

ICP GmbH Leipzig  
Fasanenweg 2  
04420 Markranstädt  
Tel.: 0341-94 42 60  
Fax.: 0341-94 42 615



ö.b.u.v. Sachverständiger für Baugrund,  
Grundbau und Bodenmechanik  
Eingetragener Sachverständiger für  
Erd- und Grundbau

## Untersuchungsbericht Nr. bauma-eig-301110

Datum:	30. November 2010
Thema:	Ton Liebertwolkwitz Eignungsuntersuchungen für Mineralische Dichtung
Auftraggeber:	BAUMATEC GmbH Am See 22, 04668 Parthenstein
Bearbeiter:	Dr.-Ing. G. Günther

Für ein Material aus der Tongrube Liebertwolkwitz (anstehender Ton) wurden Eignungsuntersuchungen für den Einsatz für die Mineralische Dichtung in einer Oberflächenabdichtung erstellt. Die erforderlichen Untersuchungen erfolgten durch die ICP GmbH Leipzig. Die entsprechenden Versuchsprotokolle sind in der Anlage enthalten.

Die jeweiligen Proben für die Laborversuche wurden durch Probenteilung aus einer Mischprobe hergestellt, die am 09.11.2010 aus einem Zwischenlager des AG entnommen wurde.

Folgende Bewertung kann vorgenommen werden:

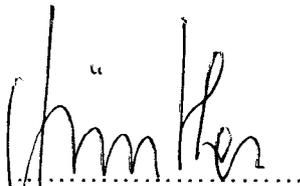
- (a) Es handelt es sich beim untersuchten Material nach DIN 4020 um einen Ton, stark schluffig, schwach sandig. Die Materialzusammensetzung kann leicht schwanken. Die Kornverteilungskurven (Anlage 1) weisen einen Tonkornanteil  $d_{<0,002} \approx 45 \dots 50 \%$ , einen Feinkornanteil  $d_{<0,063} \approx 85 \dots 90 \%$  und einen Sandkornanteil  $d_{>0,063 < 2,0} \approx 10 \dots 15 \%$  aus. Mit dieser Materialzusammensetzung werden die üblicherweise für eine Mineralische Dichtung geforderten Feinstkornanteil  $d_{<0,002}$  und/oder Tonanteile sicher eingehalten.
- (b) Die Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 ergaben für die Fließgrenze i.d.R. Werte von  $w_L \geq 50 \%$  und für die Ausrollgrenze Werte von  $w_P \geq 20\%$  (Anlage 3). Nach DIN 18 196 wird der Erdstoff i.d.R. als ausgeprägt plastischer Ton (TA) klassifiziert; bei Materialschwankungen ist eine Klassifizierung als mittelpastischer Ton (TM) nicht auszuschließen.

- (c) Die Wasseraufnahme nach DIN 18 132 ergab für eine Versuchsdauer von 15 min Werte von  $w_A \approx 80 \%$  (Anlage 4). Das entspricht einer mittleren bis hohen Wasseraufnahme und ist charakteristisch für den betrachteten mittel- bis ausgeprägt plastischen Ton. Der Wert ist ein Hinweis auf einen deutlichen Anteil an Tonmineralien.
- (d) Bei der Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18 128 wurden Werte von  $V_{gl} = 3,1 \dots 5,3$  Masse-% ermittelt (Anlage 5). Der zulässige Wert von  $V_{gl} \leq 5 \%$  wird i.d.R. eingehalten. Geringfügige Überschreitungen stellen kein Ausschlusskriterium dar, da dieser erhöhte Wert auf die versuchsbedingte Erfassung von Kristallwasser und nicht auf das Vorhandensein organischer Anteile zurückzuführen ist.
- (e) Der ermittelte Kalkgehalt nach DIN 18 129 liegt beim untersuchten Material mit  $V_{ca} < 1,0 \%$  deutlich unter dem zulässigen Wert von 15 Masse-% (Anlage 6).
- (f) Der Mineralbestand der Probe wurde mittels Röntgenbeugungsanalyse (RBA) ermittelt. Für die semiquantitative Mineralbestandbestimmung wurden zusätzlich weitere Versuche, wie z.B. eine Methylenblauaufnahmebestimmung durchgeführt (Anlage 11). Der Ton besitzt danach einen Anteil an Tonmineralien von insgesamt 35 ... 41 %, etwa 8 ... 10 % sind quellfähige Tonmineralien. Dieser Wert ist für Materialien einer Mineralischen Dichtung völlig ausreichend.
- (g) Im Proctorversuch nach DIN 18 127 (Anlage 2) wurden Proctordichten von  $\rho_{Pr} = 1,67 \dots 1,72 \text{ g/cm}^3$  bei optimalen Wassergehalten von  $w_{Pr} = 18,2 \dots 19,0 \%$  festgestellt. Zur Sicherung einer üblichen Einbaudichte mit einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 0,95$  sind i.d.R. natürliche Wassergehalte im Bereich von  $11 \% \leq w_n \leq 25 \%$  erforderlich.
- (h) Die Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes erfolgte an im Labor hergestellten Proben, die im Proctortopf mit Wassergehalten von etwa  $w_n = 17 \dots 19 \%$  verdichtet wurden. Es wurden dabei Durchlässigkeitsbeiwerte von  $k_f < 5 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$  festgestellt (Anlage 7). Es ist davon auszugehen, dass bei längerer Versuchsdauer noch kleinere Durchlässigkeitsbeiwerte entstehen. Die für Mineralische Dichtungen geforderten Mindestwerte von  $k_f < 1 \dots 5 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$  werden sicher eingehalten.
- (i) Im Scherversuch nach DIN 18 137 wurden für den Ton an im Labor hergestellten Proben und einer Konsolidierungszeit von 24 Stunden Reibungswinkel  $\varphi' = 20 \dots 22^\circ$  und eine Kohäsion  $c' = 25 \dots 28 \text{ kN/m}^2$  bestimmt (Anlage 8).

- (j) Im Ödometerversuch nach Din 18 135 konnten für den Erstbelastungsast im für die Oberflächenabdichtung relevanten Spannungsbereich von  $\sigma \approx 40 \dots 50 \text{ kN/m}^2$  Steifezahlen von  $M_0 \approx 5 \dots 6 \text{ MPa}$  bestimmt (Anlage 9).
- (k) Chemische Untersuchungen wurden im Labor der ICA GmbH Leipzig entsprechend Deponieverordnung, Anhang 3 Tabelle 2 Spalte 5 durchgeführt (Anlage 10). Es konnte nachgewiesen werden, dass die vorgegebenen Grenzwerte sicher eingehalten werden. Die geringfügige Überschreitung des zulässigen Sulfatwertes ist unerheblich, da der wasserlösliche Anteil der Probe sehr gering ist.

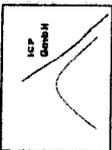
Mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen wird nachgewiesen, dass alle Anforderungen an ein Material für eine Mineralische Dichtung erfüllt werden. Das Material ist somit grundsätzlich für diesen Verwendungszweck geeignet; das gilt auch für ggf. zu erwartende Schwankungen in der Materialzusammensetzung.

Diese grundsätzliche Eignung ist unter Beachtung der objektspezifischen Anforderungen ggf. zu spezifizieren.

  
.....  
Dr.-Ing. G. Günther  
Geschäftsführer

#### Anlagen:

Anlage (1)	Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	1 Blatt
Anlage (2)	Proctorversuch nach DIN 18 127.	3 Blatt
Anlage (3)	Zustandsgrenzen nach DIN 18 122	3 Blatt
Anlage (4)	Wasseraufnahme nach DIN 18 132	1 Blatt
Anlage (5)	Glühverlust nach DIN 18 128	1 Blatt
Anlage (6)	Kalkgehalt nach DIN 18 129	1 Blatt
Anlage (7)	Durchlässigkeitsversuch nach DIN 18 130	1 Blatt
Anlage (8)	Scherversuch nach DIN 18 137	1 Blatt
Anlage (9)	Ödometerversuch nach DIN 18 135	3 Blatt
Anlage (10)	Chemische Untersuchungen	2 Blatt
Anlage (11)	Tonmineralogische Untersuchungen	5 Blatt



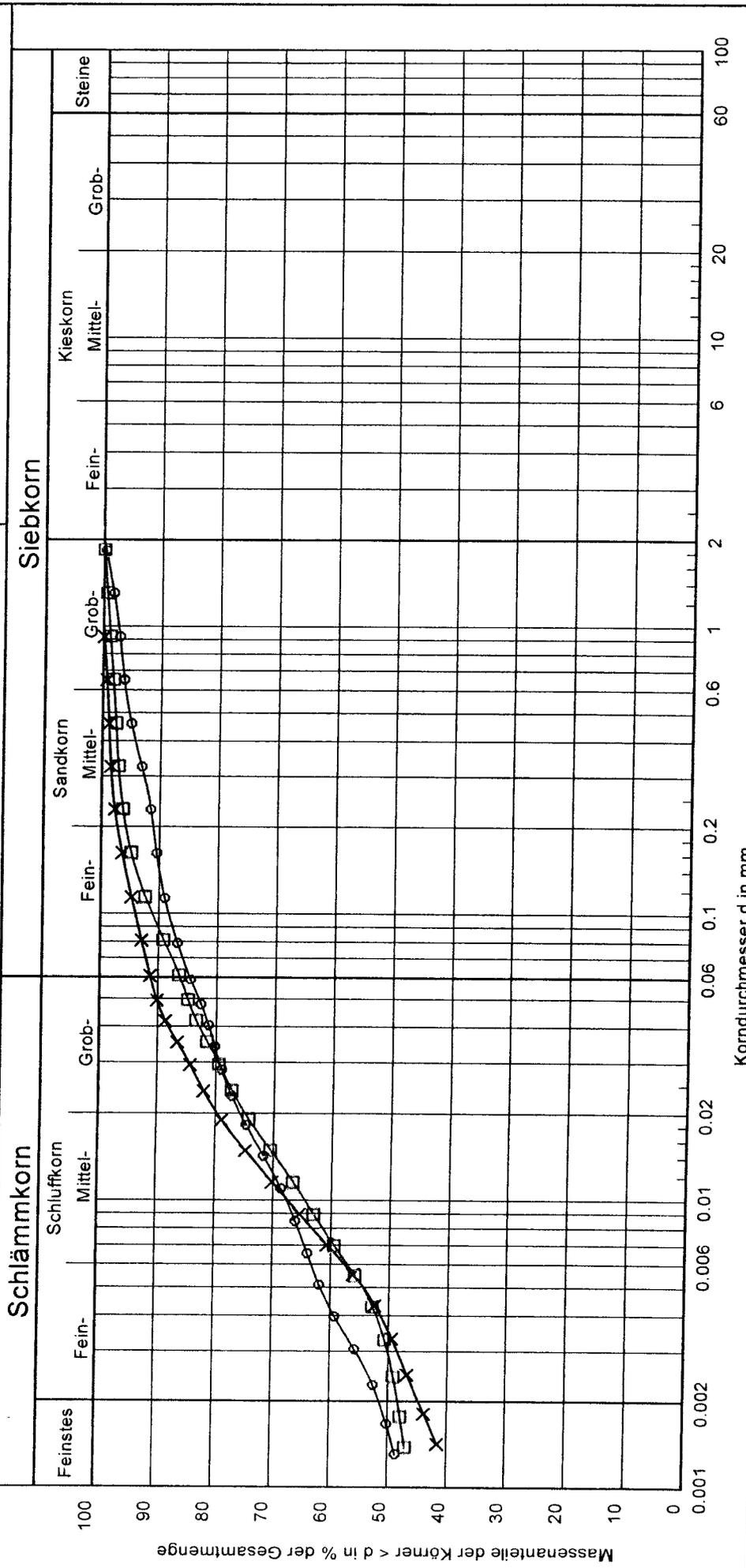
ICP GmbH Leipzig

Fasanenweg 2  
04420 Markranstädt  
Tel.: 0341 - 944260

Bearb.: wana Datum: 23.11.10

Kornverteilung DIN 18 123  
Ton Liebertwolkwitz  
Materialuntersuchung

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110.kvs  
Probe entnommen am: 12.11.2010  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: komb. Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:		Nr. 1		Nr. 2		Nr. 3	
Bodenart:		T, u, fs', ms', gs'		T, U, fs'		T, ü, fs'	
T(U)/S(G) [%]:		51.5/33.2/15.3/-		44.8/46.5/8.7/-		48.4/38.0/13.6/-	
Signatur		○—○		×—×		□—□	
Bodenklasse DIN 18196:		TA		TA		TA	
Frostfreiheit:		F2		F2		F2	
Bemerkungen:							
Bericht: SN 051210							
Anlage: 1							

# Proctorkurve nach DIN 18 127

## Ton Liebertwolkwitz

### Materialuntersuchung

Bearbeiter: ne

Datum: 23.11.10

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110a.prc

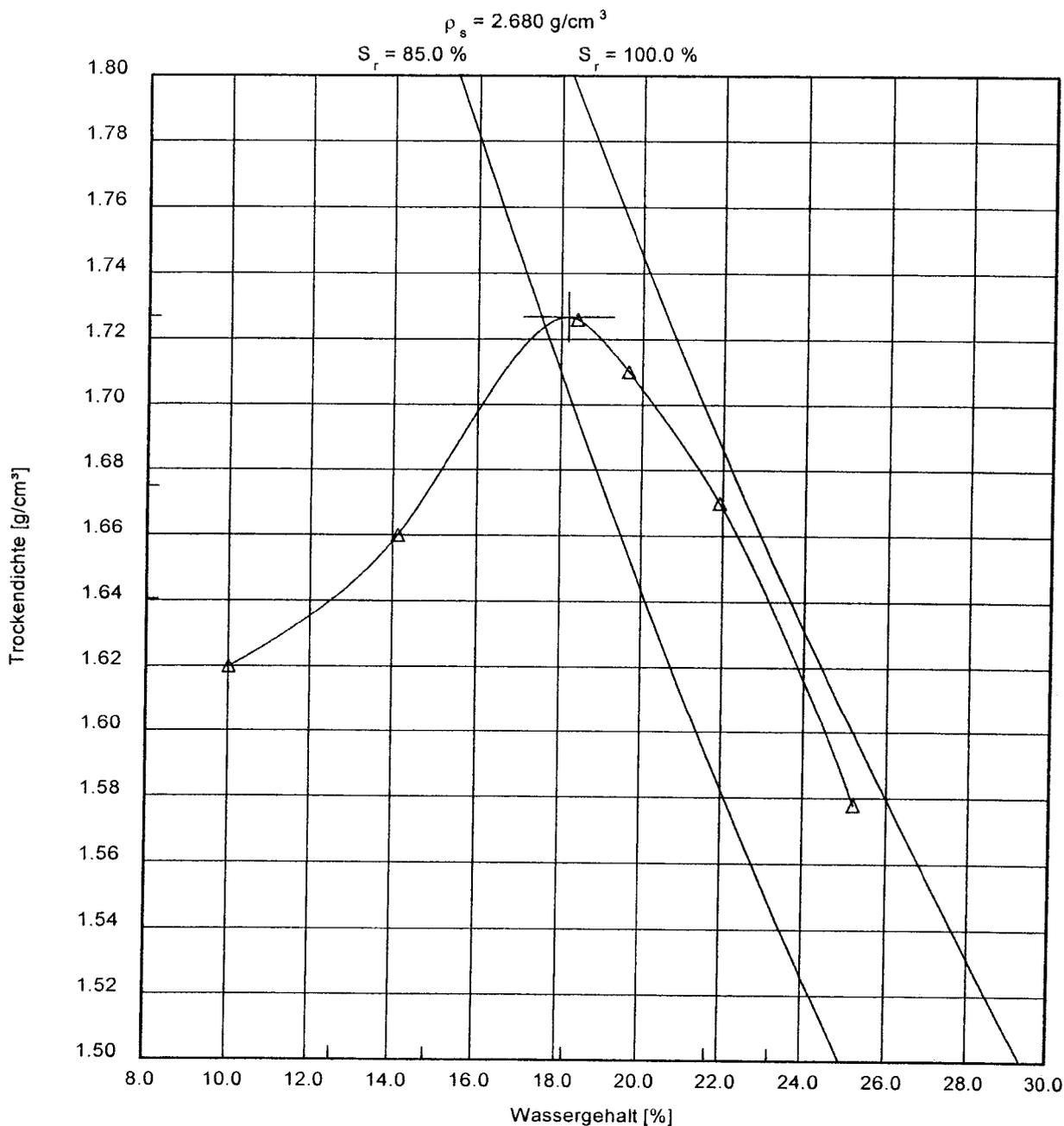
Entnahmestelle: ZWL

Tiefe: ZWL

Bodenart: Ton Liebertwolkwitz

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 12.11.2101



100 % der Proctordichte  $\rho_{pr} = 1.727 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{pr} = 18.2 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.675 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 14.9 / 21.7 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.640 \text{ g/cm}^3$

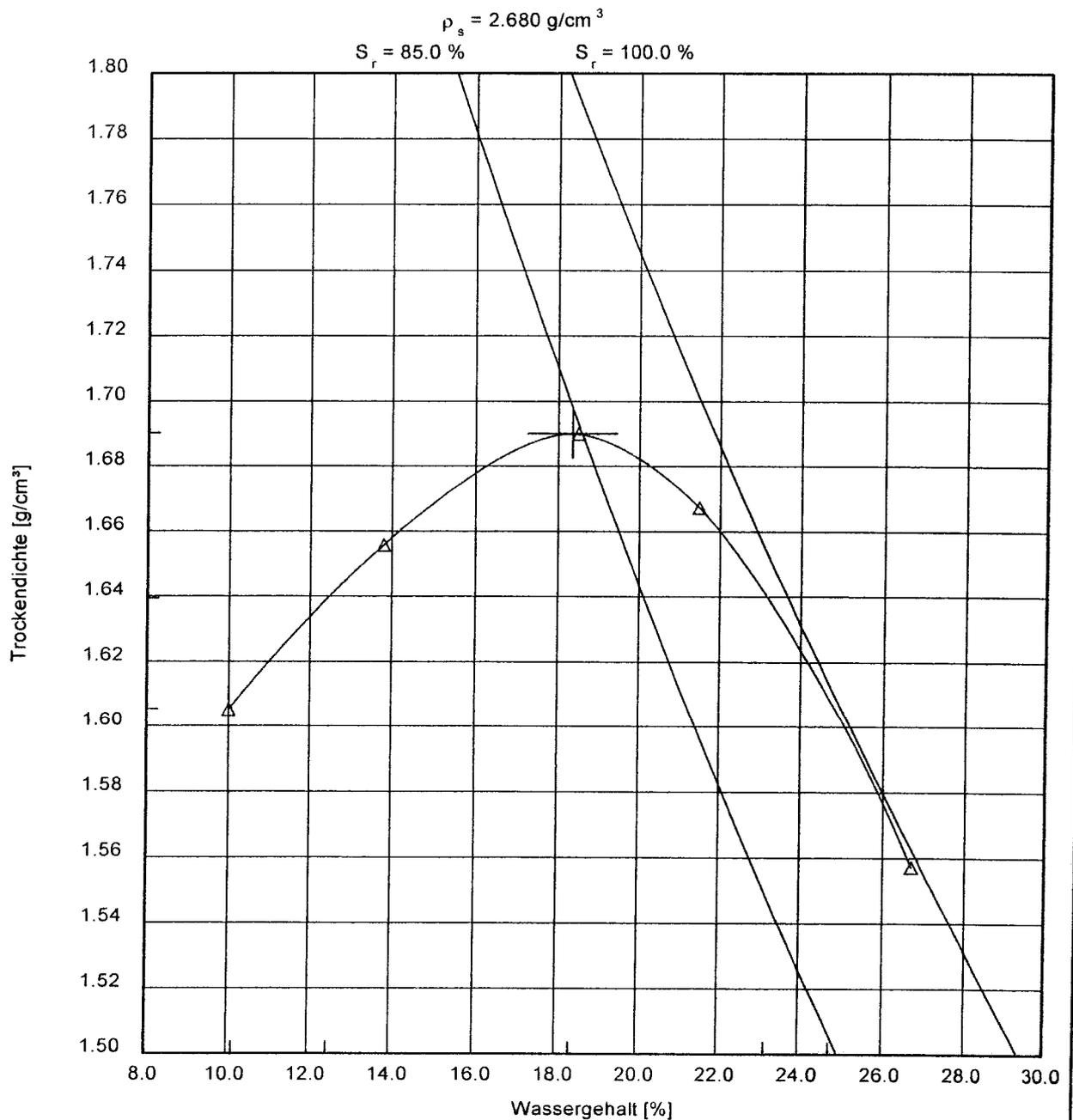
min/max Wassergehalt  $w = 12.6 / 23.2 \%$

**Proctorkurve** nach DIN 18 127  
**Ton Liebertwolkwitz**  
 Materialuntersuchung

Bearbeiter: ne

Datum: 23.11.10

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110b.prc  
 Entnahmestelle: ZWL  
 Tiefe: ZWL  
 Bodenart: Ton Liebertwolkwitz  
 Art der Entnahme: gestört  
 Probe entnommen am: 12.11.2101



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.690 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 18.4 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.639 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 12.5 / 23.2 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.606 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 10.1 / 24.7 \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

## Ton Liebertwolkwitz

### Materialuntersuchung

Bearbeiter: ne

Datum: 23.11.10

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110c.prc

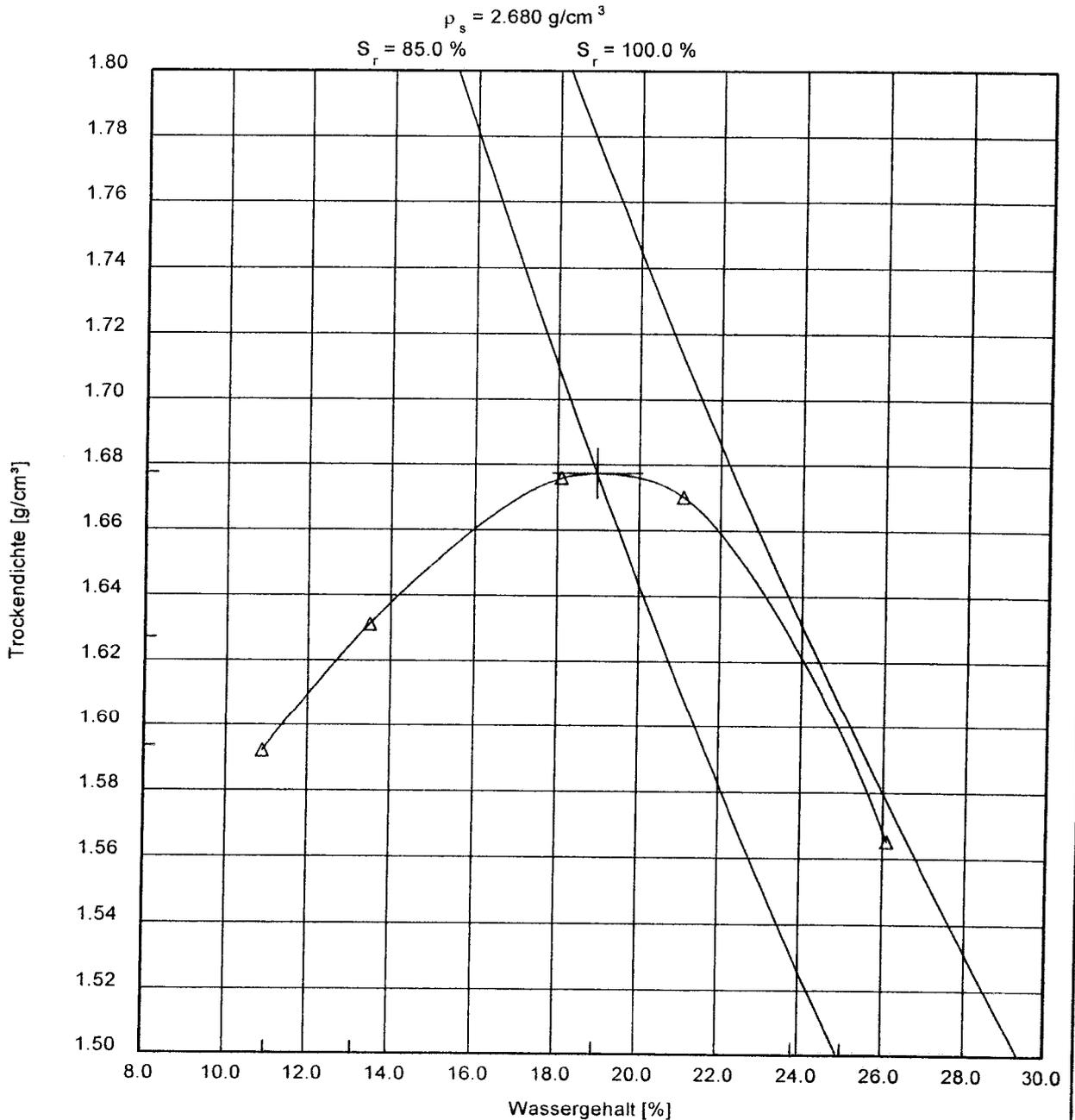
Entnahmestelle: ZWL

Tiefe: ZWL

Bodenart: Ton Liebertwolkwitz

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 12.11.2101



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.677 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 19.0 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.627 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 13.2 / 23.8 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.594 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 11.0 / 25.0 \%$

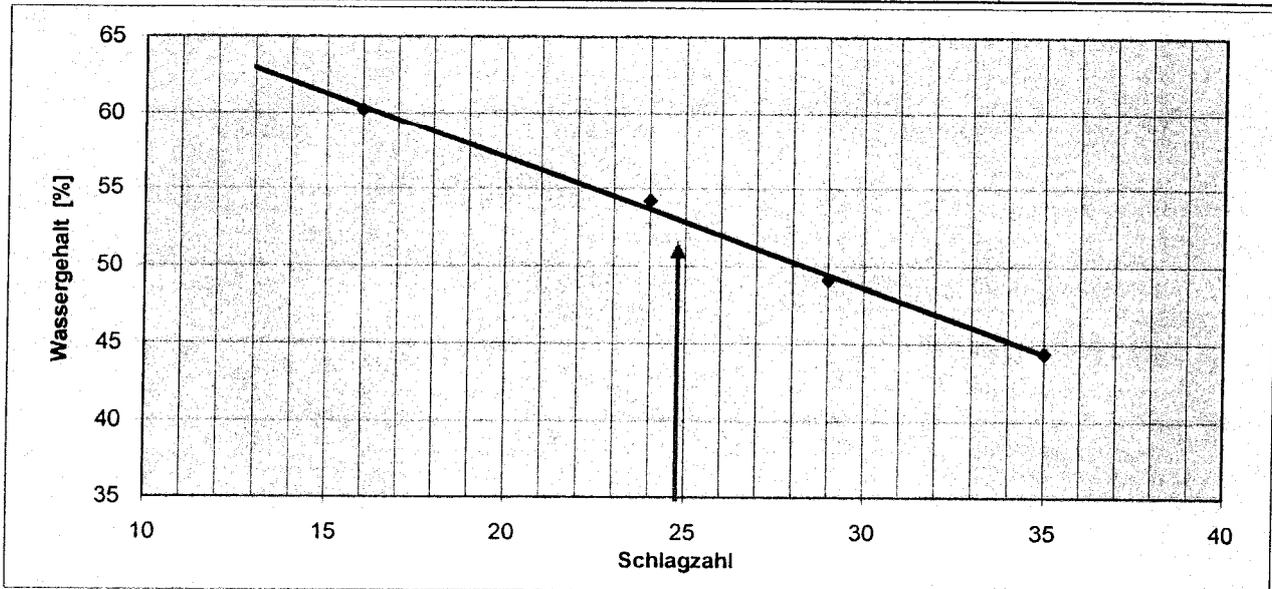
**ICP GmbH Leipzig - Fasanenweg 2 - 04420 Markranstädt**  
 Tel.: 0341-944260 Fax.: 0341-9442615

**Zustandsgrenzen nach DIN 18 122**

<b>Projekt:</b>	Ton Liebertwolkwitz
	Materialuntersuchung
<b>Auftraggeber:</b>	BAUMATEC
<b>Datum:</b>	24.11.2010
<b>Bearbeiter:</b>	Herr Eßbach
<b>Bauteil:</b>	Eignung Mineralische Dichtung Ton

<b>Material:</b>	Ton	<b>Nr.</b>	KV 1
<b>Anteil &gt; 0,4 mm [%]</b>	6	<b>Wassergehalt [%]</b>	16,22

<b>Fließgrenze</b>					
Versuchs-Nr.		1	2	3	4
Anzahl Schläge		16	24	29	35
Wassergehalt	%	60,210	54,190	49,110	44,390
<b>Ausrollgrenze</b>					
Versuchs-Nr.		1	2	3	
Wassergehalt	%	21,000	21,990	21,890	21,63



Fließgrenze [%]	52,82	Plastizitätszahl [%]	31,19
Ausrollgrenze [%]	21,63	Konsistenzzahl	1,14
Korr. Wassergehalt [%]	17,26		

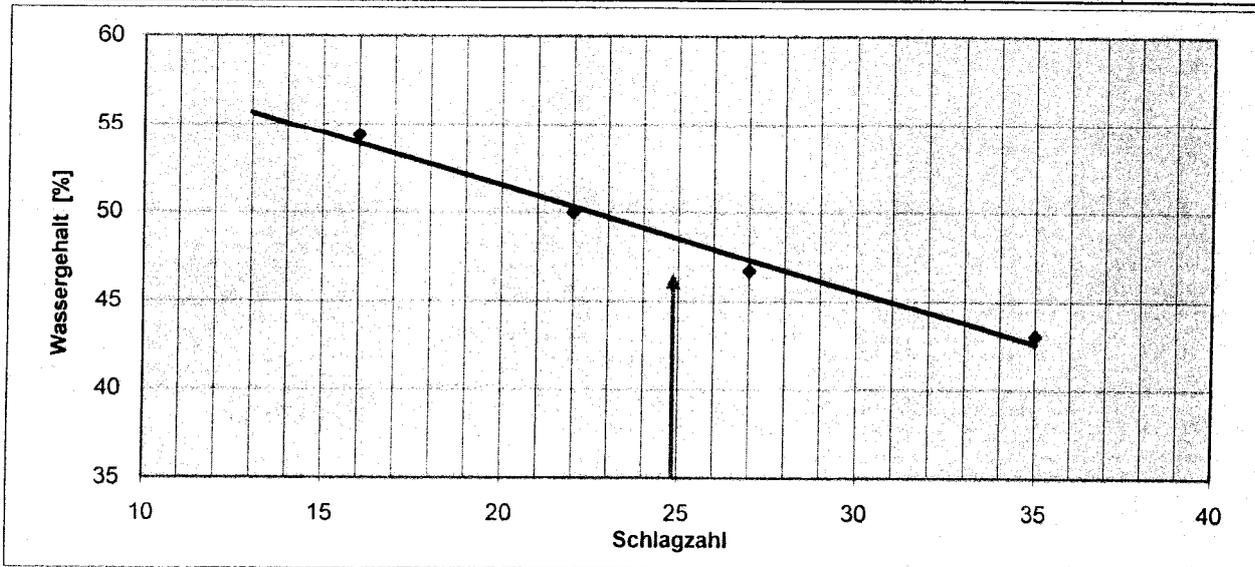
**ICP GmbH Leipzig - Fasanenweg 2 - 04420 Markranstädt**  
 Tel.: 0341-944260 Fax.: 0341-9442615

**Zustandsgrenzen nach DIN 18 122**

<b>Projekt:</b>	Ton Liebertwolkwitz
	Materialuntersuchung
<b>Auftraggeber:</b>	BAUMATEC
<b>Datum:</b>	24.11.2010
<b>Bearbeiter:</b>	Herr Eßbach
<b>Bauteil:</b>	Eignung Mineralische Dichtung Ton

<b>Material:</b>	Ton+Splitt	<b>Nr.</b>	KV 2
<b>Anteil &gt; 0,4 mm [%]</b>	4	<b>Wassergehalt [%]</b>	16,88

<b>Fließgrenze</b>					
Versuchs-Nr.		1	2	3	4
Anzahl Schläge		16	22	27	35
Wassergehalt	%	54,330	50,010	46,730	43,040
<b>Ausrollgrenze</b>					
Versuchs-Nr.		1	2	3	
Wassergehalt	%	22,880	23,560	23,330	23,26



Fließgrenze [%]	48,53	Plastizitätszahl [%]	25,27
Ausrollgrenze [%]	23,26	Konsistenzzahl	1,22
Korr. Wassergehalt [%]	17,58		

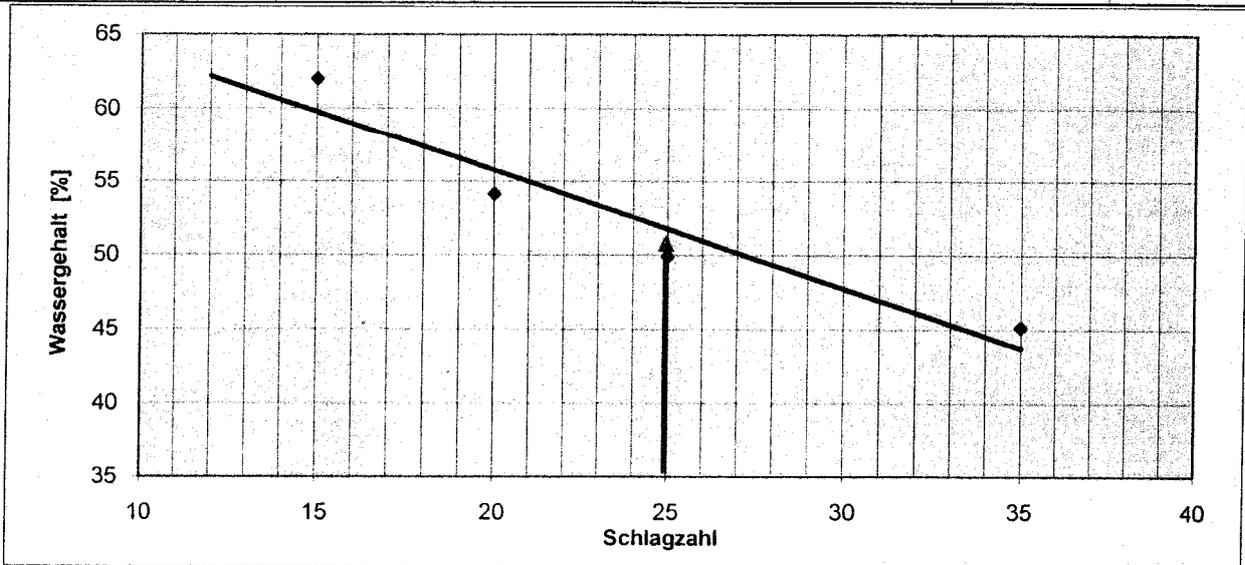
**ICP GmbH Leipzig - Fasanenweg 2 - 04420 Markranstädt**  
 Tel.: 0341-944260 Fax.: 0341-9442615

**Zustandsgrenzen nach DIN 18 122**

<b>Projekt:</b>	Ton Liebertwolkwitz
	Materialuntersuchung
<b>Auftraggeber:</b>	BAUMATEC
<b>Datum:</b>	24.11.2010
<b>Bearbeiter:</b>	Herr Eßbach
<b>Bauteil:</b>	Eignung Mineralische Dichtung Ton

<b>Material:</b>	Ton+Splitt	<b>Nr.</b>	KV 3
<b>Anteil &gt; 0,4 mm [%]</b>	2	<b>Wassergehalt [%]</b>	17,24

<b>Fließgrenze</b>					
Versuchs-Nr.		1	2	3	4
Anzahl Schläge		15	20	25	35
Wassergehalt	%	62,000	54,090	49,880	45,110
<b>Ausrollgrenze</b>					
Versuchs-Nr.		1	2	3	
Wassergehalt	%	22,110	22,890	21,980	<b>22,33</b>



Fließgrenze [%]	51,77	Plastizitätszahl [%]	29,44
Ausrollgrenze [%]	22,33	Konsistenzzahl	1,16
Korr. Wassergehalt [%]	17,59		

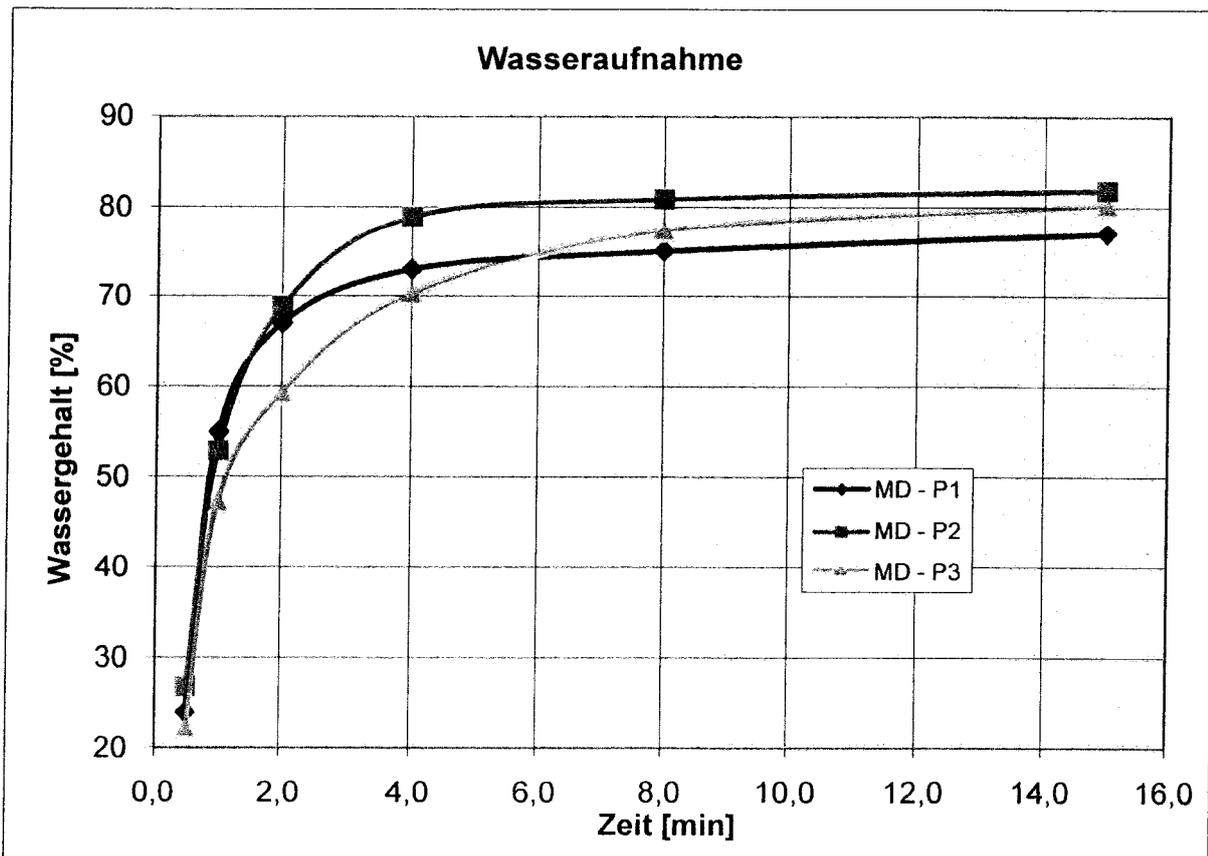
**ICP GmbH Leipzig - Fasanenweg 2 - 04420 Markranstädt**  
 Tel.: 0341-944260 Fax.: 0341-9442615

**Wasseraufnahme nach DIN 18 132**

<b>Projekt:</b>	Ton Liebertwolkwitz
	Materialuntersuchung
<b>Auftraggeber:</b>	BAUMATEC
<b>Datum:</b>	26.11.2010
<b>Bearbeiter:</b>	Herr Eßbach
<b>Bauteil:</b>	Eignung Mineralische Dichtung Ton

<b>Material:</b>	Ton	<b>Lage:</b>	Eignung Ton
<b>Anteil &lt; 0,4 mm [%]</b>	siehe Korngrößenverteilung nach DIN 18 123		

Prüffeld	Zeitpunkt Messung [min]					Endwert
	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	
MD - P1	24	55	67	73	75	<b>77</b>
MD - P2	27	53	69	79	81	<b>82</b>
MD - P3	22	47	59	70	77	<b>80</b>



**ICP GmbH Leipzig - Fasanenweg 2 - 04420 Markranstädt**  
 Tel.: 0341-944260 Fax.: 0341-9442615

<b>Projekt:</b>	Ton Liebertwolkwitz
	Materialuntersuchung
<b>Auftraggeber:</b>	BAUMATEC
<b>Datum:</b>	24.11.2010
<b>Bearbeiter:</b>	Herr Eßbach
<b>Bauteil:</b>	Eignung Mineralische Dichtung Ton

<p><b>Glühverlust nach DIN 18 128</b></p> <p><b>Prüfung DIN 18 128 - GL</b></p>
---

lfd. Nr.	Prüfpunkt	TV 1 [%]	TV 2 [%]	TV 3 [%]	Mittelwert [%]	Entnahme	Bemerkung
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Nr. 1	5,22	4,77	4,65	4,88	12.11.2010	
2	Nr. 2	3,88	3,22	3,10	3,40		
3	Nr. 3	3,23	3,50	3,89	3,54		
<b>MIN</b>		<b>3,230</b>	<b>3,220</b>	<b>3,100</b>	<b>3,400</b>		
<b>MAX</b>		<b>5,220</b>	<b>4,770</b>	<b>4,650</b>	<b>4,880</b>		
<b>MITTEL</b>		<b>4,110</b>	<b>3,830</b>	<b>3,880</b>	<b>3,940</b>		

Der Einfluß von Kristallwasser ist zu beachten bei der Versuchsinterpretatio

**ICP GmbH Leipzig - Fasanenweg 2 - 04420 Markranstädt**  
 Tel.: 0341-944260 Fax.: 0341-9442615

<b>Projekt:</b>	<b>Ton Liebertwolkwitz</b>
	Materialuntersuchung
<b>Auftraggeber:</b>	BAUMATEC
<b>Datum:</b>	24.11.2010
<b>Bearbeiter:</b>	Herr Eßbach
<b>Bauteil:</b>	Eignung Mineralische Dichtung Ton

<p><b>Kalkgehalt nach DIN 18 129</b></p> <p><b>Prüfung DIN 18 129 - G</b></p>
---

lfd. Nr.	Prüfpunkt	TV 1 [%]	TV 2 [%]	TV 3 [%]	Mittelwert [%]	Entnahme	Bemerkung
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Nr. 1	0,87	0,90	0,65	0,81	12.11.2010	
2	Nr. 2	1,00	0,88	1,11	1,00		
3	Nr. 3	0,87	0,78	0,99	0,88		
<b>MIN</b>		<b>0,870</b>	<b>0,780</b>	<b>0,650</b>	<b>0,807</b>		
<b>MAX</b>		<b>1,000</b>	<b>0,900</b>	<b>1,110</b>	<b>0,997</b>		
<b>MITTEL</b>		<b>0,913</b>	<b>0,853</b>	<b>0,917</b>	<b>0,894</b>		

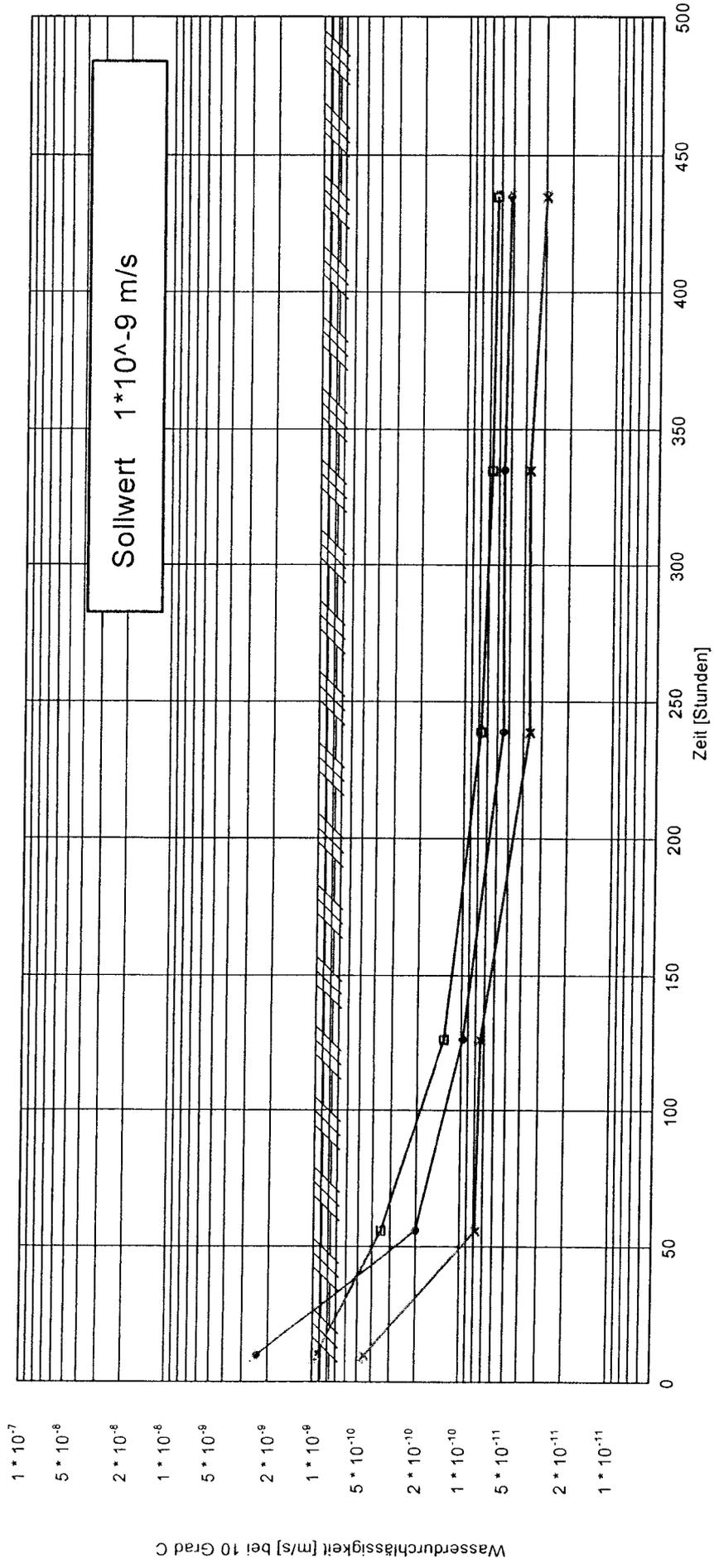
ICP GmbH Leipzig  
 Fasanenweg 2  
 04420 Markranstädt  
 Tel.: 0342-944260

Datum: 03.12.2010

Bearbeiter: dr. gü

Durchlässigkeitsversuch  
 Ton Liebertwolkwitz  
 Materialuntersuchung

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110  
 Probe entnommen am: 12.11.2010  
 Art der Entnahme: gestört  
 Arbeitsweise: Standrohr



Versuch-Nr.:	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
Signatur	○	×	□
Versuchsbeginn:	15.11.2010 9.00	15.11.2010 9.15	15.11.2010 9.20
Länge / Fläche:	12.00 / 77.91	12.00 / 77.91	12.00 / 77.91
Art Durchlässigkeit:	Enddurchlässigkeit	Enddurchlässigkeit	Enddurchlässigkeit
k (10°) [m/s]:	$5.1 \cdot 10^{-11}$	$3.0 \cdot 10^{-11}$	$6.3 \cdot 10^{-11}$
Bemerkungen	Laborprobe im Proctortopf hergestellt		
Report:	SN 051210		
Attachment:	7		

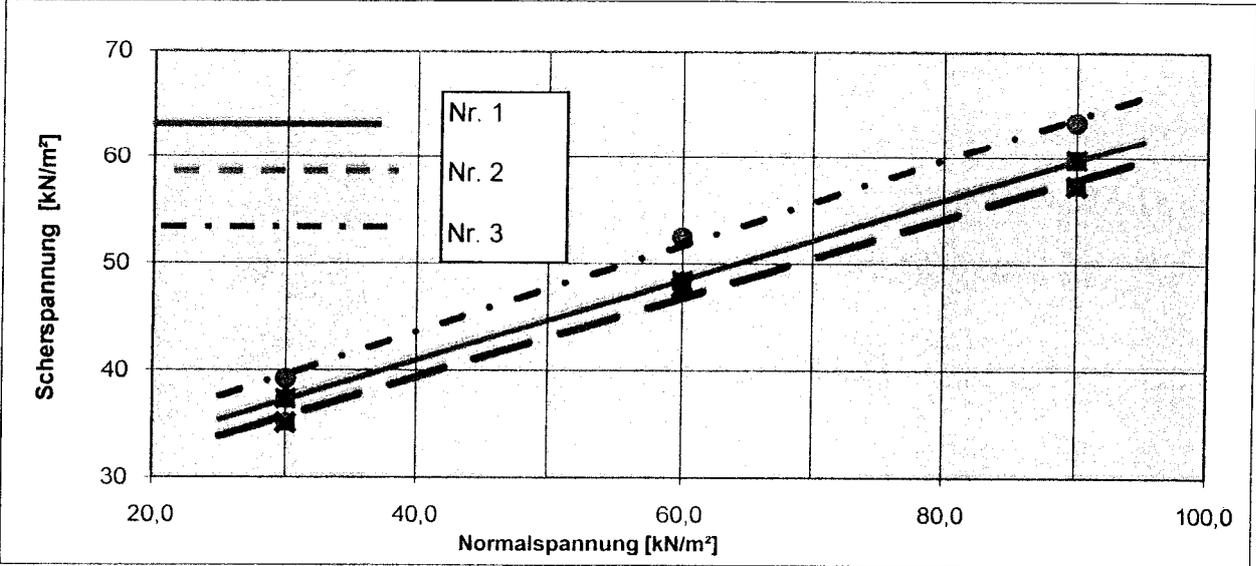
**ICP GmbH Leipzig - Fasanenweg 2 - 04420 Markranstädt**  
 Tel.: 0341-944260 Fax.: 0341-9442615

**Scherversuch nach DIN 18 137**

<b>Projekt:</b>	Ton Liebertwolkwitz
	Materialuntersuchung
<b>Auftraggeber:</b>	BAUMATEC
<b>Datum:</b>	29.11.2010
<b>Bearbeiter:</b>	Dr. Günther
<b>Bauteil:</b>	Eignung Mineralische Dichtung Ton

<b>Prüf-Nummer:</b>	bauma-eig-301110		
<b>Material:</b>	Ton KV Nr. 1	Ton KV Nr. 2	Ton KV Nr. 3
<b>Einbauhöhe [mm]</b>	20		
<b>Einbaudichte [g/cm<sup>3</sup>]</b>	1,60	1,62	1,67
<b>Einbauwassergehalt [%]</b>	17,88	18,25	18,50
<b>Konsolidierung [min]</b>	1440		
<b>Probendurchmesser [mm]</b>	70		

Nummer	Normalspannung [kN/m <sup>2</sup> ]		
	Scherspannung [kN/m <sup>2</sup> ]		
	30,0	60,0	90,0
Nr. 1	37,30	48,40	59,80
Nr. 2	35,10	47,80	57,30
Nr. 3	39,20	52,50	63,40



Hinweis: Abscheren unter Wasser mit  $v = 0,02 \text{ mm/min}$

**Versuchsergebnisse**

	Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ]	Reibungswinkel $\phi'$ [°]	Korrelation
Nr. 1	26,0	20,6	1,000
Nr. 2	24,5	20,3	0,997
Nr. 3	27,5	22,0	0,998

Ödometerversuch nach DIN 18 135

Ton Liebertwolkwitz

Materialuntersuchung

Bearbeiter: dr.gü

Datum: 29.11.2010

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110a

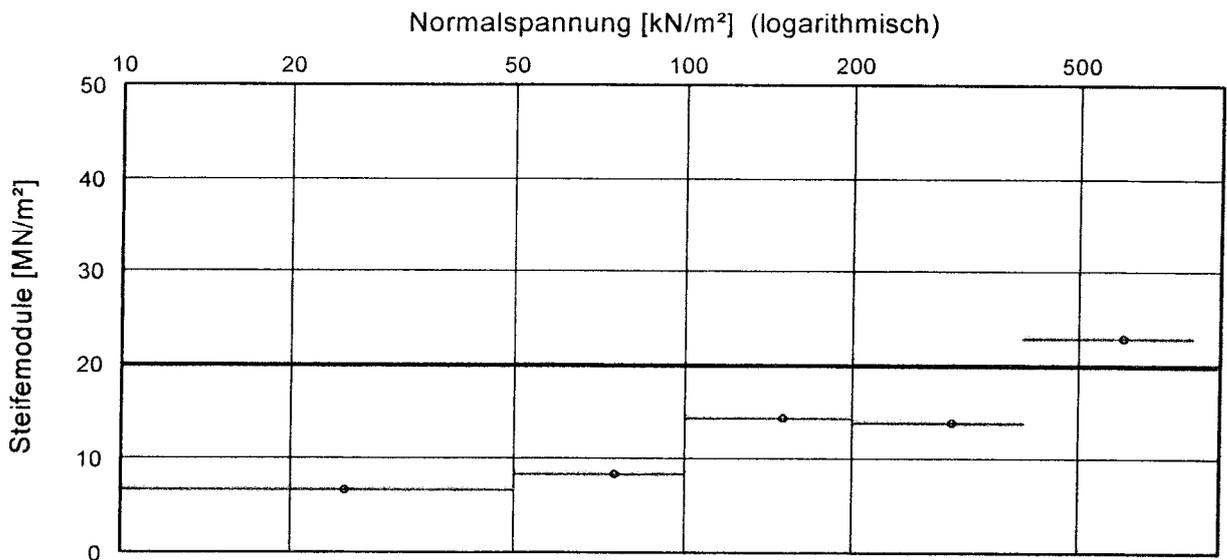
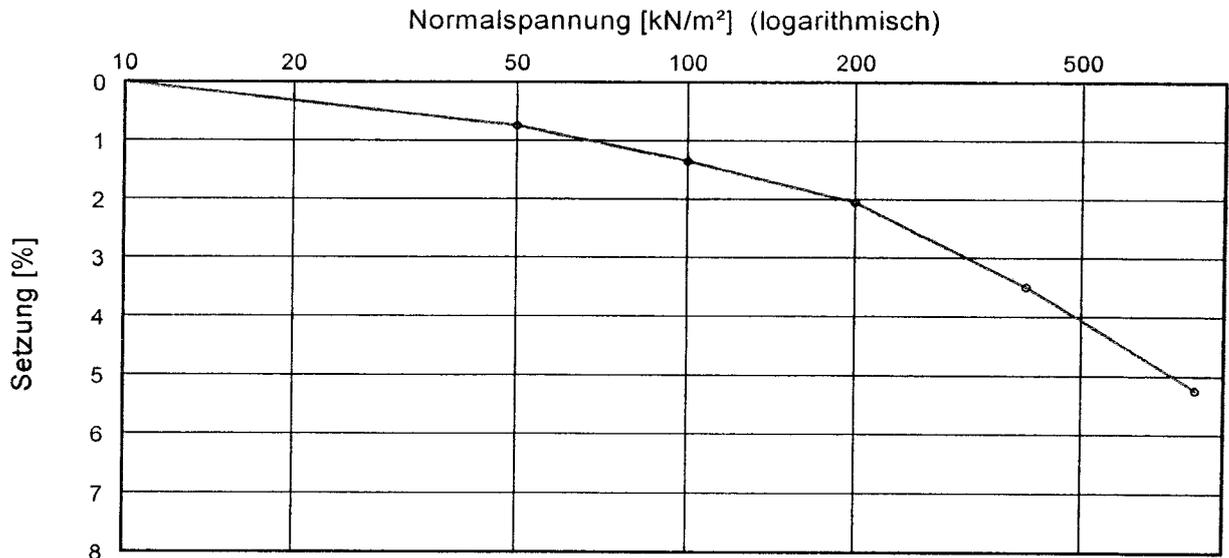
Entnahmestelle: ZWL

Tiefe: ZWL

Bodenart: Ton

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 12.11.2010



Laborprobe - mir D<sub>pr</sub> = 0,95, Konsolidierung 12 h

Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6
Normalspannung [kN/m <sup>2</sup> ]	0.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.150	0.270	0.410	0.700	1.050
Steifemodule [MN/m <sup>2</sup> ]		6.7	8.3	14.3	13.8	22.9

Einbauhöhe [mm] = 20.000

w (vorher) [%] = 16,3

Probendurchmesser [mm] = 70

Ödometerversuch nach DIN 18 135

Ton Liebertwolkwitz

Materialuntersuchung

Bearbeiter: dr.gü

Datum: 29.11.2010

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110a

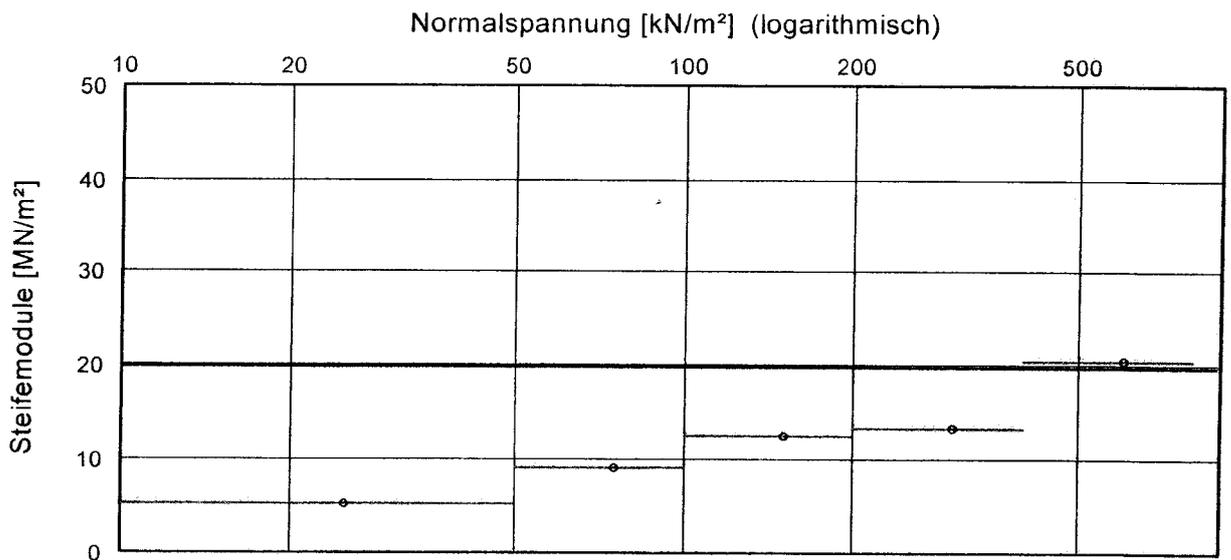
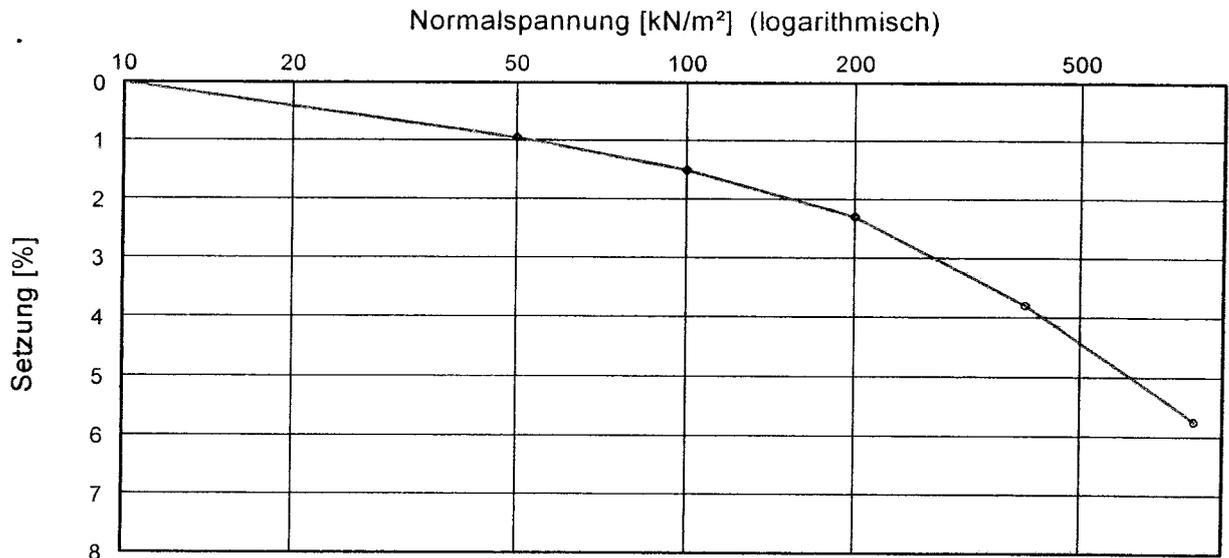
Entnahmestelle: ZWL

Tiefe: ZWL

Bodenart: Ton

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 12.11.2010



Laborprobe

Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6
Normalspannung [kN/m <sup>2</sup> ]	0.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.190	0.300	0.460	0.760	1.150
Steifemodule [MN/m <sup>2</sup> ]		5.3	9.1	12.5	13.3	20.5

Einbauhöhe [mm] = 20.000

w (vorher) [%] = 18,9

Probendurchmesser [mm] = 70

Ödometerversuch nach DIN 18 135

Ton Liebertwolkwitz

Materialuntersuchung

Bearbeiter: dr.gü

Datum: 29.11.2010

Prüfungsnummer: bauma-eig-301110c

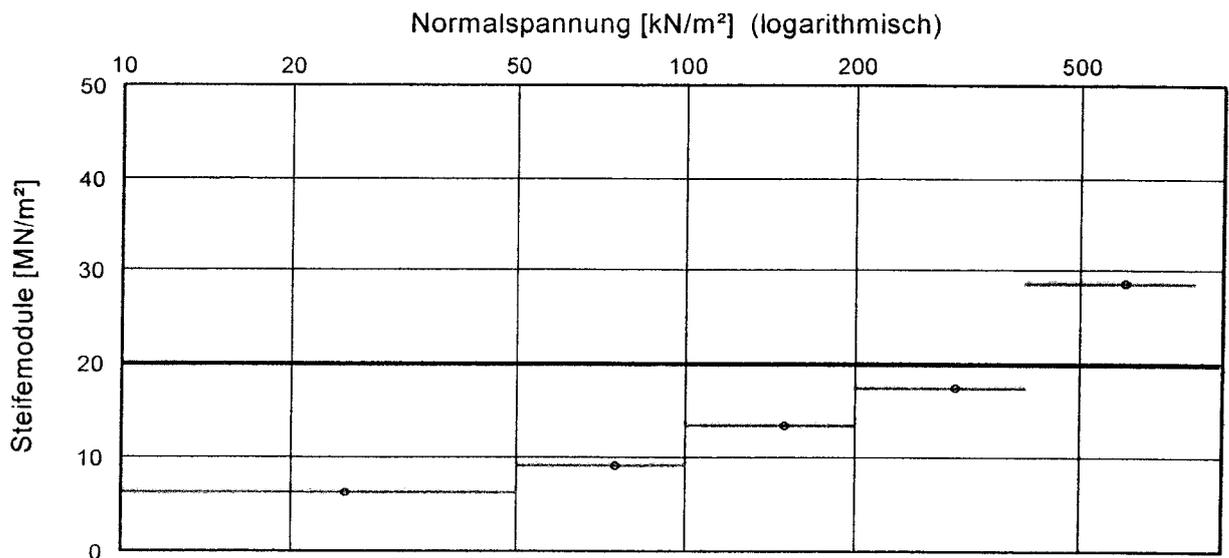
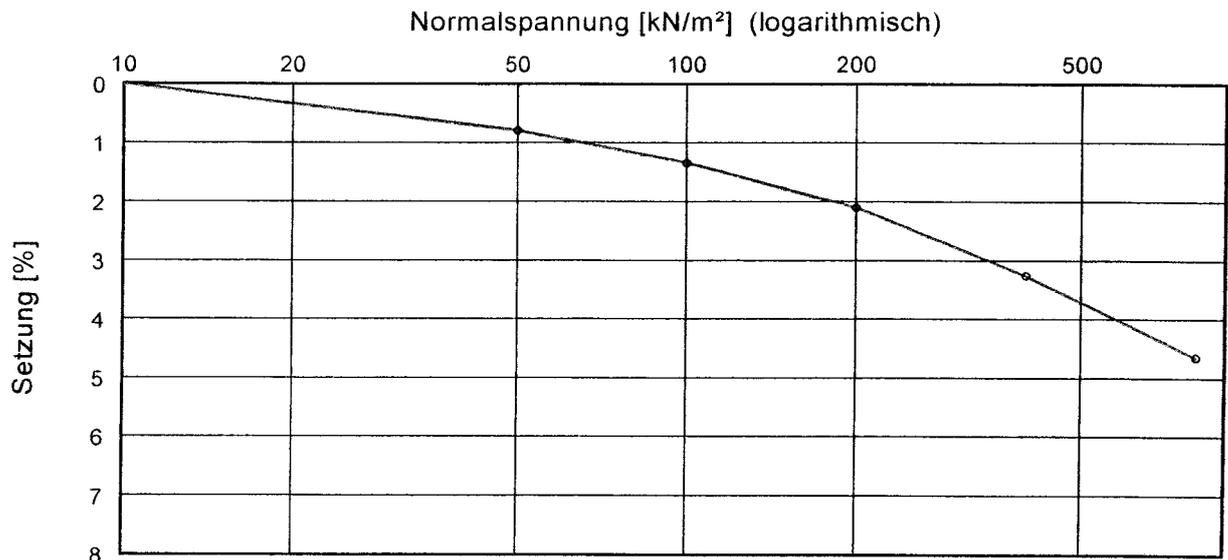
Entnahmestelle: ZWL

Tiefe: ZWL

Bodenart: Ton

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 12.11.2010



Laborprobe, Konsolidierung 12 h

Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6
Normalspannung [kN/m <sup>2</sup> ]	0.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.160	0.270	0.420	0.650	0.930
Steifemodule [MN/m <sup>2</sup> ]		6.3	9.1	13.3	17.4	28.6

Einbauhöhe [mm] = 20.000

w (vorher) [%] = 18,5

Probendurchmesser [mm] = 70

**Auftraggeber:** ICP GmbH Leipzig  
 Frankenheim - Fasanenweg 2  
 04420 Markranstädt

**Projekt:** BV: Ton Liebertwolkwitz (Baumatec)  
 Probenanzahl/-art: 1 Bodenprobe  
 Probenahme: durch Auftraggeber  
 Eingang Labor/Prüfdatum: 15.11./15.11.-19.11.10

**Untersuchungen gemäß Parametern der Verordnung des vereinfachten Deponierechts**

**Feststoffuntersuchung:**

Parameter	Prüfverfahren	Maß- einheit	Probe v. 12.11.10
<b>Feststoffuntersuchung</b>			
Organischer Anteil des Trockenrückstandes bestimmt als TOC			
Summe BTEX (Benzol, Toluol, Ethylenbenzol, o-, m-, p-Xylol, Styrol, Cumol)	DIN EN 13137/Probe getrocknet entspr. DIN 38407 F9-1	Masse % mg/kg TM	<0,5 <0,1
Summe PCB (6 Komp. nach BS)	DIN 38414 S20	mg/kg TM	<0,01 *)
Kohlenwasserstoffe C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	DIN EN 14039/ISO DIS 16703	mg/kg TM	<100
Summe PAK nach EPA	Voruntersuchung/DIN ISO 13877 entspr. DIN 38409 H17/H56	mg/kg TM	0,10
Extrahierbare lipophile Stoffe		Masse %	<0,1

TM - Trockenmasse

\*) - je Einzelkomponente

**Zuordnungswerte**

DK 0	DK 1	DK 2	DK 3
≤ 1	≤ 1	≤ 3	≤ 6
≤ 6			
≤ 1			
≤ 500			
≤ 30			
≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 4



Institut für Chemische Analytik GmbH  
 akkreditiert unter:  
 DAP-Pl-2434.00

Eluatuntersuchung (Eluatherstellung gemäß DIN EN 12457-4/DIN 38414 S4, Schwermetalle/DOC über 0,45 µm filtriert, Aussehen filtriertes Eluat: farblos, klar)

Zuordnungswerte

Parameter	Prüfverfahren	Maßeinheit	Probe v. 12.11.10	DK 0	DK 1	DK 2	DK 3
pH-Wert bei 23°C	DIN 38404 C5		6,9	5,5 - 13,0	5,5 - 13,0	5,5 - 13,0	4,0 - 13,0
DOC	DIN EN 1484 (H3)	mg/l	<1	≤ 50	≤ 50	≤ 80	≤ 100
Phenol-Index	DIN 38409 H16-2	mg/l	<0,01	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 50	≤ 100
Arsen	DIN EN ISO 11885 (E22)/D18	mg/l	<0,01	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 2,5
Blei	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,01	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5
Cadmium	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,001	≤ 0,004	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,5
Kupfer	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,01	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 10
Nickel	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	0,012	≤ 0,04	≤ 0,2	≤ 1	≤ 4
Quecksilber	DIN EN 1483 (E12)	mg/l	<0,0002	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 0,2
Zink	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,02	≤ 0,4	≤ 2	≤ 5	≤ 20
Chlorid	DIN EN ISO 10304	mg/l	1,8	≤ 80	≤ 1 500	≤ 1 500	≤ 2 500
Sulfat	DIN EN ISO 10304	mg/l	138	≤ 100	≤ 2 000	≤ 2 000	≤ 5 000
Cyanid, leicht freisetzbar	DIN 38405 D13/D14	mg/l	<0,01	≤ 0,01	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1
Fluorid	DIN 38405-D4-1	mg/l	<0,5	≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 50
Barium	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	0,013	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 30
Chrom, gesamt	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,01	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 7
Molybdän	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,01	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 3
Antimon	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,005	≤ 0,006	≤ 0,03	≤ 0,07	≤ 0,5
Selen	DIN EN ISO 11885 (E22)	mg/l	<0,01	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,7
wasserlöslicher Anteil (ADR)	DIN 38409 H1	Masse %	<0,4	≤ 0,4	≤ 3	≤ 6	≤ 10

Leipzig, den 19.11.10

Dr. A. Berthold - Laborleiter  
**Institut für Chem. Analytik GmbH**  
 Engerstraße 31, 04229 Leipzig  
 Tel.: 0341-9261-452 Fax: 0341/9261-454  
 e-mail: ICA-Leipzig@t-online.de

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe.  
 Veröffentlichungsrecht: ohne Genehmigung der ICA GmbH nur ungekürzt und unverändert



Institut für Chemische Analytik GmbH  
 akkreditiert unter:  
 DAP-PL-2434.00



## **Bericht**

### **zur qualitativen/ semiquantitativen Mineralbestandsbestimmung an einer Bodenprobe „Ton Liebertwolkwitz“**

**Auftraggeber:**

**ICP GmbH Leipzig  
Fasanenweg 2  
04420 Markranstädt**

**Bericht erstellt durch:**

**ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda & Partner mbH  
Eisenbahnstraße 36  
76229 Karlsruhe**

Dieser Bericht umfasst 5 Seiten und 1 Tabelle.

Karlsruhe, 29. November 2010

## 1 Veranlassung

Die Firma ICP GmbH Leipzig beauftragte die ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda & Partner mbH aus Karlsruhe mit der Untersuchung einer Bodenprobe auf ihren Mineralbestand, insbesondere auf ihre Tonmineralgehalte.

Die Probe wurde ICP Karlsruhe am 10.11.10 per Post zugestellt.

Der Mineralbestand der Probe wurde mittels Röntgenbeugungsanalyse (RBA) ermittelt. Für die semiquantitative Mineralbestandbestimmung wurden auch weitere Versuche, wie z.B. Methylenblaufaufnahmebestimmungen einbezogen.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen beschrieben und bewertet.

## 2 Probenbeschreibung/ Probenvorbereitung

Die Probe wurde in erdfeuchtem Zustand angeliefert und war für den Probenversand luftdicht in einer Probentüte verpackt. Die Probe trägt gemäß Auftraggeber folgende Bezeichnungen:

- Ton Liebertwolkwitz, Entnahme vom 09.11.10, Mischprobe aus 3 Einzelproben

Bei der Bodenprobe handelte es sich im Anlieferungszustand um einen stark schluffigen Ton. Der Feinstkornanteil (Tongehalt) der Probe liegt etwa bei 40-50 %.

Aus der angelieferten Probe wurde eine repräsentative Teilprobe entnommen. Diese wurde bis zur Gewichtskonstanz bei 60° C im Ofen getrocknet. Die trockene Probe wurde in der Achat-Feinmühle komplett aufgemahlen, so dass sie für die Untersuchungen in einer Fraktion <0,125 mm vorlag.

### 3 Röntgenbeugungsanalyse (RBA bzw. XRD)

#### 3.1 Probenvorbereitung

Zur Untersuchung des qualitativen Gesamtmineralbestandes und für Intensitätsmessungen für Nicht-Tonminerale wurden bei 60° C getrocknete, pulverisierte und auf die Fraktion < 0,125 mm zerkleinerte Proben verwendet (Pulverpräparate). Für die Identifizierung der Tonminerale und für die semiquantitative Tonmineralgehaltsbestimmung wurden zusätzlich zu den Pulverpräparaten Texturpräparate hergestellt. Hierbei wird die Probe aufgeschlämmt und die Fraktion > 2 µm durch Zentrifugieren abgetrennt und verworfen. Die in Suspension (< 2 µm) verbliebenen Tonminerale werden auf einen Objektträger aufgetropft und regeln sich beim Sedimentations- und Trocknungsprozess weitgehend basisparallel ein (Textur). Durch Bedampfung der Texturpräparate mit Ethylenglykol (Quellungspräparat) und durch Glühen bei 550° C (Erhitzungspräparat) und anschließendem Röntgen werden die Veränderungen der Schichtabstände im Kristallgitter gegenüber dem geröntgten normalen Texturpräparat (LUBO) untersucht.

#### 3.2 Qualitativer Mineralbestand

Mit den Pulverpräparaten wurden Röntgenbeugungsaufnahmen nach dem Diffraktometerverfahren angefertigt. Dabei dreht sich bei feststehendem Primärstrahl die Probe mit der Winkelgeschwindigkeit  $\theta$  (Theta) und der Dekoder (Zählrohr) mit der doppelten Winkelgeschwindigkeit  $2\theta$  um eine gemeinsame Achse. Durchläuft die Probe einen Winkel, bei dem - entsprechend den Netzebenenabständen des Minerals und der Wellenlänge der Röntgenstrahlung - die Strahlen so gebeugt werden, dass Interferenz auftritt, so wird die gebeugte Strahlung vom Dekoder registriert und in Form von Peaks aufgezeichnet. Die Identifizierung der Minerale in einer Probe erfolgt durch den Vergleich der Peak-Lagen (d-Wert [Å]) und Peak-Intensitäten [cts/s] mit bekannten, in internationalen Mineraldatenbanken gespeicherten Mineralen. Die Auswertung der Messungen erfolgte nach der JCPDS-Kartei (International Centre for Diffraction Data<sup>1</sup>).

#### 3.3 Semiquantitativer Mineralbestand

Der semiquantitative Mineralbestand der gut kristallisierten Mineralphasen - i.w. Quarz, Feldspäte, Karbonate - wurde aus bestehenden Eichkurven nach der Methode des inneren Standards ermittelt. Hierbei ist die Intensität eines Reflexes in cts/s bzw. dessen Peak-Fläche ab-

<sup>1</sup> JCPDS INTERNATIONAL CENTRE FOR DIFFRACTION DATA (1983): Mineral Powder Diffraction File, Group Data Book. Swartmore, Pennsylvania.

hängig vom Massenanteil der entsprechenden Komponenten in der Mischung und vom Massenschwächungskoeffizienten des entsprechenden Minerals in der Probe (Nachweisgrenze ca. 1 - 5 M-%). Für die oben genannten, gut kristallisierten Nicht-Tonminerale ist dieses Verfahren mit ausreichender Genauigkeit anzuwenden. Für Calcit und Dolomit gingen zusätzlich die Ergebnisse der Kalkgehaltsbestimmung nach SCHEIBLER ein.

Bei den Tonmineralen geht die Linearität zwischen Intensität und Massenanteil aufgrund ihrer anisotropen Struktur und unterschiedlichen Kristallinität (Massenabsorptionskoeffizienten) jedoch weitgehend verloren. Man behilft sich bei der semiquantitativen Auswertung der einzelnen Tonmineralphasen durch Erfahrungswerte aus der Literatur, nach denen die Peak-Flächenintensitäten der Tonmineralreflexe im Quellungspräparat durch Faktoren gewichtet werden. Hierbei hat der Illit den Faktor 1,0, Kaolinit den Faktor 0,24 und Smectit den Faktor 0,22 (Tributh 1991<sup>2</sup>). Man erhält so die relative Verteilung der Tonminerale untereinander. Die Abgrenzung des Tonmineralbestandes zum Gesamtmineralbestand erfolgt über die Subtraktion der im Eichkurvenverfahren bestimmten Nicht-Tonminerale und des Anteils der Fraktion  $\leq 2 \mu\text{m}$  aus der Korngrößenverteilung. Die Korngröße  $2 \mu\text{m}$  kann zur Orientierung für den Gehalt an Tonmineralen herangezogen werden, da zum einen in der Fraktion  $< 2 \mu\text{m}$  überwiegend Tonminerale und Oxide vorliegen (neben geringen Anteilen von i.w. Quarz und Feldspäten), zum anderen jedoch auch in der Kornfraktion  $2 - 5 \mu\text{m}$  noch geringe Anteile an Kaolinit und Illit vorhanden sind. I.d.R. ist der Anteil an Tonmineralen etwas geringer als der Anteil der Fraktion  $< 2 \mu\text{m}$ . Zur Abgrenzung des Anteils der quellfähigen Tonminerale an dem Gesamttonmineralbestand wird unter anderem der Wert der Methylenblauaufnahme herangezogen. Die Angabe des Gesamtmineralbestandes in M-% ist somit als semiquantitative Abschätzungen auf der Grundlage aller gewonnenen Daten (Intensitäten/ Peak-Flächen aus den Pulver-/ Texturpräparaten des Röntgendiffraktogramms, Methylenblauaufnahme, Kalkgehalt, Glühverlust, Korngrößenverteilung) zu sehen. Die Ergebnisse werden durch den Bearbeiter auf ihre Plausibilität überprüft und aufgrund ihres semiquantitativen Charakters als Circa-Ergebnisse oder als Ergebnisbereiche angegeben.

---

<sup>2</sup> TRIBUTH, H. (1991): Qualitative und Quantitative Bestimmung der Tonminerale in Bodentonen. in: Tributh, H., Lagaly, G. (Hrsg.) Identifizierung und Charakterisierung von Tonmineralen. Berichte der Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe e.V. DTTG.

### 3.4 Ergebnisse qualitativer/ semiquantitativer Mineralbestand

Die Ergebnisse der qualitativen/ semiquantitativen Mineralbestandsanalysen beziehen sich jeweils auf die Gesamtfractionen der Proben. Die Anteile der nachgewiesenen Minerale sind als Bereiche in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tab. 1: Qualitativer/semiquantitativer Mineralbestand der Proben (in M-%)

Mineralphase	Mischprobe Ton Liebertwolkwitz 09.11.10
Montmorillonit/ smectitische Mixed-Layer-Minerale	8 – 10
Kaolinit/ Chlorit	11 – 13
Illit/ Muscovit	15 – 19
Quarz	51 – 57
Feldspäte (Kalifeldspat + Plagioklas)	1 – 3
Calcit	1
Dolomit	< 1
Sonstige, nicht nachweisbare bzw. röntgenamorphe Mineralphasen	3 – 5
Summe Mittelwerte	100

Die Probe besitzt einen Haupt-Mineralbestand aus Quarz und den Tonmineralen Illit/ Muscovit.

Als Nebengemengteile treten die Tonminerale Montmorillonit/ smectitische Mixed-Layer-Minerale, die Tonminerale Kaolinit/ Chlorit sowie Feldspäte auf.

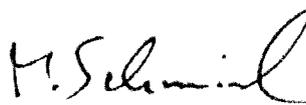
In Spuren tritt Calcit auf.

Die Summe aller Tonminerale beträgt 35 – 41 %, die Summe der quellfähigen Tonminerale beträgt 8 – 10 %.

**ICP Ingenieurgesellschaft  
Prof. Czurda und Partner mbH**



Dr. Th. Egloffstein



Dipl.-Geol. M. Schmiel

**ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH**

76229 Karlsruhe • Eisenbahnstraße 36 • Tel. 0721 / 94477-0 • Fax 0721 / 94477-70 • e-mail: icp@icp-ing.de • http://www.icp-ing.de