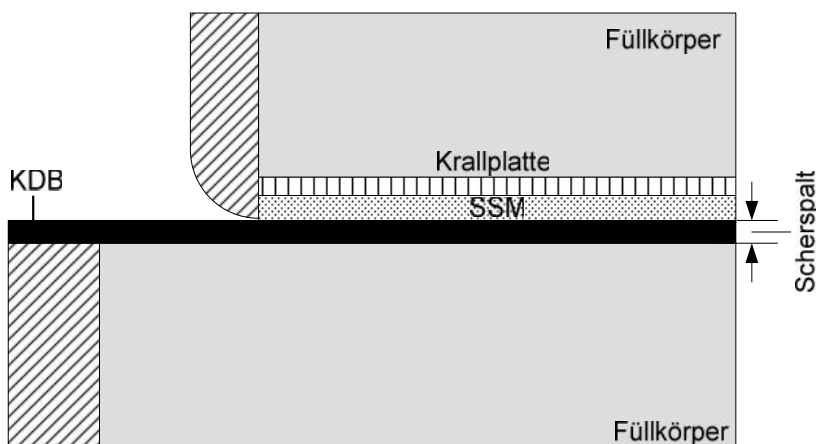


Abbildung 1: Versuchsaufbau Scherversuch Sandschutzmatte / KDB

Die KDB wurde mittels Klemmleisten in den beweglichen unteren Scherrahmen eingespannt und damit gegen ein Verrutschen gesichert. Die Sandschutzmatte wurde in den oberen Scherrahmen eingebaut. Der Scherspalt wurde so festgelegt, dass zwischen dem oberen Scherrahmen und der KDB ein Scherspalt von 0,5 mm gewährleistet war.

Nach dem Einbau und dem Befestigen der Belastungseinrichtung erfolgte die Einleitung der vertikalen Auflast. Die Bewässerung des Scherspalt erfolgte nach dem vollständigen Erreichen der Konsolidationsspannung. Nach Erreichen der vorgegebenen Konsolidationszeit von 30 Minuten wurde die Scherphase automatisch gestartet. Abbruchkriterien zum Beenden der Scherphase waren das eindeutige Überschreiten einer Bruchspannung, das Erreichen einer konstanten bzw. ansteigenden Reibungsspannung bei fortschreitendem Verschiebungsweg (Gleitzustand) oder das Erreichen des maximalen Scherweges.

5 Ergebnisse der Prüfungen

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der Dickenbestimmungen enthält Tabelle 3. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Scherversuche zusammengefasst, Anlage 1 enthält die grafische Versuchsauswertung.

Auflast [kN/m ²]		2	20	50	80	110	140	170	200
KDB GSE HD BAM DRS	[mm]	4,07	3,72	3,58	3,50	3,44	3,40	3,37	3,34

Tabelle 3: Dicke unter festgelegten Drücken

Die Festlegung der Bruchpunkte erfolgte nach den ersten Anzeichen des Versagens der Scherkräfte.

Proben-Nr. MFPA 50 13 046 001 / 50 13 046 003; Großrahmenscherversuch Sandschutzmatte / KDB GSE HD BAM DRS				
Auflast	[kN/m ²]	100	200	300
Bruchspannung	[kN/m ²]	40,11	82,22	112,00
Bruchweg	[mm]	16,74	6,58	7,48
Bruchparameter				
Reibungswinkel δ_f	[°]	20,06		
Adhäsion a_f	[kN/m ²]	6,13		

Tabelle 4: Ergebnisse der Scherversuche Sandschutzmatte / KDB

Hinweis: Bei nichtlinearem Zusammenhang zwischen τ und σ kann der Ansatz der linearen Coulombschen Grenzbedingung zu große Werte für die Adhäsion ergeben. Die Parameter Reibungswinkel und Adhäsion sind daher immer im Zusammenhang zu betrachten, ggf. kann als Grenzbedingung ein mehrparametrischer oder ein abschnittsweise linearer Ansatz gewählt werden [U 1].

Die ermittelten Versuchswerte sind für Standsicherheitsberechnungen nach den anerkannten Regeln der Technik zu bewerten.

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1	Prüfprotokolle der Scherversuche MDDS-Bahn / KDB GSE HD BAM DRS	(4 Seiten)
	- τ - σ - Diagramm	
	- Scherspannungs – Weg – Diagramm	
	- Setzungs – Weg – Diagramm	
	- Konsolidierungsdiagramm	

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- [U 1] GDA E 3-8 „Reibungsverhalten von Geokunststoffen“; 2005; AK 6.1 „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)
- [U 2] DIN EN ISO 9863-1; Ausgabe 05/2005;
Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken
Teil 1: Einzellagen
- [U 3] DIN EN ISO 12957-1; Ausgabe 05/2005;
Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 1:
Scherkasten – Versuch
- [U 4] DIN 18121-1; Ausgabe 04/1998; Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt
Teil 1: Bestimmung durch Ofentrocknung
- [U 5] DIN 1054; Ausgabe 12/2010;
Baugrund – Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau

X:\Auftraege\13 046 GSV Deponie Ihlenberg\5 Prüfbericht\B 50.13.046.02 GSV SSM_KDB\B 50.13.046.02 GSV SSM_KDB.doc

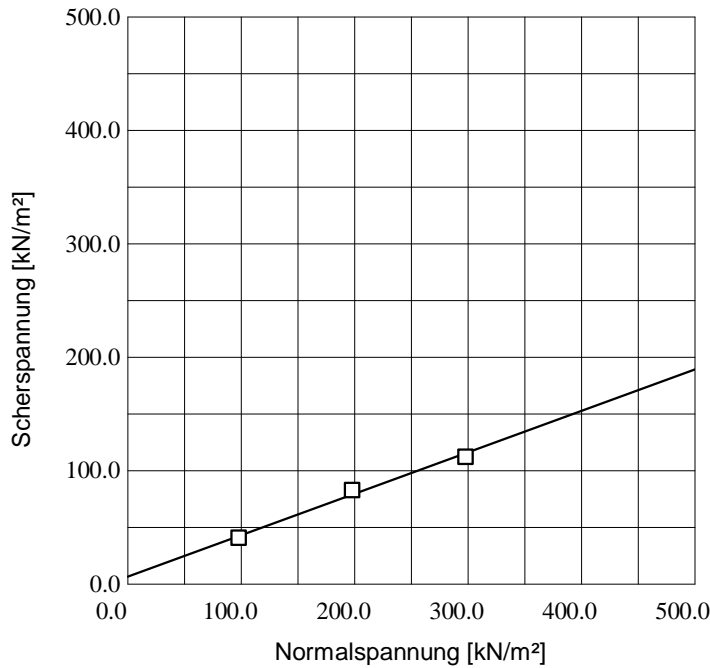
Ende Prüfbericht Nr. B 50.13.046.02

MFPA Weimar
 Abt. Geotechnik
 Coudraystraße 4
 99423 Weimar

Name 13046ac
 ProjNr. 50.13.046
 Anlage 1
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE HD BAM DRS / Sandschutzmatte
 Einbau -
 ausgeführt am 08/2013
 ausgeführt von Lo/Fei



Bruchparameter

Reibungswinkel	20.06 [°]
Kohäsion	6.13 [kN/m²]
Korrelation	1.00

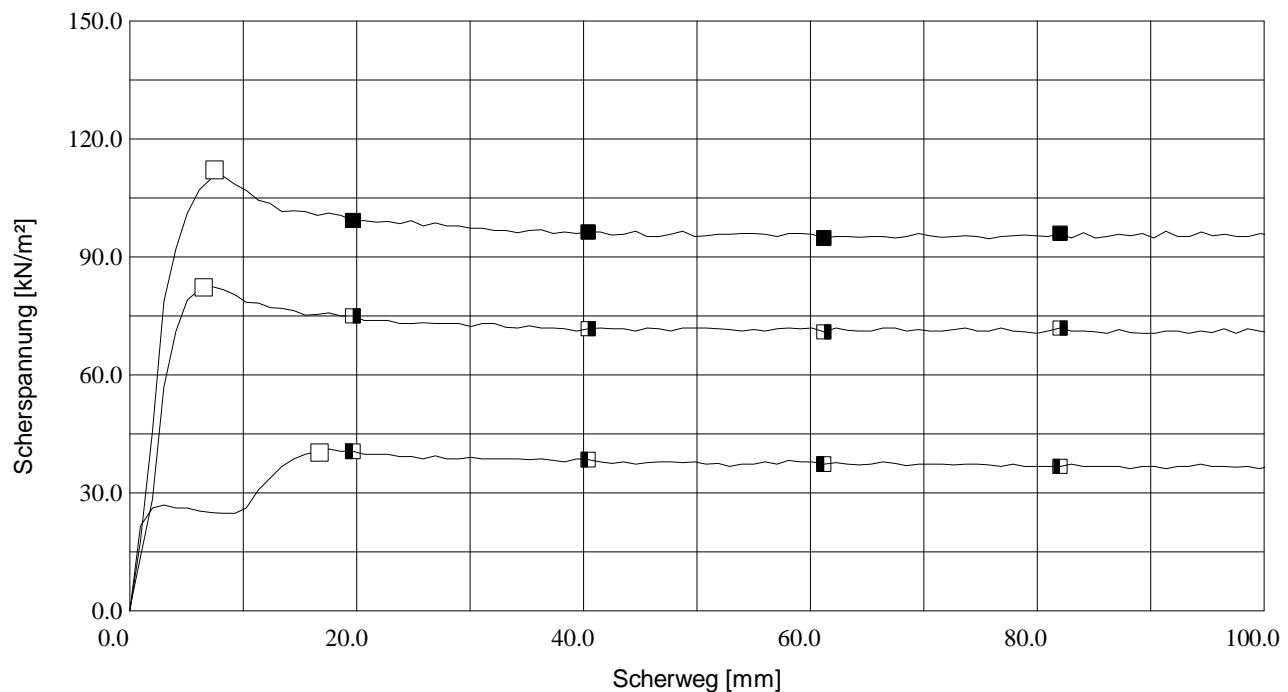
Restscherfestigkeit

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m²	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
4	298.1	297.5	112.00	7.48	----	----
1	98.0	97.3	40.11	16.74	----	----
2	198.2	197.3	82.22	6.58	----	----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE HD BAM DRS / Sandschutzmatte
 Einbau -
 ausgeführt am 08/2013
 ausgeführt von Lo/Fei



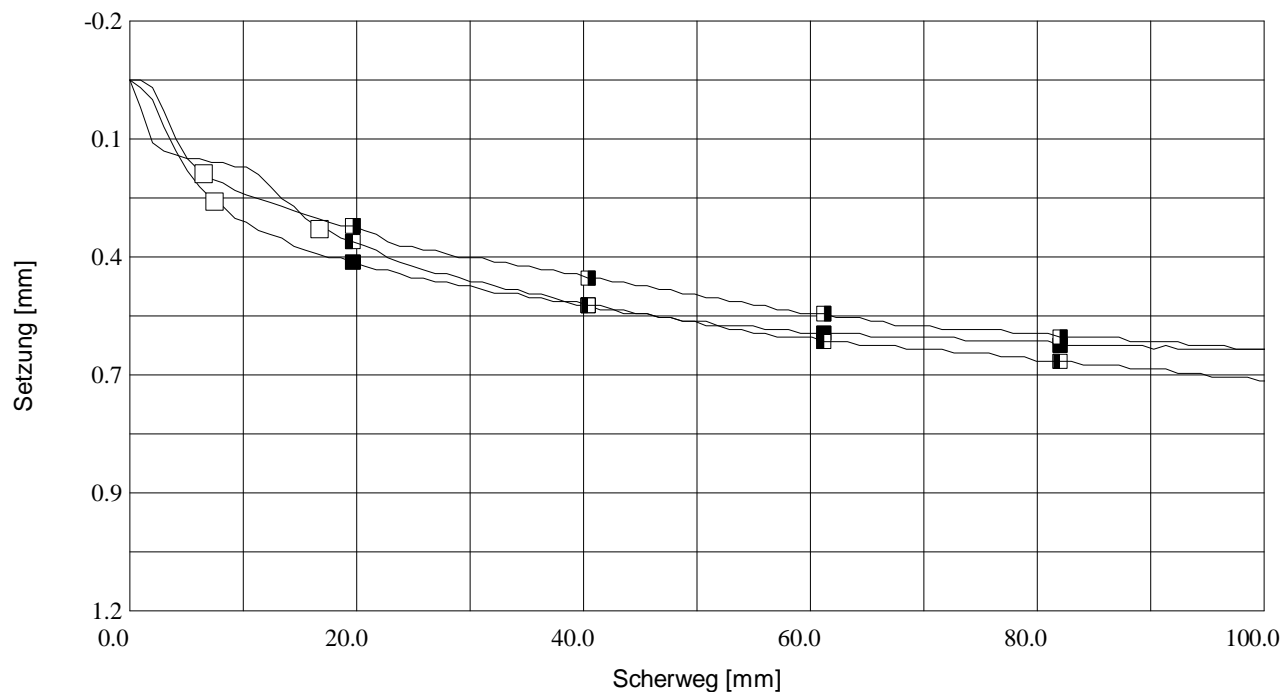
Nr.	Normalspannung kN/m ²		Bruchfläche cm ²	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm ²	Restsf-Geschw. mm/min	
	Bruch	Restsf.					
4	■	298.1	297.5	900.00	0.67000	-----	-----
1	■	98.0	97.3	900.00	0.67000	-----	-----
2	■	198.2	197.3	900.00	0.67000	-----	-----

MFPA Weimar
 Abt. Geotechnik
 Coudraystraße 4
 99423 Weimar

Name 13046ac
 ProjNr. 50.13.046
 Anlage 1
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE HD BAM DRS / Sandschutzmatte
 Einbau -
 ausgeführt am 08/2013
 ausgeführt von Lo/Fei



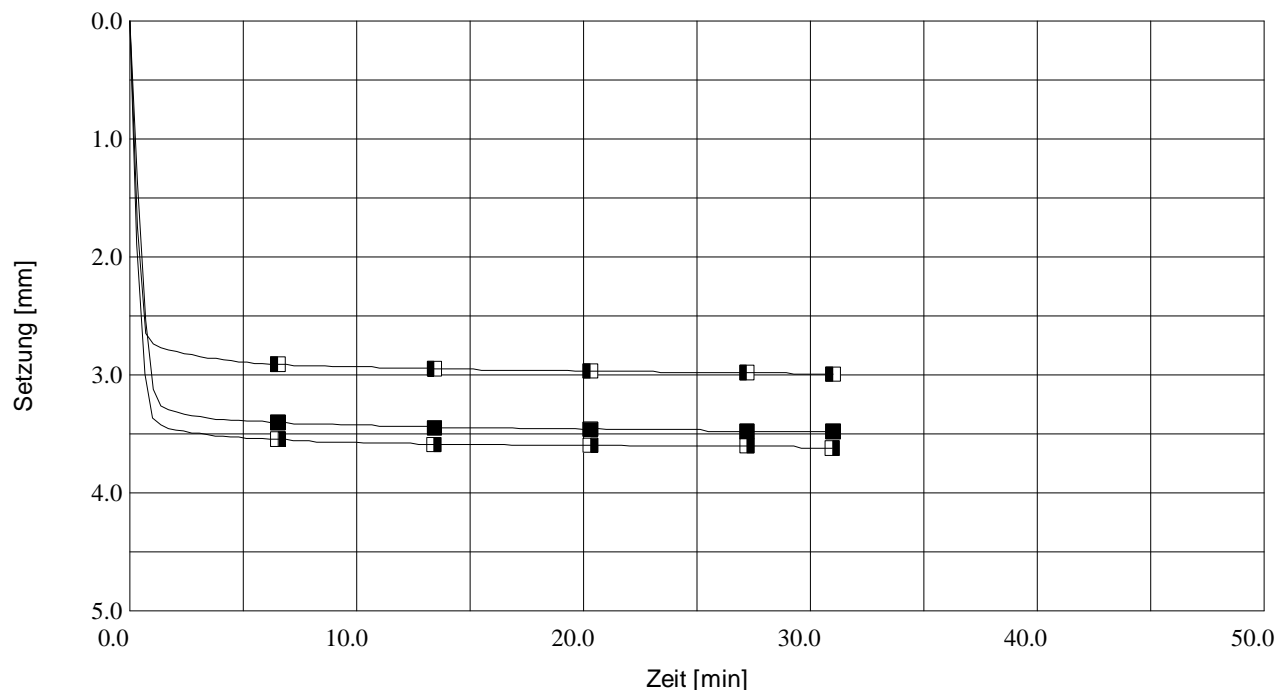
Nr.	Normalspannung kN/m ²		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
4 ■	298.1	297.5	0.31	----	12.55	0.69
1 ■	98.0	97.3	0.38	----	13.03	0.76
2 ■	198.2	197.3	0.24	----	12.41	0.69

MFPA Weimar
 Abt. Geotechnik
 Coudraystraße 4
 99423 Weimar

Name 13046ac
 ProjNr. 50.13.046
 Anlage 1
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE HD BAM DRS / Sandschutzmatte
 Einbau -
 ausgeführt am 08/2013
 ausgeführt von Lo/Fei



Nr.	Normalspannung kN/m²	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
4 ■	300	3.45	30	16.00	12.55
1 ■	100	2.97	30	16.00	13.03
2 ■	200	3.59	29	16.00	12.41

Anlage 2

Prüfbericht Nr. B 50.13.046.03 vom 23.08-2013 für die Gleitfuge Sandschutzmatte / mineralische Dichtung

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. C. Könke

Abteilung: Geotechnik
Abteilungsleiter: Dipl.-Ing. J. Köditz

MFA Weimar
Coudraystraße 9
99423 Weimar
Herr J. Köditz

Tel. 03643 / 564 347
Fax 03643 / 564 203
geotechnik@mfa.de



Prüfbericht Nr. B 50.13.046.03

Auftrag: **Deponie Ihlenberg**

Durchführung von Großrahmenscherversuchen zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB GSE HD BAM DRS / mineralische Dichtung

Auftraggeber: GSE Lining Technology GmbH
Normannenweg 28
20537 Hamburg

Auftrag vom: 09.07.2013

Im Auftrag

Weimar,
23.08.2013

Dipl.-Ing. J. Köditz
Abteilungsleiter

Dr. rer. nat. A. Damaschke
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Gegenstand der Prüfung	2
2	Verwendete Proben	2
3	Verwendete Prüfeinrichtungen	3
4	Durchgeführte Prüfungen	3
4.1	Versuchsrandbedingungen	4
4.2	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	4
5	Ergebnisse der Prüfungen	5
	Verzeichnis der Anlagen	5
	Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	6

1 Veranlassung und Gegenstand der Prüfung

Anlass dieser Prüfung war ein Auftrag der der GSE Lining Technology GmbH zur Durchführung von Scherversuchen zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB GSE HD BAM DRS / mineralische Dichtung im Großrahmenschergerät nach DIN EN ISO 12957-1 [U 3] und der Empfehlung E 3-8 [U 1] des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT).

MFA-intern sind der Gegenstand des Prüfberichtes und die zugehörigen Proben wie folgt gekennzeichnet:

Bezeichnung	Probennummern bis zum Berichtszeitpunkt
Auftrags-Nr.: 50.13.046 GSV Deponie Ihlenberg	50 13 046 001 bis 50 13 046 003

Tabelle 1: Bezeichnungen

2 Verwendete Proben

Die Probenbezeichnungen und -beschreibungen enthält nachfolgende Tabelle:

Bezeichnung durch den AG	Bezeichnung an der MFA	Beschreibung der Probe; Bemerkungen
mineralische Dichtung	50 13 046 002	Ton, schwarz, GP, Heilit Umwelttechnik GmbH
KDB GSE HD BAM DRS	50 13 046 003	Kunststoffdichtungsbahn 2,5 mm, Rollen-Nr. 401013817; Grundstoff SABIC LLDPE; beidseitig strukturiert

Tabelle 2: Verwendete Proben

3 Verwendete Prüfeinrichtungen

- allgemeine Laborgeräte
- Schichtdickenmessgerät Typ LG 10
- Großrahmenschergerät SL 300 z

Technische Daten zum Schergerät:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| - Scherfläche: | 30 cm * 30 cm |
| - Vorrichtung für Normalbelastung: | pneumatisch über Druckkissen |
| - Messbereich Normalkraft: | max. 666 kN/m ² |
| - Vorrichtung für Scherbelastung: | kontinuierlicher Vorschub |
| - Messbereich Scherkraft: | 0 –5 kN; 5 – 60 kN; max 60 kN |
| - Schergeschwindigkeit: | 0,001 – 6,000 mm/min |
| - max. Scherweg: | 100 mm; Auflösung 0,005 mm |
| - Messbereich Setzung: | max. 70 mm; Genauigkeit 0,5 mm |
| - Scherspalt: | 0 – 35 mm |

Das Großrahmenschergerät besitzt einen festen oberen Scherrahmen und einen parallelgeführten, 4-fach gelagerten unteren Scherrahmen. Die direkte horizontale Scherkrafteinleitung erfolgt weggesteuert. Die Auflastspannung wird über eine Spezialmembran im Deckel des oberen Scherrahmens aufgebracht, in Höhe des Scherspalt mit Hilfe von 4 Kraftmessbügeln gemessen und unabhängig von Wandreibungen im oberen Scherrahmen exakt gesteuert. Über eine Volumenmesseinrichtung in der Belastungseinheit lassen sich die mittleren Setzungen der Probe während des Scherversuches ermitteln.

4 Durchgeführte Prüfungen

Die Aufgabenstellung beinhaltet die Durchführung von Großrahmenscherversuchen nach DIN EN ISO 12957-1 [U 3] und E 3-8 [U 1] zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB GSE HD BAM DRS / mineralische Dichtung. Zur Festlegung der Höhen der Scherspalt wurden Dickenbestimmungen an der KDB in Anlehnung an die DIN EN ISO 9863-1 [U 2] durchgeführt.

4.1 Versuchsrandbedingungen

Die Bestimmung der Scherparameter erfolgte als konsolidiert drainierte Versuche (CD-Versuch) unter folgenden Randbedingungen:

- Versuchsgerät:	Großrahmenschergerät SL 300 z
- Anzahl der Teilversuche:	3
- Konsolidationsspannung:	$\sigma = 100 \text{ kN/m}^2 / 200 \text{ kN/m}^2 / 300 \text{ kN/m}^2$
- Vertikale Auflast beim Scheren:	$\sigma = 100 \text{ kN/m}^2 / 200 \text{ kN/m}^2 / 300 \text{ kN/m}^2$
- Konsolidierung:	720 min
- Schergeschwindigkeit:	0,0167 mm/min
- Flutung der Probe:	Scherfuge unter Wasser
-	

4.2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

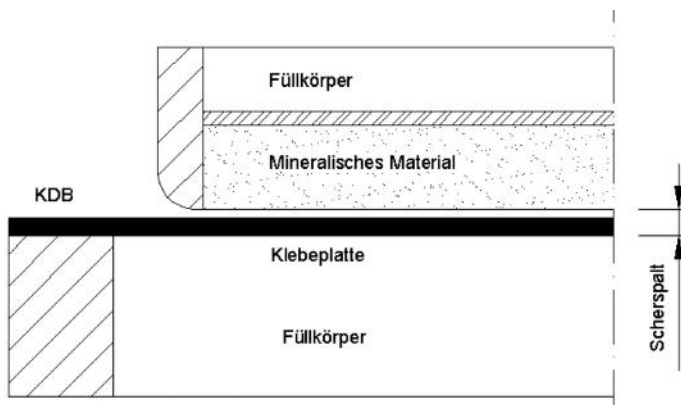


Abbildung 1: Versuchsaufbau Scherversuch KDB / Mineralische Dichtung

Die KDB wurde mittels Klemmleisten in den beweglichen unteren Scherrahmen eingespannt und damit gegen ein Verrutschen gesichert. Das mineralische Material wurde nach den Vorgaben des Auftraggebers in den oberen Scherrahmen eingebaut und verdichtet. Der Scherspalt wurde so festgelegt, dass zwischen dem oberen Scherrahmen und der KDB ein Scherspalt von 0,5 mm gewährleistet war.

Nach dem Einbau und dem Befestigen der Belastungseinrichtung erfolgte die Einleitung der vertikalen Auflast. Die Bewässerung des Scherspalt es erfolgte nach dem vollständigen Erreichen der Konsolidationsspannung. Nach Erreichen der vorgegebenen Konsolidationszeit von 720 Minuten wurde die Scherphase automatisch gestartet. Abbruchkriterien zum Beenden der Scherphase waren das eindeutige Überschreiten einer Bruchspannung, das Erreichen einer konstanten bzw. ansteigenden Reibungsspannung bei fortschreitendem Verschiebungsweg (Gleitzustand) oder das Erreichen des maximalen Scherweges.

5 Ergebnisse der Prüfungen

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der Dickenbestimmungen enthält Tabelle 3. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Scherversuche zusammengefasst, Anlage 1 enthält die grafische Versuchsauswertung.

Auflast [kN/m ²]		2	20	50	80	110	140	170	200
KDB GSE HD BAM DRS	[mm]	4,07	3,72	3,58	3,50	3,44	3,40	3,37	3,34

Tabelle 3: Dicke unter festgelegten Drücken

Die Festlegung der Bruchpunkte erfolgte nach den ersten Anzeichen des Versagens der Scherkräfte.

Proben-Nr. MFPA 50 13 046 003 / 50 13 046 002; Großrahmenscherversuch KDB GSE HD BAM DRS / mineralische Dichtung				
Auflast	[kN/m ²]	100	200	300
Einbauwassergehalt	[%]	20,73	19,53	19,51
Einbaudichte	[g/cm ³]	1,966	2,000	1,989
Trockendichte ρ_d	[g/cm ³]	1,628	1,673	1,664
Ausbauwassergehalt	[%]	21,03	19,76	19,35
Bruchparameter				
Reibungswinkel δ_f	[°]	27,04		
Adhäsion a_f	[kN/m ²]	8,57		

Tabelle 4: Ergebnisse der Scherversuche KDB / Mineralische Dichtung

Hinweis: Bei nichtlinearem Zusammenhang zwischen τ und σ kann der Ansatz der linearen Coulombschen Grenzbedingung zu große Werte für die Adhäsion ergeben. Die Parameter Reibungswinkel und Adhäsion sind daher immer im Zusammenhang zu betrachten, ggf. kann als Grenzbedingung ein mehrparametrischer oder ein abschnittsweise linearer Ansatz gewählt werden [U 1].

Die ermittelten Versuchswerte sind für Standsicherheitsberechnungen nach den anerkannten Regeln der Technik zu bewerten.

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1 Prüfprotokolle der Scherversuche KDB GSE HD DRS BAM / mineralische Dichtung (4 Seiten)

- τ - σ - Diagramm
- Scherspannungs – Weg – Diagramm
- Setzungs – Weg – Diagramm
- Konsolidierungsdiagramm

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- [U 1] GDA E 3-8 „Reibungsverhalten von Geokunststoffen“; 2005; AK 6.1 „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)
- [U 2] DIN EN ISO 9863-1; Ausgabe 05/2005;
Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken
Teil 1: Einzellagen
- [U 3] DIN EN ISO 12957-1; Ausgabe 05/2005;
Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 1:
Scherkasten – Versuch
- [U 4] DIN 18121-1; Ausgabe 04/1998; Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt
Teil 1: Bestimmung durch Ofentrocknung
- [U 5] DIN 1054; Ausgabe 12/2010;
Baugrund – Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau

X:\Auftraege\13 046 GSV Deponie Ihlenberg\5 Prüfbericht\B 50.13.046.03 GSV KDB_MD\B 50.13.046.03 GSV KDB_MD.doc

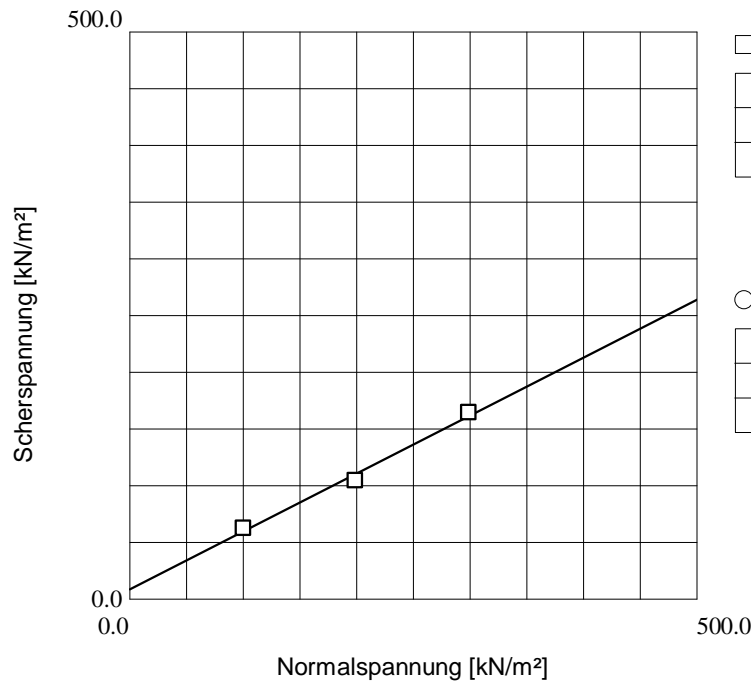
Ende Prüfbericht Nr. B 50.13.046.03

MFPA Weimar
 Abt. Geotechnik
 Coudraystraße 4
 99423 Weimar

Name 13046bc
 ProjNr. 50.13.046
 Anlage 1
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE DRS HD BAM / Ton
 Einbau gestört
 ausgeführt am 09/2013
 ausgeführt von Lo



Bruchparameter

Reibungswinkel	27.04 [°]
Kohäsion	8.57 [kN/m²]
Korrelation	1.00

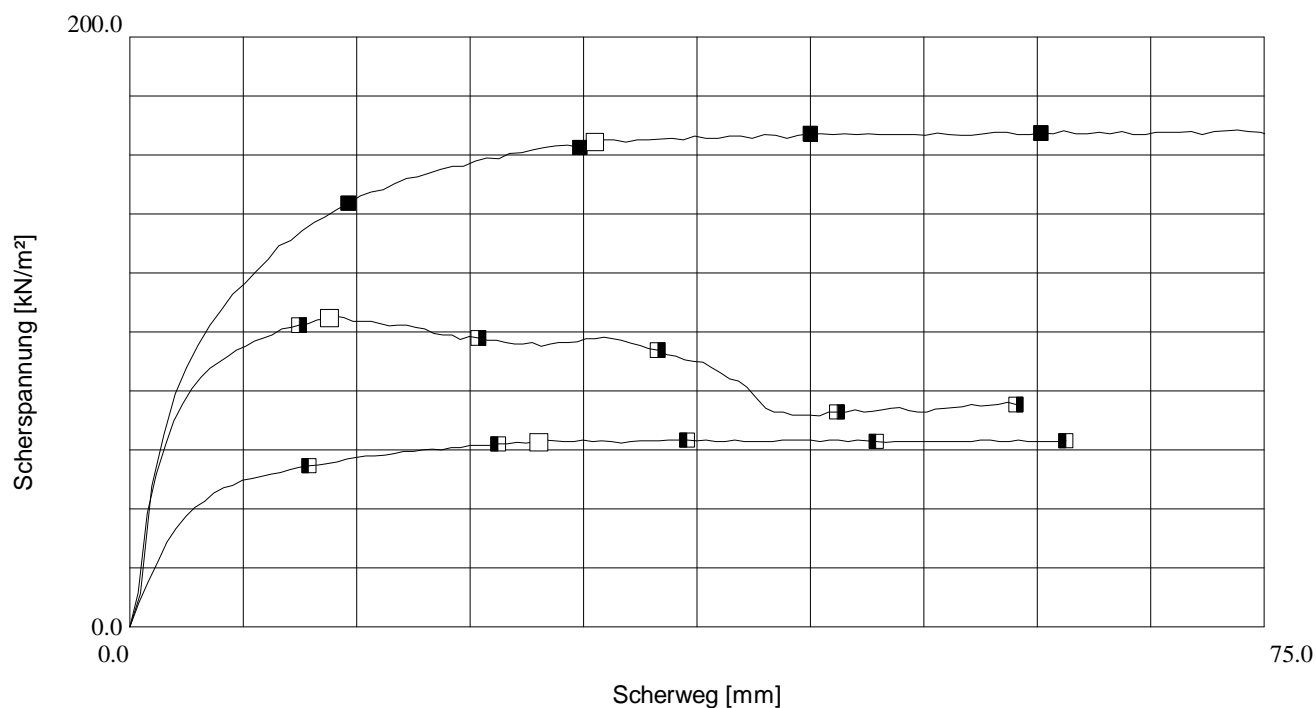
Restscherfestigkeit

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m²	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
4	299.3	299.5	164.22	30.78	----	----
1	100.1	99.3	62.56	27.06	----	----
2	199.3	199.3	104.56	13.21	----	----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

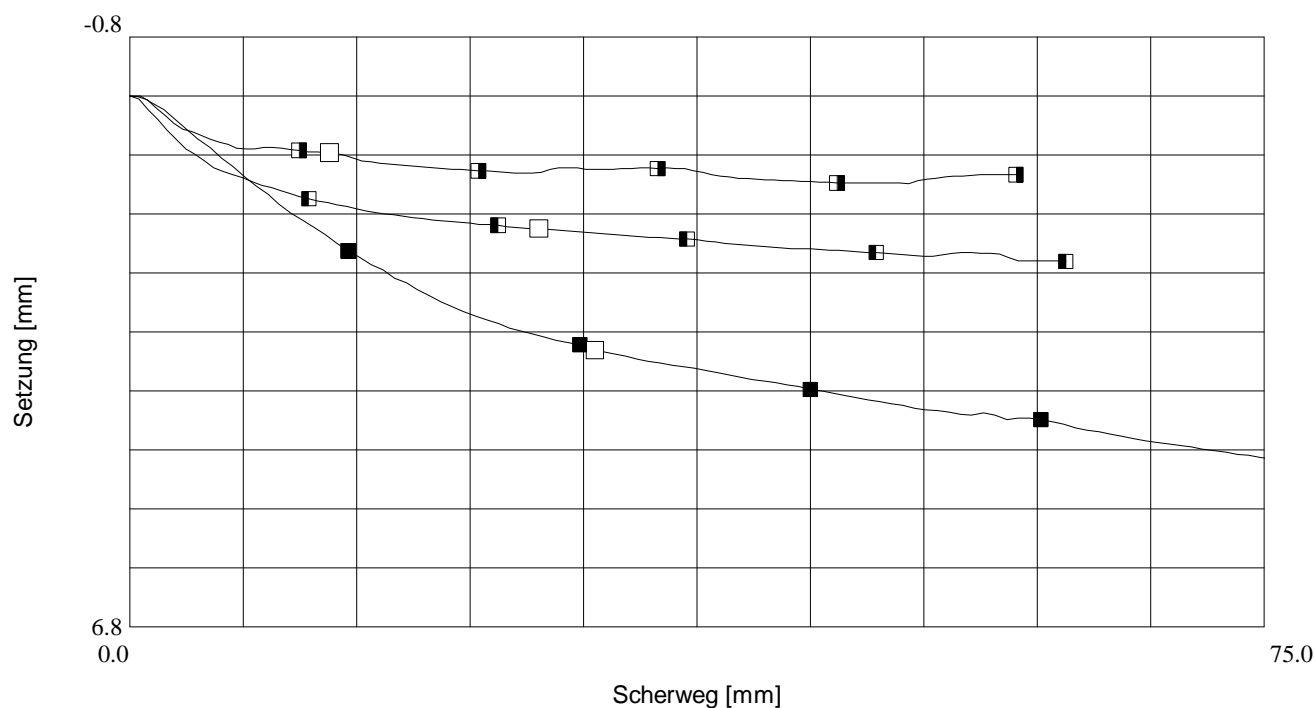
Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE DRS HD BAM / Ton
 Einbau gestört
 ausgeführt am 09/2013
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m ²		Bruchfläche cm ²	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm ²	Restsf-Geschw. mm/min
	Bruch	Restsf.				
4 ■	299.3	299.5	900.00	0.01670	-----	-----
1 ■	100.1	99.3	900.00	0.01670	-----	-----
2 ■	199.3	199.3	900.00	0.01670	-----	-----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE DRS HD BAM / Ton
 Einbau gestört
 ausgeführt am 09/2013
 ausgeführt von Lo



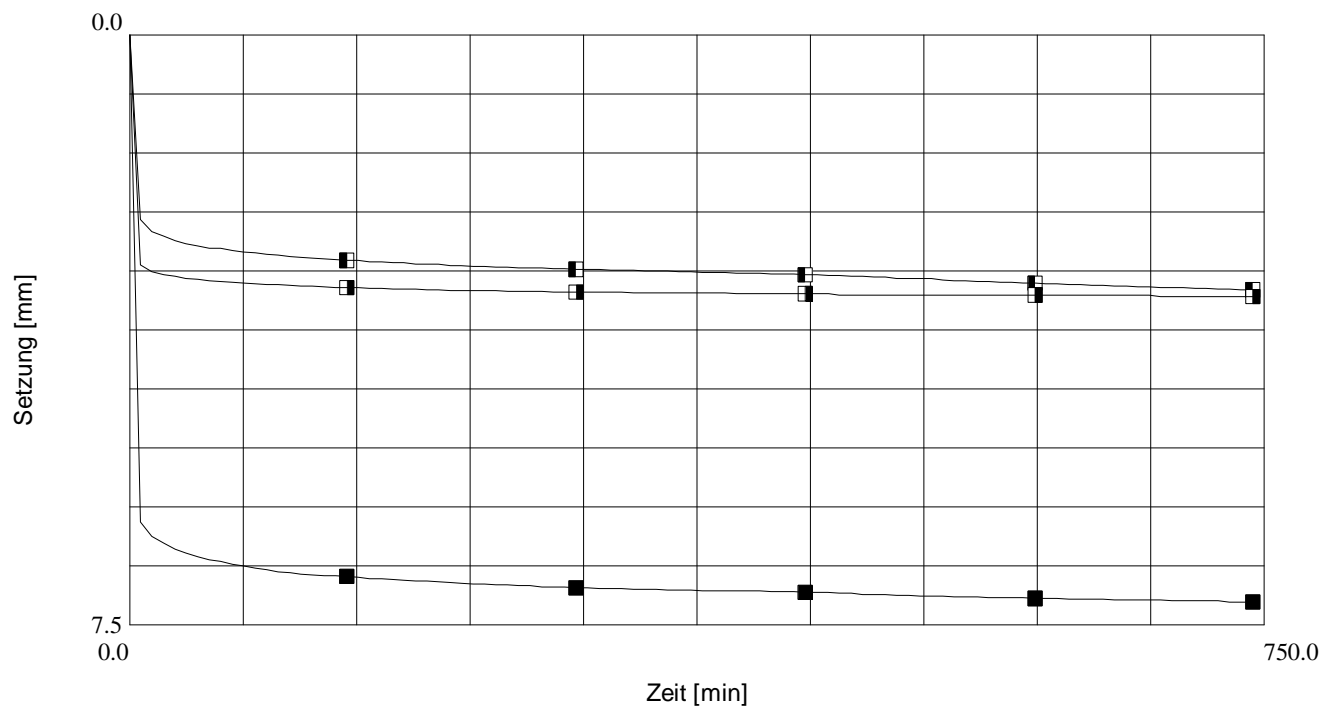
Nr.	Normalspannung kN/m ²		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
4 ■	299.3	299.5	3.24	----	33.00	4.59
1 ■	100.1	99.3	1.69	----	36.78	2.09
2 ■	199.3	199.3	0.73	----	36.63	1.12

MFPA Weimar
 Abt. Geotechnik
 Coudraystraße 4
 99423 Weimar

Name 13046bc
 ProjNr. 50.13.046
 Anlage 1
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.
 Entnahmetiefe k.A.
 Entnahmetag k.A.
 Bodenart KDB GSE DRS HD BAM / Ton
 Einbau gestört
 ausgeführt am 09/2013
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m ²	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
4 ■	300	7.15	720	40.15	33.00
1 ■	100	3.22	720	40.00	36.78
2 ■	200	3.30	720	39.93	36.63