



## **Deponie Odelsham Errichtung und Betrieb einer Deponie der Klasse I**

**Nachweis der Standsicherheit  
in der Fassung vom 04.01.2016**

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung.....	3
2	Unterlagen .....	3
3	Beschreibung der Baumaßnahme.....	3
4	Geologie und Hydrogeologie .....	4
	4.1 Geologie.....	4
	4.2 Hydrogeologie.....	4
5	Grundlagen der Berechnungen .....	4
	5.1 Anstehender Untergrund .....	4
	5.2 Wiederverfüllung Kiesgrube.....	5
	5.3 Deponiegut .....	6
	5.4 Klassifizierung und Kenngrößen.....	6
6	Grundwassersituation.....	6
7	Geotechnische Nachweise .....	6
	7.1 Basisentwässerung .....	6
	7.2 Basisabdichtung .....	7
	7.2.1 Verformungen.....	7
	7.2.2 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7 .....	9
	7.3 Oberflächenabdichtung .....	10
	7.3.1 Spreizsicherheit nach Brauns.....	10
	7.3.2 Böschungsbruch nach DIN 4084.....	11
	7.3.3 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7 .....	11
	7.4 Wartungsweg .....	12
8	Sonstige Hinweise zur Bauausführung .....	13
9	Schlussbemerkung .....	13

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Planunterlagen
	1.1a Lageplan OK Basisabdichtung mit Eintrag Schnitt 1
	1.2a Lageplan UK Oberflächenabdichtung mit Eintrag Schnitt 1
	1.3a Schnitt 1
	1.4a Regelschnitt Abdichtungssysteme
Anlage 2	Geotechnische Berechnungen
	2.1 Setzungen der Basisentwässerung
	2.2 Gleitsicherheit der Basisabdichtung nach GDA E 2-7
	2.3 Nachweis gegen Spreizen
	2.4 Nachweis gegen Böschungsbruch nach DIN 4084 für die Endgestaltung
	2.5 Gleitsicherheit der Oberflächenabdichtung nach GDA E 2-7
	2.6 Nachweise im Bereich des Wartungsweges

## 1 Veranlassung

Die Zosseder GmbH Abbruch und Entsorgung, Eiselfing, plant den Neubau einer Deponie der Klasse I im Bereich einer Kiesgrube Odelsham.

Das Büro Roth & Partner GmbH wurde von der Zosseder GmbH Abbruch und Entsorgung mit der Genehmigungsplanung beauftragt. Im diesem Rahmen sind auch Standsicherheitsuntersuchungen durchzuführen.

Im nachfolgenden Bericht wird die Standsicherheit der Abdichtungssysteme (Basis- und Oberflächenabdichtung) und des Deponiekörpers untersucht. Zudem werden Empfehlungen zur Wiederverfüllung der Kiesgrube ausgearbeitet.

## 2 Unterlagen

- [1] Grube Odelsham, Gemeinde Babensham, Kiesabbau mit Wiederverfüllung, Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg, 13.04.2011
- [2] Zusammenfassendes hydrogeologisches Gutachten, Geplanter Kiesabbau mit Rückverfüllung im Bereich von Odelsham/Wasserburg, Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg, 10.03.2008
- [3] Baugrunderkundung, Ergänzung zum Hydrogeologischen Gutachten vom 22.12.2004, Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg, 04.03.2005
- [4] Baugrunderkundung, Hydrogeologisches Gutachten, Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg, 22.12.2004
- [5] Errichtung und Betrieb Deponie Odelsham, Genehmigungsplanung, Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH, Karlsruhe, Sept./Okt. 2011

## 3 Beschreibung der Baumaßnahme

Die geplante Deponie liegt westlich der Gemeinde Odelsham, ca. 100 m östlich des Inns.

Auf einer geplanten Fläche von ca. 4,5 ha findet aktuell Kiesabbau statt. Die entstehende Kiesgrube soll anschließend bis nahezu Geländeoberkante (GOK) wieder verfüllt werden und hierauf eine Deponie der Klasse I errichtet werden.

Die geplante Deponie weist folgende Randdaten auf [5]:

- Höhengniveau OK Basisabdichtung: 448 – 458 m+NN
- maximale Neigung der Basisabdichtung: 1:15 (6,43 %)
- Aufbau der Basisabdichtung: 0,30 m Flächenfilter  
0,50 m mineralische Abdichtung  
0,50 m Verbesserung geologische Barriere
- Höhengniveau OK Oberflächenabdichtung: 452 – 482 m+NN
- Regelneigung (= max. Neigung) der Oberflächenabdichtung: 1:3
- Aufbau der Oberflächenabdichtung: 2,20 m Rekultivierungsschicht  
0,30 m Flächenfilter (in Geotextil)  
0,0025 m (2,5 mm) Kunststoffdichtungsbahn  
0,30 m Schutzschicht

Die Gemeinde Babensham und die geplante Deponie liegen außerhalb der Erdbebenzonen nach DIN 4149, Fassung 2005.

## **4 Geologie und Hydrogeologie**

### **4.1 Geologie**

Nach [2] sind im Bereich von Babensham würmeiszeitliche Niederterrassen bis Spätglazialschotter vorhanden. Die Deponie liegt auf einer Niederterrasse des Inns. Östlich der Innterrasse steigt das Gelände in Form eines Moränenwalls an.

Unter geringmächtigen Decklagen in Form von schluffigen Abschlammungen im östlichen Hangfußbereich und stark brüchigen Rotlagekiesen im Deponiebereich stehen Terrassen- und Spätglazialschotter an, die bis in Tiefen von 3,4 – 13,0 m reichen.

Darunter folgen durchgehend Moränenablagerungen in Form von Schluffen mit sandigen, tonigen und steinigen Beimengungen in steifer bis fester Konsistenz.

Unterhalb der Moränensedimente sind frühwürmeiszeitliche Schotter (sandige, schluffige Kiese) und darunter Würm-Riss-Interglaziale Seesedimente (tonige, organische Schluffe) vorhanden.

### **4.2 Hydrogeologie**

Nach [2] besteht bis auf Höhe des Innvorflutniveaus (ca. 32 m unter GOK im Bereich der gepl. Deponie) kein zusammenhängender Grundwasserkörper.

Im oberflächennahen Bereich wurde im Bereich des Tiefpunkts der Moränensedimente eine maximale Schichtwassermächtigkeit von 2 m über OK Moränensedimente erkundet. Der Schichtwasserhorizont verläuft in den Terrassenschottern.

## **5 Grundlagen der Berechnungen**

### **5.1 Anstehender Untergrund**

Die nachfolgende Baugrundbeurteilung basiert auf den Aussagen in [2 – 4]. Weitere Erkundungen wurden nicht durchgeführt.

Generell stehen unter einer 0,10 – 0,20 m mächtigen Mutterbodenschicht Schluffe und Kiese der Decklagen bis 1,60 m u. GOK an. Darunter folgen dann die Terrassenschotter (die im Zuge des Kiesabbaus ausgehoben werden; siehe Abschnitt 5.2) bis 13,0 m u. GOK. Die darunter anstehenden Moränensedimente reichen bis nahezu 30 m u. GOK.

Bei den Moränensedimenten handelt es sich um stark schluffige Kiese (GU\* nach DIN 18196) bis kiesig-sandige Schluffe (UL/TL nach DIN 18196) in steifer bis fester Konsistenz.

Evtl. noch anstehender Mutterboden (in den Randbereichen) ist als schützenswerter Boden nach BauGB §202 separat abzuschleppen.

## 5.2 Wiederverfüllung Kiesgrube

Nach Aushub der Terrassenschotter wird die entstandene Kiesgrube (Aushubtiefe: 3,40 – 5,50 m) bis UK Basisabdichtung wieder verfüllt.

Für die Verfüllung der Kiesgrube empfehlen wir Materialien der Bodengruppen SI, SW, GI, GW, SU, GU, ST, GT nach DIN 18196 mit einem Feinkornanteil bis maximal 15 %.

Diese Böden weisen gute Einbaueigenschaften auf und sind wenig anfällig, was Witterungseinflüsse betrifft.

Sollten andere Böden – z. B. die Böden der Bodengruppen SU\*, GU\*, ST\* und GT\* nach DIN 18196 – mit höherem Feinkornanteil (15 – 40 %) eingebaut werden, ist zu beachten, dass diese Böden witterungsanfällig sind. Aufgenommenes Niederschlagswasser wird nur sehr langsam wieder abgegeben, wodurch die Böden nicht mehr optimal verdichtet werden können.

Um die geforderten Verdichtungsgrade und Tragfähigkeitswerte nach ZTVE-StB 09 zu erreichen, erfordern Einbau und Verdichtung von Böden generell klar definierte Randbedingungen. So können Böden nur eingebaut werden, wenn der Wassergehalt innerhalb der Grenzwerte der Proctorkurve für den jeweiligen Verdichtungsgrad liegt.

**Tab. 1: Verdichtungsgrade nach ZTVE-StB 09, Tab. 2**

Bodengruppen	Bereich	D <sub>Pr</sub>
GW, GI, GU SW, SI, SU	Planum bis 1,0 m Tiefe	100 %
	tiefer 1,0 m unter Planum	98 %

Materialien sind lagenweise einzubauen. Die Schütthöhen der einzelnen Lagen im unverdichteten Zustand sollten – in Abhängigkeit des Verdichtungsgerätes – 0,50 m nicht überschreiten.

Aushubmaterial, welches für den Wiedereinbau vorgesehen ist und zwischengelagert werden muss, ist im Zwischenlager vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Bezüglich Witterungsschutzes wird auf die Vorgaben der ZTVE-StB 09, auf die DIN 18300 und auf das „Merkblatt für Maßnahmen zum Schutz des Erdplanums“ hingewiesen.

Für die Überwachung des fachgerechten Einbaus empfehlen wir die Aufstellung eines Qualitätssicherungsplans.

Die nachfolgenden Berechnungen legen den vorgenannten „fachgerechten“ Einbau zugrunde.

### 5.3 Deponiegut

Bei den Berechnungsparametern für den Deponiekörper wird unterstellt, dass das Deponiegut einigermaßen verdichtet und gegen Niederschlag geschützt eingebaut wird.

Es werden mineralische Abfälle, Böden, Aschen, Schlacken etc. eingebaut. Die angenommenen Parameter beruhen auf Erfahrungen von solchen Einbaustoffen.

### 5.4 Klassifizierung und Kenngrößen

Den einzelnen Bodenschichten können mittlere Bodenkenngrößen (Literaturwerte) gemäß nachfolgender Tabelle als Basis der Berechnungen zugeordnet werden.

**Tab. 2: Kenngrößen**

Bodenbezeichnung	Dim.	Moränen-sedimente <sup>2)</sup>	Verfüllmaterial Kiesgrube <sup>1)</sup>	Deponiegut	Abdichtung	Rekult.-Schicht
Bodengruppe DIN 18196	-	GU*, UL/TL	GW, GI, GU, SW, SI, SU	-	TM, TA	SU – SU*, GU – GU*
Feuchtwichte $\gamma_k$	kN/m <sup>3</sup>	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Wichte unter Auftrieb $\gamma'_k$	kN/m <sup>3</sup>	11,0	11,0	11,0	10,0	12,0
Scherfestigkeit $\varphi_k$	°	27,5	27,5 – 30,0	30,0	27,5	27,5
Kohäsion $c_k$	kN/m <sup>2</sup>	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
Steifeziffer $E_{s,k}$	MN/m <sup>2</sup>	15,0	60,0	-	10,0	-

<sup>1)</sup> Bei den unter Abschnitt 5.2 beschriebenen Anforderungen sind die Materialparameter ohne weitere Maßnahmen zu erreichen.

<sup>2)</sup> Die Werte wurden aufgrund der Beschreibungen in [2 – 4] abgeschätzt.

## 6 Grundwassersituation

Zusammenhängende Grundwasserbereiche sind nicht bzw. nur in größeren Tiefen (tiefer 20 m u. GOK) vorhanden.

Es ist mit Schichtenwasser auf den bindigen Moränensedimenten zu rechnen.

Bei den anstehenden, durchlässigen Wiederverfüllböden und Terrassenschottern ist eine Drainage unterhalb der Basisabdichtung zur Fassung von Schichtwasseraustritten aus unserer Sicht nicht erforderlich.

In den nachfolgenden Berechnungen wird vorausgesetzt, dass sich kein Wasserdruck von unten aufbauen kann.

## 7 Geotechnische Nachweise

### 7.1 Basisentwässerung

In Anlage 2.1 wurden die Setzungen auf der Oberkante der Basisabdichtung an 3 Stellen berechnet. Maßgebend für die Setzungen ist der Endzustand der geplanten Deponieschüttung (siehe Anlage 1.2).

Ein weiterer maßgebender Faktor für die Größe der Setzungen ist die Verdichtung der Kiesgrubenverfüllung, bei dem die unter Abschnitt 5.2 genannten Anforderungen zu erfüllen sind.

In der Berechnung wurden Ersatzflächenlasten von 20 m x 10 m angenommen.

**Tab. 3: Ergebnisse der Setzungsberechnungen**

Bereich	Setzungen	Relevante Länge	Gegengefälle aus Setzungen	geplantes Gefälle	Restgefälle
Böschungsfußpunkt	1,7 cm	-	-	-	-
max. Überschüttung	26,2 cm	120 m	-0,20 % ((26,2 cm – 1,7 cm)/120 m)	3,65 %	3,45 %
min. Gefälle der Entwässerung	18,5 cm	140 m	-0,12 % ((18,5 cm – 1,7 cm)/140 m)	2,00 %	1,88 %

Es somit auch unter Berücksichtigung der Setzungen noch ein „Restgefälle“ von mindestens 1,88 % vorhanden, welches immer noch über dem erforderlichen Gefälle nach DIN 19667<sup>1</sup> von 1,0 % liegt.

Die Ergebnisse der Setzungsberechnungen sind in Anlage 2.1 dargestellt.

### 7.2 Basisabdichtung

#### 7.2.1 Verformungen

Die zulässigen Verformungen der Basisabdichtung wurden von EDELMANN<sup>2</sup> in einem Modellversuch 1998 untersucht und in Form von zulässigen Krümmungsradien angegeben. Demnach sind an Deponiebasisabdichtungen aus leicht plastischen Schluffen Krümmungsradien von R = 70 m zulässig, bevor Wasserdurchtritte festzustellen waren. Bei Tonen sind sogar Krümmungsradien von R = 6 m zulässig.

In der LWA-Richtlinie Nr. 18<sup>3</sup> sind Krümmungsradien von R = 200 m für mindestens mittelplastische feinkörnige Böden zulässig. Der Nachweis nach GDA, E 2-13 kann dann entfallen.

<sup>1</sup> DIN 19667 – Dränung von Deponien, Planung, Bauausführung und Betrieb, 2009-10

<sup>2</sup> Beitrag zum Grenzverformungsverhalten und zur Gebrauchstauglichkeit horizontaler mineralischer Deponiebarrieren, Lorenz Edelmann, Mitteilungen des Institutes und der Versuchsanstalt für Geotechnik der TU Darmstadt, Heft 40, Darmstadt, März 1998

<sup>3</sup> Abfallwirtschaft NRW, Mineralische Deponieabdichtungen, Landesamt für Wasser und Abfall, Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, aktualisierte Fassung 2006

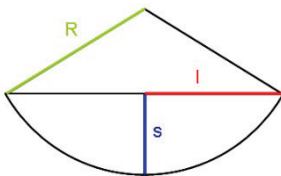
Aufgrund der in Anlage 2.1 durchgeführten Setzungsberechnungen liegen die maximalen Setzungen unter den maximalen Schütthöhen und die minimalen Setzungen am Böschungsfuß bzw. Deponierand.

Der Krümmungsradius ergibt sich nach der Formel für die Berechnung eines Kreissegments zu:

$$R = \frac{4 \cdot s^2 + (2 \cdot l)^2}{8 \cdot s}$$

Die einzelnen Parameter sind in Bild 1 dargestellt. Dabei sind:

- s = maximale Setzungsdifferenz
- l = kürzester Abstand zwischen Böschungsfuß und Deponierand
- R = Krümmungsradius



**Bild 1: Kreissegment**

Die errechneten Krümmungsradien in den einzelnen Bereichen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Dabei betrachtet Berechnung Nr. 1 den Bereich mit den größten Schütthöhen (unter dem Deponiehochpunkt), da hier die größten Absolutsetzungen zu erwarten sind. Die größten Setzungsdifferenzen treten hier zwischen Hochpunkt und Deponierand auf.

Im Bereich Nr. 2 liegt die minimale Neigung in der Basisentwässerung vor. Zudem ist hier ein relativ kurzer Abstand zwischen Hochpunkt und Deponierand bzw. zwischen maximalen und minimalen Setzungen.

Die Berechnung Nr. 3 legt den Einbauzustand der 1. Lage mit einer minimalen Schüttagendicke von 1,00 m und der Belastung aus einem Einbaufahrzeug auf dieser Schüttagelage zu Grunde. Es soll ermittelt werden, wie steil diese Lage geschüttet werden kann, ohne dass schädliche Spannungszustände in der Basisabdichtung im Übergang zum nicht überschütteten Bereich auftreten.

Die Berechnung Nr. 4 legt den Einbauzustand eines Zwischenplateaus mit einer exemplarischen Mächtigkeit von 3,00 m. Es soll auch hier ermittelt werden, wie steil dieses Zwischenplateau geschüttet werden kann, ohne dass schädliche Spannungszustände in der Basisabdichtung im Übergang zum nicht überschütteten Bereich auftreten.




**Tab. 4: Ergebnisse der Verformungsberechnungen**

Nr.	Bereich	Beschreibung	Parameter <sup>1)</sup>			Bewertung
			s	l	R	
1	Endgestaltung; maximale Überschüttung	Bereich zwischen maximaler Überschüttung und Deponierand	24,5 cm	83 m	<b>14059 m</b>	Die errechneten Radien liegen über dem Mindestwert von 200 m.
2	Endgestaltung; minimales Gefälle der Entwässerung	Bereich zwischen Überschüttung und Deponierand im Bereich der min. Entwässerung	16,8 cm	45 m	<b>6027 m</b>	Die errechneten Radien liegen über dem Mindestwert von 200 m.
3	Bauzustand; Materialeinbau 1. Lage	Schüttung 1,0 m und Bagger	0,4 cm	<b>1,23 m</b>	200 m	Bei einer Böschungs- neigung von 1:1,23 ist der min. Radius von 200 m eingehalten.
4	Schüttphase	Schüttung 3,0 m	1,7 cm	<b>2,58 m</b>	200 m	Bei einer Böschungs- neigung von 1:0,86 (3m/2,58m) ist der min. Radius von 200 m eingehalten.

<sup>1)</sup> Die errechneten Werte sind **fett** geschrieben.

Die einzelnen Ergebnisse sind wie folgt zu bewerten.

Im Zuge der Endgestaltung (Berechnungen Nr. 1 und 2) liegen die zu erwartenden Krümmungsradien deutlich über dem minimalen Wert von  $R = 200$  m. Insofern liegen hier keine kritischen Verformungszustände im Bereich der mineralischen Abdichtung vor.

Beim Einbau der Deponiematerialien in der 1. Lage (Berechnung Nr. 3) empfehlen wir eine Vor-Kopf-Schüttung in einer Stärke von 1,00 m. Um den geforderten Krümmungsradius von  $R = 200$  m einzuhalten, ist diese Schüttung mindestens mit einer Neigung 1:1,23 (oder flacher) abzuböschern. Nur so kann ein kontinuierlicher Übergang zwischen Schüttung und lastfreiem Bereich geschaffen werden.

Gleiches gilt für die Erstellung von Schüttphasen bzw. Arbeitsplateaus (Berechnung Nr. 4). Beispielhaft wurde in Anlage 2.1 eine Schütthöhe (aufgebaut aus mehreren Einzellagen) von 3,00 m betrachtet. Um den geforderten Krümmungsradius von  $R = 200$  m einzuhalten, ist diese Schüttung mindestens mit einer Neigung 1:0,86 (3:2,58; oder flacher) abzuböschern – wir empfehlen eine Neigung von maximal 1:1. Nur so kann ein kontinuierlicher Übergang zwischen Schüttung und lastfreiem Bereich geschaffen werden.

### 7.2.2 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7

In Anlage 2.2 wurden für die Basisabdichtung die Gleitsicherheitsnachweise nach GDA E 2-7 in verschiedenen Lastfällen nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1045, 2005-01 berechnet. Die Nachweise wurden für den maßgebenden Lastfall im Bereich mit einer Neigung von  $3,7^\circ$  berechnet (siehe Anlage 2.2, Berechnung i).

Die Ergebnisse werden in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Randbedingungen sind detailliert in Anlage 2.2 aufgeführt.

**Tab. 5: Ergebnisse der Gleitsicherheitsnachweise**

Berechnung nach Anl. 2.2	Randbedingungen (im Endzustand)	Lastfall nach DIN 1054	erf. $\varphi_k$	erf. $\varphi'$ (Laborwert)
a)	mit Extremeinstau, ohne Verkehr	2	5,8°	6,4°

$\varphi_k$  stellt den charakteristischen Wert der erforderlichen Gesamtscherfestigkeit dar.  $\varphi'$  ist der im Laborversuch nachzuweisende Wert der erforderlichen Gesamtscherfestigkeit mit

$$\tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10} .$$

Maßgebend ist die Lastsituation  $\text{d)}$  mit einem maximalen Einstau in Anlehnung an die GDA E 2-14. Wir teilen hier die Ansicht der GDA, wonach es sich hierbei um einen Extremfall handelt. Aus unserer Sicht ist dieser Fall nicht relevant, da er nur während der Bauzeit und nur bei andauernden Starkregenereignissen auftritt. Im Endzustand (nach Herstellen der Abdichtung) ist ein Witterungsschutz auf der Abdichtung vorgesehen, so dass dieser Lastfall eigentlich nicht eintritt.

Da hier jedoch relativ geringe Scherparameter gefordert werden, empfehlen wir eine **charakteristischen Gesamtscherfestigkeit von  $\varphi_k = 5,8^\circ$**  zu fordern. In Laborversuchen ist demnach eine Gesamtscherfestigkeit von  $\varphi' = 6,4^\circ$  nachzuweisen (s. o.).

Die erforderlichen Gesamtscherfestigkeiten sind innerhalb und zwischen jeder Schicht des Abdichtungssystems nachzuweisen. Dabei sind die Nachweise mindestens mit Teilsicherheiten von  $\gamma = 1,00$  ohne den Nachweis von Kohäsion zu führen.

Falls die Abdichtung sukzessive mit der Deponieschüttung vom Tiefpunkt nach „oben“ aufgebaut wird, sind die o. g. Belastungsfälle nicht gegeben.

Der Nachweis in der Gleitfuge zwischen Abdichtungssystem und Untergrund wurde nicht geführt.

Bei einem vorhandenen Reibungswinkel im Untergrund von  $\varphi_k = 27,5^\circ$  (siehe Tab. 1) und einer o. g. maßgebenden, erforderlichen Gesamtscherfestigkeit von  $\varphi_k = 5,8^\circ$  ist die Gleitsicherheit in der Fuge zwischen Abdichtungssystem und Untergrund ohne rechnerischen Nachweis gegeben.

## 7.3 Oberflächenabdichtung

### 7.3.1 Spreizsicherheit nach Brauns

In Anlage 2.3 wurde der Spreizsicherheitsnachweis nach Brauns auf Basis des Teilsicherheitskonzeptes geführt.

Für den Steilbereich ist Spreizen nicht maßgebend, da das Deponiegut von unten gegen die Böschung aufgebaut wird.

Maßgebend sind hierfür im Endzustand die maximale Neigung der Basisabdichtung von 6,43 % bzw. 3,7° und die Böschungsneigung des Deponiekörpers von 1:3,0 bzw. 18,4°.

Es ist ein charakteristischer Sohlreibungswinkel von  $\delta_{\text{erf, k}} = 9,9^\circ$  erforderlich.

Demnach sind die vorhandenen Sohlreibungswinkel (= Scherfestigkeit des Untergrundes, der Basisabdichtung und des Deponiegutes  $\varphi_k = 27,5^\circ$ ) ausreichend.

### 7.3.2 Böschungsbruch nach DIN 4084

Wie in Anlage 1.2 dargestellt besitzt die Oberflächenabdichtung eine Regelneigung von 1:3,0. Dies ist auch gleichzeitig die maximale Böschungsneigung.

Maßgebend für die Berechnung wird hier die größte Böschungslänge im südwestlichen Deponiebereich. Hier wurde der Schnitt 1 angelegt (siehe Anlagen 1.1 – 1.3).

Beim Nachweis wurden die Abdichtungen zudem als eine Schicht mit gleichen (Mindest-) Parametern angesetzt.

Es wurden drei Nachweise geführt, deren Ergebnisse in nachfolgender Tabelle dargestellt sind.

**Tab. 6: Ergebnisse der Nachweise gegen Böschungsbruch**

Berechnung nach Anl. 2.4	Randbedingungen (im Endzustand)	Lastfall nach DIN 4084	vorh. $\mu$
oberflächennahe Bruchmuschel	Bruchmuschel liegt überwiegend in der Oberflächenabdichtung	1	0,77
„mitteltiefe“ Bruchmuschel	Bruchmuschel liegt in der Oberflächenabdichtung und im Deponiekörper	1	0,76
tiefe Bruchmuschel	Bruchmuschel liegt überwiegend im Deponiekörper und durchschneidet den Untergrund	1	0,71

Die Standsicherheit konnte in allen Nachweise mit Ausnutzungsgraden von vorh.  $\mu = 0,71 - 0,77 < \text{zul. } \mu = 1,00$  nachgewiesen werden.

Oberflächennahe Bruchmechanismen mit Tiefen  $< 1,00$  m wurden nicht berücksichtigt.

### 7.3.3 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7

In Anlage 2.5 wurden für die Oberflächenabdichtung mit einer Regelneigung von 1:3,0 die Gleitsicherheitsnachweise nach GDA E 2-7 in verschiedenen Lastfällen nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1045, 2005-01 berechnet.

Die Ergebnisse werden in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Randbedingungen sind detailliert in Anlage 2.5 aufgeführt.

Tab. 7: Ergebnisse der Gleitsicherheitsnachweise

Berechnung nach Anl. 2.5	Randbedingungen (im Endzustand)	Lastfall nach DIN 1054	erf. $\varphi_k$	erf. $\varphi'$ (Laborwert)
b)	ohne Einstau, ohne Verkehr	1	22,6°	24,6°
c)	mit kompl. Einstau, ohne Verkehr	2	22,1°	24,1°
d)	ohne Einstau, mit Verkehr	2	22,4°	24,4°
e)	mit kompl. Einstau, mit Verkehr	3	20,8°	22,7°
f)	ohne Einstau, mit Bewuchs	1	24,0°	26,1°
g)	mit kompl. Einstau, mit Bewuchs	2	23,3°	25,4°
h)	ohne Einstau, mit Bewuchs, mit Schnee	2	22,7°	24,7°

$\varphi_k$  stellt den charakteristischen Wert der erforderlichen Gesamtscherfestigkeit dar.  $\varphi'$  ist der im Laborversuch nachzuweisende Wert der erforderlichen Gesamtscherfestigkeit mit

$$\tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10}$$

Die Nachweise f) – h) wurden in Anlehnung an das Handbuch Abfall der LfU Baden-Württemberg<sup>4</sup> geführt.

Maßgebend ist die Lastsituation f) ohne Einstau der Entwässerungsschicht und mit einem Baumbewuchs der Oberfläche mit einer nachzuweisenden **charakteristischen Gesamtscherfestigkeit von  $\varphi_k = 24,0^\circ$** . In Laborversuchen ist demnach eine Gesamtscherfestigkeit von  $\varphi' = 26,1^\circ$  nachzuweisen (s. o.).

Die erforderlichen Gesamtscherfestigkeiten sind innerhalb und zwischen jeder Schicht des Abdichtungssystems nachzuweisen. Dabei sind die Nachweise mindestens mit Teilsicherheiten von  $\gamma = 1,00$  ohne den Nachweis von Kohäsion zu führen.

#### 7.4 Wartungsweg

Im Endzustand soll auf der Rekultivierungsschicht ein Wartungsweg erstellt werden, welcher mit üblichen Fahrzeugen (Lastansatz: SLW 30) befahren werden kann. Dabei soll der Wartungsweg nicht bis in die Oberflächenabdichtung durchprofiliert werden, sondern diese mit der Regelneigung von 1:3 unter dem Weg verlaufen.

Um eine waagrechte Fahrfläche zu erstellen ist bei einer Breite des Weges von 3,00 m auf der Regelneigung 1:3 ein Keil mit einer talseitigen Höhe von 1,00 m zu schütten.

<sup>4</sup> Forstwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfall-konformer Oberflächenabdichtung, Handbuch Abfall, Band 13, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 1997

In Anlage 2.6 wurden die Verkehrslasten auf und in dem Reku-Boden eingetragen und die resultierenden Setzungen/Verformungen im Bereich der KDB bzw. des Geotextils auf dem Flächenfilter betrachtet.

**Tab. 8: Ergebnisse der Berechnungen**

Niveau Wartungsweg	Ergebnis	Bewertung
auf dem Reku-Boden	Setzungen von $s < 1$ cm; Einflusstiefe liegt im Reku-Boden, oberhalb des Geotextils	Kein Einfluss auf Geotextil und KDB.
1,0 m in den Reku-Boden einschneidend	Setzungen von $s < 0,5$ cm; Einflusstiefe reicht knapp bis in den Flächenfilter unterhalb des Geotextils	Verformung (Dehnung) im Geotextil $\varepsilon < 0,5$ %. I. d. R. von Geotextil schadlos aufnehmbar. Kein Einfluss auf die KDB.

Zudem wurde in Anlage 2.6 der lokale Böschungsbruch nach DIN 4084 unter der Verkehrslast SLW 60 berechnet. Auch die Gleitsicherheit der Oberflächenabdichtung wurde in Abschnitt 7.3.3 unter Ansatz einer Verkehrslast nachgewiesen.

Die Standsicherheit konnte (im Lastfall 2) mit einem Ausnutzungsgrad vorh.  $\mu = 0,87 <$  zul.  $\mu = 1,00$  nachgewiesen werden. Anmerkung: auch im Lastfall 1 ist mit vorh.  $\mu = 0,96$  noch eine ausreichende Sicherheit vorhanden.

Wir empfehlen, den Weg hangseitig 0,5 m in die Rekultivierungsschicht einzuschneiden und talseitig auf die Rekultivierungsschicht aufzubauen. Bei einer Querneigung von 5 % zur Entwässerung (bei  $b = 3,00$  m ergeben 5 % Querneigung eine Höhendifferenz von 0,15 m), sind talseitig lediglich noch 0,35 m aufzutragen. Die seitlichen, steileren Böschungen können mit 1:1,5 ohne nennenswerten Einfluss auf die Standsicherheit ausgebildet werden.

Hinsichtlich des Aufbaus des Wirtschaftsweges empfehlen wir eine Schotterschicht in einer Stärke von 0,50 m direkt auf dem Reku-Boden. Bei dieser Bauweise können lokale Setzungen oder Schadensbereiche ohne großen Aufwand nachgebessert werden.

## 8 Sonstige Hinweise zur Bauausführung

Wird das Basisabdichtungssystem über eine längere Zeit der Witterung ausgesetzt so sind Maßnahmen zum Witterungsschutz – Austrocknung, Frostschutz, Erosion – zu betreiben.

## 9 Schlussbemerkung

Im vorliegenden Gutachten wurde die Standsicherheit der geplanten Deponie betrachtet.

Dabei wurden erforderliche Scherfestigkeiten im Basis- und Oberflächenabdichtungssystem über den Nachweis der Gleitsicherheit definiert.

Für die Basisabdichtung wurde die Verträglichkeit der auftretenden Verformungen nachgewiesen bzw. Randbedingungen zum Einhalten dieser aufgestellt.

Des Weiteren wurde die Spreizsicherheit der Deponieböschung auf dem vorhandenen Untergrund nachgewiesen.

Entlang der Basisentwässerung wurden die Setzungen unter der maximalen Auflast aus der Deponieschüttung berechnet und das erforderliche Minimalgefälle der Deponieentwässerung nachgewiesen.

Bei den geplanten Böschungsneigungen von 1:3 ( $\cong$  33 %) davon auszugehen, dass nach Abschluss der Setzungen im Deponiekörper das Mindestgefälles der Oberflächenabdichtung von 5 % nach GDA eingehalten ist. Auf einen Nachweis wurde verzichtet.

Dieser Bericht besteht aus 14 Seiten (inkl. Deckblatt) und den Anlagen 1 bis 2.

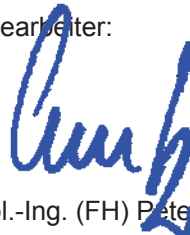
INGENIEURBÜRO ROTH  
& PARTNER GMBH

Projektleiter:



Dipl.-Ing. (FH) Helmut Schwarzmüller

Projektbearbeiter:



ppa. Dipl.-Ing. (FH) Peter Cuntz



## **Anlage 1**

### **Planunterlagen**

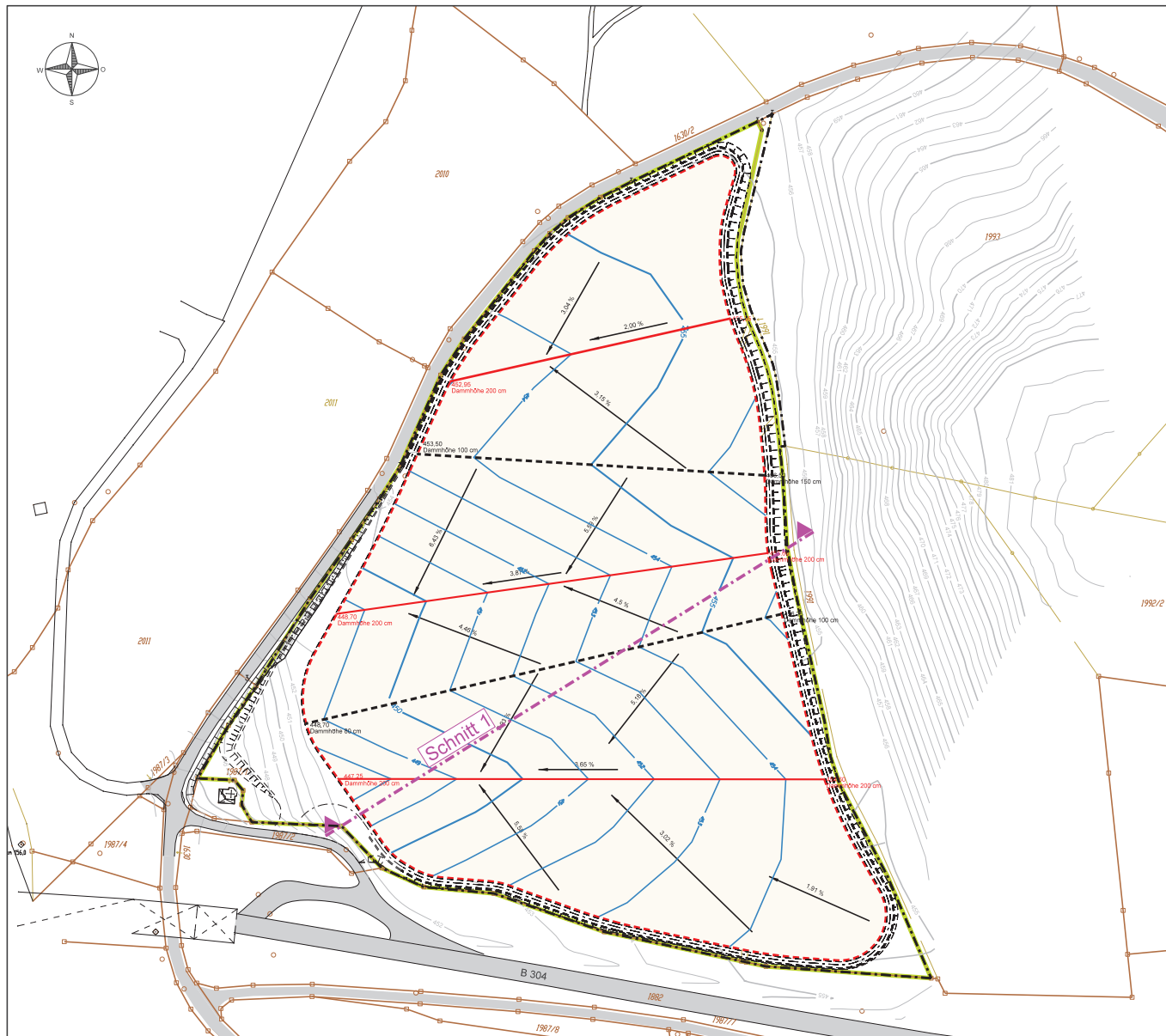
- 1.1a Lageplan OK Basisabdichtung mit Eintrag Schnitt 1**
- 1.2a Lageplan UK Oberflächenabdichtung mit Eintrag Schnitt 1**
- 1.3a Schnitt 1**
- 1.4a Regelschnitt Abdichtungssysteme**



**Anlage 1.1a**

**Lageplan OK Basisabdichtung mit Eintrag Schnitt 1**





### LEGENDE

- Höhenlinien Bestand
- Geltungsbereich Abbau und Deponie
- Geltungsbereich Deponie
- Flurgrenze mit Flurstücksnr.
- Flurstücksgrenze NA
- öffentliche Straßen /Wege
- Bereich OK Basisabdichtung
- Höhenlinien OK Basisabdichtung (OK Flächenfilter)
- ▲ Schnitt 1

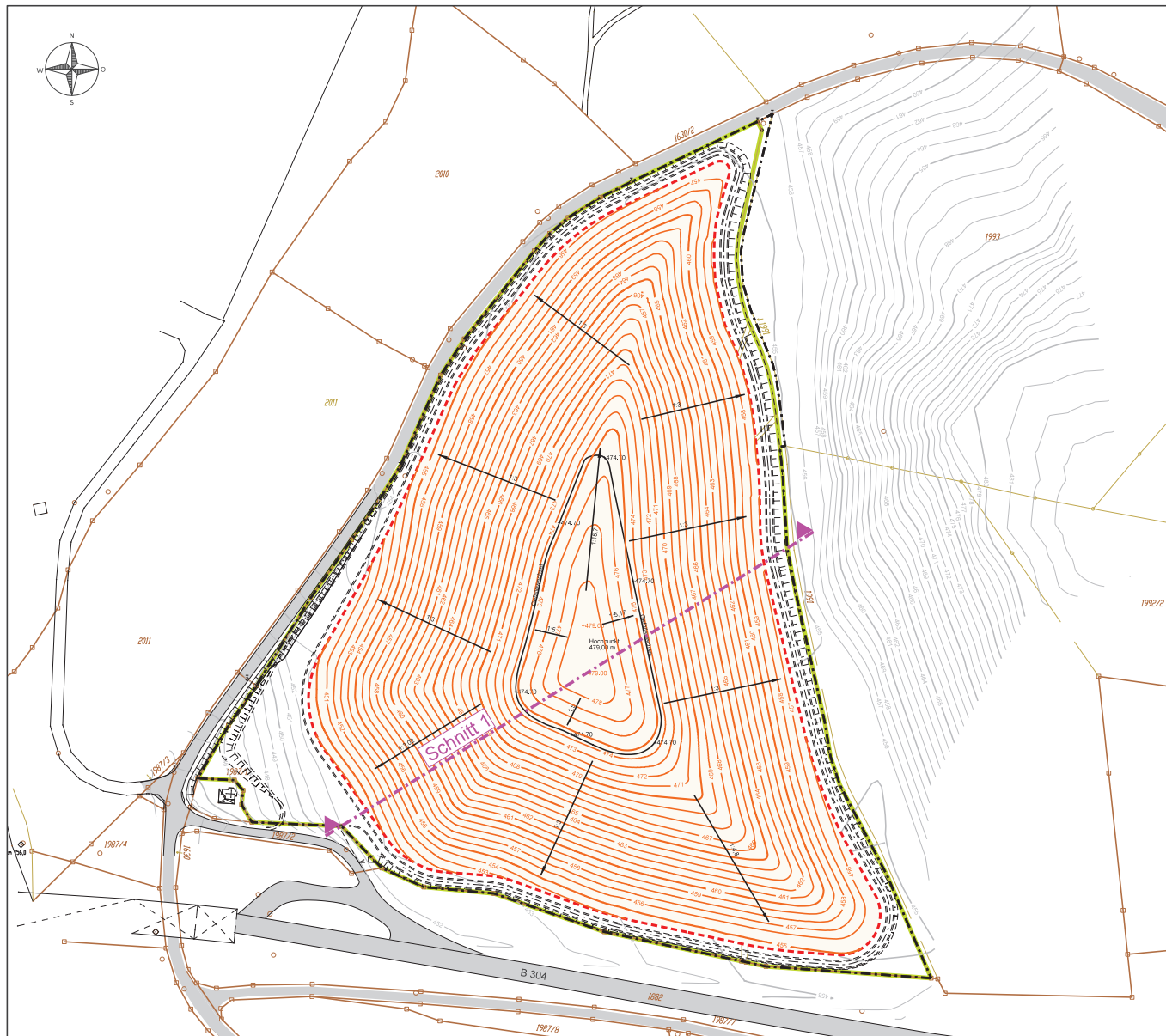
Plangrundlage:  
 -Bestandsplan Aufmaß Höhenlinien Stand 15.07.06, Landschaftsarchitekt Köppel, Mönheim / Inn  
 -Eigentliche Vermessung vom Juli 2011 im Deponieeingangsbereich, und südwestlicher Teil der angrenzenden Verkeimwege, Zossecker GmbH

<b>Projekt</b>				
<b>Einrichtung und Betrieb Deponie Odelsham</b>				<b>Projektnummer</b> 11 R 067
<b>Planungsstand</b> Genehmigungsplanung in der Fassung vom 14.08.2015 Gutachten zur Standsicherheit			<b>Maßstab</b> 1:1500	<b>Anlage</b> <b>1.1a</b>
<b>Planinhalt</b> Höhenlinienplan OK Basisabdichtung				
<b>Auftraggeber</b>				
<b>ZOSSEDER</b> Zossecker GmbH Abbruch und Entsorgung Spielberg 1 83549 Eiselfing				
<b>Planungsbüro</b> INGENIEURBÜRO ROTH & PARTNER				Karlsruhe, Juni 2013 in der Fassung vom 14.08.2015
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH Hans-Sachs-Straße 9 · 76133 Karlsruhe Telefon 0721 93453-0 · Telefax +99 Info@ib-roth.com · www.ib-roth.com				
Gez.	Datum	Name	Ersatz für	Ersetzt durch
	Nov. 2011	König	<b>1.1</b>	
Gepr.	Datum	Änderung		
a	26.03.2013	Abschnitt 4 entfallen		
Alle Rechte dieser Zeichnung unterliegen dem Urheberrecht gemäß DIN 34				
Datei: D:\Projekte\11R067-Odelsham\Änderungsantrag\Gutachten Standsicherheit\Anlage 1-1.dgn				



**Anlage 1.2a**

**Lageplan UK Oberflächenabdichtung mit Eintrag Schnitt 1**



### LEGENDE

- 455 Höhenlinien Bestand
- Geltungsbereich Abbau und Deponie
- Geltungsbereich Deponie
- 1987/7 Flurgrenze mit Flurstücksnr.
- Flurstücksgrenze NA
- öffentliche Straßen /Wege
- Bereich Planum Oberflächenabdichtung
- 455 Höhenlinien  
Planum Oberflächenabdichtung
- Schnitt 1

Plangrundlage:  
 -Bestandsplan Aufmaß Höhenlinien Stand 15.07.06, Landschaftsarchitekt Köppel, Mönheim / Inn  
 -Eigenschaftliche Vermessung vom Juli 2011 im Deponieeingangsbereich, und südwestlicher Teil der angrenzenden Venetierwege, Zossecker GmbH.

<b>Projekt</b>				
<b>Einrichtung und Betrieb Deponie Odelsham</b>				<b>Projektnummer</b> 11 R 067
<b>Planungsstand</b> Genehmigungsplanung in der Fassung vom 14.08.2015 Gutachten zur Standsicherheit			<b>Maßstab</b> 1:1.500	<b>Anlage</b> 1.2a
<b>Planinhalt</b> Höhenlinienplan Planum Oberflächenabdichtung				
<b>Auftraggeber</b>				
<b>ZOSSEDER</b> Zossecker GmbH Abbruch und Entsorgung Spielberg 1 83549 Eiselfing				
<b>Planungsbüro</b> INGENIEURBÜRO ROTH & PARTNER				Karlsruhe, Juni 2013 in der Fassung vom 14.08.2015 
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH Hans-Sachs-Straße 9 · 76133 Karlsruhe Telefon 07 21 9 8453-0 · Telefax +99 Info@ib-roth.com · www.ib-roth.com				
Gez.	Datum	Name	Ersatz für	Ersetzt durch
	Nov. 2011	König	1.2	
Gepr.	Datum	Änderung		
	26.03.2013	Abschnitt 4 entfallen		
Alle Rechte dieser Zeichnung unterliegen dem Urheberrecht gemäß DIN 34				
Datei: D:\Projekte\11R067-Odelsham\Änderungsantrag\Gutachten Standsicherheit\Anlage 1-2a.dgn				



**Anlage 1.3a**

**Schnitt 1**





**Anlage 1.4a**

**Regelschnitt Abdichtungssysteme**





## Anlage 2

### Geotechnische Berechnungen

- 2.1 Setzungen der Basisentwässerung**
- 2.2 Gleitsicherheit der Basisabdichtung nach GDA E 2-7**
- 2.3 Nachweis gegen Spreizen**
- 2.4 Nachweis gegen Böschungsbruch nach DIN 4084 für die Endgestaltung**
- 2.5 Gleitsicherheit der Oberflächenabdichtung nach GDA E 2-7**
- 2.6 Nachweise im Bereich des Wartungsweges**





**Anlage 2.1**

**Setzungen der Basisentwässerung**

# Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

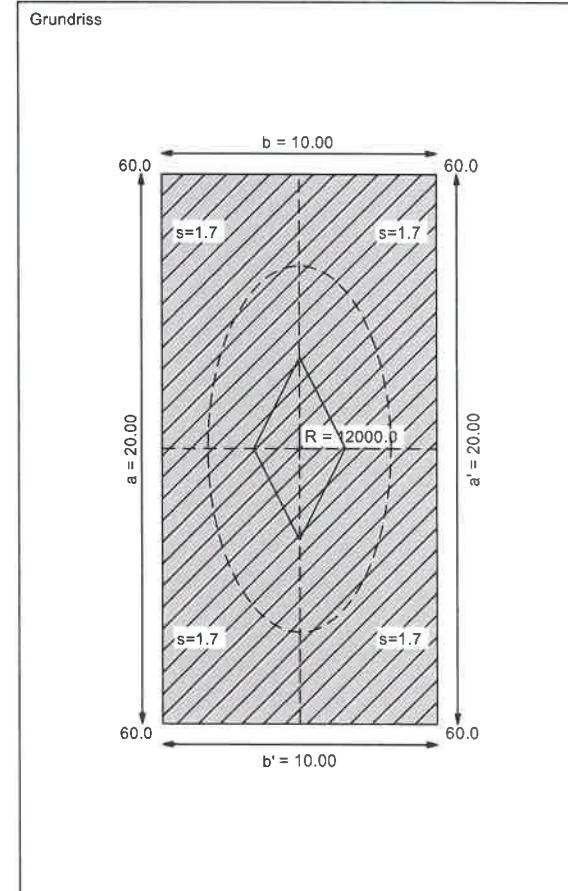
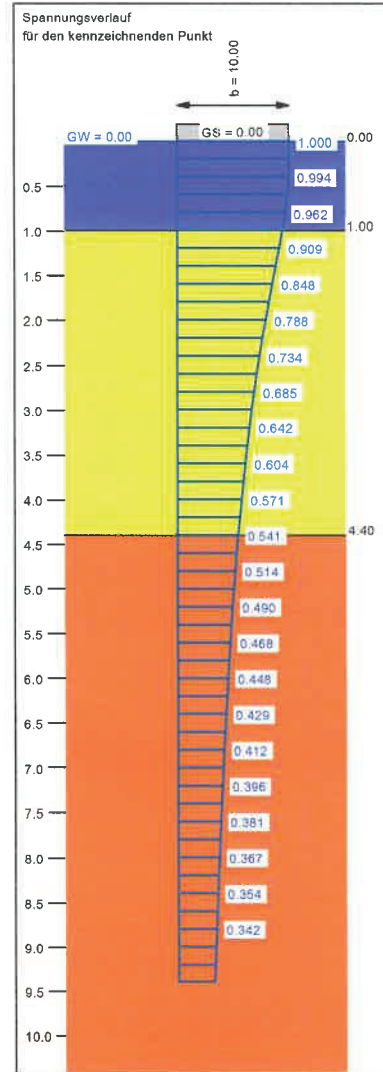
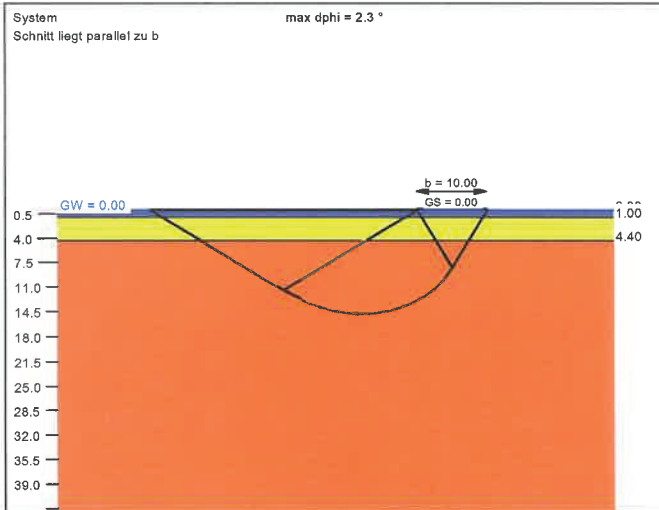
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	10.0	10.0	0.00	Basisabdichtung
	20.0	11.0	30.0	0.0	60.0	0.00	Wiederverfüllung
	20.0	10.0	27.5	0.0	15.0	0.00	Moränensedimente

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)  
 Teilsicherheitskonzept  
 $\gamma(Gr) = 1.40$   
 $\gamma(G) = 1.35$   
 $\gamma(Q) = 1.50$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$



Ergebnisse Einzelfundament:  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 12000.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = 0.00 / 0.00$  kN \* m

Länge a = 20.00 m  
 Breite b = 10.00 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 20.00 m  
 Breite b' = 10.00 m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 20.00 m  
 Breite b' = 10.00 m

Grundbruch:  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 652.4 / 466.0$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_k = 130483.8$  kN  
 $R_d = 93202.7$  kN  
 $V_d = 1.35 * 12000.00 + 1.50 * 0.0$  kN

$V_d = 16200.0$  kN  
 $\mu$  (parallel zu b) = 0.174  
 cal  $\phi = 28.0$  °  
 cal c = 0.53 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.32$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_0 = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 9.39$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.66 cm

Setzungen unter Endgestaltung, Fusspunkt, h = 3 m (OK OA bis OK BA)

# Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

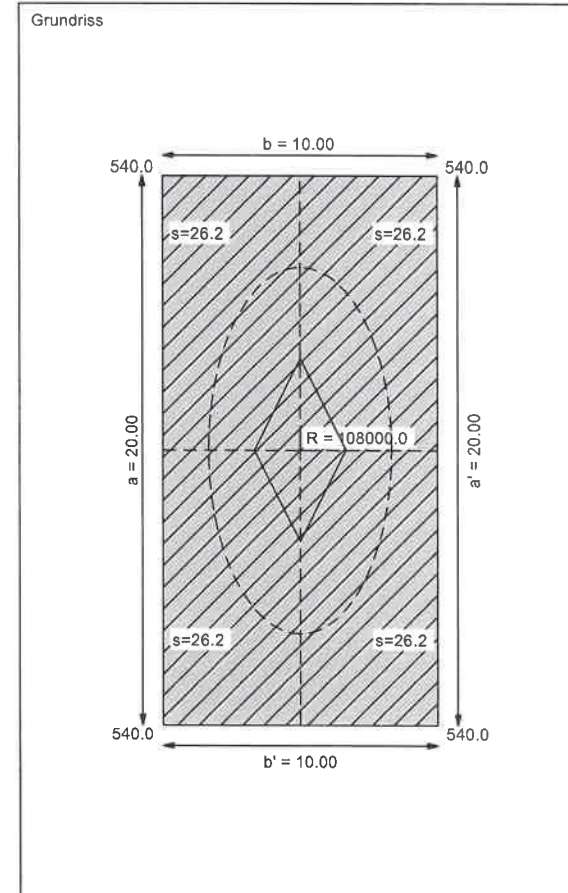
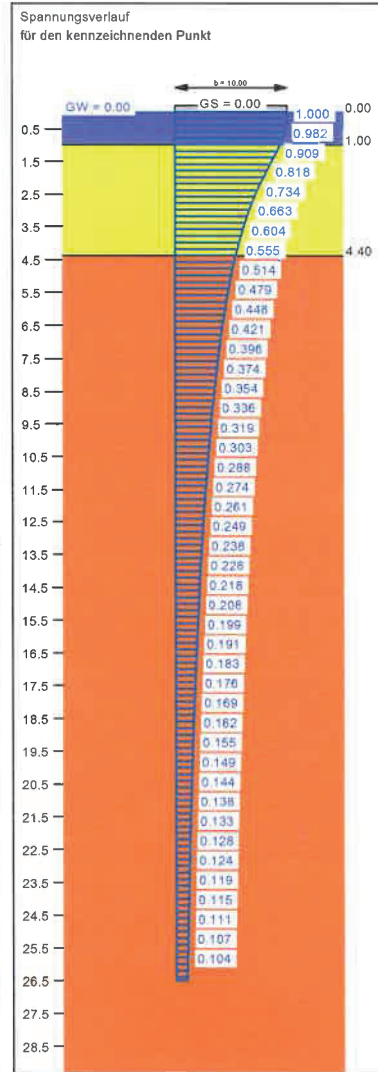
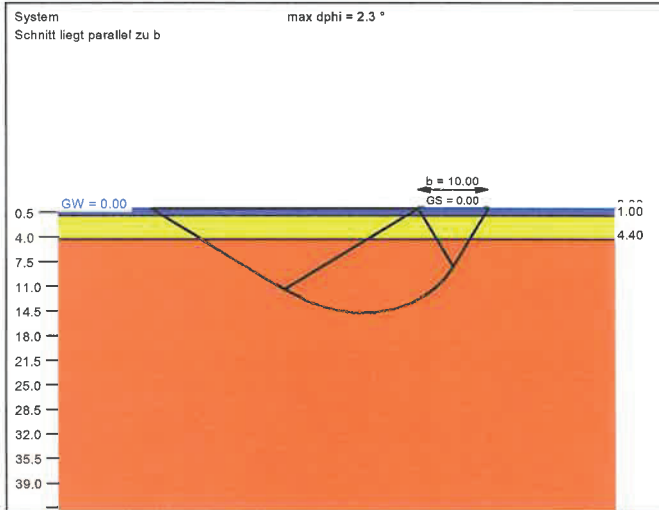
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	10.0	10.0	0.00	Basisabdichtung
	20.0	11.0	30.0	0.0	60.0	0.00	Wiederverfüllung
	20.0	10.0	27.5	0.0	15.0	0.00	Moränensedimente

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)  
 Teilsicherheitskonzept  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Gründungssole = 0.00 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$



**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 108000.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Länge  $a = 20.00$  m  
 Breite  $b = 10.00$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge  $a' = 20.00$  m  
 Breite  $b' = 10.00$  m  
 Unter Gesamlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge  $a' = 20.00$  m  
 Breite  $b' = 10.00$  m

$V_d = 145800.0$  kN  
 $\mu$  (parallel zu b) = 1.564  
 cal  $\phi = 28.0^\circ$   
 cal  $c = 0.53$  kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.32$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 26.51$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 26.22 cm

**Grundbruch:**  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 652.4 / 466.0$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_k = 130483.8$  kN  
 $R_d = 93202.7$  kN  
 $V_d = 1.35 * 108000.00 + 1.50 * 0.0$  kN

Setzungen unter Endgestaltung, Hochpunkt, h = 27 m (OK OA bis OK BA)

# Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

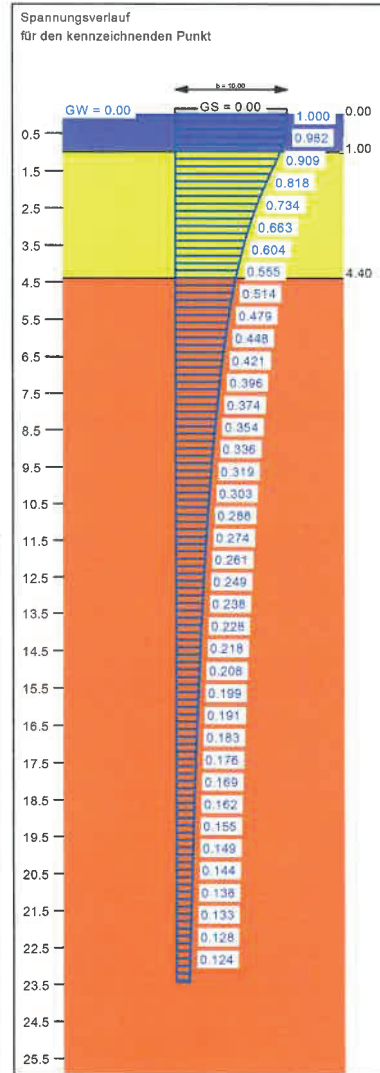
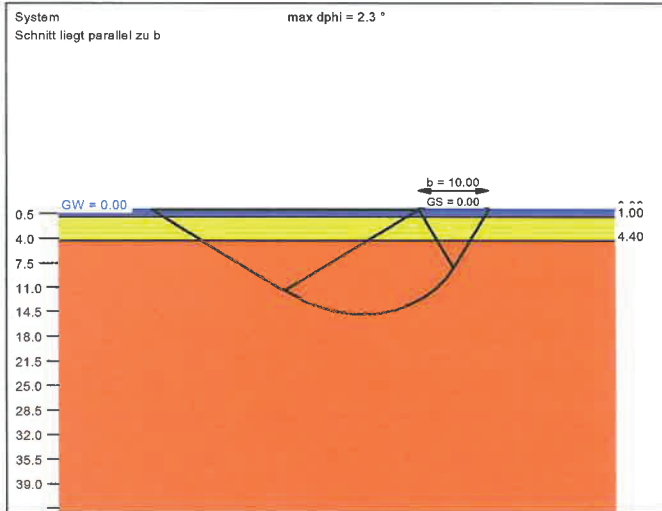
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99

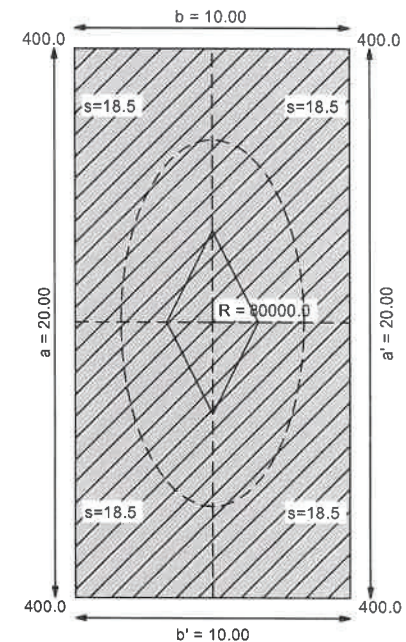


Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	10.0	10.0	0.00	Basisabdichtung
	20.0	11.0	30.0	0.0	60.0	0.00	Wiederverfüllung
	20.0	10.0	27.5	0.0	15.0	0.00	Moränensedimente

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)  
 Teilsicherheitskonzept  
 $\gamma$  (Gr) = 1.40  
 $\gamma$  (G) = 1.35  
 $\gamma$  (Q) = 1.50  
 Gründungssole = 0.00 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %



Grundriss



Ergebnisse Einzelfundament:  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 80000.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Länge a = 20.00 m  
 Breite b = 10.00 m

$R_d = 93202.7$  kN  
 $V_d = 1.35 * 80000.00 + 1.50 * 0.0$  kN  
 $V_d = 108000.0$  kN  
 $\mu$  (parallel zu b) = 1.159  
 cal  $\phi = 28.0$  °  
 cal c = 0.53 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.32$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>




Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 20.00 m  
 Breite b' = 10.00 m

Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 20.00 m  
 Breite b' = 10.00 m

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 23.44$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 18.53 cm

Grundbruch:  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 652.4 / 466.0$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_k = 130483.8$  kN

Setzungen unter Endgestaltung, min. Basisgefälle von 2 %, h = 20 m (OK OA bis OK BA)

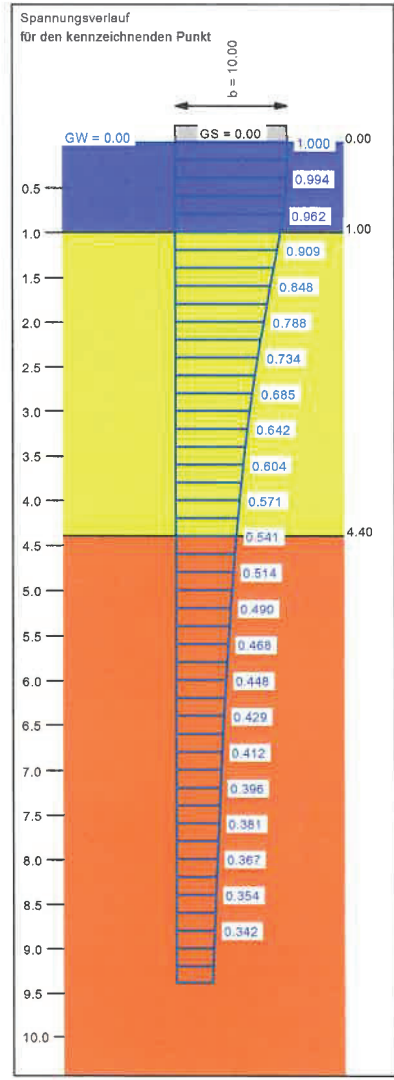
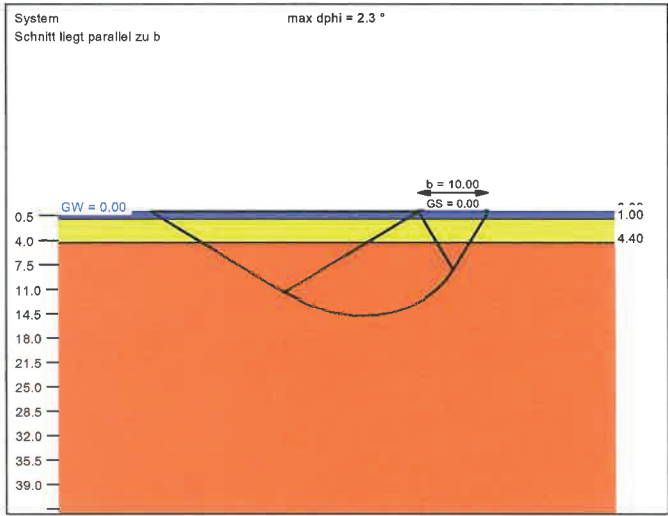
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	10.0	10.0	0.00	Basisabdichtung
	20.0	11.0	30.0	0.0	60.0	0.00	Wiederverfüllung
	20.0	10.0	27.5	0.0	15.0	0.00	Moränensedimente

## Projekt: Deponie Odelsham

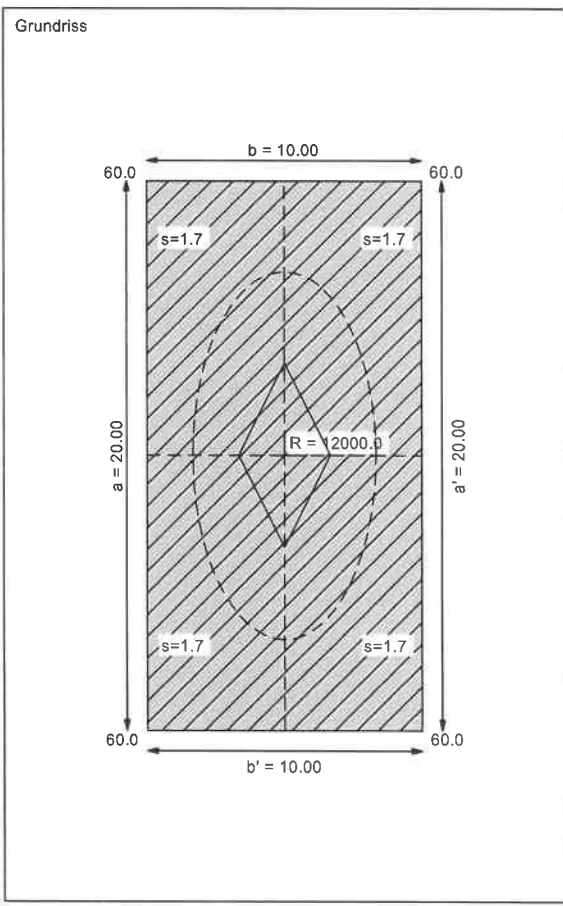
Auftraggeber: Zosseder GmbH

Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)  
 Teilsicherheitskonzept  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0 \%$



**Ergebnisse Einzelfundament:**

Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 12000.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = 0.00 / 0.00$  kN \* m

Länge a = 20.00 m  
 Breite b = 10.00 m

Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 20.00 m  
 Breite b' = 10.00 m

Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 20.00 m  
 Breite b' = 10.00 m

**Grundbruch:**  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 652.4 / 466.0$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_k = 130483.8$  kN  
 $R_d = 93202.7$  kN  
 $V_d = 1.35 * 12000.00 + 1.50 * 0.0$  kN

$V_d = 16200.0$  kN  
 $\mu$  (parallel zu b) = 0.174  
 cal  $\phi = 28.0$  °  
 cal c = 0.53 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.32$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 9.39$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.66 cm

Setzungen im Bauzustand, h = 3 m (OK bis OK BA)

# Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

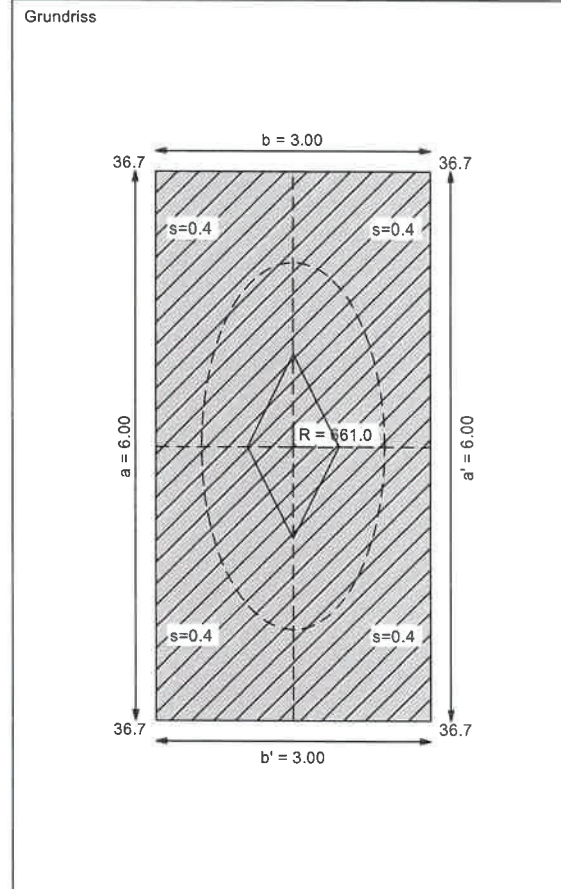
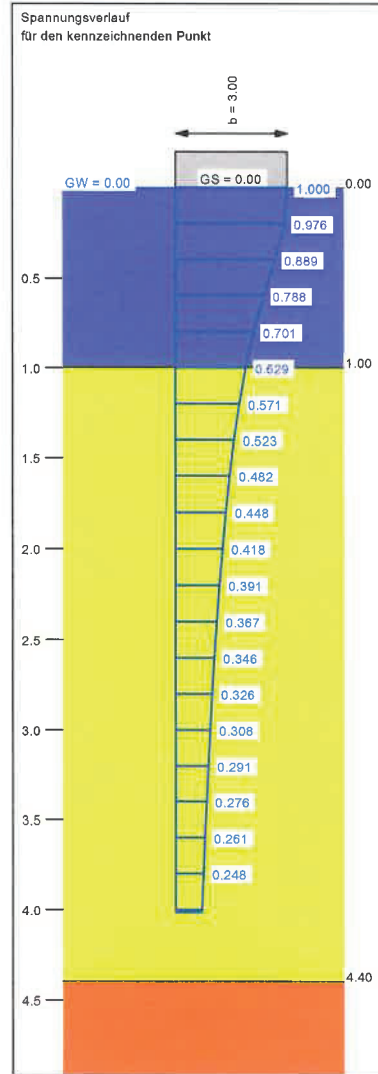
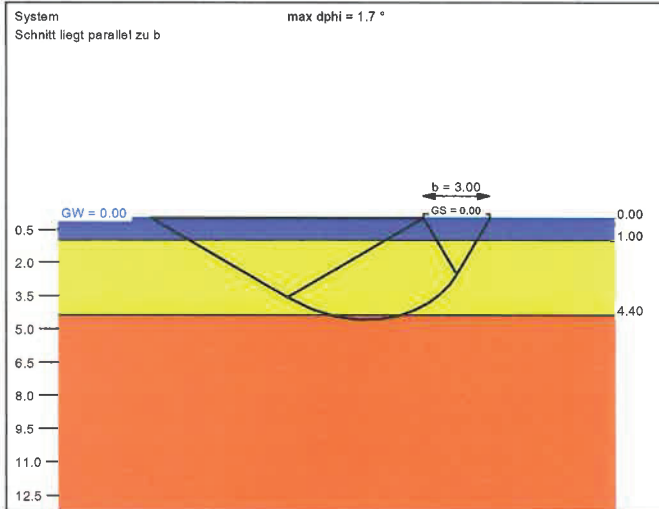
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	10.0	10.0	0.00	Basisabdichtung
	20.0	11.0	30.0	0.0	60.0	0.00	Wiederverfüllung
	20.0	10.0	27.5	0.0	15.0	0.00	Moränensedimente

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)  
 Teilsicherheitskonzept  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$



**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 661.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Länge  $a = 6.00$  m  
 Breite  $b = 3.00$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.00$  m  
 Breite  $b' = 3.00$  m  
 Unter Gesamlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge  $a' = 6.00$  m  
 Breite  $b' = 3.00$  m

$V_d = 892.4$  kN  
 $\mu$  (parallel zu b) = 0.232  
 cal  $\phi = 29.2^\circ$   
 cal c = 1.68 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.67$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 4.01$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.38 cm

**Grundbruch:**  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 298.9 / 213.5$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_k = 5380.2$  kN  
 $R_d = 3843.0$  kN  
 $V_d = 1.35 * 661.00 + 1.50 * 0.0$  kN

Setzungen im Bauzustand, h = 1 m (OK bis OK BA) + Bagger



**Anlage 2.2**

**Gleitsicherheit der Basisabdichtung nach GDA E 2-7**

**Gleitsicherheitsnachweis des Basisabdichtungssystems nach GDA E 2-7 nach dem Teilsicherheitskonzept DIN 1054, 2005-01**

**Randbedingungen**

Nachweis:  $\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00$

Grenzzustand GZ 1c (Verlust der Gesamtstandsicherheit) nach DIN 1054

Max. Böschungsneigung Flachbereich:  $\beta = 6,43 \% = 3,7^\circ$

Feuchtwichte:  $\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$

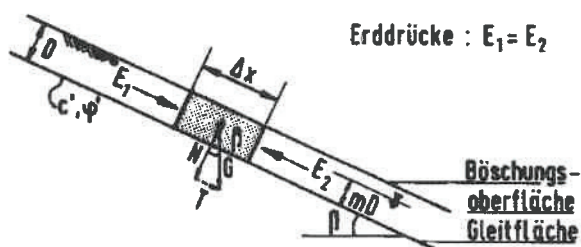
Wichte unter Auftrieb:  $\gamma'_k = 12,0 \text{ kN/m}^3$

Wichte Wasser:  $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Schichtdicke Flächenfilter:  $D = 0,30 \text{ m}$

durchströmte Höhe:  $h$

Verkehr:  $p_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$



**Bild: Wirkende Kräfte gem. GDA-E 2-7 (Bild 2-7.1)**

**a) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand mit Extremeinstau – LF 2 für den Flachbereich**

$$E_d = \tan \beta \cdot (h_{extr.} \cdot \gamma'_k \cdot \gamma_G + h_{extr.} \cdot \gamma_w \cdot \gamma_G + (D - h_{extr.}) \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G)$$

mit  $\gamma_G = 1,00$  (Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)  
 $h_{extr.} = 0,167 \text{ m}$  (Extremeinstau)

$$E_d = \tan 3,7^\circ \cdot (0,167 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 0,167 \text{ m} \cdot 10,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + (0,30 \text{ m} - 0,167 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00)$$

$$= 0,410 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d = \tan \varphi_d \cdot (h_{extr.} \cdot \gamma'_k + (D - h_{extr.}) \cdot \gamma_k)$$

$$= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot (h_{extr.} \cdot \gamma'_k + (D - h_{extr.}) \cdot \gamma_k)$$



mit  $\gamma_\varphi = 1,15$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,15} \cdot (0,167 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 + (0,30 \text{ m} - 0,167 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3)$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 4,056 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{0,410 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 4,056 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\begin{aligned} \text{erf. } \varphi_k &= \arctan 0,101 \\ &= 5,8^\circ \end{aligned}$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

Versuchswert  $\varphi'$  aus  $\tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10}$  zu

$$\begin{aligned} \text{erf. } \varphi' &= \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10) \\ &= \arctan (\tan 5,8^\circ \cdot 1,10) \\ &= \arctan 0,112 \\ &= 6,4^\circ \end{aligned}$$



**Anlage 2.3**

**Nachweis gegen Spreizen**



**Berechnungen der Spreizsicherheit nach Brauns<sup>1</sup>  
nach dem Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, 2005-01**

Die Spreizsicherheit von Böschungen auf geneigtem Gelände berechnet sich nach Brauns wie folgt:

$$\tan \delta_{\text{erf, d}} = \frac{\sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot \sin \left[ \arcsin \left( \frac{\sin \beta_d}{\sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi}} \right) - \beta_d + 2 \cdot \varepsilon_d \right]}{1 + \sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot \cos \left[ \arcsin \left( \frac{\sin \beta_d}{\sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi}} \right) - \beta_d + 2 \cdot \varepsilon_d \right]}$$

Spreizen ist lediglich im Flachbereich möglich. Die maximale Neigung der Basisabdichtung (= Profilierung Basisgelände) beträgt hier 6,43 % bzw. 3,7° (siehe auch Anlage 3.2). Daraus ergibt sich für den Endzustand:

- mit  $\delta_{\text{erf, k}}$  (erforderlicher Sohlreibungswinkel)
- $\varphi_k = 27,5^\circ$  (Reibungswinkel des Deponiematerials)
- $\varepsilon_d = 3,7^\circ$  (Geländeneigung Basis ca. 7,4 %)
- $\beta_d = 18,4^\circ$  (Böschungswinkel Deponiekörper = 1:3,0)
- mit  $\gamma_\varphi = 1,25$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)

$$\tan \delta_{\text{erf, d}} = \frac{\sin 27,5^\circ \cdot \frac{1}{1,25} \cdot \sin \left[ \arcsin \left( \frac{\sin 18,4^\circ}{\sin 27,5^\circ \cdot \frac{1}{1,25}} \right) - 18,4^\circ + 2 \cdot 3,7^\circ \right]}{1 + \sin 27,5^\circ \cdot \frac{1}{1,25} \cdot \cos \left[ \arcsin \left( \frac{\sin 18,4^\circ}{\sin 27,5^\circ \cdot \frac{1}{1,25}} \right) - 18,4^\circ + 2 \cdot 3,7^\circ \right]}$$

= 0,219

$\delta_{\text{erf, d}} = \arctan 0,219$

= 12,4°

$\tan \delta_{\text{erf, k}} = \tan \delta_{\text{erf, d}} \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi}$

= 0,219 ·  $\frac{1}{1,25}$

$\delta_{\text{erf, k}} = 9,9^\circ$

<sup>1</sup> Spreizsicherheit von Böschungen auf geneigtem Gelände, J. Brauns, Bauingenieur 55 (1980) 433-436



$$\delta_{\text{vorh,k}} = 27,5^\circ$$

(Reibungswinkel in der Scherfuge; gleich dem min.  
inneren Reibungswinkel des Deponiematerials  $\varphi_k$ )

$$\text{aus } \mu = \frac{\tan \delta_{\text{erf,k}}}{\tan \delta_{\text{vorh,k}}} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\mu = \frac{\tan 9,9^\circ}{\tan 27,5^\circ}$$

$$= 0,34 \leq 1,00.$$

Nachweis erbracht.



**Anlage 2.4**

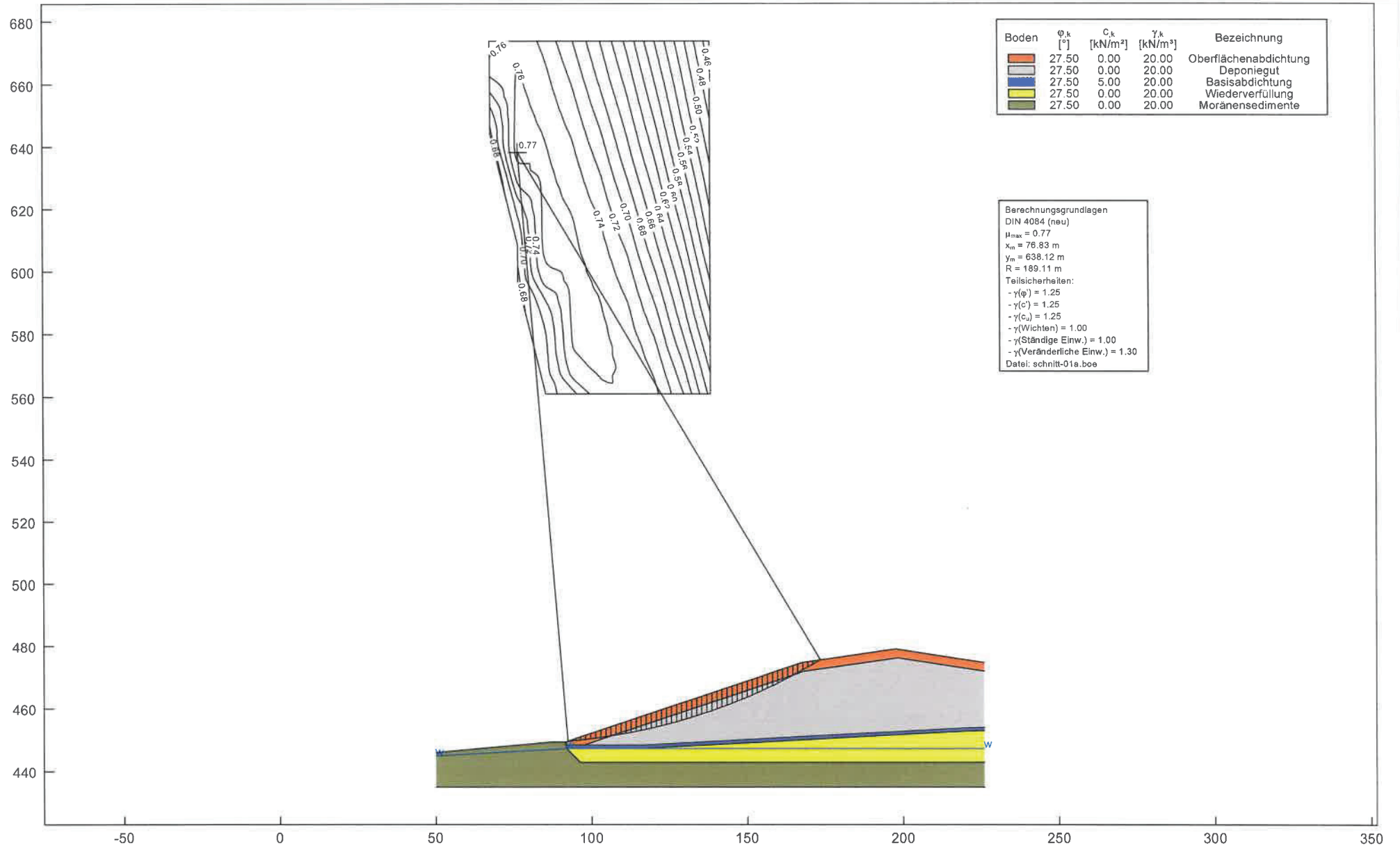
**Nachweis gegen Böschungsbruch nach DIN 4084 für die Endgestaltung**

Projekt: Deponie Odelsham

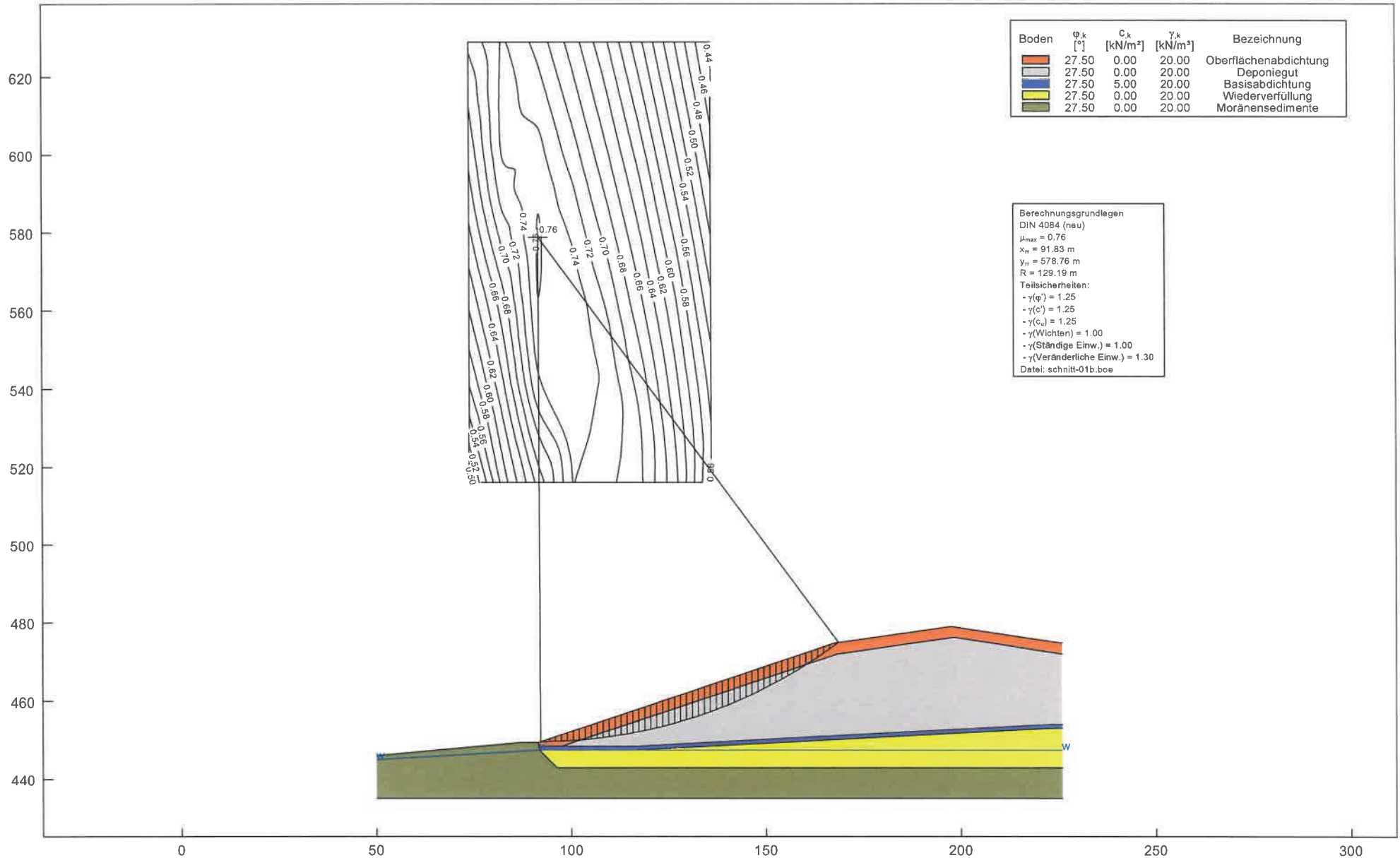
Auftraggeber: Zosseder GmbH

Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Oberflächennahe Bruchmuschel;  $nue = 0,77$



Boden	$\phi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
[Orange]	27.50	0.00	20.00	Oberflächenabdichtung
[Grey]	27.50	0.00	20.00	Deponiegut
[Blue]	27.50	5.00	20.00	Basisabdichtung
[Yellow]	27.50	0.00	20.00	Wiederverfüllung
[Green]	27.50	0.00	20.00	Moränensedimente

Berechnungsgrundlagen  
 DIN 4084 (neu)  
 $\mu_{max} = 0.76$   
 $x_m = 91.83$  m  
 $y_m = 578.76$  m  
 $R = 129.19$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Datei: schnitt-01b.boe

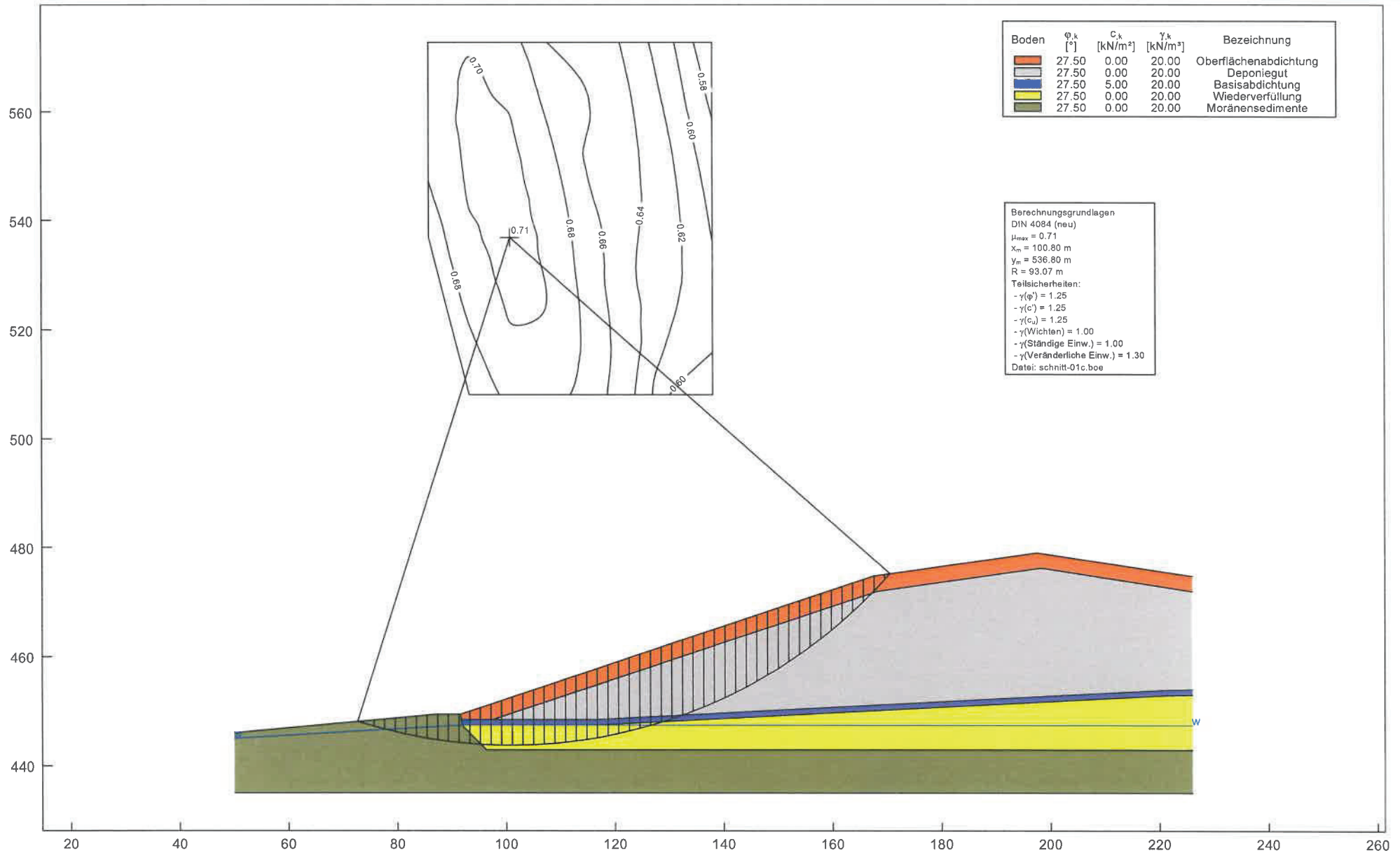
Mitteltiefe Bruchmuschel;  $\mu_{ue} = 0,76$

Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Tiefe Bruchmuschel;  $nue = 0,71$





**Anlage 2.5**

**Gleitsicherheit der Oberflächenabdichtung nach GDA E 2-7**

**Gleitsicherheitsnachweis des Oberflächenabdichtungssystems nach GDA E 2-7 nach dem Teilsicherheitskonzept DIN 1054, 2005-01**

**a) Randbedingungen**

Nachweis:  $\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00$

Grenzzustand GZ 1c (Verlust der Gesamtstandsicherheit) nach DIN 1054

Böschungsneigung:  $\beta = 1:3,0 = 18,4^\circ$

Feuchtwichte:  $\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$

Wichte unter Auftrieb:  $\gamma'_k = 12,0 \text{ kN/m}^3$

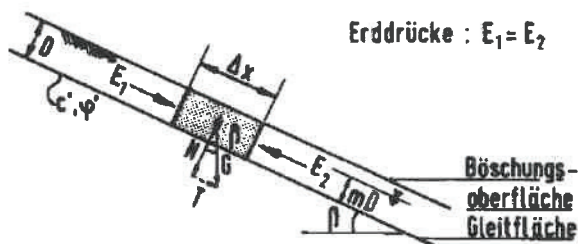
Wichte Wasser:  $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Schichtdicke OK Rekultivierungsschicht – UK Entwässerungsschicht:  $D = 2,50 \text{ m}$

(davon Schichtdicke Rekultivierungsschicht:  $D_R = 2,20 \text{ m}$  und Schichtdicke Entwässerungsschicht:  $D_F = 0,30 \text{ m}$ )

durchströmte Höhe:  $h$

Verkehr:  $p_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$



**Bild: Wirkende Kräfte gem. GDA-E 2-7 (Bild 2-7.1)**

**b) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand ohne Einstau und Baufahrzeuge – LF 1**

$E_d = \tan \beta \cdot D \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G$

mit  $\gamma_G = 1,00$  (Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$E_d = \tan 18,4^\circ \cdot 2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00$   
 $= 16,633 \text{ kN/m}^2$

$R_d = \tan \varphi_d \cdot D \cdot \gamma_k$   
 $= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot D \cdot \gamma_k$

mit  $\gamma_\varphi = 1,25$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,25} \cdot 2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 40,000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{16,633 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 40,000 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\text{erf. } \varphi_k = \arctan 0,416$$

$$= 22,6^\circ$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

Versuchswert  $\varphi'$  aus  $\tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10}$  zu

$$\text{erf. } \varphi' = \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10)$$

$$= \arctan (\tan 22,6^\circ \cdot 1,10)$$

$$= \arctan 0,458$$

$$= 24,6^\circ$$

### c) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand mit Einstau der kompletten Entwässerungsschicht – LF 2

$$E_d = \tan \beta \cdot (h_{\max} \cdot \gamma'_k \cdot \gamma_G + h_{\max} \cdot \gamma_w \cdot \gamma_G + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G)$$

mit  $\gamma_G = 1,00$  (Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$h_{\max} = 0,30 \text{ m}$  (maximaler Einstau)

$$E_d = \tan 18,4^\circ \cdot (0,30 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 0,30 \text{ m} \cdot 10,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + (2,50 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00)$$

$$= 16,832 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d = \tan \varphi_d \cdot (h_{\max} \cdot \gamma'_k + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k)$$

$$= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot (h_{\max} \cdot \gamma'_k + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k)$$

mit  $\gamma_\varphi = 1,15$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,15} \cdot (0,30 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 + (2,50 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3)$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 41,391 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{16,832 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 41,391 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\text{erf. } \varphi_k = \arctan 0,407$$

$$= 22,1^\circ$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

Versuchswert  $\varphi'$  aus  $\tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10}$  zu

$$\text{erf. } \varphi' = \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10)$$

$$= \arctan (\tan 22,1^\circ \cdot 1,10)$$

$$= \arctan 0,447$$

$$= 24,1^\circ$$

#### d) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand ohne Einstau und mit Verkehr – LF 2

$$E_d = \tan \beta \cdot (D \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G + p_k \cdot \gamma_Q)$$

mit  $\gamma_G = 1,00$  (Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$\gamma_Q = 1,20$  (Teilsicherheitsbeiwert für ung. veränd. Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$$E_d = \tan 18,4^\circ \cdot (2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 33,3 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,20)$$
$$= 29,926 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d = \tan \varphi_d \cdot (D \cdot \gamma_k + p_k)$$

$$= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot (D \cdot \gamma_k + p_k)$$

mit  $\gamma_\varphi = 1,15$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)



$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,15} \cdot (2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 + 33,3 \text{ kN/m}^2)$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 72,435 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{29,926 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 72,435 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\begin{aligned} \text{erf. } \varphi_k &= \arctan 0,413 \\ &= 22,4^\circ \end{aligned}$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

$$\text{Versuchswert } \varphi' \text{ aus } \tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10} \text{ zu}$$

$$\begin{aligned} \text{erf. } \varphi' &= \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10) \\ &= \arctan (\tan 22,4^\circ \cdot 1,10) \\ &= \arctan 0,453 \\ &= 24,4^\circ \end{aligned}$$

### e) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand mit kompl. Einstau und Verkehr – LF 3

$$E_d = \tan \beta \cdot (h_{\max} \cdot \gamma'_k \cdot \gamma_G + h_{\max} \cdot \gamma_w \cdot \gamma_G + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G + p_k \cdot \gamma_Q)$$

$$\begin{aligned} \text{mit } \gamma_G &= 1,00 && \text{(Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichti-} \\ & && \text{gung 3, Tab. 2)} \\ \gamma_Q &= 1,00 && \text{(Teilsicherheitsbeiwert für ung. veränd. Einwirkungen, DIN 1054, Berichti-} \\ & && \text{gung 3, Tab. 2)} \\ h_{\max} &= 0,30 \text{ m} && \text{(maximaler Einstau)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_d &= \tan 18,4^\circ \cdot (0,30 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 0,30 \text{ m} \cdot 10,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 \\ &+ (2,50 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 33,3 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00) \\ &= 27,910 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_d &= \tan \varphi_d \cdot (h_{\max} \cdot \gamma'_k + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k + p_k) \\ &= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot (h \cdot \gamma'_k + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k + p_k) \end{aligned}$$

$$\text{mit } \gamma_\varphi = 1,10 \quad \text{(Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)}$$





$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,10} \cdot (0,30 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 + (2,50 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 + 33,3 \text{ kN/m}^2)$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 73,546 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{27,910 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 73,546 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\text{erf. } \varphi_k = \arctan 0,379$$

$$= 20,8^\circ$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

$$\text{Versuchswert } \varphi' \text{ aus } \tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10} \text{ zu}$$

$$\text{erf. } \varphi' = \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10)$$

$$= \arctan (\tan 20,8^\circ \cdot 1,10)$$

$$= \arctan 0,418$$

$$= 22,7^\circ$$

#### f) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand ohne Einstau und mit Bewuchs – LF 1

**in Anlehnung an das Handbuch Abfall der LfU – Forstwirtschaftliche  
Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfall-konformer  
Oberflächenabdichtung**

Windlast:  $d_t = 0,84 \text{ kN/m}^2$  (nach LfU-Handbuch, Abschnitt 6.3.2, Tab. 6.2)

Bewuchs (110-jähriger Bestand):  $q_t = 1,03 \text{ kN/m}^2$  (nach LfU-Handbuch, Abschnitt 6.3.2)

$$E_d = \tan \beta \cdot (D \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G + q_t \cdot \gamma_Q) + d_t \cdot \gamma_Q$$

mit  $\gamma_G = 1,00$  (Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$\gamma_Q = 1,30$  (Teilsicherheitsbeiwert für ung. veränd. Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$$E_d = \tan 18,4^\circ \cdot (2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 1,03 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,30) + 0,84 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,30$$
$$= 18,170 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d = \tan \varphi_d \cdot (D \cdot \gamma_k + q_t)$$



$$= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot (D \cdot \gamma_k + q_t)$$

mit  $\gamma_\varphi = 1,25$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,25} \cdot (2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 + 1,03 \text{ kN/m}^2)$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 40,824 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{18,170 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 40,824 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\text{erf. } \varphi_k = \arctan 0,445$$

$$= 24,0^\circ$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

$$\text{Versuchswert } \varphi' \text{ aus } \tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10} \text{ zu}$$

$$\text{erf. } \varphi' = \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10)$$

$$= \arctan (\tan 24,0^\circ \cdot 1,10)$$

$$= \arctan 0,490$$

$$= 26,1^\circ$$

### g) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand mit Einstau und mit Bewuchs – LF 2

**in Anlehnung an das Handbuch Abfall der LfU – Forstwirtschaftliche  
 Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfall-konformer  
 Oberflächenabdichtung**

$$E_d = \tan \beta \cdot (h_{\max} \cdot \gamma'_k \cdot \gamma_G + h_{\max} \cdot \gamma_w \cdot \gamma_G + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G + q_t \cdot \gamma_Q) + d_t \cdot \gamma_Q$$

mit  $\gamma_G = 1,00$  (Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$\gamma_Q = 1,20$  (Teilsicherheitsbeiwert für ung. veränd. Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$h_{\max} = 0,30 \text{ m}$  (maximaler Einstau)

$$E_d = \tan 18,4^\circ \cdot (0,30 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 0,30 \text{ m} \cdot 10,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + (2,50 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + 1,03 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,20) + 0,84 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,20$$



$$= 18,252 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d = \tan \varphi_d \cdot (h_{\max} \cdot \gamma'_k + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k + q_t)$$

$$= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot (h \cdot \gamma'_k + (D - h_{\max}) \cdot \gamma_k + q_t)$$

mit  $\gamma_\varphi = 1,15$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,15} \cdot (0,30 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ kN/m}^3 + (2,50 \text{ m} - 0,30 \text{ m}) \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 + 1,03 \text{ kN/m}^2)$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 42,287 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{18,252 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 42,287 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\text{erf. } \varphi_k = \arctan 0,432$$

$$= 23,3^\circ$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

$$\text{Versuchswert } \varphi' \text{ aus } \tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10} \text{ zu}$$

$$\text{erf. } \varphi' = \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10)$$

$$= \arctan (\tan 23,3^\circ \cdot 1,10)$$

$$= \arctan 0,475$$

$$= 25,4^\circ$$

#### h) Gleitsicherheitsnachweis Endzustand ohne Einstau, mit Bewuchs und Schnee – LF 2

**in Anlehnung an das Handbuch Abfall der LfU – Forstwirtschaftliche  
Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfall-konformer  
Oberflächenabdichtung**

Schneelast: Zone 2; GOK = 479 m+NN;  $s = 1,23 \text{ kN/m}^2$

$$E_d = \tan \beta \cdot (D \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G + (q_t + s) \cdot \gamma_Q) + d_t \cdot \gamma_Q$$



mit  $\gamma_G = 1,00$  (Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)  
 $\gamma_Q = 1,20$  (Teilsicherheitsbeiwert für ung. veränd. Einwirkungen, DIN 1054, Berichtigung 3, Tab. 2)

$$E_d = \tan 18,4^\circ \cdot (2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 + (1,03 + 1,23) \text{ kN/m}^2 \cdot 1,20) + 0,84 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,20$$
$$= 18,543 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d = \tan \varphi_d \cdot (D \cdot \gamma_k + q_t)$$
$$= \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_\varphi} \cdot (D \cdot \gamma_k + q_t)$$

mit  $\gamma_\varphi = 1,15$  (Teilsicherheitsbeiwert für Scherfestigkeit, DIN 1054, Tab. 3)

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot \frac{1}{1,15} \cdot (2,50 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 + 1,03 \text{ kN/m}^2)$$

$$R_d = \tan \varphi_k \cdot 44,374 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{aus } \mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,00 = \frac{18,543 \text{ kN/m}^2}{\tan \varphi_k \cdot 44,374 \text{ kN/m}^2} \leq 1,00 \text{ folgt:}$$

$$\text{erf. } \varphi_k = \arctan 0,418$$
$$= 22,7^\circ$$

Der erforderliche Reibungswinkel  $\varphi$  ist in jeder Fuge des Abdichtungssystems nachzuweisen.

Hinweis: Bei der Ermittlung der Reibungswinkel im Laborversuch ist zusätzlich ein Abminderungsfaktor von  $\gamma = 1,10$  anzusetzen. Daraus ergibt sich ein nachzuweisender

Versuchswert  $\varphi'$  aus  $\tan \varphi_k = \frac{\tan \varphi'}{1,10}$  zu

$$\text{erf. } \varphi' = \arctan (\tan \varphi_k \cdot 1,10)$$
$$= \arctan (\tan 22,7^\circ \cdot 1,10)$$
$$= \arctan 0,460$$
$$= 24,7^\circ$$



**Anlage 2.6**

**Nachweise im Bereich des Wartungsweges**

# Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	0.00	Rekuboden
	19.0	10.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Filterkies
	20.0	10.0	30.0	0.0	40.0	0.00	Schutzschicht
	20.0	10.0	30.0	0.0	40.0	0.00	Deponiekörper

### Ergebnisse Einzelfundament:

Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 300.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Länge a = 6.00 m  
 Breite b = 3.00 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 6.00 m  
 Breite b' = 3.00 m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 6.00 m  
 Breite b' = 3.00 m

### Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 383.4 / 273.8$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_k = 6900.4$  kN  
 $R_d = 4928.8$  kN  
 $V_d = 1.35 * 300.00 + 1.50 * 0.0$  kN  
 $V_d = 405.0$  kN  
 $\mu$  (parallel zu b) = 0.082  
 cal  $\phi = 28.2^\circ$   
 $\phi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
 cal c = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 19.93$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>

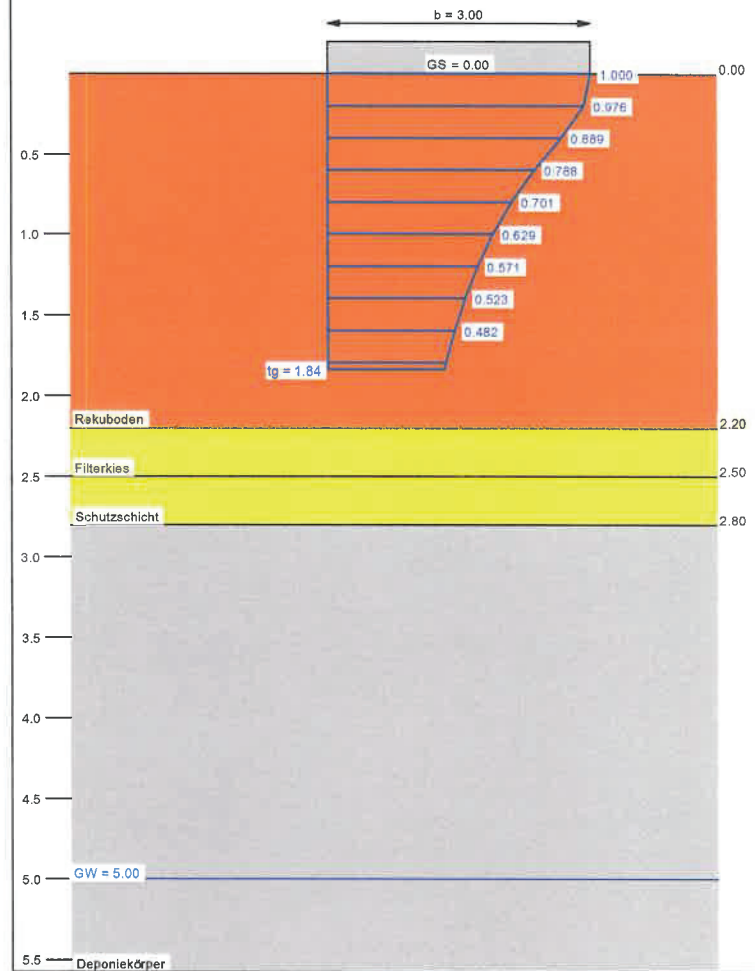
### Setzung infolge Gesamtlasten:





Grenztiefe  $t_g = 1.84$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.42 cm

### Berechnungsgrundlagen:

Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)  
 Teilsicherheitskonzept  
 $\gamma$  (Gr) = 1.40  
 $\gamma$  (G) = 1.35  
 $\gamma$  (Q) = 1.50  
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 5.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

Spannungsverlauf  
für den kennzeichnenden Punkt



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	0.00	Rekuboden
	19.0	10.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Filterkies
	20.0	10.0	30.0	0.0	40.0	0.00	Schutzschicht
	20.0	10.0	30.0	0.0	40.0	0.00	Deponiekörper

Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



**Ergebnisse Einzelfundament:**

Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 300.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = 0.00 / 0.00$  kN \* m  
 Länge a = 6.00 m  
 Breite b = 3.00 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 6.00 m  
 Breite b' = 3.00 m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -0.000$  m  
 Resultierende liegt im 1. Kern  
 Länge a' = 6.00 m  
 Breite b' = 3.00 m

**Grundbruch:**

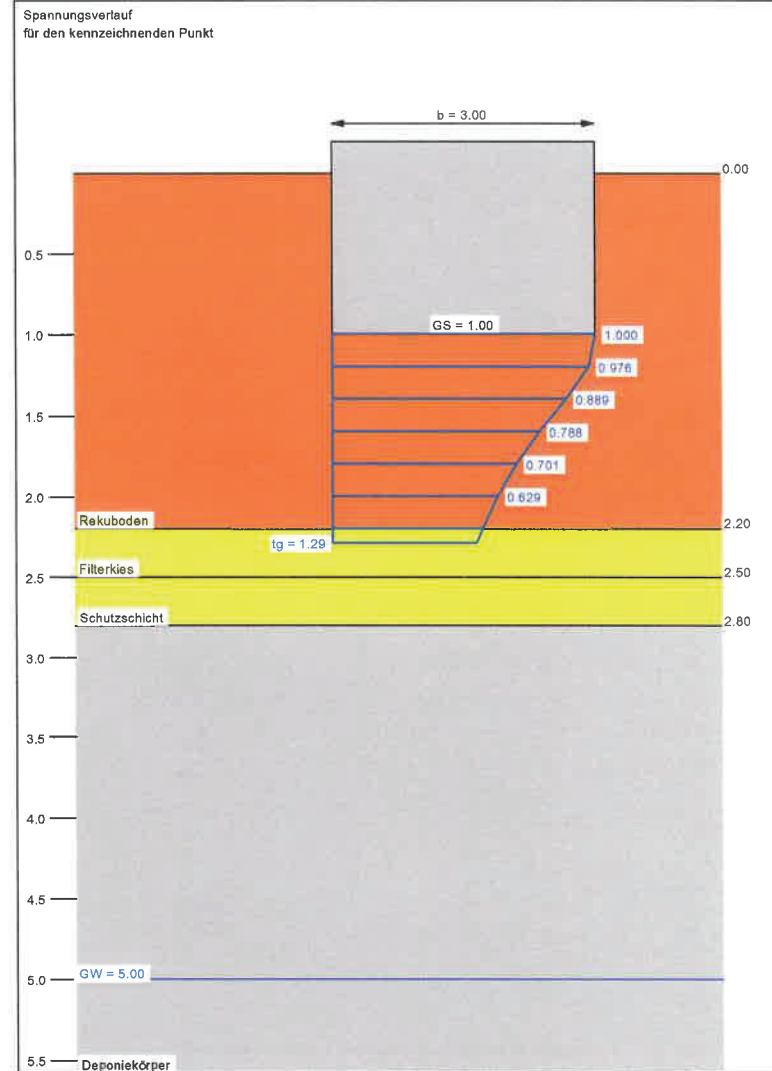
Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 811.8 / 579.9$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_k = 14612.5$  kN  
 $R_d = 10437.5$  kN  
 $V_d = 1.35 * 300.00 + 1.50 * 0.0$  kN  
 $V_d = 405.0$  kN  
 $\mu$  (parallel zu b) = 0.039  
 cal  $\phi = 28.8^\circ$   
 $\phi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
 cal c = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_z = 19.49$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_0 = 20.00$  kN/m<sup>2</sup>

**Setzung infolge Gesamtlasten:**

Grenztiefe  $t_g = 2.29$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.32 cm

**Berechnungsgrundlagen:**

Grundbruchformel nach DIN 4017 (alt)  
 Teilsicherheitskonzept  
 $\gamma$  (Gr) = 1.40  
 $\gamma$  (G) = 1.35  
 $\gamma$  (Q) = 1.50  
 Gründungssohle = 1.00 m  
 Grundwasser = 5.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %



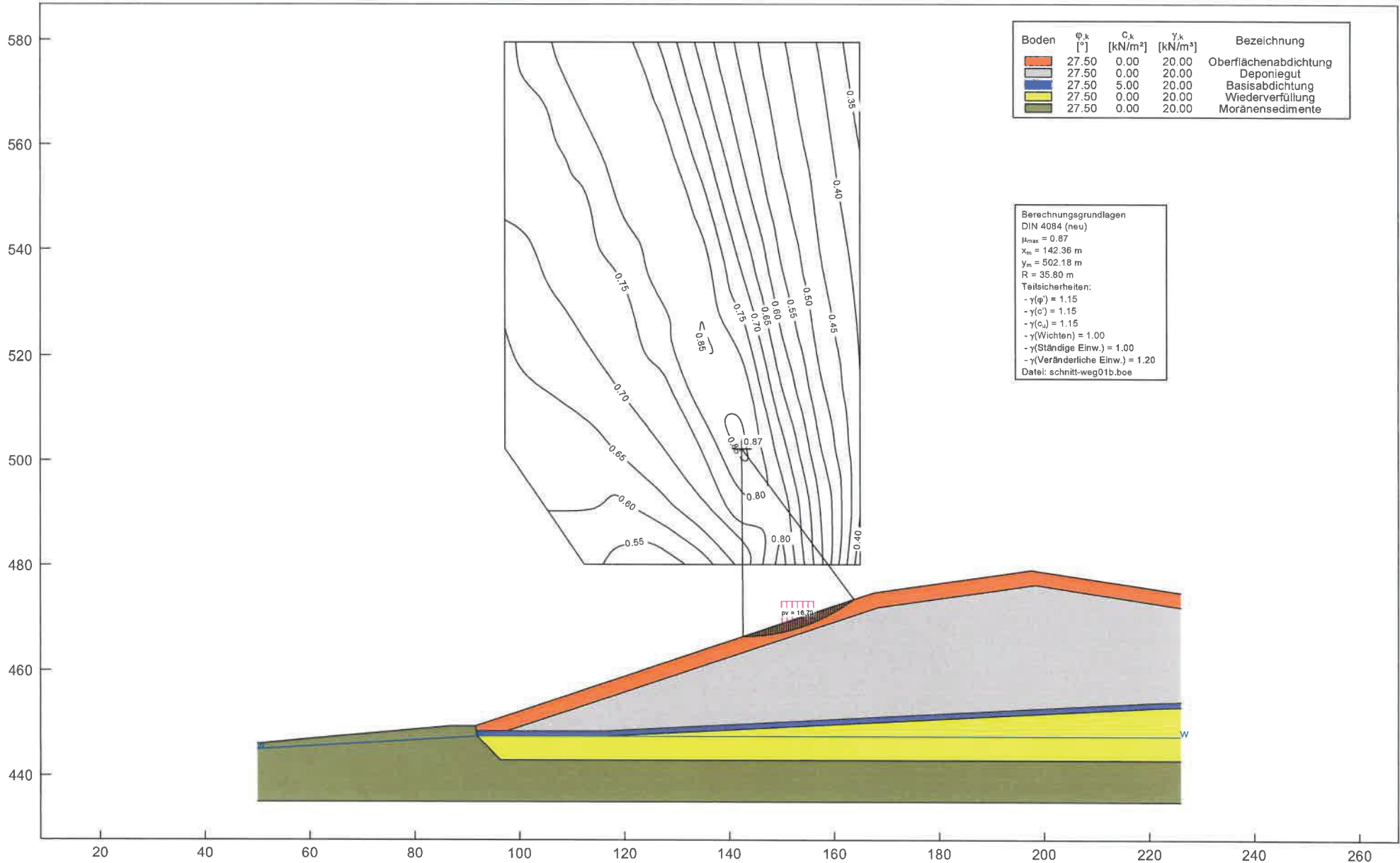
Setzungen/Spannungen Wartungsweg 1,0 m im Rekuboden, SLW 30

Projekt: Deponie Odelsham

Auftraggeber: Zosseder GmbH

Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH

Hans-Sachs-Str. 9, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/98453-0, Fax: -99



Wartungsweg im Rekuboden, SLW 30, oberflächennahe Bruchmuschel; nue = 0,87