

Zum Problem quellfähiger Gesteine im Tunnelbau

von E.H. Weiss, H.W. Müller, G. Riedmüller & B. Schwaighofer⁺)

Die vorliegenden Ergebnisse entstammen der Zusammenarbeit des Instituts für Baugeologie mit dem Institut für Geotechnik der Universität für Bodenkultur. Es ist seit längerem bekannt, daß Quellerscheinungen insbesondere bei anhydritführenden und tonigen Gesteinen vorkommen (z.B. EINFALT, FECKER, GÖTZ 1978). Bei beiden Gesteinen findet der Quellvorgang durch Wasseraustritt statt. Beim Anhydrit werden über eine Lösungsphase Wassermoleküle in das Kristallgitter eingebaut, wobei unter Volumsvermehrung und einer Änderung der Kristallstruktur Gips gebildet wird. Die Quellung in Tongesteinen erfolgt durch eine reversible Wassereinlagerung in bestimmte quellfähige Tonminerale (z.B. Montmorillonit), wobei die Kristallstruktur erhalten bleibt und es zu einer Aufweitung des Schichtgitters kommt. Die von uns durchgeführten Untersuchungen erfolgten an Tongesteinen, die bei einem Tunnelprojekt in der Molassezone aufgeföhren wurden. Der Tunnel durchörtert Gesteinsserien der subalpinen Molasse, die sich aus Süßwasser- und Meeresablagerungen zusammensetzt. Es handelt sich dabei um eine alttertiäre Wechselfolge von Konglomeraten, Sandsteinen, Mergeln und Tonmergeln mit geringmächtigen Kohleeinlagerungen.

Während Konglomerate und Sandsteine bautechnisch kaum Schwierigkeiten bereiteten, erwiesen sich die Tonmergel teilweise als sehr wasserempfindlich, wodurch Quelledruckerscheinungen hervorgerufen wurden. In diesen Tunnelstrecken kam es im Zuge der Bauausföhren zu Sohlhebungen, die einerseits zu Hebungen in der Sohlmitte, andererseits zu Zerstörungen an den Auflagerändern geföhrt haben.

In den Abschnitten der stärksten Hebung (25 cm \pm 5 cm) wurden 9 Kernbohrungen abgeteuft, aus denen Probenmaterial für die mineralogischen und geotechnischen Untersuchungen gewonnen wurde. Durch mineralogische Analysen wurde der Gesamtmineralbestand sowie die Verteilung der Schichtsilikate in der Fraktion $< 2 \mu$ erfaßt (Abb. 1). Aus den Mineraldaten konnte ein für das Quellverhalten signifikanter Parameter abgeleitet werden. Er ergibt sich aus der Summe der Schichtsilikate (SCH), dem Gehalt an aufweitbaren Tonmineralen (MO) sowie dem Gesamtkarbonatgehalt (KA). Es ist anzunehmen, daß die aufweitbaren Tonminerale und der Schichtsilikatanteil direkt proportional zum Quellverhalten sind, während die hauptsächlich in der Grundmasse als Kittsubstanz auftretenden Karbonate der Quellung entgegenwirken ($\frac{SCH \times MO}{KA}$).

⁺) Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Ernst H. Weiss, Dipl.-Ing. Dr. Harald W. MÜLLER, Univ.-Prof. Dr. Gunther Riedmüller, Univ.-Prof. Dr. Bernd Schwaighofer, Institut für Bodenforschung und Baugeologie der Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

ABB. 1: MINERALOGISCHE ANALYSEN

PROBE NR.	SEMIQUANTITATIVER GESAMTMINERALBESTAND (REL.%)						TONMINERALVERTEILUNG IN DER FRAKTION <2 μ (REL.%)					SCH X MO KA
	SCH	QU	KA	FSP	DO	SONSTIGE	MO	ML	ILL	CHL	KAO	
3850/1	61	13	26	-	Sp	-	61	-	21	Sp	18	143,1
3850/2	70	10	20	-	Sp	-	64	Sp	19	-	17	224,0
5524	37	27	30	-	6	-	61	-	25	-	14	62,7
5596/1	56	18	20	1	3	-	62	Sp	25	4	9	151,0
5596/2	15	36	42	4	3	-	n i c h t b e s t i m m t				-	
5650	39	10	34	-	1	Ankerit ₉	61	Sp	23	5	10	54,0
5750/1	22	43	30	-	5	-	57	-	21	Sp	18	35,8
5750/2	35	25	32	-	8	-	56	-	28	6	10	49,0
6170/1	10	Hauptgemengteil		Sp	5	-	n i c h t b e s t i m m t				-	
6170/2	13	44	37	6	Sp	-	80	-	11	-	9	28,1
6170/3	10	34	52	Sp	4	-	71	1	14	3	10	70,0
6270/1	38	25	32	Sp	5	-	62	Sp	25	3	11	63,7
6270/2	48	18	33	-	Sp	-	73	Sp	15	3	8	106,2
MQ I	47	21	27	-	5	-	64	--	22	Sp	14	94,0
MQ II	34	11	50	-	5	-	74	-	16	Sp	10	45,7
MQ III	41	24	32	-	3	-	43	-	45	5	6	50,4

ABB. 2: GEOTECHNISCHE ANALYSEN

PROBE NR.	DICHTE	WASSERGEHALT. (%)		SCHWELLDRUCK (MN/m ²)			max σ_s	\checkmark $\bar{\sigma}_s$	SCHWELLDEHNUNG (%)		
		Einbau	Ausbau	x	y	z			x	y	z
3850/1	2,43	2,0	9,2	0,53	0,86	1,20	1,20	0,86	2,8	3,4	3,7
3850/2	2,41	2,6	12,0	1,50	1,58	1,80	1,80	1,63	4,7	4,9	5,8
5524	2,54	1,1	6,7	0,06	0,13	0,11	0,13	0,10	3,2	3,7	3,4
5596/1	2,40	3,4	15,3	0,91	1,14	1,21	1,21	1,09	5,2	6,2	6,8
5596/2	2,57	1,1	3,8	0,06	0,01	0,05	0,06	0,04	1,6	0,3	1,9
5650	2,51	1,9	7,8	0,34	0,49	0,26	0,49	0,36	2,7	3,8	3,2
5750/1	2,56	1,3	4,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5	0,5	0,5
5750/2	2,56	1,7	3,4	0,07	0,08	0,04	0,08	0,06	0,6	0,4	0,9
6170/1	2,44	1,0	4,1	0,09	0,16	0,13	0,16	0,13	0,4	0,5	0,4
6170/2	2,54	1,2	2,9	0,05	0,09	0,06	0,09	0,06	0,2	0,4	0,3
6170/3	2,43	3,2	9,7	0,50	0,42	0,64	0,64	0,52	4,1	3,7	4,8
6270/1	2,50	1,7	7,0	0,44	0,42	0,59	0,59	0,48	2,4	2,9	2,7
6270/2	2,50	0,8	8,8	0,52	0,78	0,85	0,85	0,72	3,9	4,5	5,2
MQ I	2,44	2,5	13,9	0,54	0,78	0,49	0,78	0,60	6,9	8,9	6,0
MQ II	2,48	2,4	8,8	0,55	0,71	0,36	0,71	0,54	3,6	4,8	3,3
MQ III	2,50	1,4	6,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	3,0	5,0	3,0

Die geotechnischen Analysen des Quellverhaltens erfolgten mit Hilfe eines dreiaxialen Schwellgeräts (PREGL et al. 1979). Bestimmt wurden: Dichte, Wassergehalt, Quelldruck und Quellung (Abb. 2).

Die mineralogisch ermittelten Schwellparameter wurden mit den Ergebnissen der geotechnischen Analysen in Beziehung gebracht, wobei der maximale Quelldruck ($\max \sigma_s$) und der aus den drei Quelldrücken berechnete Mittelwert ($\bar{\sigma}_s$) Verwendung fanden.

Aus den ausgezeichneten Korrelationen der Mineralparameter mit den Quelldruckwerten läßt sich ableiten, daß Schichtsilikatführung und Montmorillonitgehalt in signifikanter Weise die Quelleigenschaften toniger Gesteine beeinflussen (Abb. 3).

Literatur

- EINFALT, H.-C.; FECKER, E. & H.-P. GÖTZ (1979): Das Dreiphasensystem Ton, Anhydrit, Gips und dessen zeitabhängiges Verhalten bei Zugabe von wäßrigen Lösungen. - Intern. Kongr. ü. Felsmech. Proc. Vol. 1, Montreux.
- PREGL, O.; FUCHS, M.; MÜLLER, H.; PETSCHL, G.; RIEDMÜLLER, G. & B. SCHWAIGHOFER (1980): Dreiaxiale Schwellversuche an Tonsteinen. - Geotechnik 1980/1.

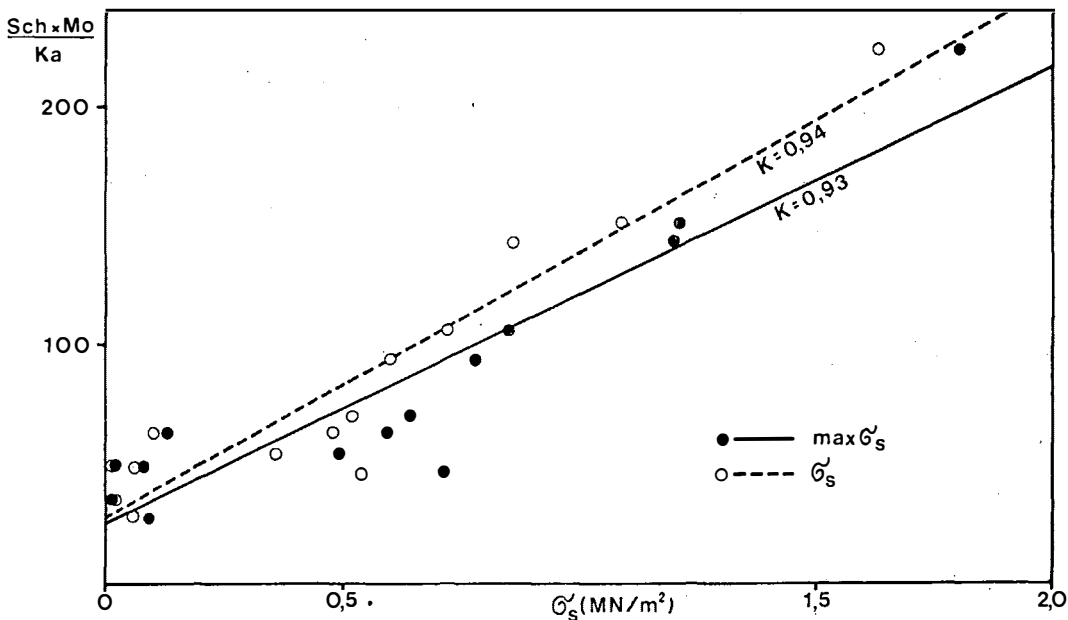


Abb. 3