

## **"Geotechnische und mineralogische Untersuchungen im U-Bahn-Bauabschnitt U3/14"**

Dipl.Ing.Heimo ZIMMERMANN  
Büro UV & P, Wien

### 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Im Juli 1990 erfolgte im Bauabschnitt 13 der U3 die Beprobung für geotechnische und mineralogische Untersuchungen mit dem Ziel, die geotechnischen Kennwerte mit sedimentologischen bzw. mineralogischen Analyseergebnissen in Beziehung zu setzen.

### 2. Geologische Verhältnisse im Bauabschnitt

Die Trasse des Bauabschnittes U3/14 steigt vom Westrand der Arsenalterrasse zur Höhe der Schmelz an; nach Süden in Richtung Wienfluß fällt sie dagegen deutlich ab. Das Gelände weist Höhen zwischen 206 und 231 m über Adria auf. Im wesentlichen läßt sich der Untergrund in seiner vertikalen Abfolge in künstliche Anschüttungen, Quartärschichten und das Jungtertiär im Liegenden einteilen. Die Schichtmächtigkeiten sind sehr wechselhaft.

Die im Liegenden anstehenden Tertiärsedimente sind dem Sarmat bzw. Unterpannon zuzurechnen und bestehen vorwiegend aus Schluffen und Tonen. Sand und Kiesschichten treten in untergeordneten Mächtigkeiten und verschiedenen horizontalen Dimensionen auf.

Die Grenzflächen zwischen Quartär und Tertiär weisen ein unregelmäßiges Relief mit großen Niveauunterschieden auf. Die dadurch entstehenden Mulden und Erosionsrinnen sind von Grundwasser erfüllt.

## 2.1. Geologische Schichtbeschreibung

### 2.1.1 Künstliche Anschüttungen

Sie setzen sich weitgehend aus Bodenmaterial und Kulturschutt (Bauschutt und evtl. Müll) zusammen. Weiters können Fundamentreste oder alte Keller sowie alte Einbauten und Brunnen vorhanden sein.

### 2.1.2 Quartäre Sedimente

Die quartären Sedimente sind einerseits Reste einer Lößlehmbedeckung und andererseits Abtragsedimente aus den Zwischenterrassenbereichen des Quartärs der Schmelz (Laaerberg-Niveau) und den tiefgründig verwitterten Tertiärschichten des nach Süden und Osten geneigten Hanges zwischen Kardinal-Rauscher Platz und Mariahilferstraße.

#### Lößlehmschichten

Gelbbraune, ockrig bunte, meist steife Schluffsande, die aufgrund ihrer eigenartigen Textur und großen Porosität bei Durchfeuchtung und gleichzeitiger Belastung zum Strukturzusammenbruch neigen, aber im trockenen oder bergfeuchten Zustand sehr gute Standeigenschaften aufweisen. Im Bauabschnitt erreichen diese Schichten Stärken bis zu 3 m.

#### Abtragsedimente

Diese bestehen aus einer sehr wechselhaften Formation aus Quartärschottern, die in diesem Bauabschnitt einen nicht unbeträchtlichen Teil einnehmen. Die Schotter sind stark verlehmt und setzen sich aus einem Gemenge von Quarz- und Sandsteinkiesen zusammen. Diese Sedimente fanden ihre Ablagerung in zuweilen tiefeingeschnittenen und engbegrenzten rinnenartigen

Sedimentationsräumen, deren Hauptrichtung offensichtlich N-S in Richtung Wienfluß verläuft. Ihre Abgrenzung zu den tiefgründig verwitterten Tertiärschichten im Liegenden ist nicht immer eindeutig zu treffen.

### Rundsotter

Sie treten als wesentlicher Rest des Schotterkörpers der Arsenalterrasse auf und bestehen aus sandigen, mitteldicht bis dicht gelagerten, weitgestuften Komponenten. Die Rundsotter weisen in ihrem Schichtaufbau charakteristische Sedimentstrukturen (Schichtung, Verzahnung) auf, die insbesondere im Grobkornbereich zu offenen Strukturen führen können. Zwischengelagerte Sandschichten unbedeutender Mächtigkeit sind zu beobachten. An der Basis dieses Schotterkörpers sind Ansammlungen von Grobkomponenten (Steine und Blöcke) festzustellen. Es ist nicht auszuschließen, daß die Rundsotter stellenweise zu Konglomeraten verkittet sind.

### 2.1.3 Tertiäre Sedimente

Die jungtertiären Schluffe und Tone des tieferen Untergrundes gehören dem Unterpannon bzw. dem Sarmat an. Diese Formation ist als ziemlich ungleichförmige Folge von Schluff/Tonen mit untergeordnet eingelagerten Grobschluff- und Feinsandschichten zu charakterisieren. Fallweise treten an der Grenze zum Quartär oder aber auch innerhalb der jungtertiären Schichtfolge Verhärtungen auf, die entweder brotlaibförmige Konkretionen oder auch Platten darstellen können.

Weiters sind zahlreiche Klüfte und Harnischflächen sowie horizontale Schichtfugen zu beobachten. Diese tektonisch verursachten Strukturen durchtrennen in auffälliger Weise die Tertiärformation. An der Grenze zum überlagernden Quartär ist eine starke Verwitterungszone festzustellen, die sich in der intensiv braunen Verfärbung der feinkörnigen Sedimente mitteilt und sich bis in größere Tiefe fortsetzt.

### 3. Geotechnische und mineralogische Analysen

#### Kornverteilung

Zur Ermittlung der einzelnen Kornfraktionen wurde die Korngrößenanalyse in zwei Abschnitten durchgeführt. Die Ton- und Schluffraktion wurde durch Sedimentation, alle größeren Fraktionen wurden durch Naßsiegung bestimmt.

#### Tonmineralanalyse

Die Tonmineral- und die Gesamtmineralanalyse wurden mittels Röntgendiffraktometeraufnahmen durchgeführt. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der d-Werte der einzelnen Minerale, wobei durch Korrekturfaktoren und der Ermittlung der Peakflächen auch eine semiquantitative Analyse möglich war.

#### Methylenblau-Adsorption

Die Methylenblau-Adsorption wird für die Bestimmung der Austauschkapazität von Tonen verwendet. Methylenblau wird dabei als Kation am Ton fixiert.

#### Ermittlung des Schwelldrucks

Die experimentelle Ermittlung möglicher Schwell-Spannungen erfolgte mit einem dreiaxialen Schwelldruckgerät, in dem die Schwellspannungen über Dehnmeßstreifen und einen Verstärker auf ein Schreibgerät übertragen wurden.

#### Trockendichte, Wassergehalt, Feststoffdichte

Zur Ermittlung der Trockendichte und des Wassergehalts wurde ein Ausstechzylinder, für die Feststoffdichte ein Autopyknometer verwendet.

#### Atterberg'sche Zustandsgrenzen

#### 4. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Die Proben für die Kornverteilung zeigen ein relativ einheitliches Bild. Der Anteil der Kornfraktionen  $<2\mu\text{m}$  beträgt im Mittel 50 %. Der Anteil an Feinsand liegt im Durchschnitt unter 10 %, Der Maximalwert bei 25 %. Mittelsand liegt teilweise in Spuren vor, größere Fraktionen sind nicht vorhanden.

Die Gesamtmineralanalyse ergab einen Quarzgehalt zwischen 40 und 70 % (Mittelwert 53 %), der Anteil an Schichtsilikaten liegt zwischen 28 und 60 % (Mittelwert 44 %). Feldspat, Kalzit und Dolomit sind sehr gering, bzw. überhaupt nur in Spuren vorhanden (siehe Tabelle 1).

Bei der Tonmineralanalyse der Fraktion  $<2\mu\text{m}$  fielen die Ergebnisse recht einheitlich aus. Der Anteil an Smectit beträgt 32 - 62 % (Mittelwert 49 %). Der Gehalt an anderen Tonmineralen ist ebenfalls relativ gleichmäßig. Abweichungen gibt es nur bei den Proben 102 Strosse, 108 Kalotte und 112 Kalotte, die einen Anteil an Mixed Layern von 18 - 37 % (Mittelwert 27 %) aufweisen (siehe Tabelle 2).

Die Methylenblau-Adsorption ergab Oberflächenwerte zwischen 147 und 252  $\text{m}^2/\text{g}$ . Der errechnete Smectitanteil liegt zwischen 18 und 32 %. Aus einer graphischen Gegenüberstellung ist zu erkennen, daß die durch Methylenblau-Adsorption ermittelten Werte (Mittelwert 24 %) nur gering höher liegen als die Ergebnisse der Röntgenanalyse (Mittelwert 21 %). Die Differenzen betragen zwischen -3 und 13 %, was eine mittlere Abweichung von 3,6 % ergibt (siehe Tabelle 3).

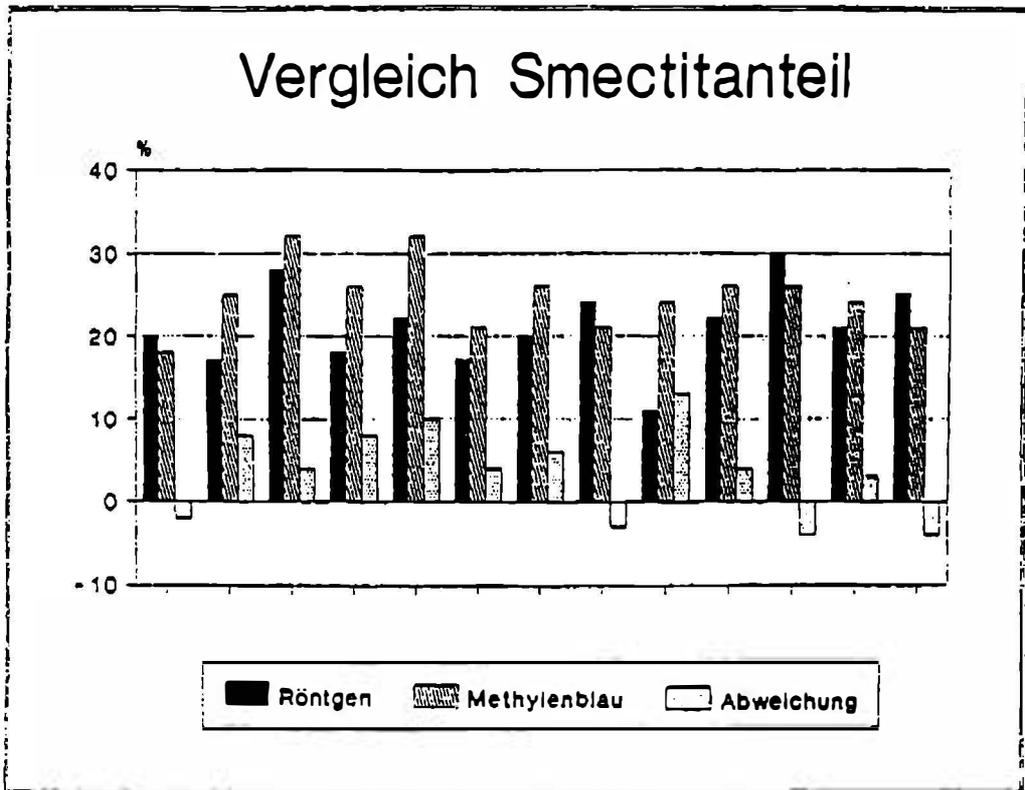
Tabelle 1: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse

	Quarz	Schicht silikate	Feldspat	Kalzit	Dolomit
	%	%	%	%	%
69 Sohle Ost	42	46	Spuren	7	5
75 Strosse	70	30	--	--	--
76 Strosse	50	45	2	3	--
79 Kalotte	62	38	--	--	Spuren
79 Sohle	46	54	--	--	Spuren
92 Kalotte	57	43	--	--	--
96 Kalotte	62	38	--	--	--
98 Kalotte	32	50	5	13	--
102 Kalotte	72	28	8	--	--
102 Strosse	55	45	--	--	--
105 Strosse	53	47	Spuren	--	--
108 Kalotte	41	59	Spuren	--	--
110 Strosse	40	60	--	--	--
110 Kalotte	58	39	--	3	--
112 Kalotte	61	35	Spuren	4	--
113 Strosse	53	47	Spuren	--	--
120 Kalotte	48	49	Spuren	3	--

**Tabelle 2:** Ergebnisse der Tonmineralanalyse

	Illit %	Chlorit %	Kaolinit %	Smectit %	Mixed Layer %
69 Sohle Ost	30	17	8	45	--
75 Strosse	24	14	6	56	--
76 Strosse	20	9	10	62	--
79 Kalotte	24	17	12	47	--
79 Sohle	26	17	17	40	--
92 Kalotte	36	14	12	38	--
96 Kalotte	24	13	10	53	--
98 Kalotte	29	16	8	47	--
102 Kalotte	32	18	8	32	--
102 Strosse	40	31	11	--	18
105 Strosse	27	15	10	48	--
108 Kalotte	31	21	11	--	37
110 Strosse	24	17	9	50	--
110 Kalotte	19	16	12	53	--
112 Kalotte	33	21	19	--	27
113 Strosse	18	16	13	53	--
115 Kalotte	12	25	6	57	--

Tabelle 3: Gegenüberstellung Smectitanteil aus Röntgenanalyse und Methylenblau-Adsorption



Insgesamt wurden 22 Versuche zur Ermittlung des Schwelldruckes durchgeführt (siehe Tabelle 4), wobei jedoch nur 13 ausgewertet werden konnten.

Tabelle 4: Zusammenstellung der ermittelten Schwelldrücke

	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\text{mittel}}$	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$
	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>
75 Strosse	113,2	97,3	100,5	78,3	113,2
79 Kalotte/1	121,2	109,0	109,2	96,7	121,2
79 Kalotte/2	89,1	82,0	78,5	78,3	89,1
79 Sohle	152,5	132,5	130,7	114,4	152,5
92 Kalotte	62,2	53,9	62,2	41,7	57,8
96 Kalotte	116,4	102,0	99,0	90,6	116,4
102 Kalotte	97,9	84,1	76,0	78,3	97,9
105 Strosse	89,9	82,0	79,0	77,1	89,9
108 Kalotte/1	154,9	136,8	134,3	121,1	154,9
108 Kalotte/2	170,9	155,9	151,1	145,6	170,9
110 Kalotte	61,1	58,2	61,1	53,9	59,5
112 Kalotte	57,8	54,0	54,5	49,6	57,8
115 Kalotte	76,0	72,9	76,0	67,3	75,5

Um festzustellen, ob ein Zusammenhang zwischen den Schwelldrücken und den Mineralparametern besteht, wurden Korrelationen durchgeführt. Verglichen wurden die maximalen und mittleren Schwelldrücke mit den Mineralparametern ausgedrückt durch die Formel  $<2\mu\text{m} \cdot \text{Sm}(\text{R,MB}) \cdot \text{SS}/1000$ .

Sm(R,MB) ... Smectitanteil der Röntgen- bzw. der Methylenblauanalyse

SS ... Anteil der Schichtsilikate an der Gesamtprobe

Die ermittelten Korrelationskoeffizienten liegen zwischen 0,69 und 0,74 (siehe Tabelle 5).

Für die nachstehend angeführten Analysen wurde eine eigene Probenserie entnommen. Insgesamt wurden die Trockendichte und der Wassergehalt für 58 Proben ermittelt. Die Werte für die Trockendichte liegen zwischen  $1,774 \text{ g/cm}^3$  und  $2,032 \text{ g/cm}^3$ , die des Wassergehalts zwischen 9,61 und 16,69 %. Die ermittelten Wassergehalte entsprechen jedoch nicht den natürlichen Verhältnissen, weil zur Zeit der Probenentnahme die getroffenen Wasserhaltungsmaßnahmen voll wirksam waren.

Die Feststoffdichte wurde für 5 Proben mit dem Autopyknometer bestimmt und ergab Werte zwischen  $2,654$  und  $2,703 \text{ g/cm}^3$ . Für diese Proben wurden auch die Atterberg'schen Zustandsgrenzen und der Sättigungsgrad bestimmt. Die ermittelten Werte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt (Tabelle 6).

Tabelle 5: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

	Gesamtminerale					Tonminerale						Fraktion <2µm	Schwelldruck		<2µm*Sm <sub>R</sub> *SS 1000	<2µm*Sm <sub>HB</sub> *SS 1000
	Quarz	Feldspat	Kalzit	Dolomit	Schicht silikate	Illit	Chlorit	Kaolinit	Smectit		Mixed		σ <sub>max</sub> N/cm <sup>2</sup>	σ <sub>mittel</sub> N/cm <sup>2</sup>		
	%	%	%	%	%	%	%	%	Röntgen	MB	Layer					
									%	%			%			
69 Sohle Ost	42	Spuren	7	5	46	14	8	4	20	18	--	54				
75 Strosse	70	-	-	-	30	7	4	2	17	25	--	50	113,2	97,3	25,5	37,5
76 Strosse	50	2	3	-	45	9	4	5	28	32	--	60				
79 Kalotte	62	-	-	Spuren	38	9	6	5	18	26	--	47	105,2	95,5	32,1	46,4
79 Sohle	46	-	-	Spuren	54	14	9	9	22	32	--	56	152,5	132,5	66,5	96,8
92 Kalotte	57	-	-	-	43	15	6	5	17	21	--	46	62,2	53,9	33,6	41,5
96 Kalotte	62	-	-	-	38	9	5	4	20	26	--	49	116,4	102,0	37,2	48,4
98 Kalotte	32	5	13	-	50	14	8	4	24	21	--	42				
102 Kalotte	72	8	-	-	28	9	5	3	11	24	--	46	97,9	84,1	14,2	30,9
102 Strosse	55	-	-	-	45	18	14	5	--	18	8	39				
105 Strosse	53	Spuren	-	-	47	13	7	5	22	26	--	60	89,9	82,0		
108 Kalotte	41	Spuren	-	-	59	18	12	6	--	24	23	58	162,9	146,4	78,7	82,1
110 Strosse	40	-	-	-	60	15	10	5	30	26	--	47				
110 Kalotte	58	-	3	-	39	7	6	5	21	24	--	56	61,1	58,2	45,8	52,4
112 Kalotte	61	Spuren	4	-	35	11	7	7	--	24	10	46	57,8	54,0	16,1	38,6
113 Strosse	53	Spuren	-	-	47	9	7	6	25	21	--	31				
115 Kalotte	48	Spuren	3	-	49	6	12	3	28		--	59				
														r <sub>mittel</sub> =0,72	r <sub>mittel</sub> =0,74	
														r <sub>max</sub> =0,69	r <sub>max</sub> =0,72	

Tabelle 6: Geotechnische Analysen

Proben Bezeichnung	Trocken dichte g/cm <sup>3</sup>	Feststoff dichte g/cm <sup>3</sup>	Wasser gehalt %	Fließ grenze %	Ausroll grenze %	Sättigungs grad	Bezeichnung
75 Str/2	1,7775		14,15				U, t; graubraun
75 Str/3	1,8416		14,36				U, t; braun
76 Str/1	1,7741		16,69				T, u; ocker
76 Str/2	1,7596		16,70				T, u; ocker
76 Str/3	1,9223		13,57				U, s; graubraun
79 Kal/2	1,8719		14,31				T, u; ocker
79 Kal/3	2,0048		10,29				U, t; graubraun
80 Str/2	1,9399	2,654	11,43	36,5	14	0,82	U, s; grau
80 Str/3	1,8520		13,07				S, u; grau
83 Kal/1	1,9069		12,21				U, t; grau, braun
83 Kal/2	1,9260		11,81				U, t; grau, braun
84 Str/1	1,8734		12,59				U, s; grau
84 Str/2	1,9790		10,95				U, t; ocker
84 Str/3	1,9027		11,09				U, s; grau
87 Kal/1	1,9501		10,73				U, fs; braun
87 Kal/2	2,0320		9,61				U, fs; grau
87 Str/1	1,8922		12,99				U, s; braun, grau
87 Str/2	1,8834		11,90				U, s; braun, grau
88 Kal/2	1,9937		10,44				T, u; dunkelbraun, Konkretionen
88 Kal/3	1,8801		13,28				T, u; ocker
89 Kal/3	1,9044		11,72				U, s; grau
91 Kal/1	1,9315		13,42				T, u; ocker
91 Kal/2	1,8473		14,33				T, u; ocker
92 Kal/1	1,9991		12,28				U, t; braun, ocker
92 Kal/2	1,9233		10,37				U, t; braun, ocker
92 Kal/3	1,7606		15,91				U, t; braun
92 Str/1	1,9774		11,45				T, u; braun, ocker
92 Str/2	1,9561		11,02				T, u; graubraun
92 Str/3	1,9319		11,33				T, u; graubraun
93 Str/1	1,9394		12,25				T, u;
93 Str/2	1,8084		15,29				T, u;
93 Str/3	1,9643		11,13				U, s;
96 Kal/1	1,9147		12,27				T, u; braun
96 Kal/2	1,8304		14,20				T, u; graubraun
96 Kal/3	1,8845		12,08				U, t; grau, braun
98 Kal/1	1,9006		13,55				U, t; braun, ocker
98 Kal/2	1,8121	2,646	14,27	43	12	0,82	U, t; braun, ocker
102 Kal/1	1,9116	2,687	12,26	41	13	0,81	U, t; graubraun
102 Kal/3	1,8389		13,12				U, t;
102 Str/1	1,8176		13,81				T, u; braun
102 Str/2	1,9499		11,09				U, s; grau
102 Str/3	1,8055		14,67				T, u; braun
105 Str/1	1,7843		15,86				U, s; grau
105 Str/2	1,9055	2,673	12,58	48	11	0,83	U, t; graubraun
105 Str/3	1,9007		11,64				U, t; graubraun
108 Kal/1	1,8588	2,703	14,24	32	15	0,84	U, t; ocker, Kalkkonkretionen
108 Kal/2	1,8445		11,65				U, t; ocker, Kalkkonkretionen
110 Kal/1	1,8577		14,09				U, t; dunkelbraun
110 Kal/2	1,8412		14,33				U, t; grau
110 Kal/3	1,8292		14,08				U, t; grau
110 Str/1	1,7904		15,34				U, t; dunkelbraun
110 Str/2	1,7954		15,50				U, t; dunkelbraun
110 Str/3	1,8996		12,38				U, t; grau
112 Kal/1	1,8162		13,48				U, t; grau, ocker
112 Kal/2	1,8087		14,83				U, t; grau, ocker
113 Str/1	1,8536		13,94				U, t; braun, Konkretionen
113 Str/2	1,8778		13,84				U, t; ocker
113 Str/3	1,8681		13,63				U, t; ocker