

# **Anlage 8**

## **Fachgutachten**

### **Gleitsicherheit der MFA**

#### **Anlage 8.3 3. Bauabschnitt der MFA**

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

Bentwisch, 2016-08-11  
Dr. Tscherpel

Datei: 3342\_KP-StandSi\_Rev0-0\_20160811.docx

## **Deponie Ihlenberg - RN11/03 Multi-Funktionale-Abdichtung (MFA) BA 3**

### **Fremdprüfung für mineralische und polymere Baustoffe**

hier: Konformitätsbewertung zur Stand- / Gleitsicherheit

– Projekt Nr. 13.3342 –

Sehr geehrte Damen und Herren,

die IAG - Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH beabsichtigt die Errichtung eines Multifunktionalen Abdichtungssystems (MFA) im Deponieabschnitt DA7 – Bauabschnitt BA3 der Deponie Ihlenberg auf einer Fläche von ca. 4,7 ha. Grundlage des Vorhabens bildet die Plangenehmigung nach § 35 Abs. 3 KrW-/AbfG durch das Staatliche Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg (Az: StALU WM-53a-5830.3.2.-74076) vom Januar 2013.

Für den 3. Bauabschnitt wurde die STRABAG Umwelttechnik GmbH (SUT) mit der Bauausführung beauftragt. Die Aufgaben der Fremdprüfung werden durch die S.I.G. – DR.-ING. STEFFEN GmbH wahrgenommen.

Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit ist dabei u. a., dass das Abdichtungssystem die aus dem Abfallkörper resultierenden mechanischen Beanspruchungen derart aufnehmen kann, dass es seine Dichtigkeits- und Standsicherheitseigenschaften im Laufe der Zeit nicht verliert. Vor diesem Hintergrund muss sie Gleitsicherheit in allen Trenn- und Grenzflächen für den Bau- und Endzustand nachgewiesen werden.

Die Grundlage zum Nachweis der Stand- und Gleitsicherheit der MFA bildet das Gutachten der upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH zur Standsicherheitsberechnung für den BA 1 vom 2012-08-02. Diese unterscheiden sich im Vergleich zum BA 3 in folgenden Systemkomponenten:

- Kunststoffdichtungsbahn (KDB) *AGRU PEHD 2,5 mm, MST HighGrip, BAM*

Daher wurden für die betreffenden Scherfugen

- mineralische Dichtung vs. KDB
- KDB vs. Sandschutzmatte (MDDS)

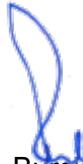
erneut Großrahmenscherversuche durchgeführt. Anhand der experimentell ermittelten charakteristischen Werte von 27,86 ° (mineralische Dichtung vs. KDB) bzw. 36,87 ° (KDB vs. MDDS) kann davon ausgegangen werden, dass die Stand- und Gleitsicherheit für bis zu 1:3 geneigte Böschungen trotz des o.g. Materialwechsels weiterhin gewährleistet ist und der gemäß QMP vorgegebenen Ersatzreibungswinkel von 25 ° für die kritischen Fugen eingehalten wird.

In Anbetracht vergleichbarer Rahmenbedingungen und Materialpaarungen haben die Standsicherheitsberechnungen von 08/2012 darüber hinaus weiterhin Bestand. Im Ergebnis der Konformitätsbewertung wird daher festgestellt, dass die Aussagen zur Standsicherheit des Deponiekörpers aus dem vorhergehenden Bauabschnitt übertragbar sind und der Nachweis der Stand- / Gleitsicherheit der zum Einsatz vorgesehenen Dichtungskomponenten für den Bau- und Endzustand erbracht wurde.

Für Rückfragen und Erläuterungen stehen wir gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

S. I. G. – DR.-ING. STEFFEN GmbH



Dr.-Ing. Burckhard Tscherpel

### Anlagen

- 1 upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH: *Stellungnahme zur Standsicherheit der MFA im BA 3 der Deponie Ihlenberg unter Beachtung der kritischen Fugen (Projekt-Nr.: 039.011.03.01-15)*. Rostock, 4. August 2016.

### Verteiler

Kobel, Caroline

[C.Kobel@ihlenberg.de](mailto:C.Kobel@ihlenberg.de)

Puskeiler, Ute

[u.puskeiler@ihlenberg.de](mailto:u.puskeiler@ihlenberg.de)

# Herstellung der Multi-Funktionalen- Abdichtung (MFA) der Deponie Ihlenberg

---

***Stellungnahme zur Standsicherheit der MFA im BA 3 der Deponie  
Ihlenberg unter Beachtung der kritischen Fugen***

***Projekt-Nr.: 039.011.03.01-15***

beauftragt durch:

Strabag Umwelttechnik GmbH  
Haferwende 27  
28357 Bremen

erarbeitet durch:

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH  
Niederlassung Nord  
Grubenstraße 20  
18055 Rostock

Rostock, 4. August 2016

---



## Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	3
2	Ergebnisbewertung	4
2.1	Fuge KDB / mineralische Dichtung	4
2.2	Fuge MDDS / KDB	4
3	Fazit	5

## Anlagenverzeichnis

1	Materialliste	
2	Prüfberichte – Großrahmenscherversuche	
2.1	Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01, Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung	
2.2	Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02, Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn	

## 1 Vorbemerkungen

Die Strabag Umwelttechnik GmbH (SUT) wurde mit der Herstellung einer Multi-Funktionalen-Abdichtung (MFA) für die Deponie Ihlenberg – BA 3 beauftragt.

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

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

Die geplante MFA weist daher folgenden Aufbau auf (von oben nach unten):

- Mineralische Schutzlage
- Filterschicht, z.B. PP-Filtervlies
- > 30 cm Entwässerungsschicht (EWS)
- Schutzschicht mit BAM-Zulassung (Sandschutzmatte MDDS)
- 2,5 mm PEHD-Kunststoffdichtungsbahn inkl. Dichtungskontrollsystem (DKS) mit BAM-Zulassung
- > 50 cm mineralische Dichtung (MD) 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 Abfallkörper.

Die zur Herstellung der MFA-Komponenten beabsichtigten eignungsgeprüften mineralischen Materialien bzw. BAM-zugelassenen polymeren/geotextilen Bauteile sind in Anlage 1 benannt.

Die Grundlage der Stand- und Gleitsicherheit der MFA bildet entsprechend dem o. g. Aufbau weiterhin das Gutachten zur Standsicherheitsberechnung vom 02.08.2012 der upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH (upi), das im Zuge der Herstellung der MFA für den BA 1 der Deponie Ihlenberg mit einer maßgeblichen Böschungsneigung von 1:2,5 erstellt wurde.

Im Vergleich zu den Systemkomponenten der MFA zwischen dem BA 1 und BA 3 gibt es kaum Unterschiede (s. Anlage 1). Jedoch kommt im BA 3 vom gleichen Hersteller für die KDB (AGRU Kunststofftechnik GmbH) ein gleichwertiges Produkt mit der Typenbezeichnung „AGRU PEHD 2,5 mm, MST HighGrip, BAM“ zum Einsatz.

Deshalb wurden für die sich mit dieser KDB ergebenden Kontaktbereiche (kritische Fugen)

- mineralische Dichtung/KDB und
- KDB/Sandschutzmatte (MDDS)

nochmals Großrahmenscherversuche durchgeführt, deren Ergebnisse (Prüfberichte) in der Anlage 2 enthalten sind.

Für die weitere kritische Fuge

- Sandschutzmatte (MDDS)/Entwässerungsschicht (Rundkorn 16/32)

hat die Standsicherheitsberechnung vom August 2012 weiterhin Bestand, da für diese Paarung die gleichen Materialien wie im BA 1 vorliegen.

Die nachstehende Ergebnisbetrachtung bezieht sich auf eine max. Böschungsneigung von 1:3 des BA 3.

## 2 Ergebnisbewertung

### 2.1 Fuge KDB / mineralische Dichtung

In einem Großrahmenscherversuch der MPA Weimar vom 06.07.2016 (Prüfvermerk Nr. B 51.16.047.01) wurden die Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ / 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 10, 20 und 50 kN/m<sup>2</sup> verwendet und mit einer Schergeschwindigkeit von 0,0167 mm/min abgeschert.

Als Ergebnisse wurden

- der Reibungswinkel mit 27,86° und
- die Adhäsion mit 9,50 kN/m<sup>2</sup>

ermittelt.

Bei lt. EAU vorgegebener Abminderung des Scherwinkels von 10 % ergibt sich somit mit dem versuchstechnisch ermittelten Reibungswinkel von 27,86° ein Reibungswinkel von 25,44°, welcher größer ist als die steilsten anzutreffenden Böschungswinkel von 18,43° (1:3) im BA 3. Aufgrund dieses Ergebnisses wird eine differenzierte Standsicherheitsbetrachtung für die einzelnen Lastfälle (Bau- und Endzustand) der MFA im BA 3 nicht als erforderlich gehalten.

Mit dem abgeminderten Reibungswinkel wird auch der im QMP angegebene Ersatzreibungswinkel von 25° (bezogen auf eine Auflast von 6 kN/m<sup>2</sup>) eingehalten.

### 2.2 Fuge MDDS / KDB

In einem Großrahmenscherversuch der MPA Weimar vom 06.07.2016 (Prüfvermerk Nr. B 51.16.047.02) wurden die Scherparameter in der Fuge Sandschutzmatte (MDDS) / KDB AGRU MST HighGrip bestimmt. Dabei wurden im undrännierten Zustand (Scherfuge unter Wasser) Auflasten von 10, 20 und 50 kN/m<sup>2</sup> (Versuch mit geringen Auflasten) und 100, 200 und 300 kN/m<sup>2</sup> (Versuch mit hohen Auflasten) verwendet und mit einer Schergeschwindigkeit von 0,67 mm/min abgeschert.

Es wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

Versuche	Reibungswinkel [°]	Adhäsion [kN/m <sup>2</sup> ]
1 (geringe Auflast)	45,26 (abgemindert 42,24°)	5,32
2 (hohe Auflast)	36,87 (abgemindert 34,01°)	2,05

Unter Beachtung der ungünstigsten Auflastverhältnisse (Versuch 2) erfüllt der versuchstechnisch ermittelte Reibungswinkel von 36,87° auch nach 10 %iger Abminderung mit 34,01° die Anforderung an die Standsicherheit für eine Böschung von 1:3 im BA 3 der Deponie Ihlenberg.

Mit dem abgeminderten Reibungswinkel wird auch der im QMP angegebene Ersatzreibungswinkel von 25° (bezogen auf eine Auflast von 6 kN/m<sup>2</sup>) eingehalten.

### **3 Fazit**

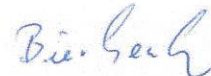
Anhand der experimentell ermittelten Scherparameter für die Gleitfugen, KDB AGRU MSB+ / mineralische Dichtung und KDB AGRU MST HighGrip / Sandschutzmatte (MDDS), belegt durch die Prüfberichte Nrn. B 51.16.047.01 und B 51.16.047.02 (s. Anlage 2) mit den Reibungswinkeln von 27,86° und 36,87° kann davon ausgegangen werden, dass die Stand- und Gleitsicherheit der Multi-Funktionalen-Abdichtung im BA 3 der Deponie Ihlenberg auch beim Einsatz der oben bezeichneten Kunststoffdichtungsbahn der Fa. AGRU Kunststofftechnik GmbH gewährleistet ist.

Die gem. QMP vorgegebenen Ersatzreibungswinkel von 25° für die kritischen Fugen

- mineralische Dichtung / KDB und
- KDB / Sandschutzmatte (MDDS)

werden somit eingehalten.

Rostock, 4. August 2016



upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH  
Niederlassung Nord



# ANLAGEN

# Anlage 1

## Materialliste

### Materialliste

<b>Komponente MFA</b>	<b>Material-/Produktbezeichnung</b>	<b>Herkunft/Hersteller</b>
Gas-, Trag- und Ausgleichsschicht (GTA), 1. – 3. Lage	Kupferhüttenschlacke / MVA Schlacke	AG-Material
Geogitter in GTA	Fortac® - Geogitter, Typ R600/50-30 T	Huesker Synthetic GmbH
Mineralische Dichtung (MD) 1. Lage 2. Lage	Ton	Lagerstätte Groß Pampau der Fa. Ohle und Lau GmbH
Dichtungskontrollsystem (DKS)	SENSOR DKS-Systeme	SENSOR Dichtungs-Kontroll-Systeme GmbH
Kunststoffdichtungsbahn (KDB)	AGRU PEHD 2,5 mm, MST HighGrip, BAM	AGRU Kunststofftechnik GmbH
Sandschutzmatte (MDDS)	DuoLiner	G-quadrat Geokunststoffgesellschaft mbH
Entwässerungsschicht (EWS)	Kies GE 16/32 (Rundkorn)	Lagerstätten Krassow, Pinnow, Lüttow
Trenn-/Filtervlies	HaTe®, Typ B 300 "O" II	Huesker Synthetic GmbH
Frostschutzschicht	DK II / DK III	AG-Material

# **Anlage 2**

## **Prüfberichte Großbrahmenscherversuche**

# **Anlage 2.1**

**Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01**

**Großrahmenscherversuche zur Bestimmung  
der Scherparameter in der Fuge  
KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung**

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

Abteilung: Geo- und Umwelttechnik  
Abteilungsleiter: Dipl.-Ing. J. Köditz

MFA Weimar  
Coudraystraße 9  
99423 Weimar

Anja Damaschke

Tel. 03643 / 564 348  
Fax 03643 / 564 203

geotechnik@mfa.de



## Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01

Auftrag: **GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3**  
Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge  
KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung

Auftraggeber: GSE Lining Technology GmbH  
Normannenweg 28  
20537 Hamburg

Auftrag vom: 25.05.2016

Im Auftrag

Weimar,  
06.07.2016

  
Dipl.-Ing. J. Köditz  
Abteilungsleiter



  
Dr. rer. nat. A. Damaschke  
Bearbeiter

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>Veranlassung und Gegenstand der Prüfung</b>	2
2	<b>Verwendete Proben</b>	2
3	<b>Verwendete Prüfeinrichtungen</b>	2
4	<b>Durchgeführte Prüfungen</b>	3
4.1	Versuchsbedingungen	3
4.2	Versuchsdurchführung	4
5	<b>Ergebnisse der Prüfungen</b>	4
	<b>Verzeichnis der Anlagen</b>	5
	<b>Verzeichnis der verwendeten Unterlagen</b>	5

### 1 Veranlassung und Gegenstand der Prüfung

Anlass dieser Prüfung war ein Auftrag der Firma GSE Lining Technology GmbH zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung. Die Probenanlieferung erfolgte am 31.05.2016. Die Prüfungen fanden im Zeitraum vom 16.06.2016 bis 01.07.2016 statt.

MFA-intern ist der Gegenstand des Prüfberichtes wie folgt gekennzeichnet:

Bezeichnung	Probennummern bis zum Berichtszeitpunkt
Auftrags-Nr.: 51.16.047; GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3	51 16 047 001 bis 51 16 047 003

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	51 16 047 001	U,fs; dunkelgrau
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	51 16 047 003	Kunststoffdichtungsbahn, beidseitig strukturiert

Tabelle 2: Verwendete Proben

### 3 Verwendete Prüfeinrichtungen

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

Technische Daten zum Schergerät SL 300 z:

- Scherfläche:	30 cm * 30 cm
- Vorrichtung für Normalbelastung:	pneumatisch über Druckkissen
- Messbereich Normalkraft:	max. 666 kN/m <sup>2</sup>
- 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 zwei Großrahmenscherversuchen nach DIN EN ISO 12957-1 und der Empfehlung E 3-8 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung.

Zur Festlegung der Höhen der Scherspalt wurden Dickenbestimmungen an der KDB in Anlehnung an die DIN EN ISO 9863-1 durchgeführt. Zur Klassifizierung des mineralischen Materials wurde eine Korngrößenanalyse nach DIN 18123 durchgeführt.

### 4.1 Versuchsbedingungen

Die Bestimmung erfolgte in konsolidiert drainierten Versuchen unter folgenden Randbedingungen:

- Versuchsgerät:	Großrahmenschergerät SL 300 z
- Anzahl der Teilversuche:	3
- Konsolidationsspannung:	$\sigma = 10 / 20 / 50 \text{ kN/m}^2$
- Vertikale Auflast beim Scheren:	$\sigma = 10 / 20 / 50 \text{ kN/m}^2$
- Konsolidierung:	1440 min
- Schergeschwindigkeit:	0,0167 mm/min
- Flutung der Probe:	Scherfuge unter Wasser
- Scherspalt:	fest



## 4.2 Versuchsdurchführung

Die KDB wurde mit Klemmleisten in den beweglichen unteren Scherrahmen eingespannt und gesichert. Das mineralische Material wurde nach Vorgabe 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 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 von 60 mm.

## 5 Ergebnisse der Prüfungen

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Dickenbestimmung. Die Ergebnisse der Scherversuche sind in der Tabelle 4 zusammengefasst. Die grafische Versuchsauswertung ist in der Anlage 1 enthalten.

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

Auflast		2 kN/m <sup>2</sup>	20 kN/m <sup>2</sup>	50 kN/m <sup>2</sup>
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	[mm]	6,42	6,23	6,12

Tabelle 3: Dicke unter festgelegten Drücken

Proben-Nr. MFA 51 16 047 001 // 003; KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung				
Auflast	[kN/m <sup>2</sup> ]	10	20	50
Einbauwassergehalt	[%]	17,29	16,90	14,96
Einbaudichte $\rho$	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,962	1,964	1,964
Trockendichte $\rho_d$	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,673	1,680	1,708
Ausbauwassergehalt	[%]	20,17	22,28	20,65
<i>Bruchparameter</i>				
Reibungswinkel $\delta_f$	[°]	27,86		
Adhäsion $a_f$	[kN/m <sup>2</sup> ]	9,50		

Tabelle 4: Ergebnisse der Scherversuche

### Hinweis:

Bei nichtlinearem Zusammenhang zwischen  $\tau$  und  $\sigma$  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. Die ermittelten Versuchswerte sind für Standsicherheitsberechnungen nach den anerkannten Regeln der Technik zu bewerten.

## Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1 Prüfprotokoll: GSV KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung (4 Seiten)
- $\tau$  -  $\sigma$  - Diagramm
  - Scherspannungs - Weg - Diagramm
  - Setzungs - Weg - Diagramm
  - Konsolidierungsdiagramm
- Anlage 2 Prüfprotokoll: Korngrößenanalyse (2 Seiten)

## Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- [U 1] DIN 18123; Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung (2011)
- [U 2] DIN EN ISO 9863-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken Teil 1: Einzellagen (2005)
- [U 3] DIN EN ISO 12957-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 1: Scherkasten – Versuch (2005)
- [U 4] DIN EN ISO 17892-1; Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (2015)
- [U 5] DIN 1054; Baugrund – Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau (2010)
- [U 6] E 3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen; Arbeitskreis 6.1 Geotechnik der Deponiebauwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2015)

M:\FG50\_Geotechnik\FG50-Daten\AG 51 Geotechnik\Auftrage\16 047 Deponie Ihlenberg MFA BA 3\5 Prüfbericht\B 51.16.047.01 GSV GSE.docx

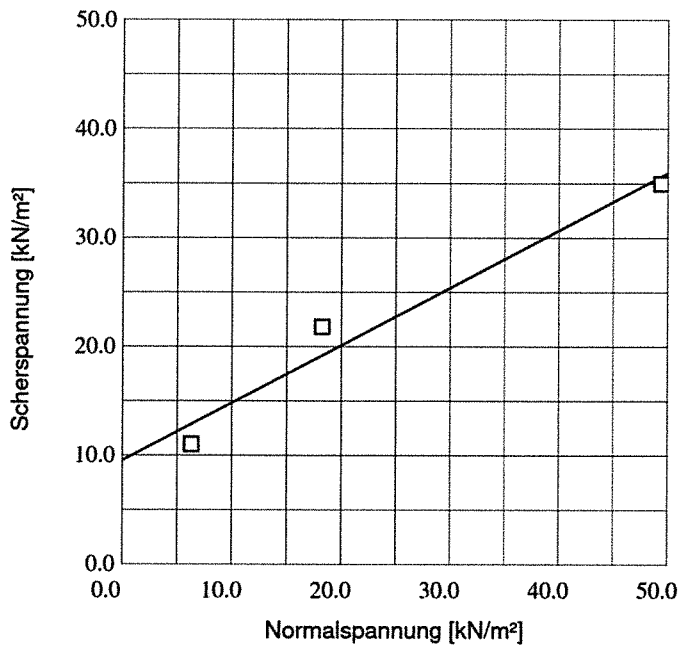
**Ende Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01**

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047ad  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Bruchparameter

Reibungswinkel	27.86 [°]
Kohäsion	9.50 [kN/m²]
Korrelation	0.98

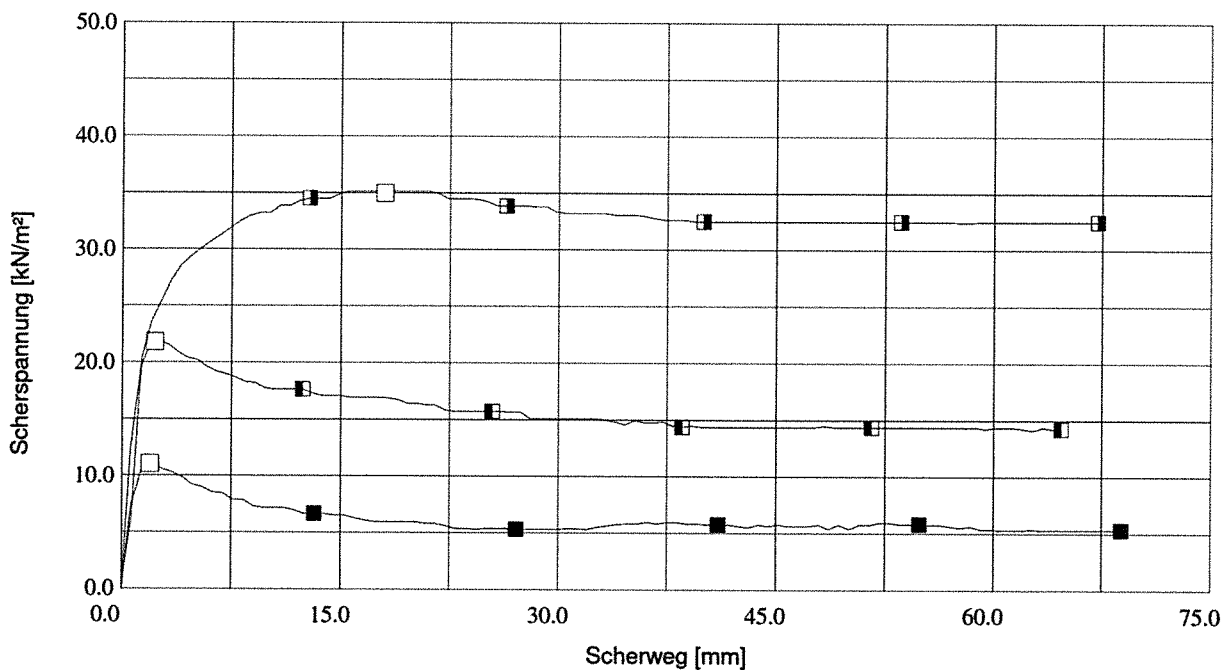
Restscherfestigkeit

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

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m²	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
1	6.4	3.3	11.00	1.98	----	----
2	18.3	18.3	21.78	2.26	----	----
4	49.4	49.3	34.89	18.02	----	----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

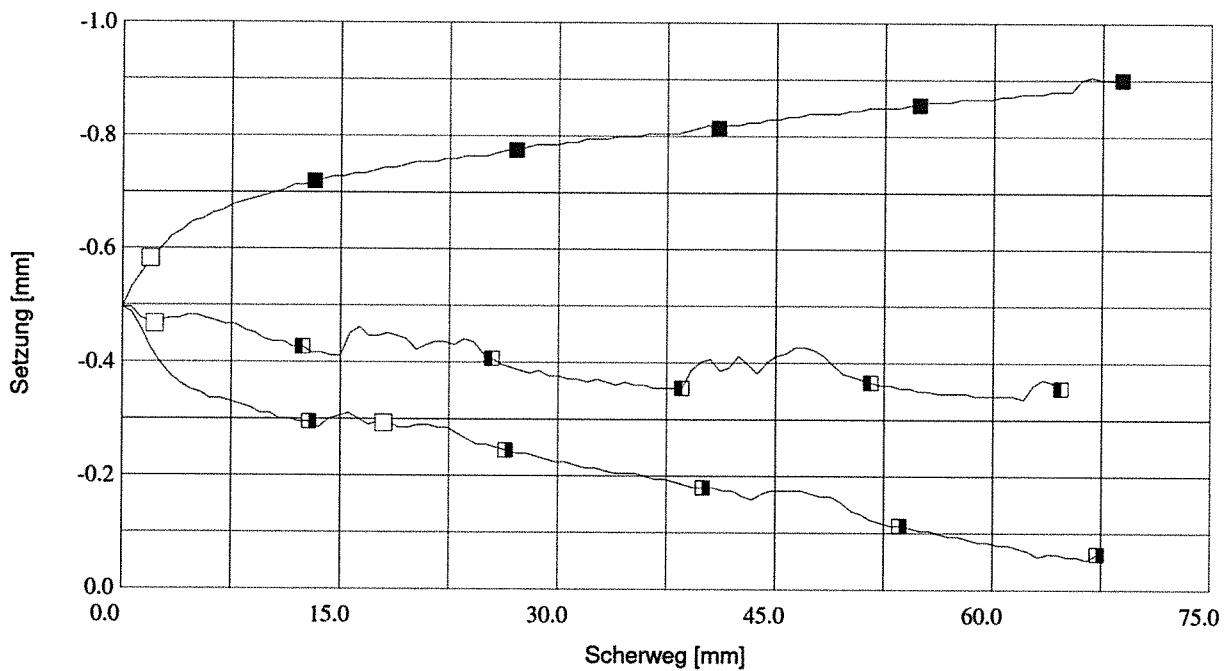
Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Bruchfläche cm <sup>2</sup>	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm <sup>2</sup>	Restsf-Geschw. mm/min
	Bruch	Restsf.				
1	■	6.4	3.3	900.00	0.01670	-----
2	□	18.3	18.3	900.00	0.01670	-----
4	▣	49.4	49.3	900.00	0.01670	-----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



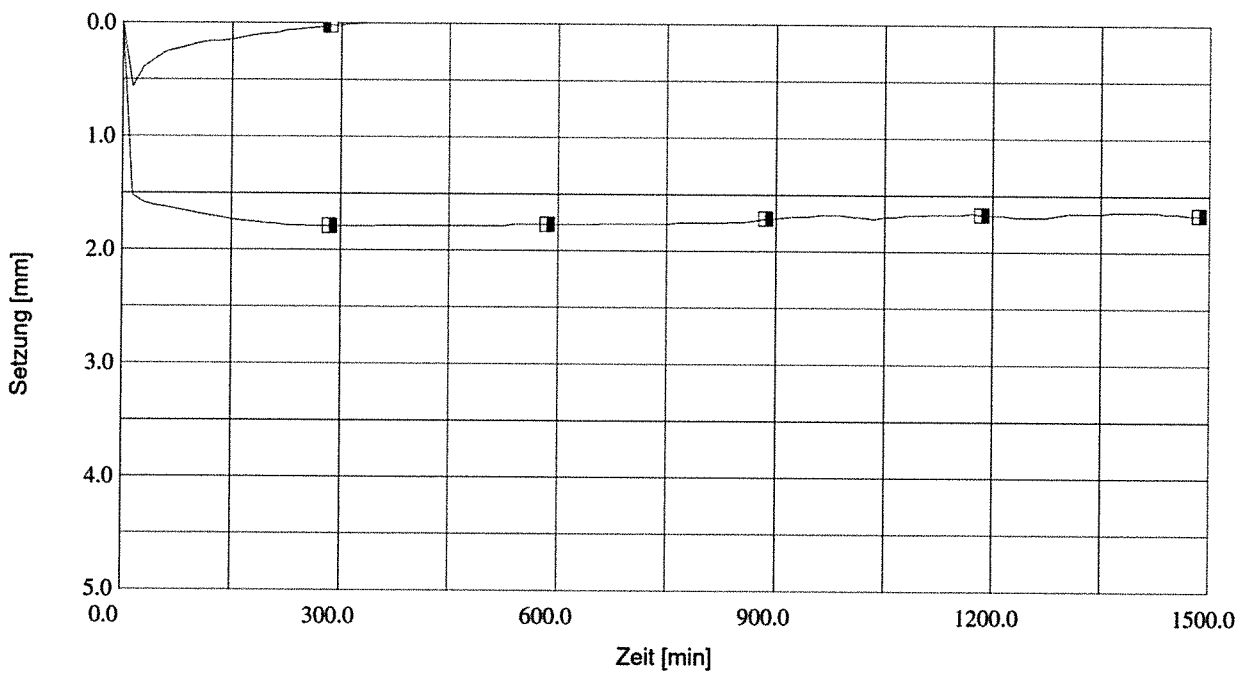
Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
1 ■	6.4	3.3	-0.17	-----	50.99	0.00
2 ■	18.3	18.3	0.06	-----	50.49	0.33
4 ■	49.4	49.3	0.41	-----	48.34	0.89

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047ad  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
1 ■	10	-0.89	1440	50.10	50.99
2 □	20	-0.44	1440	50.05	50.49
4 ▣	50	1.66	1440	50.00	48.34

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH  
Niederlassung Nord

Grubenstraße 20 18055 Rostock  
Tel.: 0381/3644504 Fax: 0381/3644505

Bearbeiter: Roscher

Datum: 30.05.2016

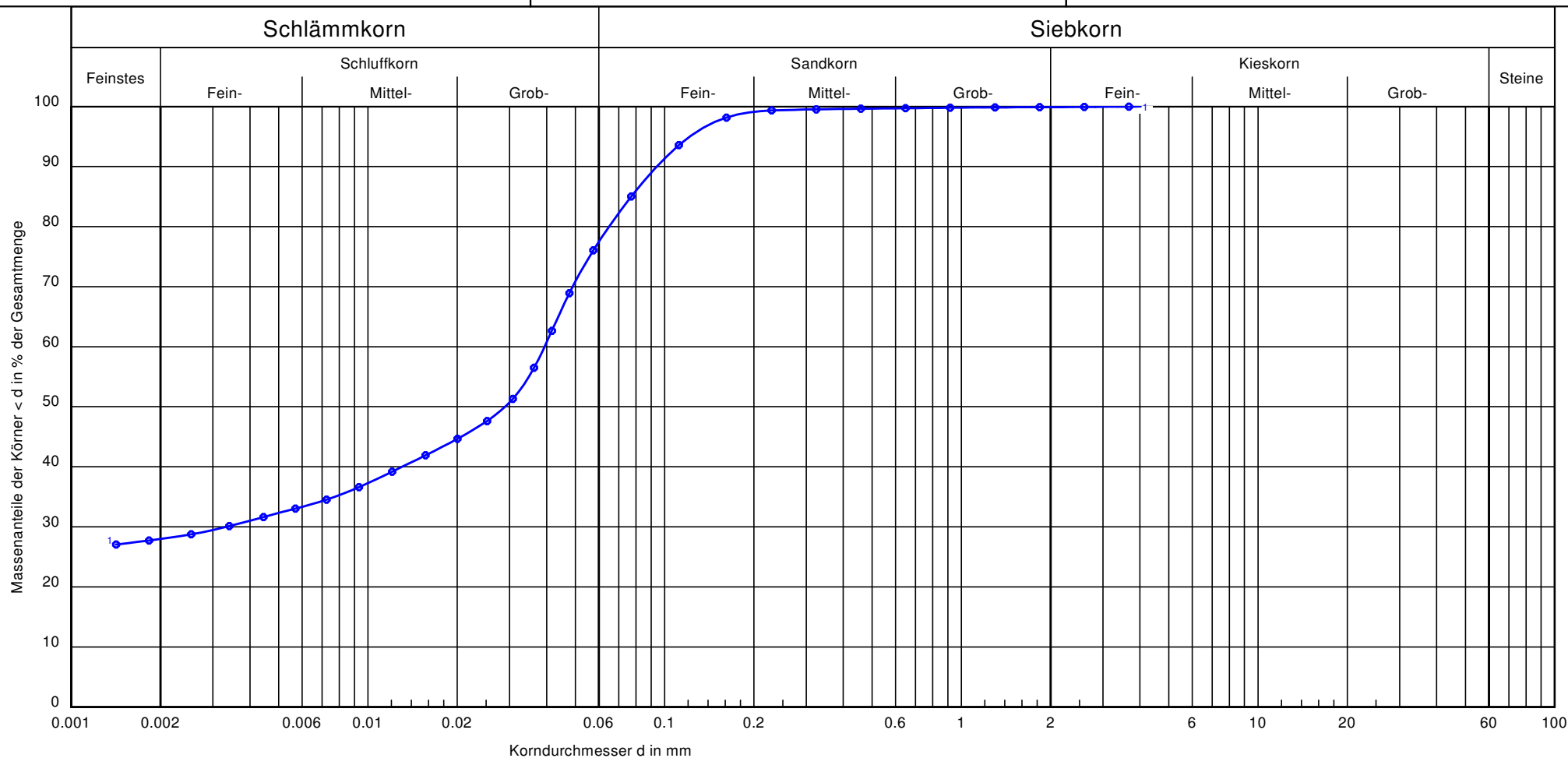
## Körnungslinie Deponie Ihlenberg Standicherheit

Arbeitsweise: DIN 18 123

Probe entnommen am: 25.05.2016

Art der Entnahme: gest.

Labor-Nr.:



Probe-Nr.:

Sts1

Entnahmestelle:

Abbauwand

Bodenart:

U, t, fs

T/U/S/G [%]:

28.0/51.0/20.9/0.1

Bemerkungen:

Mineralische Dichtung

Ton (Groß Pampau)

Projekt-Nr.:

039.011.03.01-15

**Körnungslinie****Deponie Ihlenberg****Standsicherheit**

Arbeitsweise: DIN 18 123

Probe entnommen am: 25.05.2016

Art der Entnahme: gest.

Labor-Nr.:

Bearbeiter: Roscher

Datum: 30.05.2016

Prüfung DIN 18 123 - 6

Probe-Nr.: Sts1

Entnahmestelle: Abbauwand

Bodenart: U, t, fs

T/U/S/G [%]: 28.0 / 51.0 / 20.9 / 0.1

d10/d30/d60 [mm]: - / 0.003 / 0.039

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 357.29

Schlammanalyse:

Trockenmasse [g]: 55.01

Korndichte [g/cm<sup>3</sup>]: 2.700

Aräometer:

Bezeichnung: 1070605

Volumen Aräometerbirne [cm<sup>3</sup>]: 69.10Fläche Meßzylinder [cm<sup>2</sup>]: 29.42

Länge Aräometerbirne [cm]: 15.60

Länge der Skala [cm]: 14.26

Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.08

Aräometer-Konstante: 0.50

**Siebanalyse**

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.38	0.11	99.89
1.0	0.20	0.06	99.84
0.5	0.66	0.18	99.65
0.25	0.55	0.15	99.50
0.125	2.56	0.72	98.78
Schale	352.94	98.78	-
Summe	357.29		
Siebverlust	0.00		

**Schlammanalyse**

Zeit		R'	R = R' + C <sub>m</sub>	Korngröße	T	C <sub>T</sub>	R + C <sub>T</sub>	Durchgang
[h]	[min]	[g]	[g]	[mm]	[°C]	[g]	[g]	[%]
0	0.5	25.90	26.40	0.0559	22.0	0.38	26.78	76.38
0	1	21.70	22.20	0.0431	22.0	0.38	22.58	64.40
0	2	17.10	17.60	0.0330	22.0	0.38	17.98	51.28
0	5	15.00	15.50	0.0216	22.0	0.38	15.88	45.29
0	15	13.20	13.70	0.0129	21.5	0.28	13.98	39.87
0	45	11.30	11.80	0.0076	21.5	0.28	12.08	34.45
2	0	10.70	11.20	0.0048	20.5	0.09	11.29	32.20
6	0	9.50	10.00	0.0028	20.5	0.09	10.09	28.78
24	0	8.90	9.40	0.0014	20.5	0.09	9.49	27.07



# **Anlage 2.2**

**Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02**

**Großrahmenscherversuche zur Bestimmung  
der Scherparameter in der Fuge**

**KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn**

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

Abteilung: Geo- und Umwelttechnik  
Abteilungsleiter: Dipl.-Ing. J. Köditz

MFPA Weimar  
Coudraystraße 9  
99423 Weimar

Anja Damaschke

Tel. 03643 / 564 348  
Fax 03643 / 564 203

geotechnik@mfa.de



## Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02

Auftrag: **GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3**  
Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge  
KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn

Auftraggeber: GSE Lining Technology GmbH  
Normannenweg 28  
20537 Hamburg


Auftrag vom: 25.05.2016

Im Auftrag

Weimar,  
06.07.2016

  
Dipl.-Ing. J. Köditz  
Abteilungsleiter



  
Dr. rer. nat. A. Damaschke  
Bearbeiter

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>Veranlassung und Gegenstand der Prüfung</b>	2
2	<b>Verwendete Proben</b>	2
3	<b>Verwendete Prüfeinrichtungen</b>	2
4	<b>Durchgeführte Prüfungen</b>	3
4.1	Versuchsbedingungen	3
4.2	Versuchsdurchführung	4
5	<b>Ergebnisse der Prüfungen</b>	4
	<b>Verzeichnis der Anlagen</b>	5
	<b>Verzeichnis der verwendeten Unterlagen</b>	5

### 1 Veranlassung und Gegenstand der Prüfung

Anlass dieser Prüfung war ein Auftrag der Firma GSE Lining Technology GmbH zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn. Die Probenanlieferung erfolgte am 31.05.2016. Die Prüfungen fanden im Zeitraum vom 06.06.2016 bis 29.06.2016 statt.

MFPA-intern ist der Gegenstand des Prüfberichtes wie folgt gekennzeichnet:

Bezeichnung	Probennummern bis zum Berichtszeitpunkt
Auftrags-Nr.: 51.16.047; GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3	51 16 047 001 bis 51 16 047 003

Tabelle 1: Bezeichnungen

### 2 Verwendete Proben

Die Probenbezeichnungen und -beschreibungen enthält nachfolgende Tabelle:

Bezeichnung durch den AG	Bezeichnung an der MFPA	Beschreibung der Probe; Bemerkungen
MDDS-Bahn	51 16 047 002	Sandschutzmatte, Fa. G quadrat, Zuschnitte 30*30 cm
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	51 16 047 003	Kunststoffdichtungsbahn, Fa. AGRU, beidseitig strukturiert

Tabelle 2: Verwendete Proben

### 3 Verwendete Prüfeinrichtungen

- allgemeine Laborgeräte, Schichtdickenmessgerät Typ LG 10
- Großrahmenschergerät SP 304 E

## Technische Daten zum Schergerät SP 304 E:

- Setzung: max. 50 mm; Auflösung 0,01 mm
- Das Scherfläche: 30 cm \* 30 cm
- Vorrichtung für Normalbelastung: pneumatisch über Druckkissen
- Messbereich Normalkraft: max. 600 kN/m<sup>2</sup>
- Vorrichtung für Scherbelastung: kontinuierlicher Vorschub
- Messbereich Scherkraft: 0 - 5 kN; 5 - 60 kN; max. 60 kN
- Schergeschwindigkeit: 0,00001 - 20,000 mm/min
- max. Scherweg: 100 mm; Auflösung 0,005 mm

Messbereich Großrahmenschergerät besitzt einen verkippfungsfreien, vertikal geführten oberen Scherrahmen und einen verkippfungsfreien, parallel geführten, 4-fach gelagerten unteren Rahmen. Die direkte horizontale Scherkrafteinleitung erfolgt weggesteuert. Die Auflastspannung wird über eine Spezialmembran im Deckel des oberen Rahmens aufgebracht, in Höhe des Scherspalt mit Hilfe von 4 Kraftmessbügeln gemessen und unabhängig von Wandreibungen im oberen Rahmen exakt gesteuert. Über 4 elektronische Wegaufnehmer lassen sich die Vertikalverformungen an den Ecken sowie die mittlere Verformung der Probe während des Scherversuches ermitteln.

## 4 Durchgeführte Prüfungen

Die Aufgabenstellung beinhaltet die Durchführung von zwei Großrahmenscherversuchen nach DIN EN ISO 12957-1 und der Empfehlung E 3-8 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn.

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

### 4.1 Versuchsbedingungen

Die Bestimmung erfolgte in konsolidiert drainierten Versuchen unter folgenden Randbedingungen:

- Versuchsgerät: Großrahmenschergerät SP 304 E
- Anzahl der Teilversuche: jeweils 3
- Konsolidierung: 30 min
- Schergeschwindigkeit: 0,670 mm/min
- Flutung der Probe: Scherfuge unter Wasser
- Scherspalt: fest

Versuch 1 wurde bei niedrigen vertikalen Auflasten (10 / 20 / 50 kN/m<sup>2</sup>) und Versuch 2 bei hohen vertikalen Auflasten (100 / 200 / 300 kN/m<sup>2</sup>) durchgeführt.

## 4.2 Versuchsdurchführung

Die KDB wurde mit Klemmleisten in den beweglichen unteren Scherrahmen eingespannt und gesichert. Die Sandschutzmatte wurde in den oberen Scherrahmen eingespannt und gesichert. 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 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

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Dickenbestimmung. Die Ergebnisse der Scherversuche sind in den Tabellen 4 und 5 zusammengefasst. Die grafische Versuchsauswertung ist in den Anlagen 1 und 2 enthalten.

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

Auflast		2 kN/m <sup>2</sup>	20 kN/m <sup>2</sup>	50 kN/m <sup>2</sup>
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	[mm]	6,42	6,23	6,12

Tabelle 3: Dicke unter festgelegten Drücken

Proben-Nr. MFPA 51 16 047 002 // 003; KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn - Versuch 1				
Auflast	[kN/m <sup>2</sup> ]	10	20	50
Bruchspannung	[kN/m <sup>2</sup> ]	11,59	24,52	52,53
Bruchweg	[mm]	17,67	13,93	30,58
<i>Bruchparameter</i>				
Reibungswinkel $\delta_r$	[°]	45,26		
Adhäsion $a_r$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5,32		

Tabelle 4: Ergebnisse der Scherversuche, niedrige Auflasten

Proben-Nr. MFPA 51 16 047 002 // 003; KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn - Versuch 2				
Auflast	[kN/m <sup>2</sup> ]	100	200	300
Bruchspannung	[kN/m <sup>2</sup> ]	73,56	155,95	222,36
Bruchweg	[mm]	17,32	29,32	35,89
<i>Bruchparameter</i>				
Reibungswinkel $\delta_r$	[°]	36,87		
Adhäsion $a_r$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2,05		

Tabelle 5: Ergebnisse der Scherversuche, hohe Auflasten

### Hinweis:

Bei nichtlinearem Zusammenhang zwischen  $\tau$  und  $\sigma$  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. Die ermittelten Versuchswerte sind für Standsicherheitsberechnungen nach den anerkannten Regeln der Technik zu bewerten.

### Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1	Prüfprotokoll: GSV KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn, Versuch 1	(4 Seiten)
	<ul style="list-style-type: none"><li>- <math>\tau</math> - <math>\sigma</math> - Diagramm</li><li>- Scherspannungs - Weg - Diagramm</li><li>- Setzungs - Weg - Diagramm</li><li>- Konsolidierungsdiagramm</li></ul>	
Anlage 2	Prüfprotokoll: GSV KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn, Versuch 2	(4 Seiten)
	<ul style="list-style-type: none"><li>- <math>\tau</math> - <math>\sigma</math> - Diagramm</li><li>- Scherspannungs - Weg - Diagramm</li><li>- Setzungs - Weg - Diagramm</li><li>- Konsolidierungsdiagramm</li></ul>	

### Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

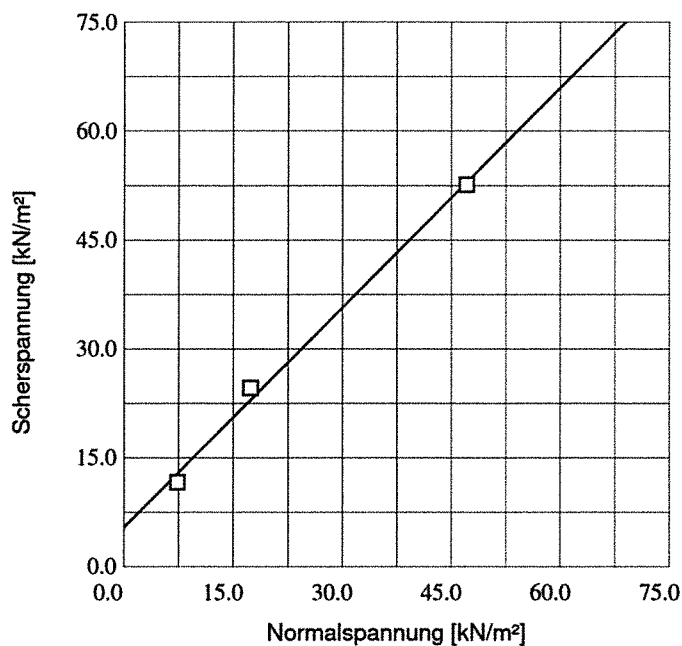
[U 1]	DIN EN ISO 9863-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken Teil 1: Einzellagen (2005)
[U 2]	DIN EN ISO 12957-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 1: Scherkasten – Versuch (2005)
[U 3]	DIN 1054; Baugrund – Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau (2010)
[U 4]	E 3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen; Arbeitskreis 6.1 Geotechnik der Deponiebauwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2015)

M:\FG50\_Geotechnik\FG50-Daten\AG 51 Geotechnik\Auftragel16 047 Deponie Ihlenberg MFA BA 3\5 Prüfbericht\B 51.16.047.02 GSV GSE KDB\_SSM.docx

**Ende Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02**

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Bruchparameter

Reibungswinkel	45.26 [°]
Kohäsion	5.32 [kN/m²]
Korrelation	1.00

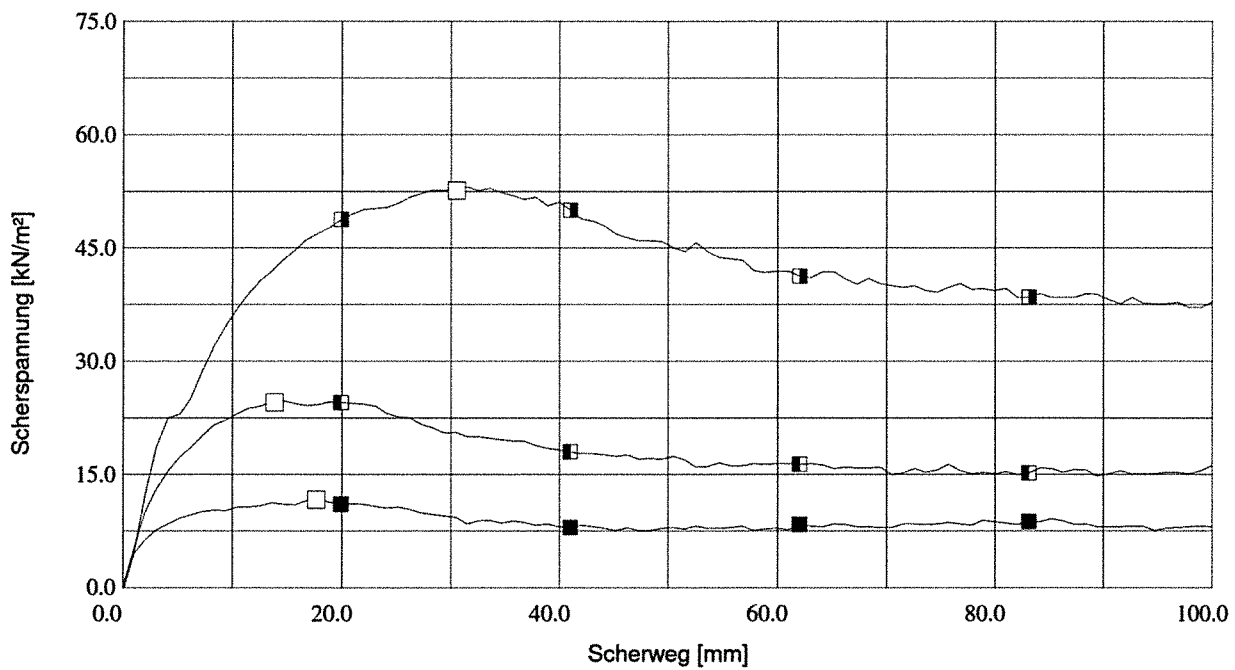
Restscherfestigkeit

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

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m²	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
1	7.4	6.8	11.59	17.67	----	----
2	17.4	16.8	24.52	13.93	----	----
3	47.2	47.1	52.53	30.58	----	----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo

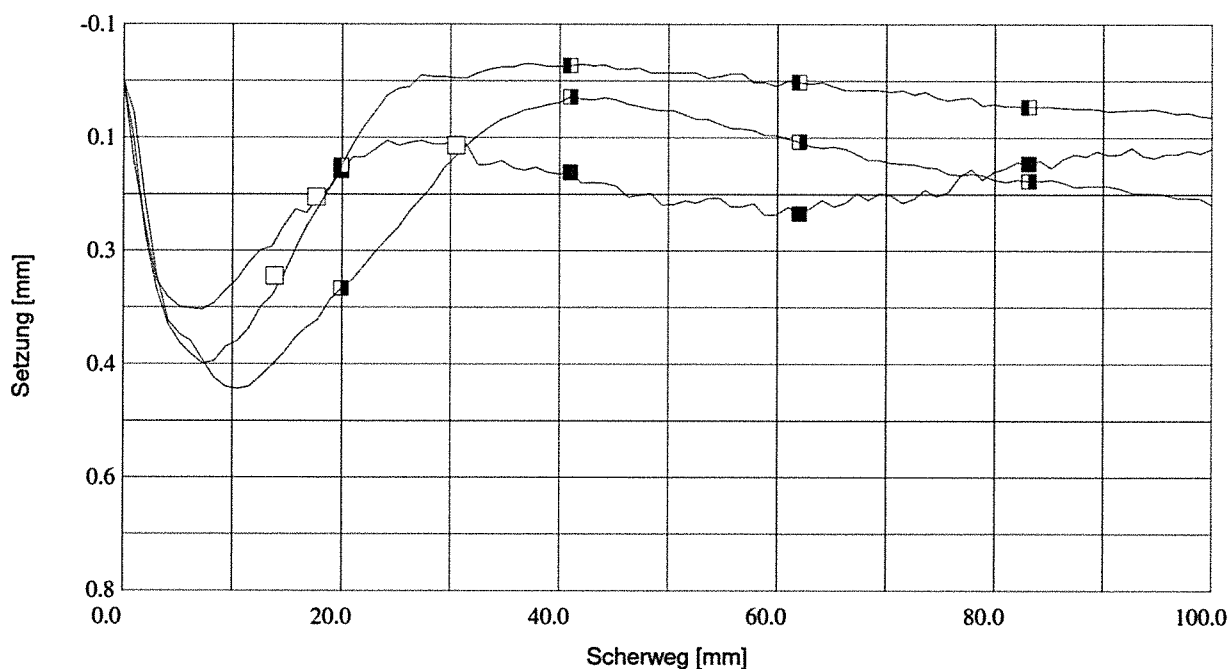


Nr.		Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Bruchfläche cm <sup>2</sup>	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm <sup>2</sup>	Restsf-Geschw. mm/min
		Bruch	Restsf.				
1	■	7.4	6.8	900.00	0.67000	----	----
2	▣	17.4	16.8	900.00	0.67000	----	----
3	▣	47.2	47.1	900.00	0.67000	----	----



## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



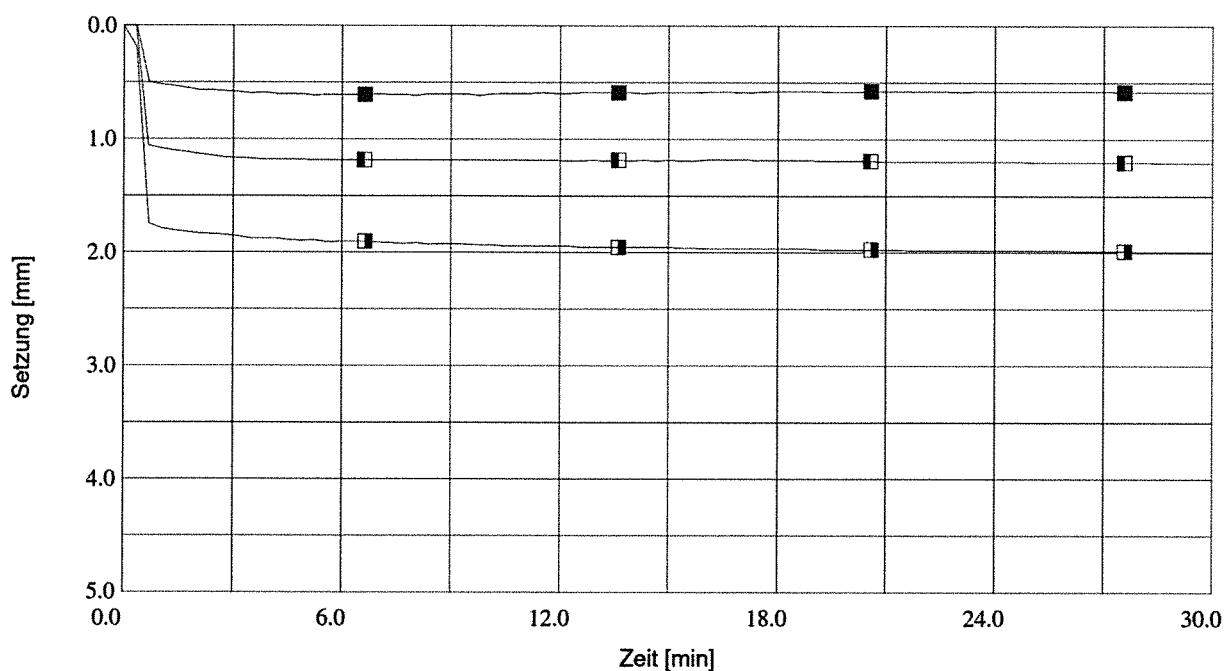
Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
1 ■	7.4	6.8	0.21	-----	29.42	0.41
2 ■	17.4	16.8	0.35	-----	28.79	0.50
3 ■	47.2	47.1	0.11	-----	28.02	0.54

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047bc  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



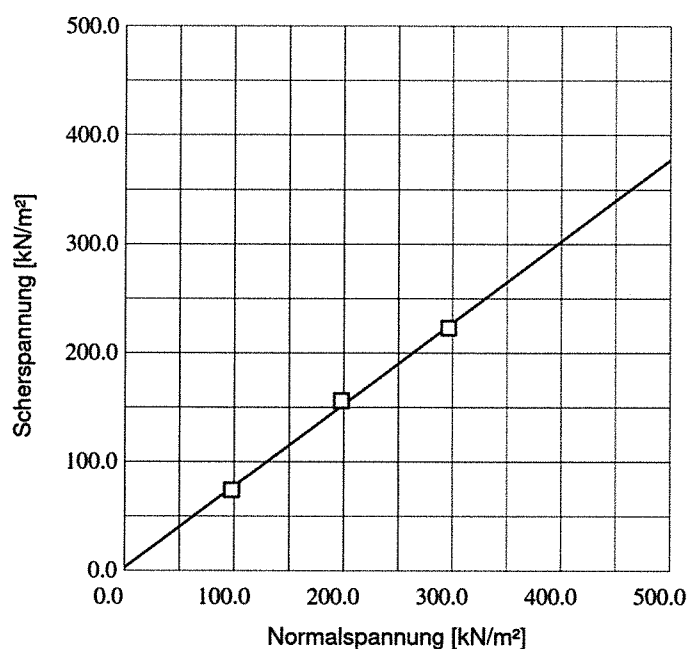
Nr.	Normalspannung kN/m²	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
1 ■	10	0.58	30	30.00	29.42
2 ■	20	1.21	30	30.00	28.79
3 ■	50	1.98	30	30.00	28.02

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047bc  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 2  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Bruchparameter

Reibungswinkel	36.87 [°]
Kohäsion	2.05 [kN/m²]
Korrelation	1.00

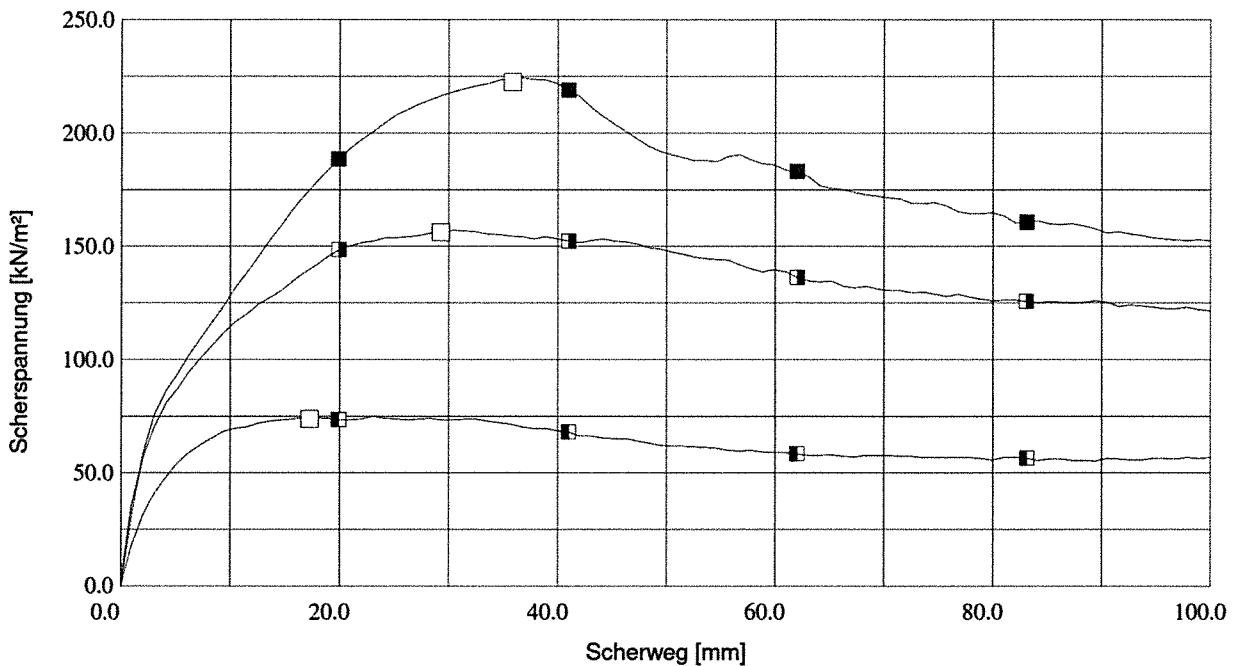
Restscherfestigkeit

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

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m²	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
6	297.0	296.7	222.36	35.89	-----	-----
7	98.6	97.0	73.56	17.32	-----	-----
8	198.6	199.1	155.95	29.32	-----	-----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

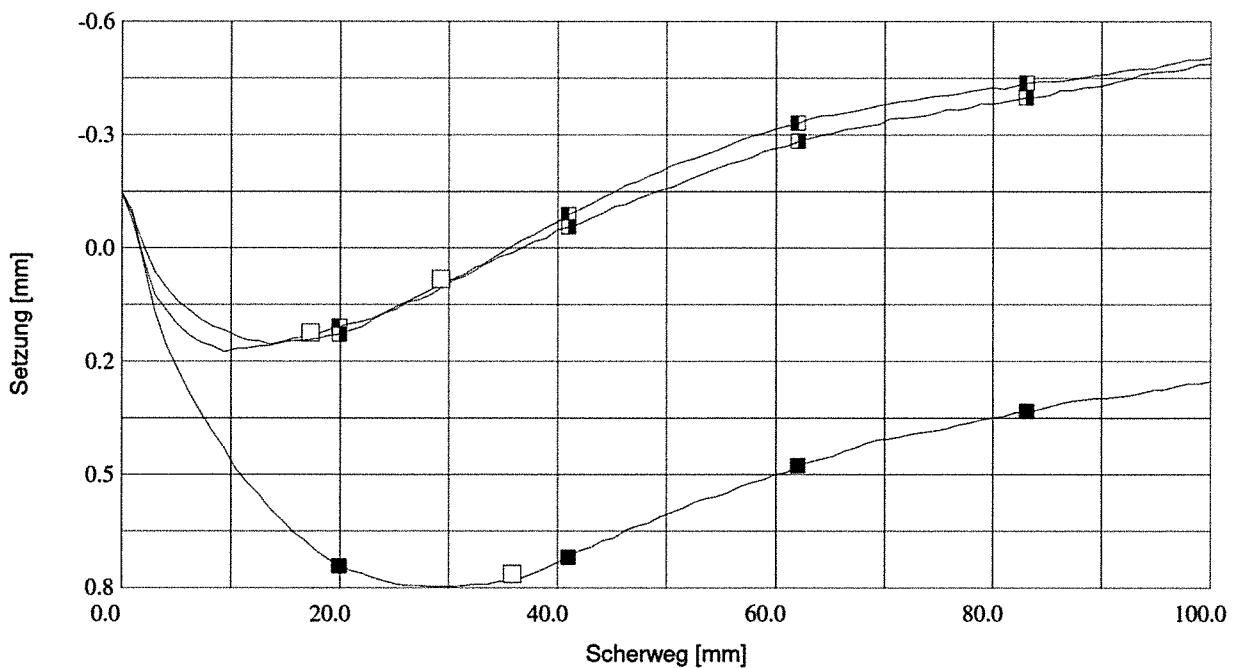
Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Bruchfläche cm <sup>2</sup>	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm <sup>2</sup>	Restsf-Geschw. mm/min
	Bruch	Restsf.				
6 ■	297.0	296.7	900.00	0.67000	----	----
7 □	98.6	97.0	900.00	0.67000	----	----
8 ■	198.6	199.1	900.00	0.67000	----	----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



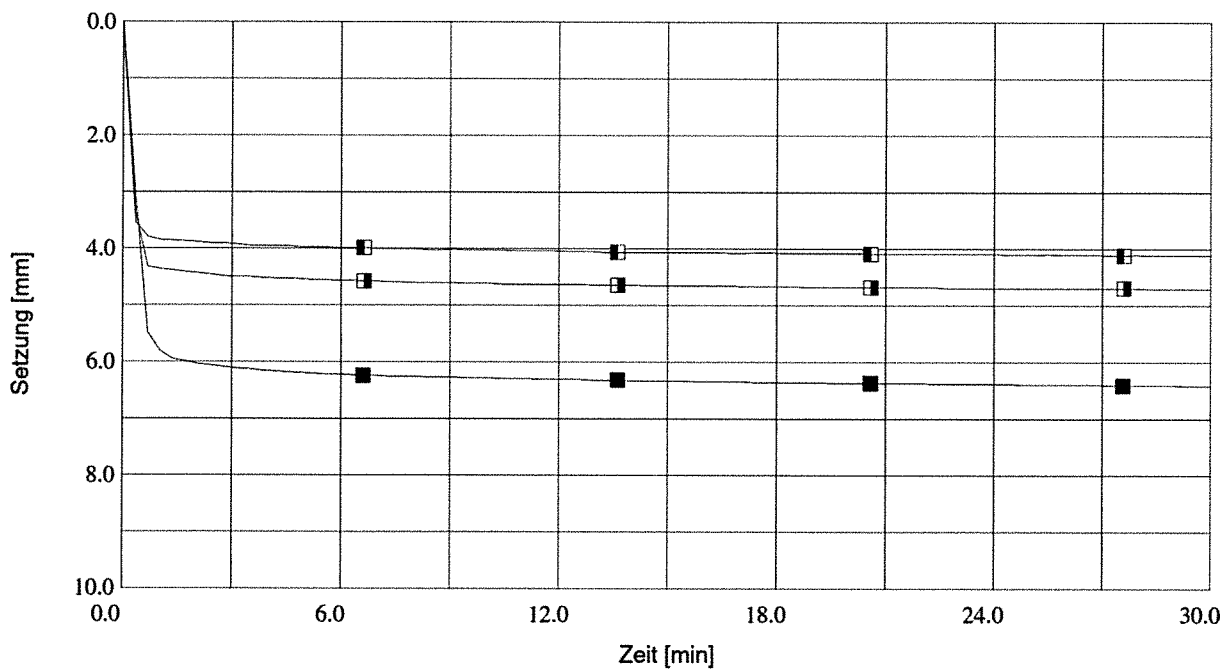
Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
6 ■	297.0	296.7	1.35	-----	9.62	1.38
7 □	98.6	97.0	0.50	-----	11.91	0.56
8 ■	198.6	199.1	0.31	-----	11.32	0.53

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047bc  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 2  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m²	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
6 ■	300	6.38	30	16.00	9.62
7 □	100	4.09	30	16.00	11.91
8 □	200	4.68	30	16.00	11.32

# Herstellung der Multi-Funktionalen- Abdichtung (MFA) der Deponie Ihlenberg

---

***Stellungnahme zur Standsicherheit der MFA im BA 3 der Deponie  
Ihlenberg unter Beachtung der kritischen Fugen***

***Projekt-Nr.: 039.011.03.01-15***

beauftragt durch:

Strabag Umwelttechnik GmbH  
Haferwende 27  
28357 Bremen

erarbeitet durch:

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH  
Niederlassung Nord  
Grubenstraße 20  
18055 Rostock

Rostock, 4. August 2016

---



## Inhaltsverzeichnis

1 .....	Vorbemerkungen .....	3
2 .....	Ergebnisbewertung .....	4
2.1	Fuge KDB / mineralische Dichtung .....	4
2.2	Fuge MDDS / KDB .....	4
3 .....	Fazit .....	5

## Anlagenverzeichnis

1	Materialliste
2	Prüfberichte – Großrahmenscherversuche
2.1	Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01, Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung
2.2	Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02, Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn



## 1 Vorbemerkungen

Die Strabag Umwelttechnik GmbH (SUT) wurde mit der Herstellung einer Multi-Funktionalen-Abdichtung (MFA) für die Deponie Ihlenberg – BA 3 beauftragt.

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

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

Die geplante MFA weist daher folgenden Aufbau auf (von oben nach unten):

- Mineralische Schutzlage
- Filterschicht, z.B. PP-Filtervlies
- > 30 cm Entwässerungsschicht (EWS)
- Schutzschicht mit BAM-Zulassung (Sandschutzmatte MDDS)
- 2,5 mm PEHD-Kunststoffdichtungsbahn inkl. Dichtungskontrollsystem (DKS) mit BAM-Zulassung
- > 50 cm mineralische Dichtung (MD) 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 Abfallkörper.

Die zur Herstellung der MFA-Komponenten beabsichtigten eignungsgeprüften mineralischen Materialien bzw. BAM-zugelassenen polymeren/geotextilen Bauteile sind in Anlage 1 benannt.

Die Grundlage der Stand- und Gleitsicherheit der MFA bildet entsprechend dem o. g. Aufbau weiterhin das Gutachten zur Standsicherheitsberechnung vom 02.08.2012 der upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH (upi), das im Zuge der Herstellung der MFA für den BA 1 der Deponie Ihlenberg mit einer maßgeblichen Böschungsneigung von 1:2,5 erstellt wurde.

Im Vergleich zu den Systemkomponenten der MFA zwischen dem BA 1 und BA 3 gibt es kaum Unterschiede (s. Anlage 1). Jedoch kommt im BA 3 vom gleichen Hersteller für die KDB (AGRU Kunststofftechnik GmbH) ein gleichwertiges Produkt mit der Typenbezeichnung „AGRU PEHD 2,5 mm, MST HighGrip, BAM“ zum Einsatz.

Deshalb wurden für die sich mit dieser KDB ergebenden Kontaktbereiche (kritische Fugen)

- mineralische Dichtung/KDB und
- KDB/Sandschutzmatte (MDDS)

nochmals Großrahmenscherversuche durchgeführt, deren Ergebnisse (Prüfberichte) in der Anlage 2 enthalten sind.

Für die weitere kritische Fuge

- Sandschutzmatte (MDDS)/Entwässerungsschicht (Rundkorn 16/32)

hat die Standsicherheitsberechnung vom August 2012 weiterhin Bestand, da für diese Paarung die gleichen Materialien wie im BA 1 vorliegen.

Die nachstehende Ergebnisbetrachtung bezieht sich auf eine max. Böschungsneigung von 1:3 des BA 3.

## 2 Ergebnisbewertung

### 2.1 Fuge KDB / mineralische Dichtung

In einem Großrahmenscherversuch der MPA Weimar vom 06.07.2016 (Prüfvermerk Nr. B 51.16.047.01) wurden die Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ / 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 10, 20 und 50 kN/m<sup>2</sup> verwendet und mit einer Schergeschwindigkeit von 0,0167 mm/min abgeschert.

Als Ergebnisse wurden

- der Reibungswinkel mit 27,86° und
- die Adhäsion mit 9,50 kN/m<sup>2</sup>

ermittelt.

Bei lt. EAU vorgegebener Abminderung des Scherwinkels von 10 % ergibt sich somit mit dem versuchstechnisch ermittelten Reibungswinkel von 27,86° ein Reibungswinkel von 25,44°, welcher größer ist als die steilsten anzutreffenden Böschungswinkel von 18,43° (1:3) im BA 3. Aufgrund dieses Ergebnisses wird eine differenzierte Standsicherheitsbetrachtung für die einzelnen Lastfälle (Bau- und Endzustand) der MFA im BA 3 nicht als erforderlich gehalten.

Mit dem abgeminderten Reibungswinkel wird auch der im QMP angegebene Ersatzreibungswinkel von 25° (bezogen auf eine Auflast von 6 kN/m<sup>2</sup>) eingehalten.

### 2.2 Fuge MDDS / KDB

In einem Großrahmenscherversuch der MPA Weimar vom 06.07.2016 (Prüfvermerk Nr. B 51.16.047.02) wurden die Scherparameter in der Fuge Sandschutzmatte (MDDS) / KDB AGRU MST HighGrip bestimmt. Dabei wurden im undrännierten Zustand (Scherfuge unter Wasser) Auflasten von 10, 20 und 50 kN/m<sup>2</sup> (Versuch mit geringen Auflasten) und 100, 200 und 300 kN/m<sup>2</sup> (Versuch mit hohen Auflasten) verwendet und mit einer Schergeschwindigkeit von 0,67 mm/min abgeschert.

Es wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

Versuche	Reibungswinkel [°]	Adhäsion [kN/m <sup>2</sup> ]
1 (geringe Auflast)	45,26 (abgemindert 42,24°)	5,32
2 (hohe Auflast)	36,87 (abgemindert 34,01°)	2,05

Unter Beachtung der ungünstigsten Auflastverhältnisse (Versuch 2) erfüllt der versuchstechnisch ermittelte Reibungswinkel von 36,87° auch nach 10 %iger Abminderung mit 34,01° die Anforderung an die Standsicherheit für eine Böschung von 1:3 im BA 3 der Deponie Ihlenberg.

Mit dem abgeminderten Reibungswinkel wird auch der im QMP angegebene Ersatzreibungswinkel von 25° (bezogen auf eine Auflast von 6 kN/m<sup>2</sup>) eingehalten.

### **3 Fazit**

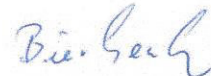
Anhand der experimentell ermittelten Scherparameter für die Gleitfugen, KDB AGRU MSB+ / mineralische Dichtung und KDB AGRU MST HighGrip / Sandschutzmatte (MDDS), belegt durch die Prüfberichte Nrn. B 51.16.047.01 und B 51.16.047.02 (s. Anlage 2) mit den Reibungswinkeln von 27,86° und 36,87° kann davon ausgegangen werden, dass die Stand- und Gleitsicherheit der Multi-Funktionalen-Abdichtung im BA 3 der Deponie Ihlenberg auch beim Einsatz der oben bezeichneten Kunststoffdichtungsbahn der Fa. AGRU Kunststofftechnik GmbH gewährleistet ist.

Die gem. QMP vorgegebenen Ersatzreibungswinkel von 25° für die kritischen Fugen

- mineralische Dichtung / KDB und
- KDB / Sandschutzmatte (MDDS)

werden somit eingehalten.

Rostock, 4. August 2016



upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH  
Niederlassung Nord

# ANLAGEN

# Anlage 1

## Materialliste

### Materialliste

<b>Komponente MFA</b>	<b>Material-/Produktbezeichnung</b>	<b>Herkunft/Hersteller</b>
Gas-, Trag- und Ausgleichsschicht (GTA), 1. – 3. Lage	Kupferhüttenschlacke / MVA Schlacke	AG-Material
Geogitter in GTA	Fortac® - Geogitter, Typ R600/50-30 T	Huesker Synthetic GmbH
Mineralische Dichtung (MD) 1. Lage 2. Lage	Ton	Lagerstätte Groß Pampau der Fa. Ohle und Lau GmbH
Dichtungskontrollsystem (DKS)	SENSOR DKS-Systeme	SENSOR Dichtungs-Kontroll-Systeme GmbH
Kunststoffdichtungsbahn (KDB)	AGRU PEHD 2,5 mm, MST HighGrip, BAM	AGRU Kunststofftechnik GmbH
Sandschutzmatte (MDDS)	DuoLiner	G-quadrat Geokunststoffgesellschaft mbH
Entwässerungsschicht (EWS)	Kies GE 16/32 (Rundkorn)	Lagerstätten Krassow, Pinnow, Lüttow
Trenn-/Filtervlies	HaTe®, Typ B 300 "O" II	Huesker Synthetic GmbH
Frostschutzschicht	DK II / DK III	AG-Material

# **Anlage 2**

## **Prüfberichte Großbrahmenscherversuche**

# **Anlage 2.1**

**Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01**

**Großrahmenscherversuche zur Bestimmung  
der Scherparameter in der Fuge  
KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung**



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

Abteilung: Geo- und Umwelttechnik  
Abteilungsleiter: Dipl.-Ing. J. Köditz

MFA Weimar  
Coudraystraße 9  
99423 Weimar  
Anja Damaschke  
Tel. 03643 / 564 348  
Fax 03643 / 564 203  
geotechnik@mfa.de



## Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01

Auftrag: **GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3**  
Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge  
KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung

Auftraggeber: GSE Lining Technology GmbH  
Normannenweg 28  
20537 Hamburg

Auftrag vom: 25.05.2016

Im Auftrag

Weimar,  
06.07.2016

  
Dipl.-Ing. J. Köditz  
Abteilungsleiter



  
Dr. rer. nat. A. Damaschke  
Bearbeiter

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>Veranlassung und Gegenstand der Prüfung</b>	2
2	<b>Verwendete Proben</b>	2
3	<b>Verwendete Prüfeinrichtungen</b>	2
4	<b>Durchgeführte Prüfungen</b>	3
4.1	Versuchsbedingungen	3
4.2	Versuchsdurchführung	4
5	<b>Ergebnisse der Prüfungen</b>	4
	<b>Verzeichnis der Anlagen</b>	5
	<b>Verzeichnis der verwendeten Unterlagen</b>	5

### 1 Veranlassung und Gegenstand der Prüfung

Anlass dieser Prüfung war ein Auftrag der Firma GSE Lining Technology GmbH zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung. Die Probenanlieferung erfolgte am 31.05.2016. Die Prüfungen fanden im Zeitraum vom 16.06.2016 bis 01.07.2016 statt.

MFA-intern ist der Gegenstand des Prüfberichtes wie folgt gekennzeichnet:

Bezeichnung	Probennummern bis zum Berichtszeitpunkt
Auftrags-Nr.: 51.16.047; GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3	51 16 047 001 bis 51 16 047 003

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	51 16 047 001	U,fs; dunkelgrau
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	51 16 047 003	Kunststoffdichtungsbahn, beidseitig strukturiert

Tabelle 2: Verwendete Proben

### 3 Verwendete Prüfeinrichtungen

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

Technische Daten zum Schergerät SL 300 z:

- Scherfläche:	30 cm * 30 cm
- Vorrichtung für Normalbelastung:	pneumatisch über Druckkissen
- Messbereich Normalkraft:	max. 666 kN/m <sup>2</sup>
- 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 zwei Großrahmenscherversuchen nach DIN EN ISO 12957-1 und der Empfehlung E 3-8 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung.

Zur Festlegung der Höhen der Scherspalt wurden Dickenbestimmungen an der KDB in Anlehnung an die DIN EN ISO 9863-1 durchgeführt. Zur Klassifizierung des mineralischen Materials wurde eine Korngrößenanalyse nach DIN 18123 durchgeführt.

### 4.1 Versuchsbedingungen

Die Bestimmung erfolgte in konsolidiert drainierten Versuchen unter folgenden Randbedingungen:

- Versuchsgerät:	Großrahmenschergerät SL 300 z
- Anzahl der Teilversuche:	3
- Konsolidationsspannung:	$\sigma = 10 / 20 / 50 \text{ kN/m}^2$
- Vertikale Auflast beim Scheren:	$\sigma = 10 / 20 / 50 \text{ kN/m}^2$
- Konsolidierung:	1440 min
- Schergeschwindigkeit:	0,0167 mm/min
- Flutung der Probe:	Scherfuge unter Wasser
- Scherspalt:	fest

## 4.2 Versuchsdurchführung

Die KDB wurde mit Klemmleisten in den beweglichen unteren Scherrahmen eingespannt und gesichert. Das mineralische Material wurde nach Vorgabe 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 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 von 60 mm.

## 5 Ergebnisse der Prüfungen

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Dickenbestimmung. Die Ergebnisse der Scherversuche sind in der Tabelle 4 zusammengefasst. Die grafische Versuchsauswertung ist in der Anlage 1 enthalten.

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

Auflast		2 kN/m <sup>2</sup>	20 kN/m <sup>2</sup>	50 kN/m <sup>2</sup>
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	[mm]	6,42	6,23	6,12

Tabelle 3: Dicke unter festgelegten Drücken

Proben-Nr. MFA 51 16 047 001 // 003; KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung				
Auflast	[kN/m <sup>2</sup> ]	10	20	50
Einbauwassergehalt	[%]	17,29	16,90	14,96
Einbaudichte $\rho$	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,962	1,964	1,964
Trockendichte $\rho_d$	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,673	1,680	1,708
Ausbauwassergehalt	[%]	20,17	22,28	20,65
<i>Bruchparameter</i>				
Reibungswinkel $\delta_f$	[°]	27,86		
Adhäsion $a_f$	[kN/m <sup>2</sup> ]	9,50		

Tabelle 4: Ergebnisse der Scherversuche

### Hinweis:

Bei nichtlinearem Zusammenhang zwischen  $\tau$  und  $\sigma$  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. Die ermittelten Versuchswerte sind für Standsicherheitsberechnungen nach den anerkannten Regeln der Technik zu bewerten.

## Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1 Prüfprotokoll: GSV KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung (4 Seiten)
- $\tau$  -  $\sigma$  - Diagramm
  - Scherspannungs - Weg - Diagramm
  - Setzungs - Weg - Diagramm
  - Konsolidierungsdiagramm
- Anlage 2 Prüfprotokoll: Korngrößenanalyse (2 Seiten)

## Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- [U 1] DIN 18123; Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung (2011)
- [U 2] DIN EN ISO 9863-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken Teil 1: Einzellagen (2005)
- [U 3] DIN EN ISO 12957-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 1: Scherkasten – Versuch (2005)
- [U 4] DIN EN ISO 17892-1; Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (2015)
- [U 5] DIN 1054; Baugrund – Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau (2010)
- [U 6] E 3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen; Arbeitskreis 6.1 Geotechnik der Deponiebauwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2015)

M:\FG50\_Geotechnik\FG50-Daten\AG 51 Geotechnik\Auftrage\16 047 Deponie Ihlenberg MFA BA 3\5 Prüfbericht\B 51.16.047.01 GSV GSE.docx

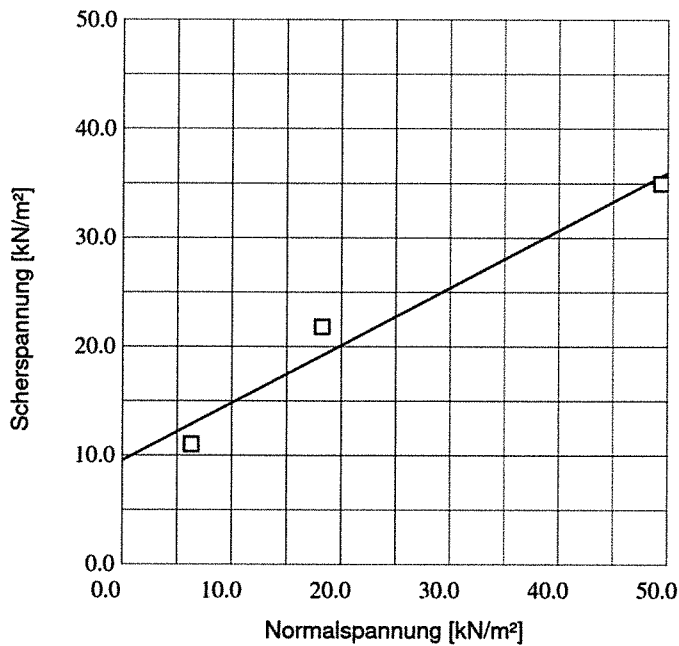
**Ende Prüfbericht Nr. B 51.16.047.01**

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047ad  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Bruchparameter

Reibungswinkel	27.86 [°]
Kohäsion	9.50 [kN/m²]
Korrelation	0.98

Restscherfestigkeit

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

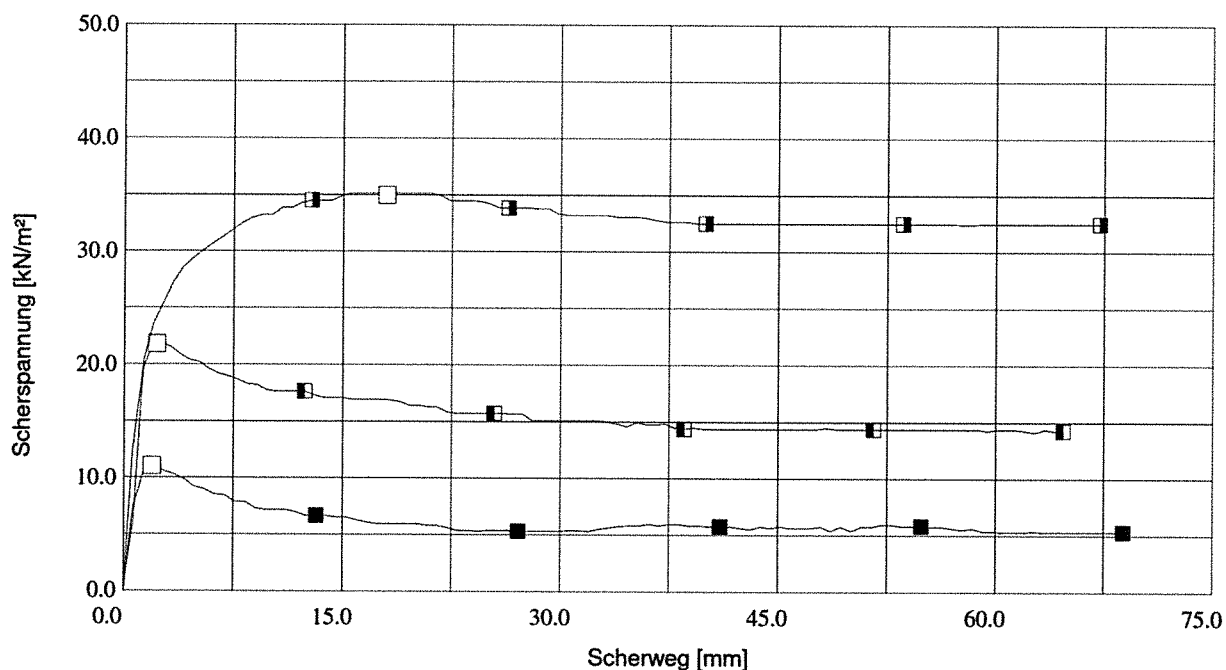
Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m²	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
1	6.4	3.3	11.00	1.98	----	----
2	18.3	18.3	21.78	2.26	----	----
4	49.4	49.3	34.89	18.02	----	----

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047ad  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

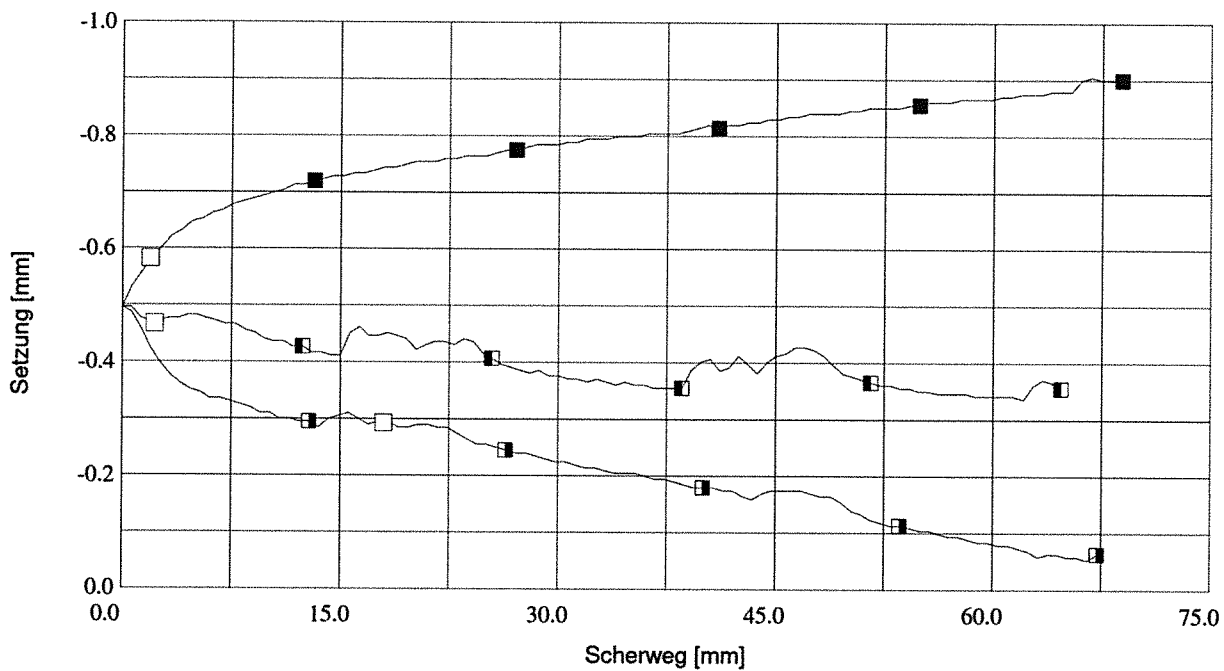
Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Bruchfläche cm <sup>2</sup>	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm <sup>2</sup>	Restsf-Geschw. mm/min
	Bruch	Restsf.				
1 ■	6.4	3.3	900.00	0.01670	-----	-----
2 □	18.3	18.3	900.00	0.01670	-----	-----
4 ▣	49.4	49.3	900.00	0.01670	-----	-----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
1 ■	6.4	3.3	-0.17	-----	50.99	0.00
2 ■	18.3	18.3	0.06	-----	50.49	0.33
4 ■	49.4	49.3	0.41	-----	48.34	0.89

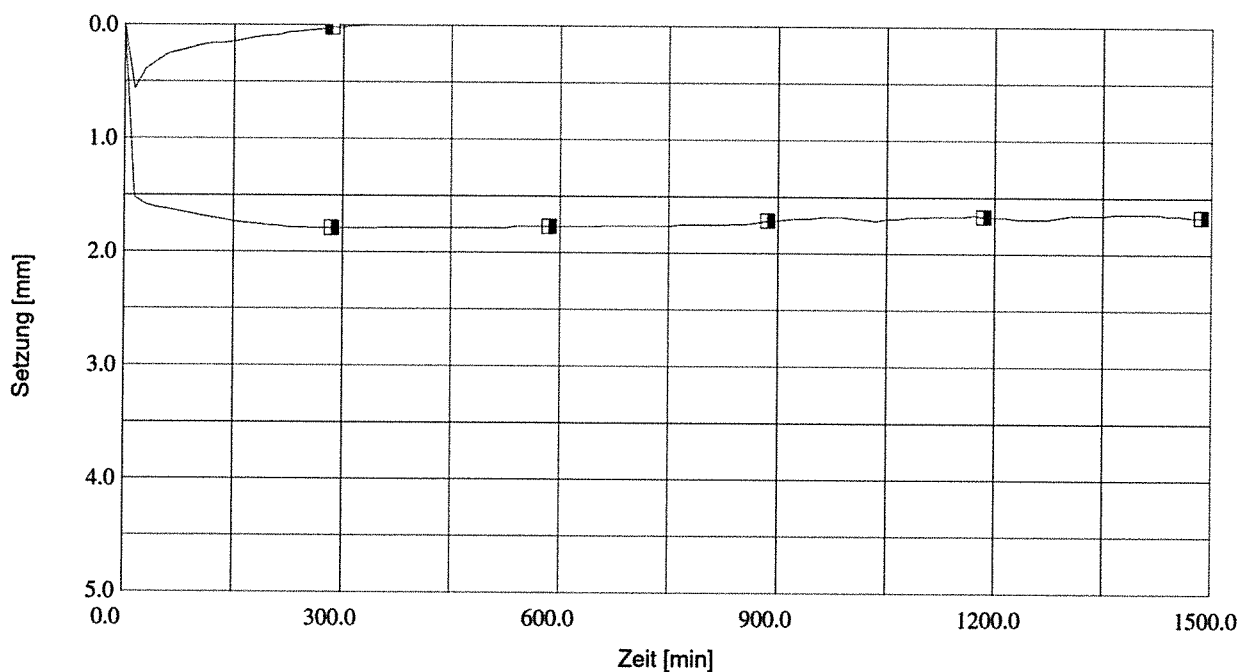


MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047ad  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MSB+ // mineralische Dichtung  
 Einbau gestört  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m²	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
1 ■	10	-0.89	1440	50.10	50.99
2 □	20	-0.44	1440	50.05	50.49
4 □	50	1.66	1440	50.00	48.34

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH  
Niederlassung Nord

Grubenstraße 20 18055 Rostock  
Tel.: 0381/3644504 Fax: 0381/3644505

Bearbeiter: Roscher

Datum: 30.05.2016

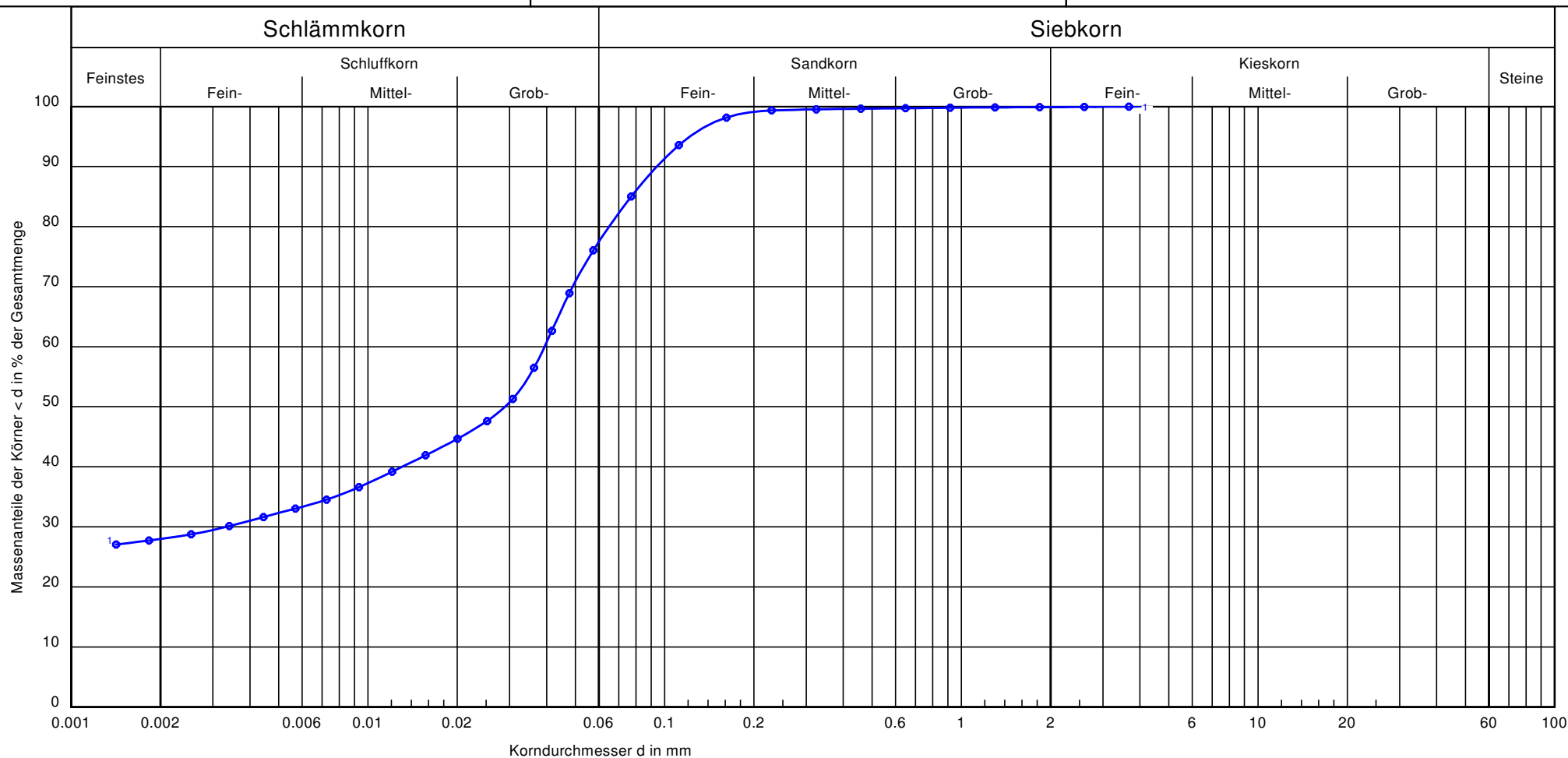
## Körnungslinie Deponie Ihlenberg Standicherheit

Arbeitsweise: DIN 18 123

Probe entnommen am: 25.05.2016

Art der Entnahme: gest.

Labor-Nr.:



Probe-Nr.:

Sts1

Entnahmestelle:

Abbauwand

Bodenart:

U, t, fs

T/U/S/G [%]:

28.0/51.0/20.9/0.1

Bemerkungen:

Mineralische Dichtung

Ton (Groß Pampau)

Projekt-Nr.:

039.011.03.01-15

**Körnungslinie****Deponie Ihlenberg****Standsicherheit**

Arbeitsweise: DIN 18 123

Probe entnommen am: 25.05.2016

Art der Entnahme: gest.

Labor-Nr.:

Bearbeiter: Roscher

Datum: 30.05.2016

Prüfung DIN 18 123 - 6

Probe-Nr.: Sts1

Entnahmestelle: Abbauwand

Bodenart: U, t, fs

T/U/S/G [%]: 28.0 / 51.0 / 20.9 / 0.1

d10/d30/d60 [mm]: - / 0.003 / 0.039

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 357.29

Schlammanalyse:

Trockenmasse [g]: 55.01

Korndichte [g/cm<sup>3</sup>]: 2.700

Aräometer:

Bezeichnung: 1070605

Volumen Aräometerbirne [cm<sup>3</sup>]: 69.10Fläche Meßzylinder [cm<sup>2</sup>]: 29.42

Länge Aräometerbirne [cm]: 15.60

Länge der Skala [cm]: 14.26

Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.08

Aräometer-Konstante: 0.50

**Siebanalyse**

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.38	0.11	99.89
1.0	0.20	0.06	99.84
0.5	0.66	0.18	99.65
0.25	0.55	0.15	99.50
0.125	2.56	0.72	98.78
Schale	352.94	98.78	-
Summe	357.29		
Siebverlust	0.00		

**Schlammanalyse**

Zeit		R'	R = R' + C <sub>m</sub>	Korngröße	T	C <sub>T</sub>	R + C <sub>T</sub>	Durchgang
[h]	[min]	[g]	[g]	[mm]	[°C]	[g]	[g]	[%]
0	0.5	25.90	26.40	0.0559	22.0	0.38	26.78	76.38
0	1	21.70	22.20	0.0431	22.0	0.38	22.58	64.40
0	2	17.10	17.60	0.0330	22.0	0.38	17.98	51.28
0	5	15.00	15.50	0.0216	22.0	0.38	15.88	45.29
0	15	13.20	13.70	0.0129	21.5	0.28	13.98	39.87
0	45	11.30	11.80	0.0076	21.5	0.28	12.08	34.45
2	0	10.70	11.20	0.0048	20.5	0.09	11.29	32.20
6	0	9.50	10.00	0.0028	20.5	0.09	10.09	28.78
24	0	8.90	9.40	0.0014	20.5	0.09	9.49	27.07

# **Anlage 2.2**

**Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02**

**Großrahmenscherversuche zur Bestimmung  
der Scherparameter in der Fuge**

**KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn**

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

Abteilung: Geo- und Umwelttechnik  
Abteilungsleiter: Dipl.-Ing. J. Köditz

MFPA Weimar  
Coudraystraße 9  
99423 Weimar

Anja Damaschke

Tel. 03643 / 564 348  
Fax 03643 / 564 203

geotechnik@mfa.de



## Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02

Auftrag: **GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3**  
Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge  
KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn

Auftraggeber: GSE Lining Technology GmbH  
Normannenweg 28  
20537 Hamburg


Auftrag vom: 25.05.2016

Im Auftrag

Weimar,  
06.07.2016

  
Dipl.-Ing. J. Köditz  
Abteilungsleiter



  
Dr. rer. nat. A. Damaschke  
Bearbeiter

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>Veranlassung und Gegenstand der Prüfung</b>	2
2	<b>Verwendete Proben</b>	2
3	<b>Verwendete Prüfeinrichtungen</b>	2
4	<b>Durchgeführte Prüfungen</b>	3
4.1	Versuchsbedingungen	3
4.2	Versuchsdurchführung	4
5	<b>Ergebnisse der Prüfungen</b>	4
	<b>Verzeichnis der Anlagen</b>	5
	<b>Verzeichnis der verwendeten Unterlagen</b>	5

### 1 Veranlassung und Gegenstand der Prüfung

Anlass dieser Prüfung war ein Auftrag der Firma GSE Lining Technology GmbH zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn. Die Probenanlieferung erfolgte am 31.05.2016. Die Prüfungen fanden im Zeitraum vom 06.06.2016 bis 29.06.2016 statt.

MFPA-intern ist der Gegenstand des Prüfberichtes wie folgt gekennzeichnet:

Bezeichnung	Probennummern bis zum Berichtszeitpunkt
Auftrags-Nr.: 51.16.047; GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3	51 16 047 001 bis 51 16 047 003

Tabelle 1: Bezeichnungen

### 2 Verwendete Proben

Die Probenbezeichnungen und -beschreibungen enthält nachfolgende Tabelle:

Bezeichnung durch den AG	Bezeichnung an der MFPA	Beschreibung der Probe; Bemerkungen
MDDS-Bahn	51 16 047 002	Sandschutzmatte, Fa. G quadrat, Zuschnitte 30*30 cm
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	51 16 047 003	Kunststoffdichtungsbahn, Fa. AGRU, beidseitig strukturiert

Tabelle 2: Verwendete Proben

### 3 Verwendete Prüfeinrichtungen

- allgemeine Laborgeräte, Schichtdickenmessgerät Typ LG 10
- Großrahmenschergerät SP 304 E

#### Technische Daten zum Schergerät SP 304 E:

- Setzung: max. 50 mm; Auflösung 0,01 mm
- Das Scherfläche: 30 cm \* 30 cm
- Vorrichtung für Normalbelastung: pneumatisch über Druckkissen
- Messbereich Normalkraft: max. 600 kN/m<sup>2</sup>
- Vorrichtung für Scherbelastung: kontinuierlicher Vorschub
- Messbereich Scherkraft: 0 - 5 kN; 5 - 60 kN; max. 60 kN
- Schergeschwindigkeit: 0,00001 - 20,000 mm/min
- max. Scherweg: 100 mm; Auflösung 0,005 mm

Messbereich Großrahmenschergerät besitzt einen verkipfungsfreien, vertikal geführten oberen Scherrahmen und einen verkipfungsfreien, parallel geführten, 4-fach gelagerten unteren Rahmen. Die direkte horizontale Scherkrafteinleitung erfolgt weggesteuert. Die Auflastspannung wird über eine Spezialmembran im Deckel des oberen Rahmens aufgebracht, in Höhe des Scherspalt mit Hilfe von 4 Kraftmessbügeln gemessen und unabhängig von Wandreibungen im oberen Rahmen exakt gesteuert. Über 4 elektronische Wegaufnehmer lassen sich die Vertikalverformungen an den Ecken sowie die mittlere Verformung der Probe während des Scherversuches ermitteln.

## 4 Durchgeführte Prüfungen

Die Aufgabenstellung beinhaltet die Durchführung von zwei Großrahmenscherversuchen nach DIN EN ISO 12957-1 und der Empfehlung E 3-8 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn.

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

### 4.1 Versuchsbedingungen

Die Bestimmung erfolgte in konsolidiert drainierten Versuchen unter folgenden Randbedingungen:

- Versuchsgerät: Großrahmenschergerät SP 304 E
- Anzahl der Teilversuche: jeweils 3
- Konsolidierung: 30 min
- Schergeschwindigkeit: 0,670 mm/min
- Flutung der Probe: Scherfuge unter Wasser
- Scherspalt: fest

Versuch 1 wurde bei niedrigen vertikalen Auflasten (10 / 20 / 50 kN/m<sup>2</sup>) und Versuch 2 bei hohen vertikalen Auflasten (100 / 200 / 300 kN/m<sup>2</sup>) durchgeführt.

## 4.2 Versuchsdurchführung

Die KDB wurde mit Klemmleisten in den beweglichen unteren Scherrahmen eingespannt und gesichert. Die Sandschutzmatte wurde in den oberen Scherrahmen eingespannt und gesichert. 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 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

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Dickenbestimmung. Die Ergebnisse der Scherversuche sind in den Tabellen 4 und 5 zusammengefasst. Die grafische Versuchsauswertung ist in den Anlagen 1 und 2 enthalten.

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

Auflast		2 kN/m <sup>2</sup>	20 kN/m <sup>2</sup>	50 kN/m <sup>2</sup>
KDB AGRU MSB+ / MST HighGrip	[mm]	6,42	6,23	6,12

Tabelle 3: Dicke unter festgelegten Drücken

Proben-Nr. MFPA 51 16 047 002 // 003; KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn - Versuch 1				
Auflast	[kN/m <sup>2</sup> ]	10	20	50
Bruchspannung	[kN/m <sup>2</sup> ]	11,59	24,52	52,53
Bruchweg	[mm]	17,67	13,93	30,58
<i>Bruchparameter</i>				
Reibungswinkel $\delta_r$	[°]	45,26		
Adhäsion $a_r$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5,32		

Tabelle 4: Ergebnisse der Scherversuche, niedrige Auflasten

Proben-Nr. MFPA 51 16 047 002 // 003; KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn - Versuch 2				
Auflast	[kN/m <sup>2</sup> ]	100	200	300
Bruchspannung	[kN/m <sup>2</sup> ]	73,56	155,95	222,36
Bruchweg	[mm]	17,32	29,32	35,89
<i>Bruchparameter</i>				
Reibungswinkel $\delta_r$	[°]	36,87		
Adhäsion $a_r$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2,05		

Tabelle 5: Ergebnisse der Scherversuche, hohe Auflasten



### Hinweis:

Bei nichtlinearem Zusammenhang zwischen  $\tau$  und  $\sigma$  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. Die ermittelten Versuchswerte sind für Standsicherheitsberechnungen nach den anerkannten Regeln der Technik zu bewerten.

### Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1	Prüfprotokoll: GSV KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn, Versuch 1	(4 Seiten)
	<ul style="list-style-type: none"><li>- <math>\tau</math> - <math>\sigma</math> - Diagramm</li><li>- Scherspannungs - Weg - Diagramm</li><li>- Setzungs - Weg - Diagramm</li><li>- Konsolidierungsdiagramm</li></ul>	
Anlage 2	Prüfprotokoll: GSV KDB AGRU MST HighGrip // MDDS-Bahn, Versuch 2	(4 Seiten)
	<ul style="list-style-type: none"><li>- <math>\tau</math> - <math>\sigma</math> - Diagramm</li><li>- Scherspannungs - Weg - Diagramm</li><li>- Setzungs - Weg - Diagramm</li><li>- Konsolidierungsdiagramm</li></ul>	

### Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

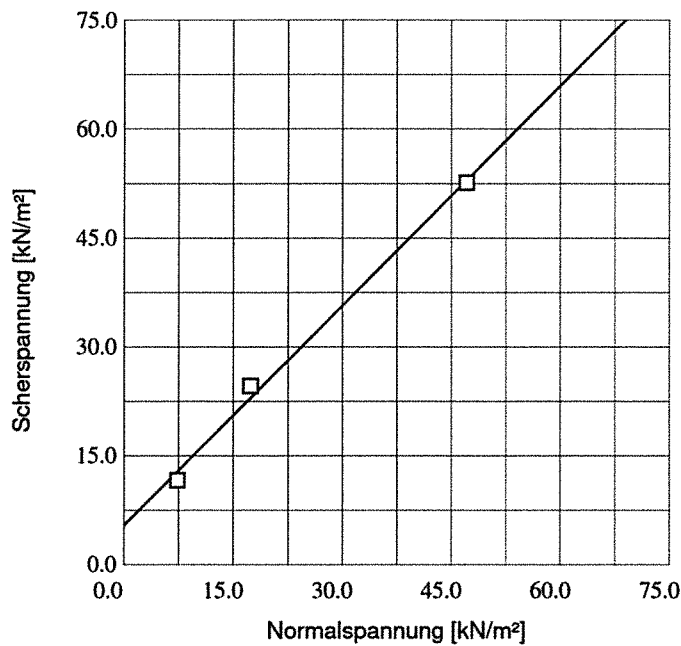
[U 1]	DIN EN ISO 9863-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken Teil 1: Einzellagen (2005)
[U 2]	DIN EN ISO 12957-1; Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 1: Scherkasten – Versuch (2005)
[U 3]	DIN 1054; Baugrund – Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau (2010)
[U 4]	E 3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen; Arbeitskreis 6.1 Geotechnik der Deponiebauwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2015)

M:\FG50\_Geotechnik\FG50-Daten\AG 51 Geotechnik\Auftragel16 047 Deponie Ihlenberg MFA BA 3\5 Prüfbericht\B 51.16.047.02 GSV GSE KDB\_SSM.docx

**Ende Prüfbericht Nr. B 51.16.047.02**

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Bruchparameter

Reibungswinkel	45.26 [°]
Kohäsion	5.32 [kN/m <sup>2</sup> ]
Korrelation	1.00

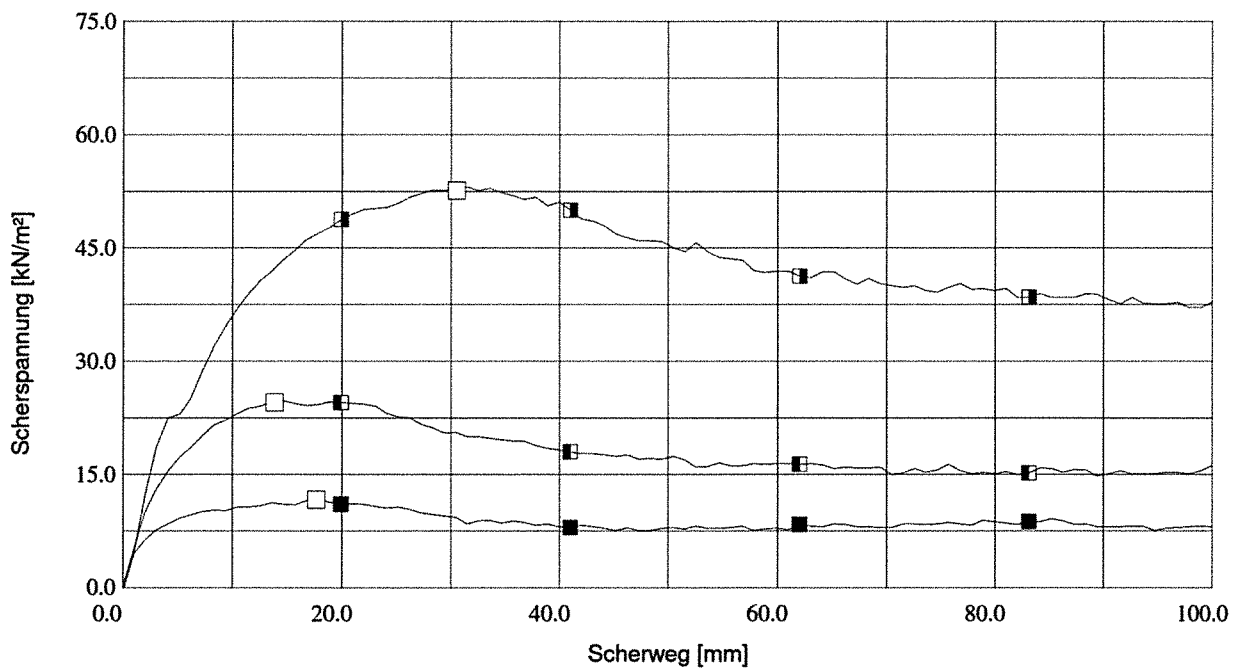
Restscherfestigkeit

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m <sup>2</sup> ]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Bruchspannung kN/m <sup>2</sup>	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m <sup>2</sup>	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
1	7.4	6.8	11.59	17.67	----	----
2	17.4	16.8	24.52	13.93	----	----
3	47.2	47.1	52.53	30.58	----	----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



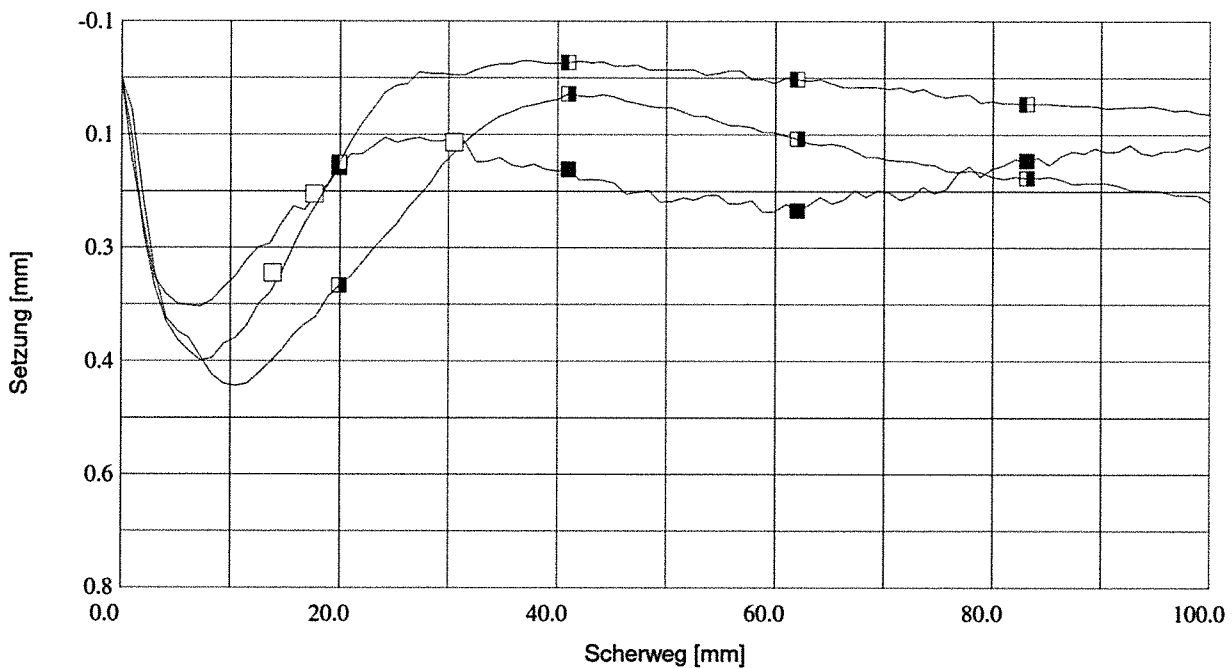
Nr.	Bruch	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Bruchfläche cm <sup>2</sup>	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm <sup>2</sup>	Restsf-Geschw. mm/min
		Bruch	Restsf.				
1	■	7.4	6.8	900.00	0.67000	----	----
2	▣	17.4	16.8	900.00	0.67000	----	----
3	▣	47.2	47.1	900.00	0.67000	----	----

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047bc  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



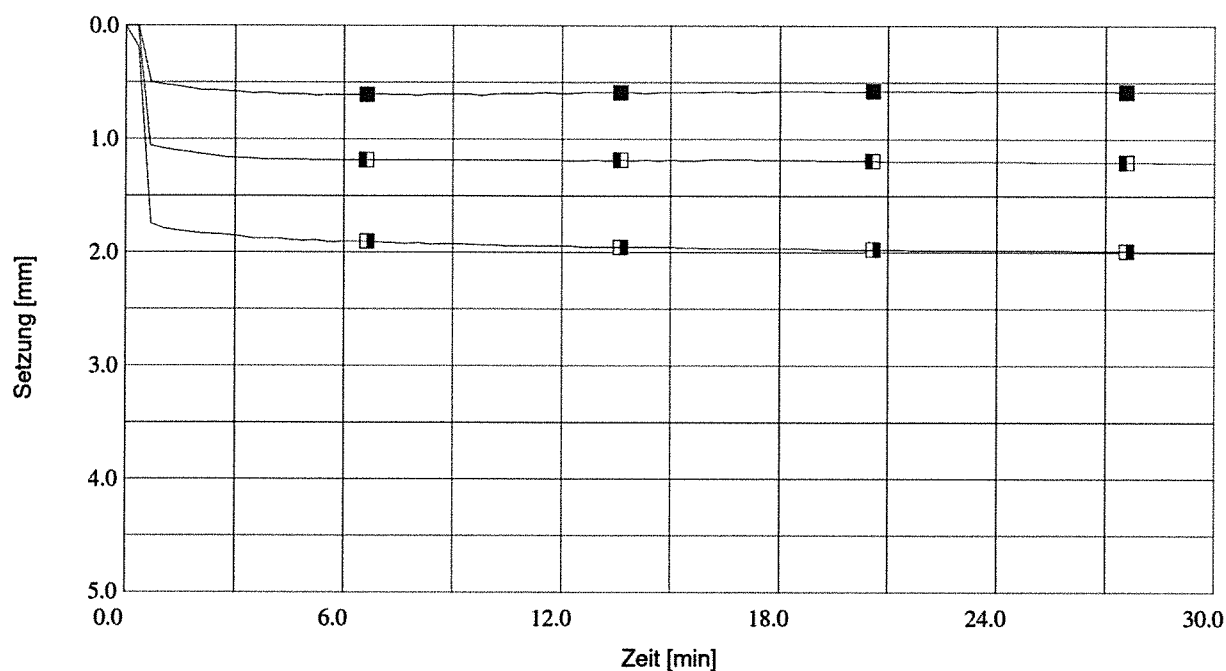
Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
1 ■	7.4	6.8	0.21	-----	29.42	0.41
2 □	17.4	16.8	0.35	-----	28.79	0.50
3 ▣	47.2	47.1	0.11	-----	28.02	0.54

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047bc  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 1  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



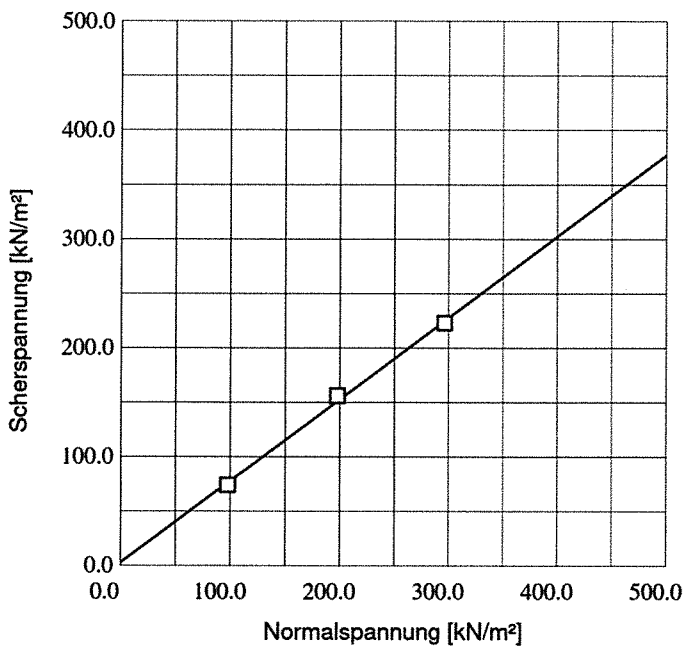
Nr.	Normalspannung kN/m²	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
1 ■	10	0.58	30	30.00	29.42
2 ■	20	1.21	30	30.00	28.79
3 ■	50	1.98	30	30.00	28.02

MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047bc  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 2  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Bruchparameter

Reibungswinkel	36.87 [°]
Kohäsion	2.05 [kN/m²]
Korrelation	1.00

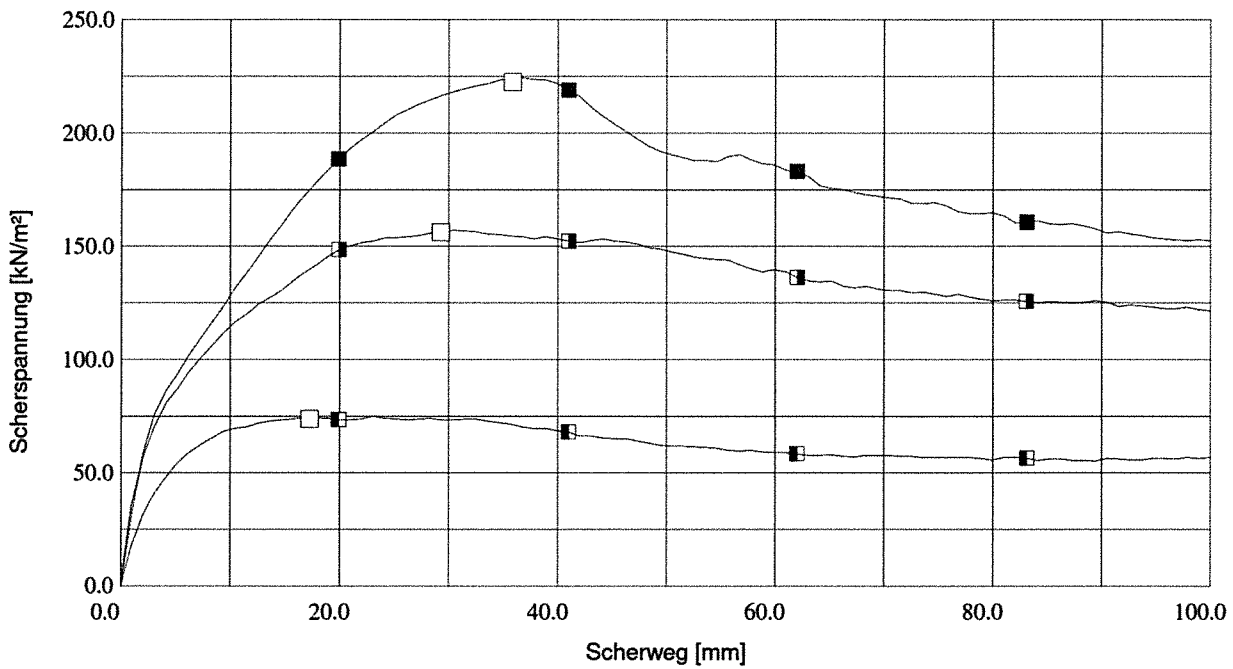
Restscherfestigkeit

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

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Restsf-Spannung kN/m²	Restsf-Weg mm
	Bruch	Restsf.				
6	297.0	296.7	222.36	35.89	-----	-----
7	98.6	97.0	73.56	17.32	-----	-----
8	198.6	199.1	155.95	29.32	-----	-----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Scherspannungs-Weg-Diagramm

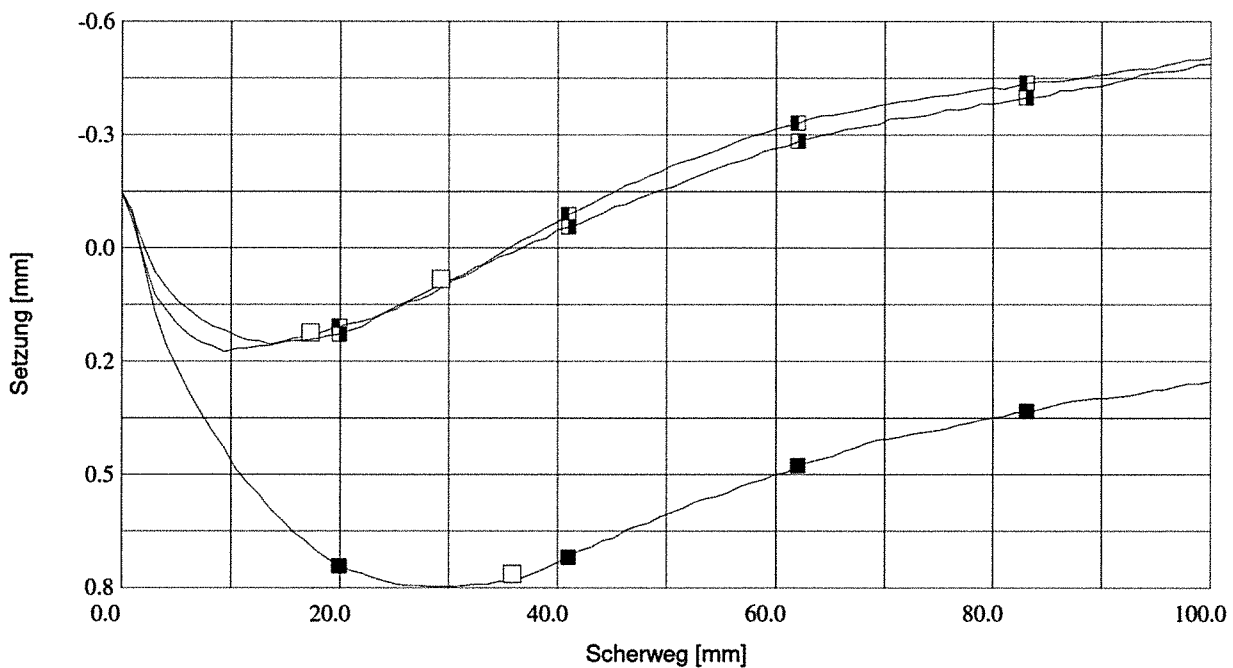
Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Bruchfläche cm <sup>2</sup>	Bruchgeschw. mm/min	Restsf-Fläche cm <sup>2</sup>	Restsf-Geschw. mm/min
	Bruch	Restsf.				
6 ■	297.0	296.7	900.00	0.67000	-----	-----
7 □	98.6	97.0	900.00	0.67000	-----	-----
8 ■	198.6	199.1	900.00	0.67000	-----	-----

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Setzungs-Weg-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m <sup>2</sup>		Setzung bei Bruch mm	Setzung bei Restsf. mm	Probenhöhe Scherbeginn mm	Maximale Setzung mm
	Bruch	Restsf.				
6 ■	297.0	296.7	1.35	-----	9.62	1.38
7 □	98.6	97.0	0.50	-----	11.91	0.56
8 ■	198.6	199.1	0.31	-----	11.32	0.53

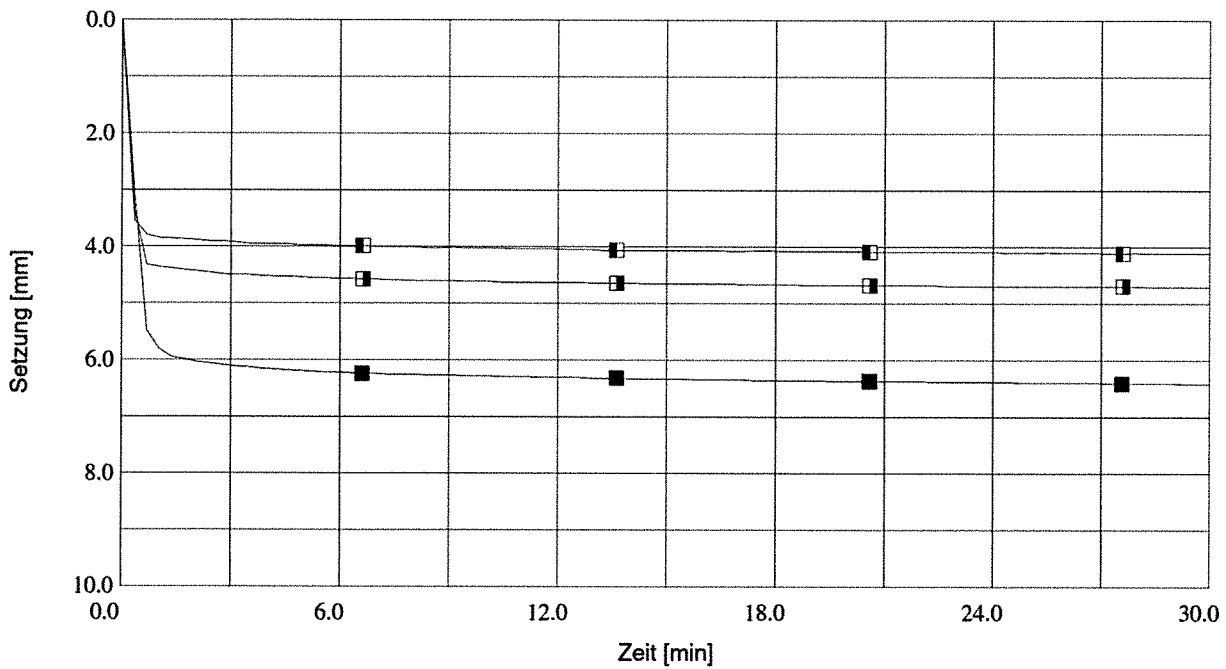


MFPA Weimar  
 Abt. Geo- und Umwelttechnik  
 Coudraystraße 4  
 99423 Weimar

Name 16047bc  
 ProjNr. 51.16.047  
 Anlage 2  
 Projekt GSV Deponie Ihlenberg MFA BA 3

## DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Konsolidierungs-Diagramm

Entnahmestelle k.A.  
 Entnahmetiefe k.A.  
 Entnahmetag k.A.  
 Bodenart KDB AGRU MST HighGrip // Sandschutzmatte  
 Einbau -  
 ausgeführt am 06/2016  
 ausgeführt von Lo



Nr.	Normalspannung kN/m²	Setzung mm	Konsolidierungsdauer min	Probenhöhe zu Beginn mm	Probenhöhe Ende mm
6 ■	300	6.38	30	16.00	9.62
7 □	100	4.09	30	16.00	11.91
8 □	200	4.68	30	16.00	11.32