

HERMANN NOTTENKÄMPER OHG

Lagerstätte Gartroper Busch

Eignungsprüfung für wasserbau- technische Zwecke

**Abgrabung Eichenallee
Abbaubereich 1. Bauabschnitt**

Projekt-Nr.: **92296**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:
Hermann Nottenkämper oHG
Vogesenstr. 30
46 119 Oberhausen

Dipl.-Ing. Ulrich Klos, Dipl.-Ing. Michael Thalhofer

2013-05-10

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG..... 5
2	UNTERLAGEN 5
3	ANFORDERUNGEN 6
4	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN..... 7
5	ERGEBNISSE DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN..... 9
5.1	Korngrößenverteilung 9
5.2	Proctorversuch, Korndichte 10
5.3	Durchlässigkeit..... 10
5.4	Konsistenzgrenzen, natürliche Wassergehalte 11
5.5	Kalkgehalt, organische Bestandteile 12
5.6	Undrainierte Scherfestigkeit (Flügelsonde) 12
5.7	Erosionsbeständigkeit (Pinholetest)..... 12
5.8	Flexibilitätstest (Balkenbiegetest) 12
5.9	Durchschlagtest..... 12
5.10	Zerfallstest nach Endell 13
5.11	Tonmineralogie , Wasseraufnahmevermögen, Aktivität, Quellverhalten 13
6	ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG..... 15

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 3-1	Anforderungen an das Abdichtungsmaterial im Wasserbau 6
Tabelle 4-1	Untersuchte Bodenhorizonte 7
Tabelle 4-2	Untersuchte Einzelproben 7
Tabelle 4-3	Untersuchte Mischproben 8
Tabelle 5-1	Korngrößenverteilungen Einzelproben 9
Tabelle 5-2	Korngrößenverteilungen Mischproben 9
Tabelle 5-3	Korndurchmesser bei 30 %, 80 % und 90 % Siebdurchgang 10
Tabelle 5-4	Proctorversuch und Korndichte 10
Tabelle 5-5	Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte 11
Tabelle 5-6	Zerfallsziffer 13
Tabelle 5-7	Ergebnisse der Tonmineralanalyse 14

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 **Lagepläne**

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan, M 1 : 25.000
- Anlage 1.2 Lageplanausschnitt Abbaubereich, ohne M

Anlage 2 **Zusammenstellung Laborversuchsergebnisse**

- Anlage 2.1 Mineralisches Dichtungsmaterial

Anlage 3 **Säulenprofile und Schichtenverzeichnisse**

- Anlage 3.1 Säulenprofile
 - Anlage 3.1.1 Bohrung AB 208
 - Anlage 3.1.2 Bohrung AB 209
- Anlage 3.2 Schichtenverzeichnisse
 - Anlage 3.2.1 Bohrung AB 208
 - Anlage 3.2.2 Bohrung AB 209

Anlage 4 **Bodenmechanische Laborversuche**

- Anlage 4.1 Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- Anlage 4.2 Korndichte nach DIN 18124
- Anlage 4.3 Wassergehalt nach DIN 18121
- Anlage 4.4 Proctorkurve nach DIN 18127
- Anlage 4.5 Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130
- Anlage 4.6 Zustandsgrenzen nach DIN 18122
- Anlage 4.7 Kalkgehalt nach DIN 18129
- Anlage 4.8 Glühverlust nach DIN 18128
- Anlage 4.9 Ruhr-Universität Bochum: Scherfestigkeit (Flügelsonde), Erosionsbeständigkeit (Pinholetest), Flexibilitätstest (Balkenbiegetest)
- Anlage 4.10 Wasseraufnahmevermögen nach DIN 18132
- Anlage 4.11 Zerfallstest nach Endell

Anlage 5 **Weitere Untersuchungen**

- Anlage 5.1 TU Clausthal: Tonmineralanalyse

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Hermann Nottenkämper oHG sieht im Rahmen der Sicherung des Standortes „Gartroper Busch“ für den zukünftigen Betrieb die Anlage eines ca. 33,5 ha großen neuen Gewinnungsfeldes mit der Bezeichnung „Abgrabung Eichenallee“ zum Tonabbau und zur Wiederverfüllung vor (s. Anlage 1.1). Der gewonnene Ton soll als Dichtungsmaterial im Deponie- und Wasserbau Verwendung finden.

Der 1. Abbaubereich der Abgrabung Eichenallee umfasst eine Fläche von ca. 3 ha und befindet sich im nordöstlichen Teilbereich der Abbaustätte. Die genaue Lage ist in Anlage 1.2 dargestellt.

Zur Beurteilung des hier anstehenden Materials wurden zwei Bohrungen (AB 208 und AB 209) im Trockenbohrverfahren bis zu einer Teufe von 20 m unter Geländeoberkante niedergebracht. Die Säulenprofile und Schichtenverzeichnisse sind in Ablage 3 beigefügt. Hinsichtlich einer technischen Verwendung wurde das Bohrgut in einem ersten Schritt granulometrisch angesprochen.

Danach stehen in den hangenden Bereichen der Bohrungen AB 208 und AB 209 bis etwa 15 m u. GOK Tone an, die für eine Verwendung als mineralische Weichschichten im Verkehrswasserbau geeignet erscheinen.

Die CDM Smith Consult GmbH, NL Bochum, wurde daher von der Hermann Nottenkämper oHG aus Oberhausen beauftragt, eine Eignungsprüfung entsprechend den Anforderungen der Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg, Karlsruhe, Illmenau: „Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau (RPW)“ [U1] durchzuführen.

Die Ergebnisse werden mit dem vorliegenden Bericht vorgestellt.

2 UNTERLAGEN

- [U1] Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg, Karlsruhe, Illmenau: „Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau (RPW)“
- [U2] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Böschungs- und Sohlensicherung (Leistungsbereich 210)

3 ANFORDERUNGEN

Die Anforderungen an das Material zur Verwendung im Wasserbau sind in [U1] und [U2] definiert und in der folgenden Tabelle 3-1 zusammengestellt.

Tabelle 3-1 Anforderungen an das Abdichtungsmaterial im Wasserbau

Versuch	Anforderung	Bemerkung
Wasserdurchlässigkeit k_{10} ^(1, 2)	1×10^{-9} m/s	
natürlicher Wassergehalt w_n ⁽²⁾	so, dass $15 \text{ kN/m}^2 < c_u < 25 \text{ kN/m}^2$	
Fließgrenze w_L ^(1, 2)	> 35 %, oberhalb der A-Linie	
Kornverteilung ^(1, 2)	Kornanteile: $d_{30} \leq 0,002 \text{ mm}$ $d_{80} \leq 0,060 \text{ mm}$ $d_{90} \leq 2,000 \text{ mm}$	
Kalkgehalt, Glühverlust ⁽²⁾	keine Anforderung	
Proctordichte ⁽²⁾	keine Anforderung	
undrainierte Scherfestigkeit c_u in Abhängigkeit vom Wassergehalt w ⁽²⁾	$15 \text{ kN/m}^2 < c_u < 25 \text{ kN/m}^2$	
Flexibilität ⁽²⁾	Biegebalken aus Ton, beurteilt wird das Rissverhalten: Risstiefe < 1/3 der Balkenhöhe bei Durchbiegung von $f = 20 \text{ mm}$. Balkenmaße: $50 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$	
Durchschlagtest ⁽²⁾		bei einer Festigkeit von $15 \text{ kN/m}^2 < c_u < 25 \text{ kN/m}^2$ und Einbaustärke $d > 20 \text{ cm}$ wird ausreichende Festigkeit vorausgesetzt; Nachweis daher nicht erforderlich
Erosionsbeständigkeit (Pinhole-Test) ⁽²⁾	Probekörper ($d = 10 \text{ cm}$, $h = 10 \text{ cm}$) wird durch eine Öffnung von 8 mm mit Wasser durchströmt, Strömdauer = 200 h, Druck = 5 m WS. Nach Versuchsende darf sich die Öffnung um nicht mehr als 100% vergrößert haben.	
Zerfallsbeständigkeit nach Endell ⁽²⁾	Gemessen wird die Gewichtsabnahme einer im Wasser aufgehängten Bodenprobe. Aus der Gewichtsabnahme in Abhängigkeit der Zeit wird eine Zerfallsziffer Z berechnet. Erfahrungswert: $Z(8) < 0,05$	
qualitative mineralogische Analyse ⁽²⁾	keine Anforderung	

(1): aus: „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen- Wasserbau (ZTV-W) für Böschungs- und Sohlsicherungen (Leistungsbereich 210)“ [U2]

(2): aus: „Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau (RPW)“ [U1]

4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Nach der granulometrischen Ansprache des Bohrgutes waren offensichtlich die in hangenden Bereichen der Bohrungen AB 208 und AB 209 anstehenden Tone für eine Verwendung im Wasserbau geeignet. Die Bohrungen befinden sich im zentralen Bereich des 1. Abbaubereiches in einer Tiefenlage bis maximal 20 m u. GOK. Unter Berücksichtigung der im Rahmen der Abgrabung geplanten max. Abbautiefe bis ca. 15 m u. GOK wurden gemäß Tabelle 4-1 folgende Bodenhorizonte untersucht (vgl. Anlage 2.1):

Tabelle 4-1 Untersuchte Bodenhorizonte

Bezeichnung der Bohrung	Bodenhorizont in [m u. GOK]
AB 208	3,0 bis 5,0
	5,0 bis 7,0
	7,0 bis 9,0
	9,0 bis 11,0
	11,0 bis 12,7
	12,7 bis 15,0
AB 209	3,0 bis 5,0
	5,0 bis 7,0
	7,0 bis 9,5
	9,5 bis 11,0
	11,0 bis 13,0
	13,0 bis 14,1
	14,1 bis 15,7

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden ausnahmslos Einzel- und Mischproben aus den vorgenannten Horizonten untersucht (s. Tabelle 4-2 und Tabelle 4-3).

Tabelle 4-2 Untersuchte Einzelproben

Bohrung AB 208		Bohrung AB 209	
Tiefe in [m u. GOK]	Labor-Nr.	Tiefe in [m u. GOK]	Labor-Nr.
3,0 – 5,0	25029	3,0 – 5,0	25035
5,0 – 7,0	25030	5,0 – 7,0	25036
7,0 – 9,0	25031	7,0 – 9,5	25037
9,0 – 11,0	25032	9,5 – 11,0	25038
11,0 – 12,7	25033	11,0 – 13,0	25039
12,7 – 15,0	25034	13,0 – 14,1	25040
		14,1 – 15,7	25041

Tabelle 4-3 Untersuchte Mischproben

Mischprobe	AB 208		AB 209	
	Tiefe in [m u. GOK]	Anteil in [%]	Tiefe in [m u. GOK]	Anteil in [%]
25030+25031+25032	5,0 – 7,0	33,3 %	m	
	7,0 – 9,0	33,3 %		
	9,0 – 11,0	33,3 %		
25033+25034*	11,0 – 12,7	50,0 %		
	12,7 – 15,0	50,0 %		
25036+25037+25038*			5,0 – 7,0	33,3 %
			7,0 – 9,5	33,3 %
			9,5 – 11,0	33,3 %
25039+25040+25041			11,0 – 13,0	42,5 %
			13,0 – 14,1	23,5 %
			14,1 – 15,7	34,0 %

*: KV rechnerisch

Zur Überprüfung der Materialparameter wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 18 Bestimmungen der Kornverteilung nach DIN 18123
- 2 Bestimmungen der Korndichte nach DIN 18124
- 13 Bestimmungen des natürlichen Wassergehaltes nach DIN 18121, T1
- 2 Bestimmungen der Proctordichte nach DIN 18127
- 10 Bestimmungen der Durchlässigkeit in Triaxialzellen nach DIN 18130 an Proctorproben bei einem Gradienten $i = 30$
- 2 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18122, T1
- 2 Bestimmungen des Kalkgehaltes nach DIN 18129
- 2 Bestimmungen des Glühverlustes nach DIN 18128
- 2 Bestimmungen des Wasseraufnahmevermögens nach DIN 18132
- 4 Bestimmungen Zerfallsstest nach Endell

Darüber hinaus wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- **Ruhr Universität Bochum**
 - Scherfestigkeit (Flügelsonde)
 - Erosionsbeständigkeit (Pinhole-Test)
 - Flexibilitätstest (Balkenbiegetest)
- **TU Clausthal**
 - Tonmineralanalyse.

5 ERGEBNISSE DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN

5.1 Korngrößenverteilung

Nach DIN 4022, T 1, handelt es sich unter Beachtung der Konsistenzgrenzen um einen schwach sandigen bis sandigen Ton. In keiner der Proben waren Steine oder Fremdstoffe vorhanden. Die folgende Tabelle 5-1 zeigt die ermittelten Variationen aus den durchgeführten Korngrößenverteilungen der Einzelproben auf. Die grafischen Darstellungen der Korngrößenverteilungen sind der Anlage 4.1, die tabellarische Auflistung ist der Anlage 2.1 zu entnehmen.

Tabelle 5-1 Korngrößenverteilungen Einzelproben

	Feinstes (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)
Anzahl	13	13	13	13
Minimalwert	33,1	24,8	7,3	0,0
Mittelwert	40,0	42,1	17,9	0,0
Maximalwert	44,9	52,8	38,8	0,0
Standardabweichung	3,2	8,0	9,4	0,0
Spannweite der Stichprobe	11,8	28,0	31,5	0,0
Variationskoeffizient %	8	19	53	-

Unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Korngröße bei den Korndurchmessern d_{30} , d_{60} und d_{90} und der vorgesehenen Abbautechnik in der Lagerstätte wurden ab einer Abbautiefe von 5,0 m u. GOK vier Mischproben über Abbauhörizonthöhen von 6 m (5,0 m bis 11,0 m u. GOK) und 4,0 m bzw. 4,7 m (11,0 m bis 15,0 m u. GOK bzw. 11,0 m bis 15,7 m u. GOK) hergestellt. Die grafischen Darstellungen der Korngrößenverteilungen sind der Anlage 4.1, die tabellarische Auflistung ist der Anlage 2.1 zu entnehmen. Die Korngrößenverteilungen der Mischproben stellen sich gemäß folgender Tabelle 5-2 dar.

Tabelle 5-2 Korngrößenverteilungen Mischproben

	Feinstes (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)
Anzahl	5	5	5	5
Minimalwert	38,1	43,1	12,2	0,0
Mittelwert	40,4	45,8	13,8	0,0
Maximalwert	41,9	47,0	15,6	0,0
Standardabweichung	1,4	1,5	1,4	0,0
Spannweite der Stichprobe	3,8	3,9	3,4	0,0
Variationskoeffizient %	3,6	3,3	10,3	-

Die folgende Tabelle 5-3 stellt die Korngrößen bei der Korndurchmessern d_{30} , d_{80} und d_{90} dar. Die Anforderungen nach [U1], [U2] hinsichtlich der Korndurchmesser werden von den vier Mischproben bei den genannten Siebdurchgängen sicher eingehalten (vgl. auch Anlage 2.1).

Tabelle 5-3 Korndurchmesser bei 30 %, 80 % und 90 % Siebdurchgang

	Korndurchmesser d_{30}	Korndurchmesser d_{80}	Korndurchmesser d_{90}
	[mm]	[mm]	[mm]
Minimalwert	< 0,002	0,044	0,070
Mittelwert	< 0,002	0,048	0,077
Maximalwert	< 0,002	0,051	0,084
Anforderung	$\leq 0,002$	$\leq 0,060$	$\leq 2,0$

5.2 Proctorversuch, Korndichte

Für die Mischproben 25030+25031+25032 und 25039+25040+25041 wurden jeweils Proctorversuche durchgeführt und die zugehörige Korndichte bestimmt. Die Versuchsergebnisse stellen sich wie folgt dar.

Tabelle 5-4 Proctorversuch und Korndichte

Mischprobe	ρ_{Pr} (Mg/m ³)	w_{Pr} (%)	$w_{0,97}$ (%)	$D_{0,97Pr}$ [g/cm ³]	ρ_s [g/cm ³]
25030+25031+25032	1,573	22,8	17,4 / 26,2	1,505	2,695
25039+25040+25041	1,603	22,8	17,8 / 26,5	1,555	2,682

Die Korndichten sind in Anlage 4.2, die Proctorkurven in Anlage 4.4 dargestellt.

5.3 Durchlässigkeit

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit wurden die proctorverdichteten Probenkörper der Mischproben 25030+25031+25032 und 25039+25040+25041 in Triaxialzellen eingebaut. Die Proben wurden bei einem hydraulischen Gradienten $i = 30$ von unten nach oben durchströmt. Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit wurde mit den Wassergehalten bestimmt, wie sie sich bei den Einzelversuchen des Proctorversuches zeigten. Die Versuche wurden mit entlüftetem Leitungswasser (in den Formularen mit „LW“ abgekürzt) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der

folgenden Tabelle 5-5 zusammengestellt, die Versuchsauswertung ist Anlage 4.5 zu entnehmen.

Tabelle 5-5 Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte

Bezeichnung		w_{Einbau}	k_f
25030+25031+25032	Probe 1	15,6	2,9E-10
	Probe 2	18,9	4,9E-10
	Probe 3	23,1	1,6E-11
	Probe 4	25,9	2,9E-11
	Probe 5	29,3	3,3E-11
25039+25040+25041	Probe 1	17,3	1,3E-10
	Probe 2	19,3	3,4E-11
	Probe 3	23,6	2,3E-11
	Probe 4	27,7	4,0E-11
	Probe 5	30,5	4,2E-11

Die Anforderungen aus dem Wasserbau ($k_f < 1,0 \times 10^{-9}$ m/s) [U1] werden von allen Proben sicher eingehalten.

5.4 Konsistenzgrenzen, natürliche Wassergehalte

Die Konsistenzgrenzen wurden an den Mischproben 25030+25031+25032 und 25039+25040+25041 bestimmt. Die Mischproben sind als ausgeprägt plastische Tone bzw. mittelpastische Tone auszuweisen (s. Anlage 4.6).

Die Fließgrenze w_L wurden zu 49,9 % und 61,3 % ermittelt. Im Plastizitätsdiagramm liegen die Ergebnisse ausschließlich oberhalb der A-Linie, damit werden die Anforderungen, die an das Material hinsichtlich einer Verwendung im Wasserbau gestellt werden ($w_L > 35$ % und oberhalb der A-Linie), von allen untersuchten Proben erfüllt. Die Versuchsprotokolle liegen in Anlage 4.6 bei.

Die natürlichen Wassergehalte wurden in den Einzelproben zwischen 22,9 % (AB 208:11,0 – 12,7 m) und 25,3 % (AB 209: 5,0 – 7,0 m) ermittelt (s. Anlage 4.2). Damit liegen sie bezogen auf die Wassergehalte auf dem nassen Ast ($w_n \geq w_{Pr}$) der Proctorkurven.

Mit Bezug auf die zulässige Einbauspanne zur Einhaltung für Naturton ist das Material zu befeuchten (s. a. Kap. 5.6).

5.5 Kalkgehalt, organische Bestandteile

Der Kalkgehalt wurde mit 1,5 % und 16,7 % (s. Anlage 4.7), der Gehalt an organischen Bestandteilen mit 4,0 % und 3,7 % bestimmt (s. Anlage 4.8).

5.6 Undrainierte Scherfestigkeit (Flügelsonde)

Anhand der Untersuchungsergebnisse ergeben sich Grenzwerte für den Einbau unter Wasser ($15 \text{ kPa} \leq c_u \leq 25 \text{ kPa}$ [U1]) bei Wassergehalten von 33,0 % bis 35,2 %. Der Einbau im Trockenen ist ab einem Wassergehalt $> 30,1 \%$ ($c_u \leq 50 \text{ kPa}$ [U2]) gegeben. Einzelheiten zur den Untersuchungsergebnissen sind der Anlage 4.9 zu entnehmen.

Erst bei Werten von $w > 34,5 \%$ (Mischprobe AB 209, Horizont 11,0 – 15,7 m u. GOK) bzw. $w > 42,5 \%$ (Mischprobe AB 208, Horizont 5,0 – 11,0 m u. GOK) liegt das gemischte Material nach den Untersuchungen der Zustandsgrenzen im breiigen Zustand, darunter durchgängig im sog. weichen Zustand nach DIN 18122 vor.

5.7 Erosionsbeständigkeit (Pinholetest)

Nach Durchführung des Pinehole-Tests waren Aufweitungen des Strömungskanals von 8 mm auf 11 mm bzw. 13 mm festzustellen. Damit wurden die Anforderungen gemäß [U1] erfüllt, wonach die Aufweitung des Durchmessers nicht mehr als 100 % betragen darf. Einzelheiten zu den Untersuchungsergebnissen sind der Anlage 4.9 zu entnehmen.

5.8 Flexibilitätstest (Balkenbiegetest)

Nach Durchführung des Balkenbiegetests wurden keine unzulässigen Rissbildungen festgestellt. Damit werden die Anforderungen gemäß [U1] erfüllt. Einzelheiten zu den Untersuchungsergebnissen sind der Anlage 4.9 zu entnehmen.

5.9 Durchschlagtest

Der Durchschlagtest ist gemäß Ausführung in [U2] für Naturton mit einer undrainierten Scherfestigkeit von $c_u = 15$ bis 25 KN/m^2 und einer Einbaudicke von mind. 20 cm nicht erforderlich. Auf die Durchführung des Versuches wurde daher verzichtet.

5.10 Zerfallstest nach Endell

Der Zerfallstest nach Endell wurde an der Mischprobe 25039+25040+25041 aus der Bohrung AB 209 mit Wassergehalten zwischen 28,5 % und 50,9 % geführt. Die Zerfallsziffer $Z(8)$ liegt nach 8 Stunden Versuchsdauer bei maximal 0,020, und liegt somit unter dem in [U2] genannten Orientierungswert von $Z(8) = 0,05$, ab dem die Erosionsanfälligkeit zunimmt. Im Bereich der Fließgrenze w_L ist aufgrund der hohen Wassersättigung nahezu kein Zerfall feststellbar. Die Versuchsergebnisse sind in Anlage 4.11 beigefügt und stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 5-6 Zerfallsziffer

Wassergehalt w [%]	Versuchsdauer	Zerfallsziffer Z
	[h]	[-]
28,5	8	0,008
	24	0,009
31,6	8	0,014
	24	0,016
35,5	8	0,020
	24	0,033
50,9	<u>8</u>	0,001
	24	0,006

5.11 Tonmineralogie, Wasseraufnahmevermögen, Aktivität, Quellverhalten

Der tonmineralogische Bestand wurde mittels Röntgendiffraktometrie bestimmt. Die Untersuchungen an der Mischprobe wurden vom Institut für Geowissenschaften der TU Clausthal ausgeführt.

Die Ergebnisse der Tonmineralanalyse sind in folgender Tabelle 5-7 zusammengefasst (vgl. Anlage 5-1).

Tabelle 5-7 Ergebnisse der Tonmineralanalyse

Kennwerte	Mischprobe aus Labor-Nr. 25031, 25032, 25033, 25034 [Gew.-%]
Kornverteilung T / U / S / G	40,1 / 46,1 / 13,8 / 0
Mineralphasen im kristallinen Anteil der Gesamtprobe: Quellfähige Tonminerale nicht quellfähige Tonminerale / Glimmer Feldspäte u. -vertreter Quarz Pyrit Kalzit Gips	10 24 5,0 53 2,5 2,5 2,5

Das **Wasseraufnahmevermögen** w_b wurde mit 67,3 % bzw. 55,0 % bestimmt (s. Anlage 4.10).

Die **Aktivität** wurde mit 0,76 bis 1,00 nach Skempton bestimmt (s. Anlage 2.1). Sie gibt das Verhältnis zwischen der Plastizität und dem Tonanteil an.

Bei Werten < 0,75 wird von einem inaktiven Ton ausgegangen, bei Werten zwischen 0,75 und 1,25 spricht man von einer normalen Aktivität, Werte > 1,25 bezeichnen einen aktiven Ton.

6 ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das untersuchte Material die Anforderungen an die Parameter

- Wasserdurchlässigkeit
- Fließgrenze, Lage zur A-Linie
- Kornverteilung
- Undrännierte Scherfestigkeit
- Flexibilität
- Erosionsfestigkeit

ohne Einschränkung einhält.

Die Untersuchungen auf

- Kalkgehalt und Glühverlust,
- Proctordichte,
- mineralogische Zusammensetzung

zeigen keine Auffälligkeiten.

Bei Einstellung des für die notwendige Festigkeit erforderlichen Wassergehaltes kann die Zerfallsbeständigkeit für die Mischproben nachgewiesen werden.

Der Balkenbiegetest hat gezeigt, dass der untersuchte Naturton ausreichend flexibel für eine Weichdichtung ist.

Bei Betrachtung der Ergebnisse des Pinhole-Tests und der Prüfung der Zerfallsbeständigkeit zeigt sich, dass eine Erosionsgefährdung des gemischten Tons unkritisch ist.

CDM Smith Consult GmbH
2013-05-10

i. V. 

Dipl.-Ing. Ulrich Klos

i. V. 

Dipl.-Ing. Michael Thalhofer