



**CLAYTEC**  
■ LABOR ■

# Untersuchungsbericht

Thema

## Oberflächenabdichtung

Auftraggeber

**Knüllwalder Tagebau  
GmbH & Co. Betriebs KG  
34593 Knüllwald-Remsfeld**

Auftrag

**Eignungsprüfung Ton Remsfeld**

Auftrag  
Datum

**28. April 2000**

Projekt Nr.

**087-I**

Ausfertigung  
Datum

**3. von 3.  
23. Mai 2000**

Bearbeitung

**Dr. L. Krakow**

## I. VORGANG

Im Zusammenhang mit der Herstellung der Oberflächenabdichtung auf der Altablage-  
rung Petersberg-Steinau im BA 3 sind wir am 27. April 2000 von der

Knüllwalder Tagebau GmbH & Co. Betriebs KG, Knüllwald-Remsfeld,

mit der Durchführung einer geotechnischen Eignungsprüfung beauftragt worden. Die  
dabei ermittelten Untersuchungsergebnisse werden im hier vorliegenden Gutachten do-  
kumentiert und im Hinblick auf die Eignung des Prüfgutes als Baustoff zur Herstellung  
von mineralischen Oberflächenabdichtungen beurteilt.

## II. METHODIK

Zur Gewinnung von repräsentativem Probenmaterial sind am 28. April 2000 durch un-  
seren Diplom-Geologen insgesamt:

10 Bodenproben der Gütekasse 2-3 nach DIN 4021

entnommen worden. Es handelte sich dabei um bereits vorhomogenisiertes und aufbe-  
reitetes Tonmaterial. Nach Eingang der Proben im Toniaboratorium wurde das Prüfgut  
repräsentativ geteilt und den laborativen Untersuchungen zugeführt. Das Untersu-  
chungsprogramm wurde gemäß dem uns zur Verfügung gestellten Auszug aus dem QS-  
Plan durchgeführt. Eine erste Übersicht über die Laborversuche liefert die nachfolgen-  
den Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht Laborarbeiten

Kennwert	Methode	Anzahl der Versuche
Korngrößenverteilung	DIN 18 123	3
Konsistenzgrenzen	DIN 18 122 T1	3
Organischer Kohlenstoff	TOC-Methode	3
„asseraufnahmevermögen	DIN 18 132	10
Kalkgehalt	DIN 18 129	3
Kordichte	DIN 18 124	3
Procordichte	DIN 18 127	3
Wassergehalt	DIN 18 121 T1	10
Wasserdurchlässigkeit	DIN 18 130 T1 L08	3
Seifemoduli	DIN 18 135	1
Scherfestigkeit	DIN 18 137	1

### III. ERGEBNISSE UND BEWERTUNG

#### III.1 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung ist mit Hilfe des kombinierten Sieb-Aräometer-Verfahrens nach DIN 18123 bestimmt worden. Wie die beigelegte Körnungslinien in Anlage 2 zeigen, weist der Ton Remsfeld ein günstiges Kornspektrum auf, das sich von der Tonfraktion bis zur Mittelsandfraktion erstreckt. Der Feinstkornanteil schwankt in Grenzen von

$$d < 2 \mu\text{m} = 32 - 45 \text{ Gew.-\%}$$

und erfüllt damit deutlich die Anforderungen mineralischer Dichtungsmaterialien, die gemäß TA Siedlungsabfall mit einem Richtwert von  $\geq 20$  Gew.-% definiert sind. Gemäß DIN 4022 sind die hier untersuchten Proben zu klassifizieren als:

Probe 1: Schluff, stark tonig, sandig

Probe 4: Ton, stark schluffig, sandig

Probe 7: Ton und Schluff, sandig.

Zusammenfassend handelt es sich um sandige Ton-Schluff-Gemische mit günstiger Kornabstufung.

### III.2 Konsistenzgrenzen

Die Konsistenzgrenzen werden im Standardversuch gemäß DIN 18122 ermittelt. Im einzelnen hat sich dabei ergeben:

#### Probe 1:

Fließgrenze:	$w_L = 33,2$ Gew.-%
Ausrollgrenze:	$w_P = 14,1$ Gew.-%
Plastizitätszahl:	$I_p = 19,0$ Gew.-%
Konsistenzzahl:	$I_c = 0,96$
Konsistenz:	steif

#### Probe 4:

Fließgrenze:	$w_L = 35,0$ Gew.-%
Ausrollgrenze:	$w_P = 14,1$ Gew.-%
Plastizitätszahl:	$I_p = 20,8$ Gew.-%
Konsistenzzahl:	$I_c = 0,99$
Konsistenz:	steif

#### Probe 7:

Fließgrenze:	$w_L = 32,9$ Gew.-%
Ausrollgrenze:	$w_P = 14,4$ Gew.-%
Plastizitätszahl:	$I_p = 18,5$ Gew.-%
Konsistenzzahl:	$I_c = 0,94$
Konsistenz:	steif

Wie aus den beigefügten Plastizitätsdiagrammen in den Anlagen 3.1 - 3.3 hervorgeht, ist der Ton Remsfeld gemäß DIN 18 196 damit als

leichtplastischer Ton (TL)

bis

mittelplastischer Ton (TM)

zu klassifizieren. Für die Baupraxis resultieren hieraus erfahrungsgemäß generell günstige bautechnische Eigenschaften.

### III.3 Organischer Kohlenstoff

Der Anteil an organisch gebundenem Kohlenstoff wurde mit Hilfe der TOC-Methode bestimmt. Folgende Ergebnisse konnten für das Prüfgut erzielt werden:

Probe 1  $C_{org} = 0,05$  Gew.-%

Probe 4  $C_{org} = 0,04$  Gew.-%

Probe 7  $C_{org} = 0,03$  Gew.-%

Der Ton ist damit praktisch frei von organischen Anteilen. Die Anforderungen der TA Siedlungsabfall (Richtwert  $\leq 5$  Gew.-%) sind eingehalten.

### III.4 Kalkgehalt

Der Kalkgehalt ist nach der Methode von SCHEIBLER gemäß den Vorgaben der DIN 18129 als Gesamtkarbonatgehalt bestimmt worden und hat im einzelnen folgende Meßwerte ergeben:

Probe 1  $V_{Ca} = 1,9$  Gew.-%

Probe 4  $V_{Ca} = 1,5$  Gew.-%

Probe 7  $V_{Ca} = 0,9$  Gew.-%

Somit ist der Remsfeider Ton als „schwach kalkhaltig“ zu klassifizieren. Die Anforderungen der TA Siedlungsabfall ( $\leq 15$  Gew.-%) werden sicher erfüllt.

### III.5 Proctordichte

Die für den Einbau maßgebenden Proctorkennwerte sind gemäß DIN 18 127 durch jeweils 5 Einzelversuche mit Hilfe eines automatischen Proctorgerätes wie folgt ermittelt worden (vgl. Anlage 4.1 - 4.3.):

#### Probe A:

Proctordichte	$\rho_{pr.} = 1,89 \text{ t/m}^3$
opt. Wassergehalt	$w_{pr.} = 12,6 \text{ Gew.-\%}$

#### Probe B:

Proctordichte	$\rho_{pr.} = 1,83 \text{ t/m}^3$
opt. Wassergehalt	$w_{pr.} = 14,8 \text{ Gew.-\%}$

#### Probe C:

Proctordichte	$\rho_{pr.} = 1,82 \text{ t/m}^3$
opt. Wassergehalt	$w_{pr.} = 13,3 \text{ Gew.-\%}$

Die ermittelten Proctordichten sind für mineralische Abdichtungsmaterialien als sehr günstig zu bewerten, weil der Feststoffanteil hoch und der optimale Wassergehalt gering ist. Die gute Verdichtungsfähigkeit ist auf den abgestuften Kornaufbau zurückzuführen.

### III.6 Wassergehalt

Der Wassergehalt wurde durch Ofentrocknung bei 105 Grad C gemäß den Vorgaben der DIN 18121, Teil 1 ermittelt. Dabei hat sich eine Schwankungsbreite von

$$w = 10,8 - 15,6 \text{ Gew.-\%}$$

ergeben. Im Mittel liegt der Wassergehalt bei  $w = 14,0 \text{ Gew.-\%}$  und entspricht dem geforderten Einbauwassergehalt gemäß Prockorkurve ( $w_{opt} < w < w_{opt+nass}$ ).

### III.7 Wasseraufnahmevermögen

Die Bestimmung des maximalen Wasserbindevermögens erfolgte mit dem von NEFF verbesserten ENSLIN-Gerät nach DIN 18 132. Dabei ist eine Variationsbreite von

$$w_{max} = 54,3 - 84,8 \text{ Gew.-\%}$$

ermittelt worden. Das Wasserbindevermögen ist gemäß DIN 18 132 damit überwiegend als „mittelhoch“ zu bewerten (vgl. Anlage 5.1 - 5.10).

### III.7 Korndichte

Die Korndichte des Remsfeider Toncs wurde im Kapillarpyknometer nach DIN 18 124 wie folgt bestimmt:

Probe 1  $\rho_s = 2,64$ .

Probe 4  $\rho_s = 2,68$ ,

Probe 7  $\rho_s = 2,72$ .

### III.8 Durchlässigkeitsbeiwert

Der Durchlässigkeitsbeiwert ist gemäß den Vorgaben der DIN 18130 T1 L08 bei einem hydraulischen Gradienten von  $i = 30$  ermittelt worden. Die Messung erfolgte an proctor-verdichteten Prüfkörpern entsprechend 97 % Proctordichte auf dem nassen Ast der Proctorkurve. Wie die beigefügten Durchlässigkeitsdiagramme (vgl. Anlage 6.1- 6.3) zeigen, sind die hier untersuchten Proben mit Meßwerten von

Schurf A	$k = 4.9 \times 10^{-11}$ m/s
Schurf B	$k = 5.7 \times 10^{-11}$ m/s
Schurf C	$k = 4.9 \times 10^{-11}$ m/s

durchweg als „schwach durchlässig“ zu klassifizieren. Der für Oberflächenabdichtungen geforderte Richtwert ( $k \leq 5.0 \times 10^{-12}$  m/s) wird deutlich eingehalten.

### III.9 Scherfestigkeit

Die Scherfestigkeit wird gemäß der DIN 18137 im Rahmenschergerät bestimmt. Die Kennwerte Reibungswinkel und Kohäsion wurden an einem Probekörper ermittelt, der mit einem Wassergehalt bei 95 %iger Proctordichte nasser Ast verdichtet wurde. Das Scherdiagramm ist in Anlage 7 beigefügt.

$$\text{Reibungswinkel } \phi' = 16.0 (\circ)$$

$$\text{Kohäsion } c' = 40.5 (\text{kN/m}^2)$$

Die ermittelten Festigkeitswerte sind vorbehaltlich der projektspezifischen Prüfung im Rahmen eines gesonderten Standsicherheitsnachweises als „günstig“ zu bewerten.

### III.10 Steifemoduli

Das Verformungsverhalten ist gemäß den Vorgaben des Entwurfes der DIN 18135 als Kompressionsversuch bestimmt worden. Die Steifemoduli sind ebenfalls an proctor-verdichteten Probekörper ermittelt worden. Für die Spannungsbereiche  $100 - 200 \text{ kN/m}^2$  und  $200 - 400 \text{ kN/m}^2$  wurden die folgenden Steifemodule bestimmt (vgl. Anlage 8).

$$E_{s1} \quad (100 - 200 \text{ kN/m}^2) = 9,0 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{s2} \quad (200 - 400 \text{ kN/m}^2) = 10,3 \text{ MN/m}^2$$

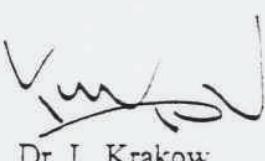
## IV. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die hier durchgeführten bodenphysikalischen Laboruntersuchungen haben gezeigt, daß der Ton Remsfeld zur Herstellung von mineralischen Oberflächenabdichtungen geeignet ist. Alle gestellten Anforderungen sind erfüllt. Die praktische Verwendungsfähigkeit ist in der üblichen Weise durch Anlage von Versuchsfeldern im technischen Maßstab unter deponiespezifischen Randbedingungen nachzuweisen.

Die Untersuchungen sind nach dem neuesten Stand der Technik sowie nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt worden. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das Prüfgut.

Göttingen, den 23. Mai 2000

Dr. Kr/S.C.W.

  
Dr. L. Krakow



**CLAYTEC**

Mans-Böcker-Str. 2 37079 Göttingen  
Tel. 0551 5 04 55-0 Fax 5 04 55-50

KENNWERT - TABELLE

	KENNWERT	Pr.-Nr.: 1 w, t, s TM	Pr.-Nr.: 2	Pr.-Nr.: 3	Pr.-Nr.: 4 V, u, s TM	Pr.-Nr.: 5
Bodenart (DIN 4022)						
Bodengruppe (DIN 18196)	$\rho_{\text{Pr}}/\omega_{\text{Pr}}$	g/cm <sup>3</sup> /Gew.-%				
Feinschlammanteil		Gew.-%	3,3			
Tonmineraleanteil - Gesamtprobe		Gew.-%				
Tonmineraleanteil - Tonfraktion		Gew.-%				
Wassergehalt	w	Gew.-%	14,9	14,1	14,4	14,3
Fliessgrenze	wL	Gew.-%	33,2		35,0	
Ausfällgrenze	wP	Gew.-%	7,2		14,1	
Plastizitätszahl	IP	Gew.-%	26,0		20,8	
Konsistenzzahl	Ic		0,7		0,99	
Konsistenz			weich		steif	
Korndichte	$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	2,64		2,68	
Trockendichte	$\rho_d$	g/cm <sup>3</sup>				
Porenanteil	n	%				
Porenzahl	e					
Sättigungsgrad	$s_r$					
100% Gehalt	$V_p$	Gew.-%	0,05		0,04	
Steifemodul ( $\Delta \sigma = 100 - 200 \text{ kN/m}^2$ )	$E_{S1}$	MN/m <sup>2</sup>				
Steifemodul ( $\Delta \sigma = 200 - 400 \text{ kN/m}^2$ )	$E_{S2}$	MN/m <sup>2</sup>				
Reibungswinkel	$\varphi'$	Grad				
Kohäsion	c'	kN/m <sup>2</sup>				
Durchlässigkeitstoeffizient	k	m/s				
Kaligehalt (SCHEIBER)	Vera	Gew.-%	1,9			
Wasseraufnahme (NEP)	Wmax	Gew.-%	30,5	72,6	66,8	34,8
Entnahme-Ort				Probe 1	Probe 3	Probe 4
Entnahme-Datum (V.M.D.)					28.01.	2000

KENNWERT-TABELLE

	KENNWERT	Pr.-Nr.: 6	Pr.-Nr.: 7 T-U.S W.I.	Pr.-Nr.: 8	Pr.-Nr.: 9	Pr.-Nr.: 10
<b>Bodenart (DIN 4022)</b>						
<b>Bodengruppe (DIN 18196)</b>						
<b>Proctor-Dichte/opt. Wassergehalt</b>	$\rho_{\text{Pr}}/\text{w}_{\text{Pr}}$					
<b>Feinstkornanteil</b>						
<b>Tonmineralanteil - Gesamtprobe</b>						
<b>Wassergehalt</b>	Gew.-%					
<b>Fließgrenze</b>	wI.	Gew.-%				
<b>Ausrollgrenze</b>	wP	Gew.-%				
<b>Plastizitätszahl</b>	IP	Gew.-%				
<b>Konsistenzzahl</b>	IC					
<b>Konsistenz</b>						
<b>Korndichte</b>	$\rho$	$\text{g/cm}^3$				
<b>Trockendichte</b>	$\rho_d$	$\text{g/cm}^3$				
<b>Porenanteil</b>	n	%				
<b>Porenzahl</b>	e					
<b>Sättigungsgrad</b>	$S_t$					
<b>TOC-Gehalt</b>	$V_g$	Gew.-%				
<b>Steifmodul (<math>\Delta \sigma = 100 - 200 \text{ kN/m}^2</math>)</b>	$F_{S1}$	$\text{MN/m}^2$				
<b>Steifmodul (<math>\Delta \sigma = 200 - 400 \text{ kN/m}^2</math>)</b>	$F_{S2}$	$\text{MN/m}^2$				
<b>Reibungswinkel</b>	$\varphi'$	Grad				
<b>Kohäsion</b>	c'	$\text{kN/m}^2$				
<b>Durchlässigkeitskoefizient</b>	k	m/s				
<b>Kalzgehalt (SCHMIDT)</b>	Vca	Gew.-%				
<b>Wasseraufnahme (NEFF)</b>	wmax	Gew.-%				
<b>Entnahme-Ort</b>						
<b>Entnahme-Datum (1/km)</b>	28.04.	2000	Probe 9	Probe 10		

KENNWERT - TABELLE

	KENNWERT	Pr. Nr.: 11	Pr. Nr.: 12	Pr. Nr.: 13
Bodenart (DIN 4022)				
Bodengruppe (DIN 18196)				
Proctor-Dichte/opt. Wassergehalt	$\rho_{\text{Pr}}/\text{w}_{\text{Pr}}$	1,89 / 12,6	1,83 / 14,8	1,82 / 13,3
Feinstkornanteil				
Tonmineraleanteil - Gesamtprobe	Gew.-%			
Tonmineraleanteil - Tonfraktion	Gew.-%			
Wassergehalt	w	Gew.-%		
Fließgrenze	w <sub>f</sub>	Gew.-%		
Austrockengrenze	w <sub>r</sub>	Gew.-%		
Plastizitätszahl	I <sub>P</sub>	Gew.-%		
Konsistenzzahl	I <sub>C</sub>			
Konsistenz				
Korndichte	p	N/m <sup>3</sup>		
Trockendichte	$\rho_{\text{d}}$	N/m <sup>3</sup>		
Porenanteil	n	%		
Porenzahl	e			
Sättigungsgrad	S <sub>r</sub>			
TOC-Gehalt	V <sub>g</sub>	Gew.-%		
Steifemodul ( $\Delta\sigma = 100 - 200 \text{ kN/m}^2$ )	F <sub>s1</sub>	MN/m <sup>2</sup>	9,0	
Steifemodul ( $\Delta\sigma = 200 - 400 \text{ kN/m}^2$ )	F <sub>s2</sub>	MN/m <sup>2</sup>	10,3	
Reibungswinkel	$\phi'$	Grad	16,0	
Kohäsion	c'	N/m <sup>2</sup>	40,5	
Durchlässigkeitskoeffizient	k	m/s	$4,9 \cdot 10^{-11}$	$4,9 \cdot 10^{-11}$
Kaltgehalt (SCHMID-FR)	V <sub>ca</sub>	Gew.-%		
Wasseranfahme (NEFF)	w <sub>max</sub>	Gew.-%		
Entnahmestelle			PP A	PP B
Entnahmedatum (MM/JJ)			28.07.2000	PP C