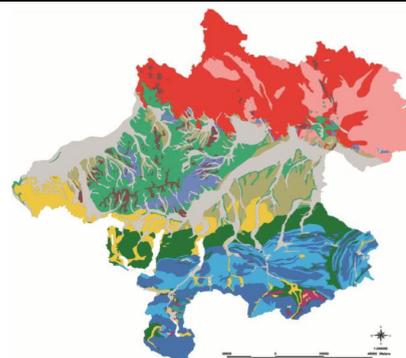


PROJEKT BODENMECHANISCHE UND TONMINERALOGISCHE DIFFERENZIERUNG DES ÄLTEREN SCHLIER UND DES SCHLIER I. A.

1. AUFTRAG

1.1. AUFTRAGGEBER

Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Grund- und Trinkwasserwirtschaft
Kärntnerstraße 10-12
4021 Linz



1.2. AUFTRAGSERTEILUNG

GTW-2016-311781/12-KOL

1.3. AUFTRAGSGEGENSTAND

Projekt Soildat – Ergänzung der Bodenkennwerte für unverwitterten Schlier durch tonmineralogische und bodenmechanische Versuche.

2. BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

- Tonmineralische Untersuchungen von 11 Proben in Anlehnung in ÖNORM S2074-2 (Geotechnik im Deponiebau, Pkt. 6.1.1 Tabelle 3 hinsichtlich der Kornfraktion $< 0,002$) bzw. gemäß ÖNORM B4810 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen, Pkt. 7 an der Kornfraktion $< 0,02$) an 4 ausgewählten Proben.
- Bodenmechanische Kennwerte im akkreditierten Labor der BPS an 11 Proben:
 - natürlicher Wassergehalt ÖNORM ISO 17892/1. Teil
 - Korngrößenverteilung ÖNORM B4412
 - Atterberg'sche Grenzen ÖNORM B4411
 - organischer Anteil (Glühverlust) ÖNORM B4424
- Zusätzliche Bodenmechanische Kennwerte im akkreditierten Labor der BPS an 6 Proben:
 - einaxialer Druckversuch ÖNORM B 4415, q_u
 - Reibungswinkel φ' bzw. Restscherwinkel φ_r ÖNORM B4416

Der Bericht umfasst 30 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1.	AUFTRAG	1
1.1.	AUFTRAGGEBER	1
1.2.	AUFTRAGSERTEILUNG	1
1.3.	AUFTRAGSGEGENSTAND.....	1
2.	BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	1
3.	ALLGEMEINES.....	3
4.	TONMINERALOGISCHE UNTERSUCHUNGEN	5
4.1.	PROBENÜBERSICHT	6
4.2.	BESCHREIBUNG DER EINZELNEN PROBEN	7
4.2.1.	Ä1 ÄLTERER SCHLIER (P1872/17)	7
4.2.2.	Ä2 / ÄLTERER SCHLIER (P1873/17)	8
4.2.3.	Ä3 ÄLTERER SCHLIER (P1887/17)	9
4.2.4.	Ä4 ÄLTERER SCHLIER (P1954/17)	10
4.2.5.	Ä5 ÄLTERER SCHLIER (P0070/18)	11
4.2.6.	S1 SCHLIER I.A./"ROBULUSSCHLIER" (P1871/17)	12
4.2.7.	S2 SCHLIER I A./"VÖCKLA FORMATION" (P1955/17).....	13
4.2.8.	S3 SCHLIER I A./"RIED FORMATION" (P0069/18)	14
4.2.9.	S4 SCHLIER I A./ „OTTNANG FORMATION“(P0408/18)	15
4.2.10.	S5 SCHLIER I A./"RIED FORMATION"(P0409/18)	16
4.2.11.	S6 SCHLIER I A./"ROBULUS SCHLIER"(P0954/18).....	17
4.3.	ERGEBNISSE TONMINERALISCHER UNTERSUCHUNGEN <0,002	18
4.4.	VERGLEICH TONMINERALISCHER UNTERSUCHUNGEN <0,02 MIT <0,002	21
4.5.	INTERPRETATION DER TONMINERALISCHER UNTERSUCHUNGEN	25
5.	BODENMECHANISCHE UNTERSUCHUNGEN	26
5.1.	KORNGRÖßENVERTEILUNG, ATTERBERG´SCHE GRENZEN UND ORGANISCHE ANTEILE.....	26
5.2.	BODENMECHANISCHE VERSUCHE FÜR ÄLTEREN SCHLIER	27
5.3.	BODENMECHANISCHE VERSUCHE FÜR SCHLIER I.A.....	27
5.4.	ZUSAMMENFASSUNG BODENMECHANISCHER UNTERSUCHUNG.....	28
6.	INTERPRETATION DER UNTERSUCHUNGEN HINSICHTLICH GEOTECHNISCHER AUSWIRKUNGEN DER UNTERSCHIEDE ZWISCHEN ÄLTEREN SCHLIER UND SCHLIER I.A.	29
7.	EMPFEHLUNGEN FÜR WEITERE UNTERSUCHUNGEN	30

3. ALLGEMEINES

Im Raum OÖ wurden im Rahmen dieses Projektes insgesamt 11 Proben von unterschiedlichen Standorte untersucht. Die Probenahme erfolgte teils aus dem Wandbereich im Gelände selbst oder aus Bohrkernen aus dem aktuellen Kernlager-Fundus der BPS.

Es handelt sich dabei um 5 Proben verschiedener Standorte aus dem Älteren Schlier sowie um 6 Proben von Schlier i. A. (Robulusschlier, Ottnang-Rieder-Vöckla Formationen)

Bei Letzteren wurden im auftretende Raum Oberösterreich unterschiedliche Schlier-Formationen herangezogen.

		AUTOCHTHONE MOLASSE		ALLOCHTHONE MOLASSE	
		NORD	SÜD		
M I O Z Ä N	PLIOZ. HOLOZÄN - PLEIS. - O. PLIOZÄN	Schotter	Moränen - Terrassenschotter Schotter		
	PANNONIUM			Hausruckschotter Kobernauber Wald - Schotter & Hausruck - Kohletonserie	
		SARMATIUM	Steinbergschotter ?	Schichten von Radegund - Höring - Munderfing	
			Pitzenbergschotter ?	Schichten von Trimmelkam	
		BADENIUM			
	KARPATIUM				
	OTTNANGIUM		Rittsteiger Schichten Oncaphora - Schichten	Traubacher Sande Braunauer Schlier Mehrbacher Sande	
			Enzenkirch. Sande Phosphoritsande Fossilr. Grobsande	Rieder Schichten (Rotalenschlier) Ottnanger Schlier Atzbacher Sande	Schlier i. A.
		EGGENBURG.		Haller Serie Grobklastische Haller Basisschichten	
OLIGOZÄN	Älterer Schlier				
	EGERIUM	Linzer Sande Pielacher Tegel	Obere Puchkirchener Serie Untere		
	KISCELLIUM		Tonmergelstufe Bändermergel Heiler Mergelkalk Fischschiefer		
EOZÄN	O. EOZÄN	Sandsteinstufe Limnische Serie	Lithothamnienkalk - Serie Discocyclinenmergel Globigerinenkalk		

Abb 1: Schichtfolge der Autochthonen und allochthonen Molasse in Oberösterreich und Salzburg nach ROETZEL & RUPP, 1991, mit Ergänzungen

Wie in der o.a. Abb 1 ersichtlich, wurden im Tertiär im Raum Oberösterreich verschiedene klastische Formationen abgelagert. Ihre Kornzusammensetzung ist direkt von unmittelbarem Herkunftsgebiet des jeweiligen Materials, die Korngröße und die damit zusammenhängende Kornfraktionierung durch den Ablagerungsraum (Strand/Flachwasser/Gezeitenraum/tieferes Becken) abhängig.

Entlang des Südrandes der Böhmisches Masse kamen in Becken mächtige Tone und Tonstein-Ablagerungen zum Absatz, der so genannte Ältere Schlier. Hier wurden an verschiedenen Lokalitäten Proben genommen und diese untersucht.

Als Vertreter der eher massigen Schlier Formationen wurden dazu Proben an je 2 unterschiedlichen Standorten des Robulusschlier bzw. der Ried-Formation sowie von einem Standort des Otnanger Schlier untersucht.

Weiters wurde eine Probe aus dem Vöckla-Schlier für die feinsandigen Schlier-Formationen entnommen.

Der jeweilige Mineralbestand wurde in tonmineralogischen Untersuchungen der Proben (Univ. Prof Dr. Hans Kurzweil, Geozentrum Wien) bestimmt, und zwar wurde zur Kornfraktion $<2\mu\text{m}$ (bei sämtlichen 11 Proben) zusätzlich auch jeweils 2 Proben des Älteren Schlier (Ä4 P1954/17 und Ä5/ P0070/18) und 2 Proben aus den jüngeren Schlier-Formationen, nämlich aus der Ried Formation (S3/P0069/18) und Robulusschlier (S6/P0954/18) auch die Fraktion $2\mu\text{m} <20\mu\text{m}$ untersucht.

4. TONMINERALOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

In der vorliegenden tonmineralogischen Untersuchung wurde der nachstehende Mineralbestand grundsätzlich gemäß ÖNORM S 2074-2, Abs.6.1.1. Tabelle 3 bzw. gemäß ÖNORM B 4810, Pkt.7 mit Modifizierungen nach internen Anweisungen bestimmt, und zwar sämtliche Proben in Kornfraktion <0,002mm und zusätzlich 4 Proben (Ä4, Ä5, S3 und S6) auch in Fraktion <0,02mm (Schluff).

- **Tonmineralgehalt, gesamt**
- **Glimmer-(Illit-)Gruppe (3-Schicht):**
Herkunft: aus Glimmer-Verwitterung
Eigenschaften: Quellfähigkeit: randlich quellfähig
- **Chlorit-Gruppe (4-Schicht):**
Entstehung: aus 3-Schicht Silikaten in sauren Böden
Quellfähigkeit: nicht aufweichbar, „stabil“
 - nicht bestimmte weitere Verwitterungsprodukte wie: Vermiculit (3-Schicht)
selten, schuppige und massige Aggregate
aus Biotit/Chloritverwitterung
- **Kaolinit-Gruppe (2-Schicht)**
Entstehung: aus Orthoklas (Kalifeldspat) bei (tiefgründiger) Verwitterung
Quellfähigkeit: keine innerkristalline Quellfähigkeit, stabil
- **Montmorillonit-Gruppe (3-Schicht)**
Entstehung: bildet sich bei nicht intensiver Verwitterung und Versauerung aus Verwitterung basischer Magmatite wie zB Basalte, aber auch vulkanischer Tuffe und Aschen (weiträumige Materialverfrachtung nach tertiären Vulkanausbrüchen)
Quellfähigkeit: stark quellfähig (Na-Montmorillonit) bis wenig quellfähig (Ca-Montmorillonit)

Die Unterscheidung zwischen Na- und Ca-Montmorillonit wurde wegen des hohen Aufwandes und der geringen Probenanzahl nicht getroffen.

In den tonmineralogischen Analysen wurden dazu auch weitere Verwitterungsprodukte wie **mixed layers** und **Smectite (3-Schicht)** gezählt.

4.1. PROBENÜBERSICHT

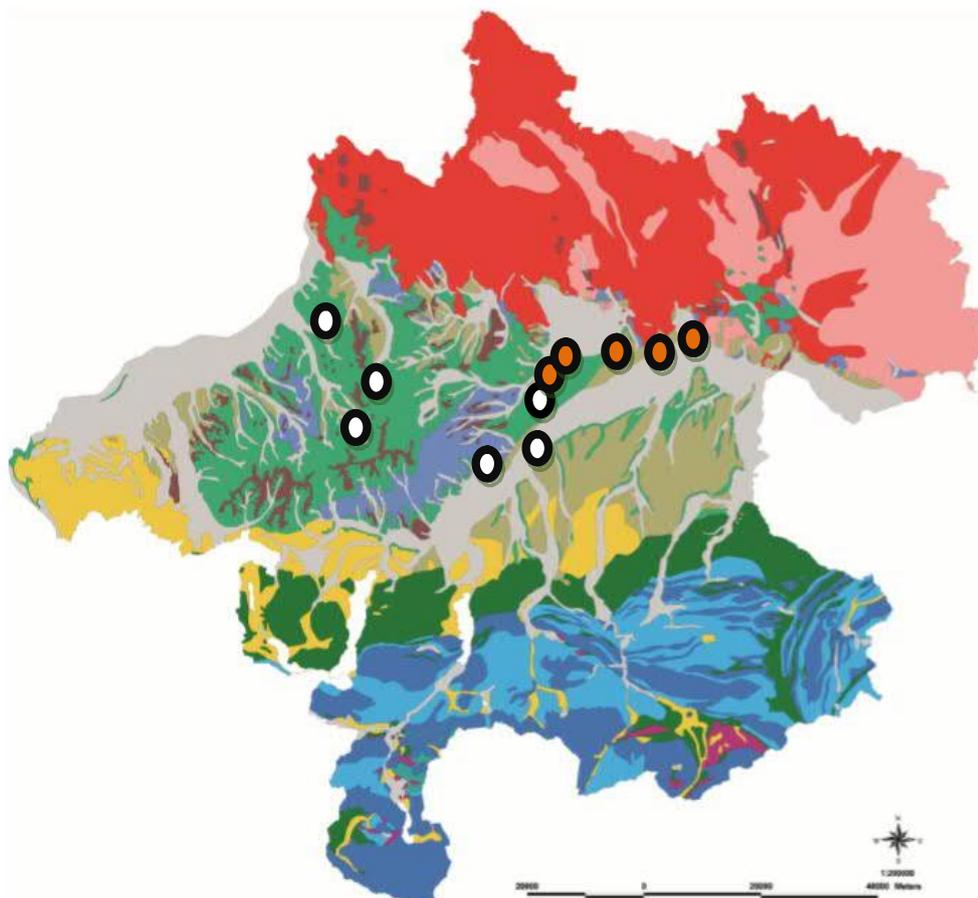
Untersuchungsbereich

Älterer Schlier:
P1872/17 (Ä1)
P1873/17 (Ä2)
P1887/17 (Ä3)
P1954/17 (Ä4)
P0070/18 (Ä5)

< 0,002	< 0,02
X	
X	
X	
X	X
X	X

Schlier i.A.:
P1871/17 (S1, Robulusschlier)
P1955/17 (S2, Vöckla Schlier)
P0069/18 (S3, Rieder Schlier)
P0408/18 (S4, Ottnanger Schlier)
P0409/18 (S5, Rieder Schlier)
P0954/18 (S6, Robulusschlier)

X	
X	
X	X
X	
X	
X	X



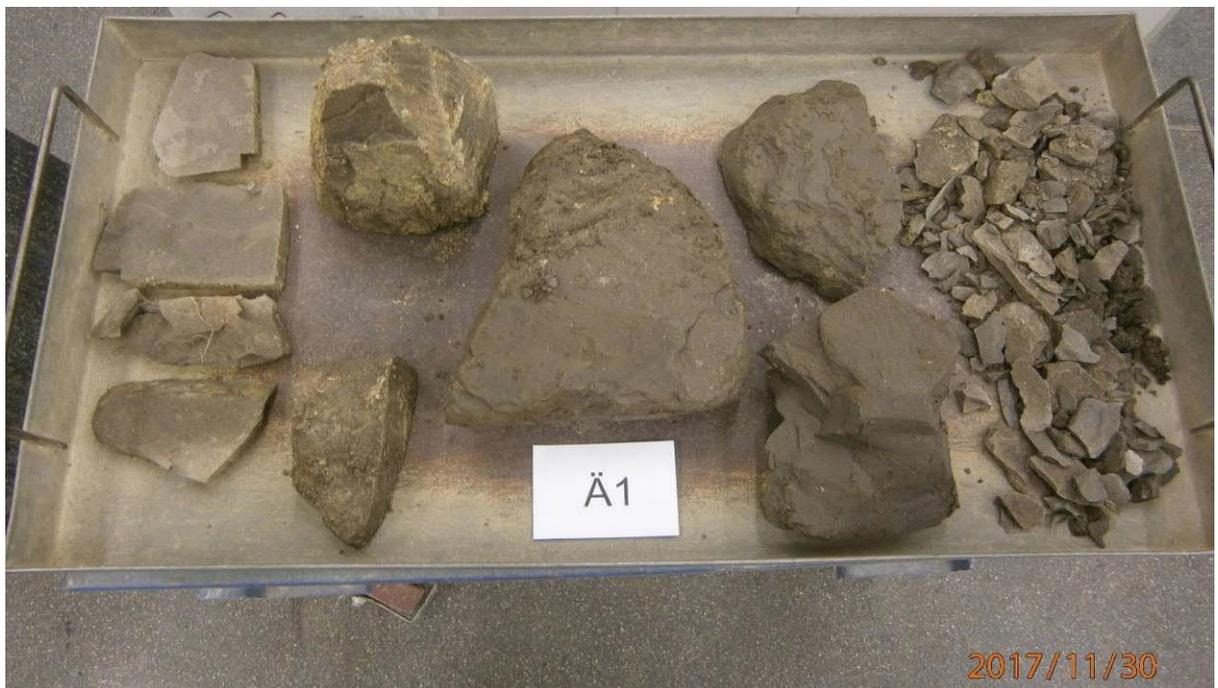
Probenahmestellen: weiße Punkte Schlier i A, orange Punkte: Älterer Schlier

4.2. BESCHREIBUNG DER EINZELNEN PROBEN

4.2.1. Ä1 ÄLTERER SCHLIER (P1872/17)

Probenherkunft: aufgelassene Schliergrube in **Finklham**

Es handelt sich um den Bereich absoluten Hangendbereich des Älteren Schlier. Darüber liegt nach einer Erosionsdiskordanz der jüngere Robulusschlier. Wegen der inzwischen erfolgten Rekultivierung des Abbaues konnte für die Probenahme kein Material aus der nunmehr überdeckten anstehenden Wand entnommen werden, daher wurde die eindeutig dem Älteren Schlier zugeordnete Probe Ä1/ am Hangfuß aus dem von großteils mit Robulusschlier aufgeschütteten Bereich entnommen.



4.2.2. Ä2 / ÄLTERER SCHLIER (P1873/17)

Hinzenbach

Sandgrube; aufgeschlossener Verzahnungsbereich von Älteren und Jüngeren Linzer Sanden mit Älterem Schlier



Links vorne: Konkretionen mit Calcitkristallen (gelblich)

Probenahme aus Verzahnungsbereich Schlier/Sandgrube

4.2.3. Ä3 ÄLTERER SCHLIER (P1887/17)

Probenherkunft: **Kirchberg-Thening**

Thürnau

Probenahme aus Bohrung 7-8m uGOK, an der Basis einer Rutschmasse



längere Zeit gelagerte Bohrkiste: daher stark ausgetrocknete Probe

4.2.4. Ä4 ÄLTERER SCHLIER (P1954/17)

Probenherkunft: **Leonding**

aus dem Straßenbahntunnel Untergaumberg, sehr homogen-kompakte Probe



Längere Zeit gelagerte Probe stark ausgetrocknet

4.2.5. Ä5 ÄLTERER SCHLIER (P0070/18)

Probenherkunft: **Linz**

Bohrung Goethestraße

KB3 21,5-22m uGOK

Probe aus Bohrkern unmittelbar an der Basis der Niederterrassenschotter



- Auffallender hoher natürlicher **Wassergehalt** kann durch Wassersättigung direkt als Grundwasserstauer des Grundwasserkörpers der Niederterrasse im Linzer Becken vorgegeben sein

4.2.6. S1 SCHLIER I.A./"ROBULUSSCHLIER" (P1871/17)

Probenherkunft: **Buchkirchen**, Schliergrube



Probe aus anstehender Wand

4.2.7. S2 SCHLIER I A./"VÖCKLA FORMATION" (P1955/17)

Probenherkunft: **Lambach** (Umfahrung /Tunnel)

KB 2/05 13,4- 14 m uGOK



Stark ausgetrocknete Probe, daher **Wassergehalt** sehr niedrig

4.2.8. S3 SCHLIER I A./"RIED FORMATION" (P0069/18)

Probenherkunft: **Umfahrung Ried Gde. Geiersberg**

KB1 Bohrkern 9- 9,5 m uGOK



- wasserbeeinflusst (als unmittelbarer GW-Stauer)

4.2.9. S4 SCHLIER I A./ „OTTNANG FORMATION“(P0408/18)

Probenherkunft: Ort i IKr., Grube Gradinger



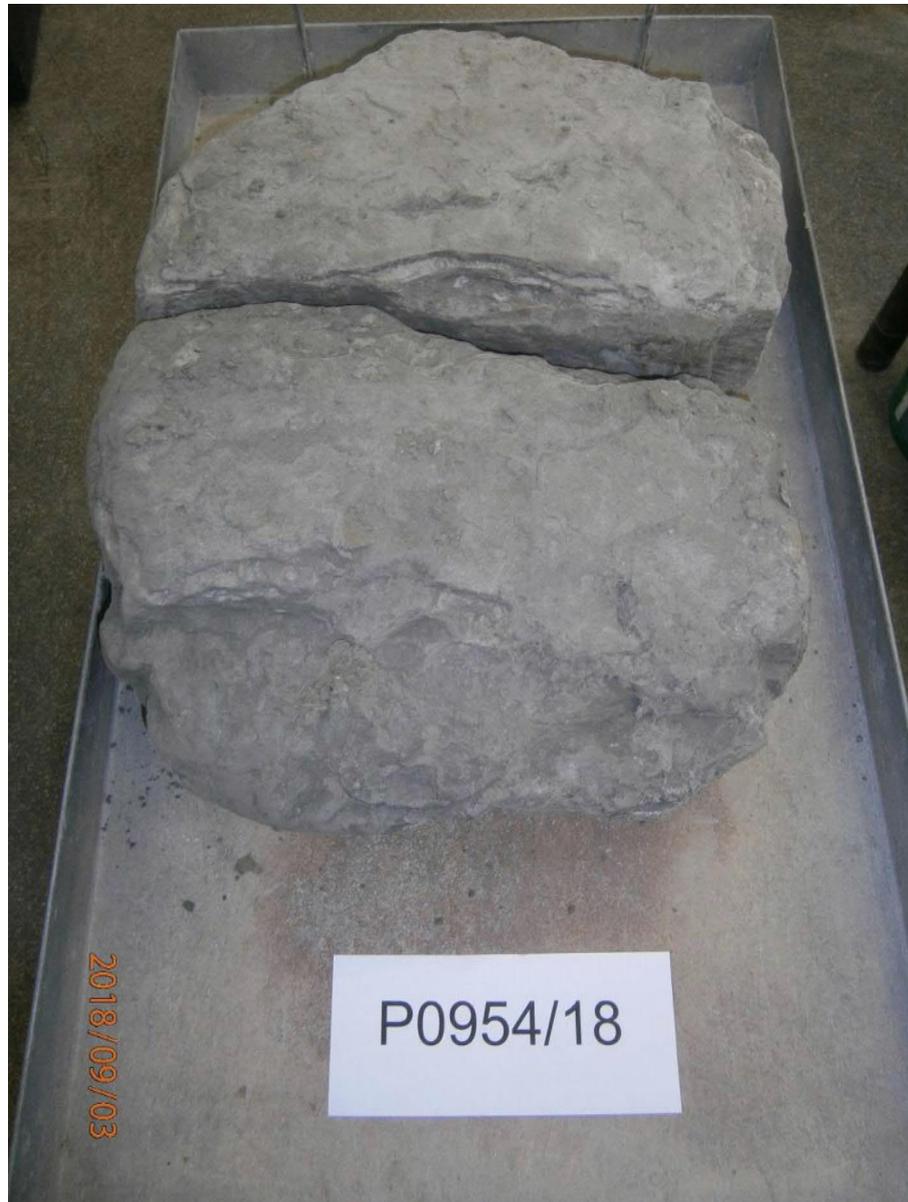
4.2.10. S5 SCHLIER I A./"RIED FORMATION"(P0409/18)

Probenherkunft: **Eberschwang**, Ziegelwerk



4.2.11. S6 SCHLIER I A./"ROBULUS SCHLIER"(P0954/18)

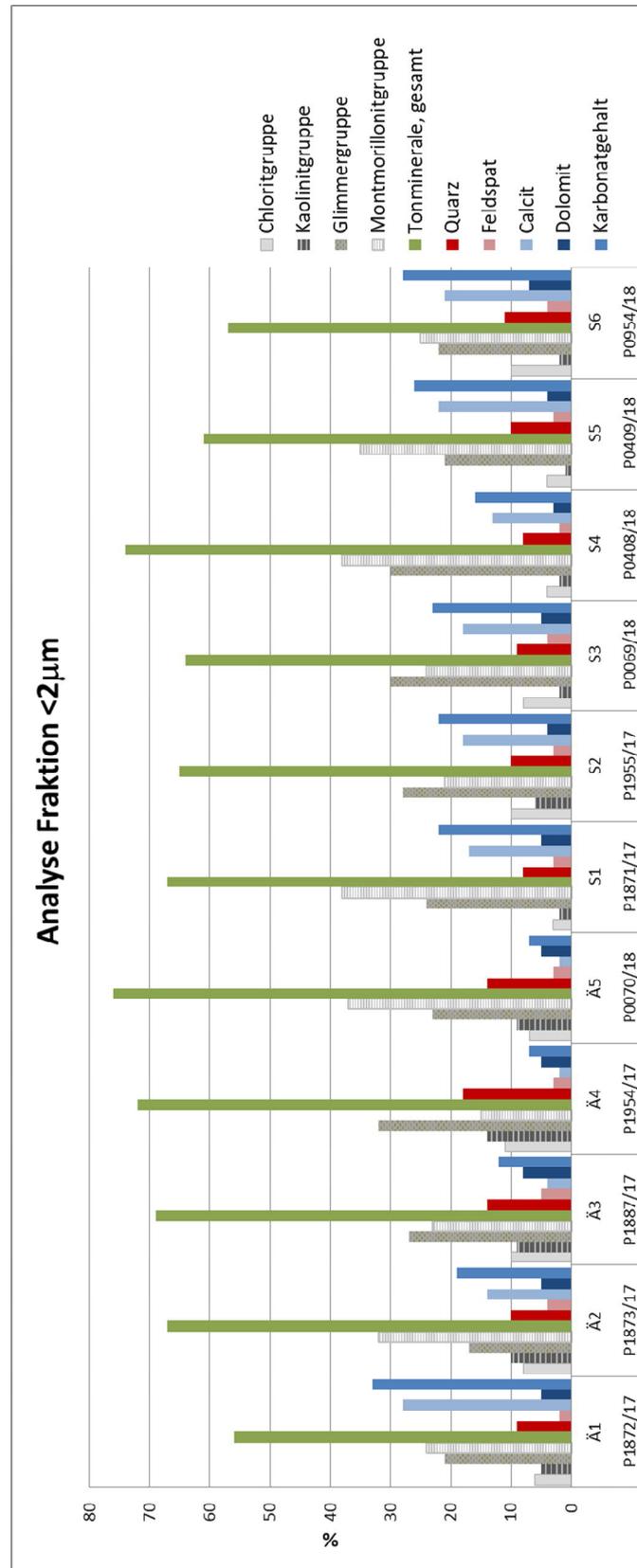
Probenherkunft: **Wels**, Traunleiten

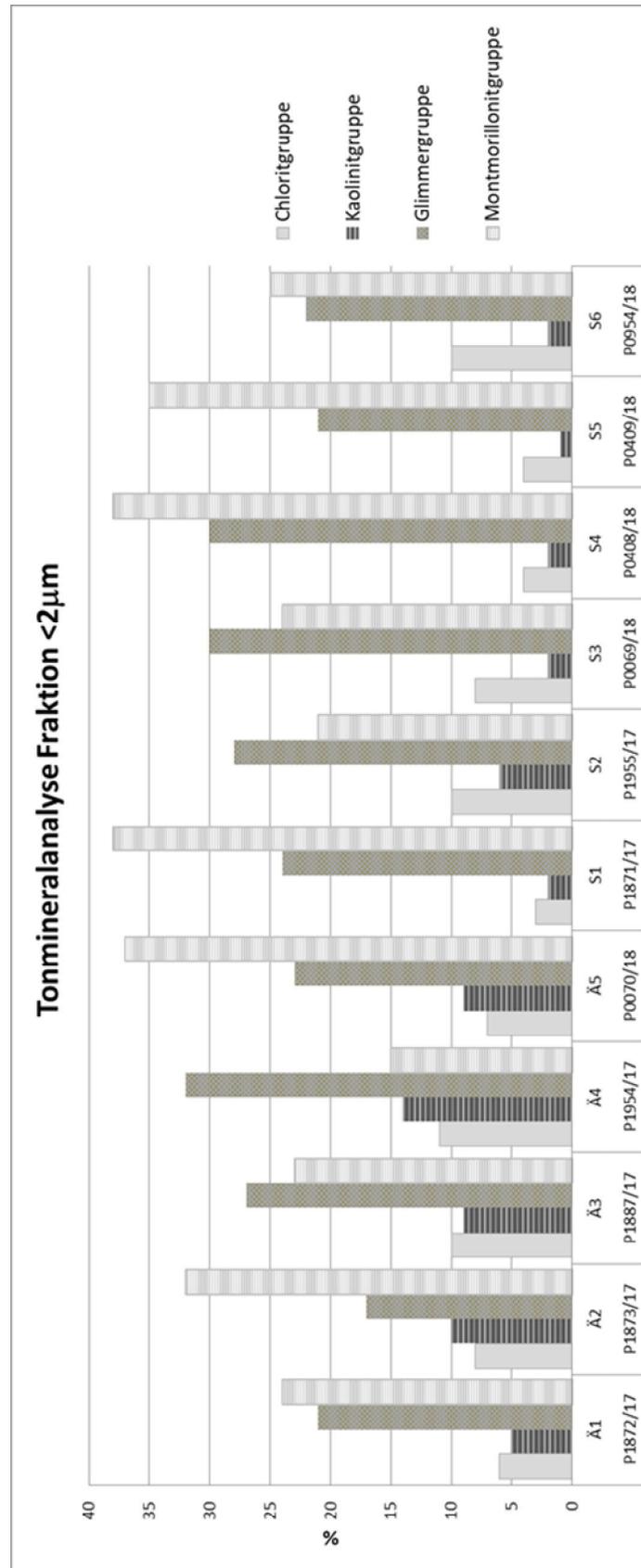


Probe aus offener Baugrube an der Traun

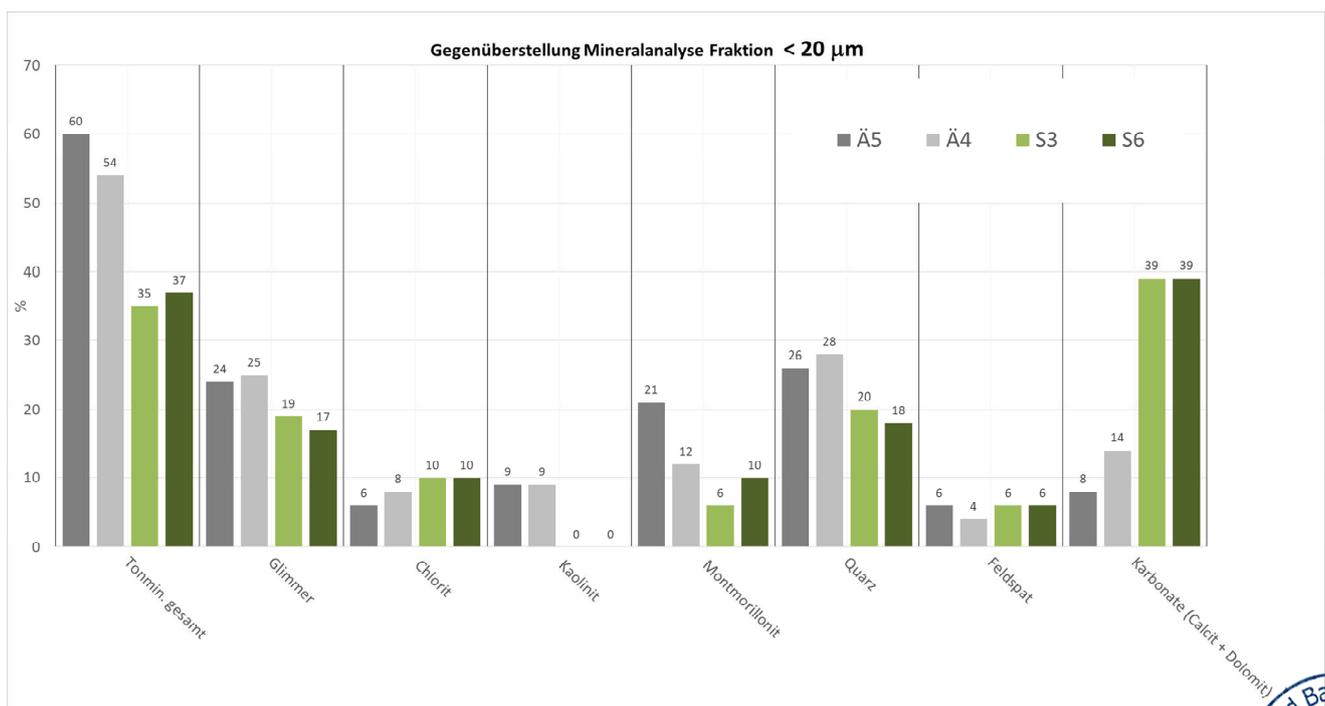
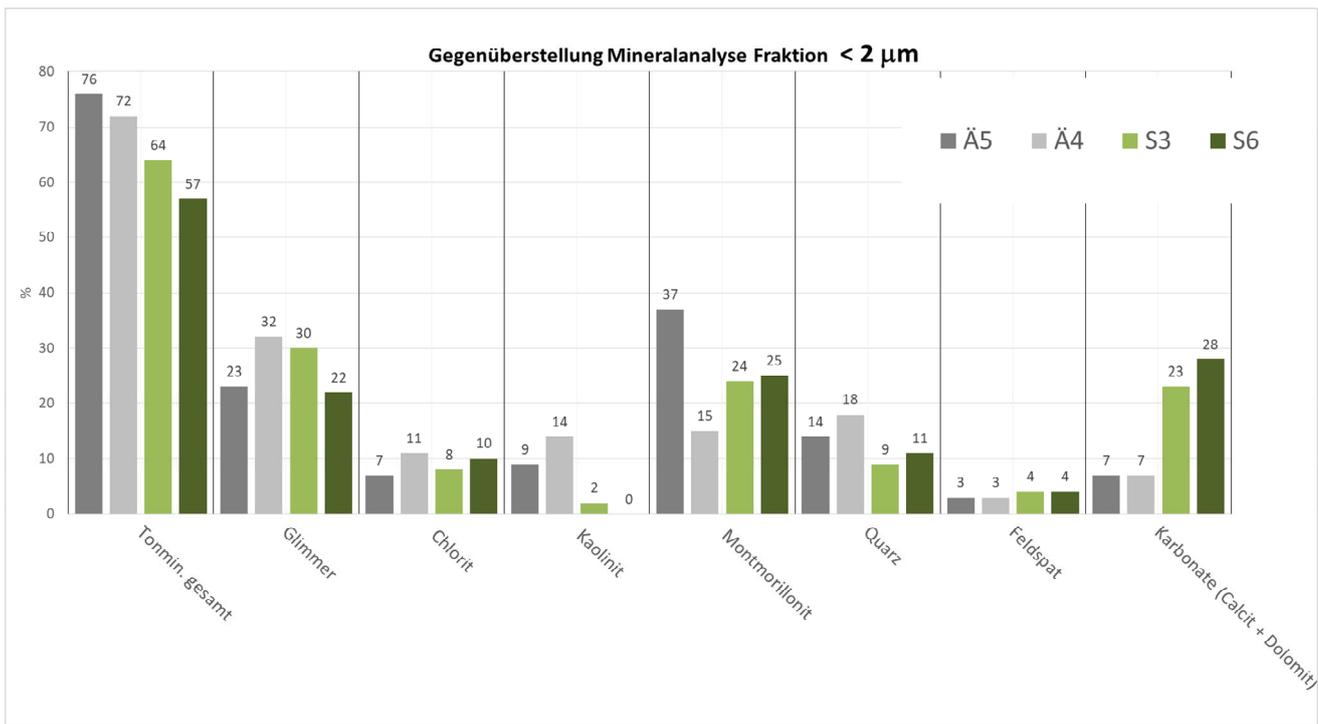
4.3. ERGEBNISSE TONMINERALISCHER UNTERSUCHUNGEN <0,002

	P1872/17	P1873/17	P1887/17	P1954/17	P0070/18	P1871/17	P1955/17	P0069/18	P0408/18	P0409/18	P0954/18
	Ä1	Ä2	Ä3	Ä4	Ä5	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Geologische Zuordnung	Alterer Schlier	Robulus Schlier	Wöckla Schichten	Rieder Schlier	Othanger Schlier	Rieder Schlier	Robulus Schlier				
Entnahmestelle	Finkham	Hinzenbach	Thurnau	Untergaumberg	Linz	Buchkirchen	Lambach	Gellersberg	Ort i. lkr.	Eberschwang	Traunleiten
Mineralbestand der Fraktion < 2 µm											
Tonminerale, gesamt	56	67	69	72	76	67	65	64	74	61	57
Glimmergruppe	21	17	27	32	23	24	28	30	30	21	22
Chloritgruppe	6	8	10	11	7	3	10	8	4	4	10
Kaolinigruppe	5	10	9	14	9	2	6	2	2	1	2
Montmorillonitgruppe	24	32	23	15	37	38	21	24	38	35	25
Quarz	9	10	14	18	14	8	10	9	8	10	11
Feldspat	2	4	5	3	3	3	3	4	2	3	4
Calcit	28	14	4	2	2	17	18	18	13	22	21
Dolomit	5	5	8	5	5	5	4	5	3	4	7





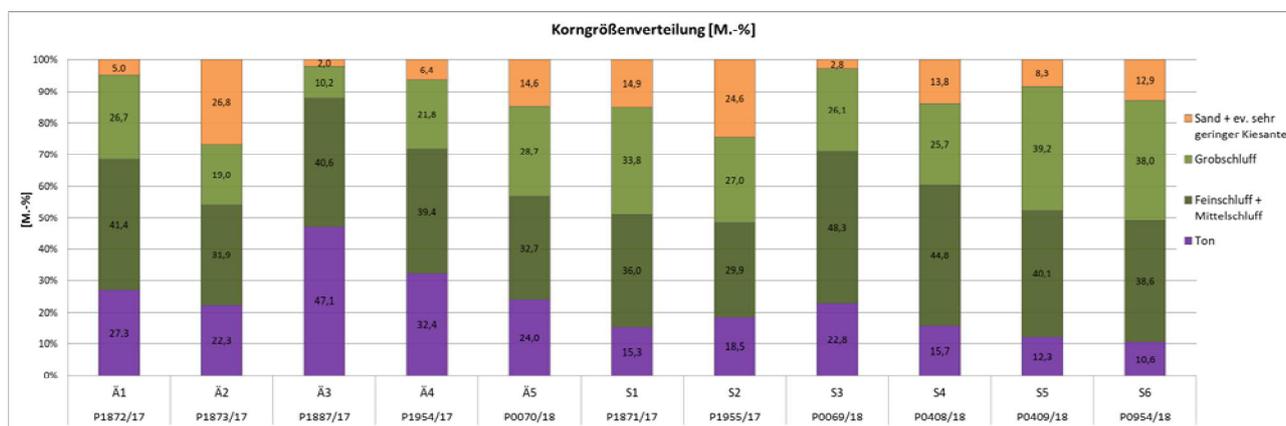
4.4. VERGLEICH TONMINERALISCHER UNTERSUCHUNGEN <0,02 MIT <0,002



Gegenüberstellung Mineralogische Untersuchung Fraktion < 20 µm < 20 µm								
	P0070/18		P1954/17		P0069/18		P0954/18	
	Ä5 Linz, NT Basis		Ä4 GaumbergTunnel		S3 Ried Formation		S6 Robulus F. Traunleiten	
	< 20 µm	< 2 µm	< 20 µm	< 2 µm	< 20 µm	< 2 µm	< 20 µm	< 2 µm
Tonmin. gesamt	60	76	54	72	35	64	37	57
Glimmer	24	23	25	32	19	30	17	22
Chlorit	6	7	8	11	10	8	10	10
Kaolinit	9	9	9	14	0	2	0	0
Montmorillonit	21	37	12	15	6	24	10	25
Quarz	26	14	28	18	20	9	18	11
Feldspat	6	3	4	3	6	4	6	4
Calcit	2	2	7	2	30	18	28	21
Dolomit	6	5	7	5	9	5	11	7

Gegenüberstellung Mineralogische Untersuchung der Fraktion < 20 µm und < 2 µm				
	P0070/18	P1954/17	P0069/18	P0954/18
	Ä5 Linz, NT Basis	Ä4 GaumbergTunnel	S3 Ried F	S6 Robulus Traunleiten

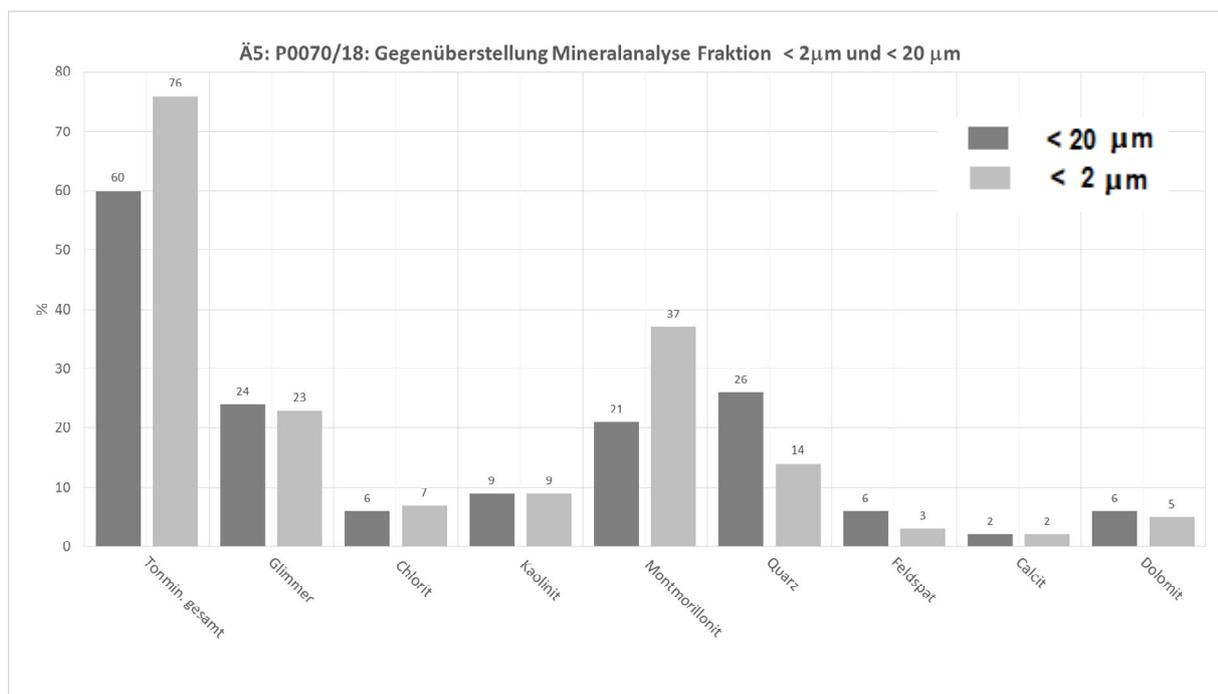
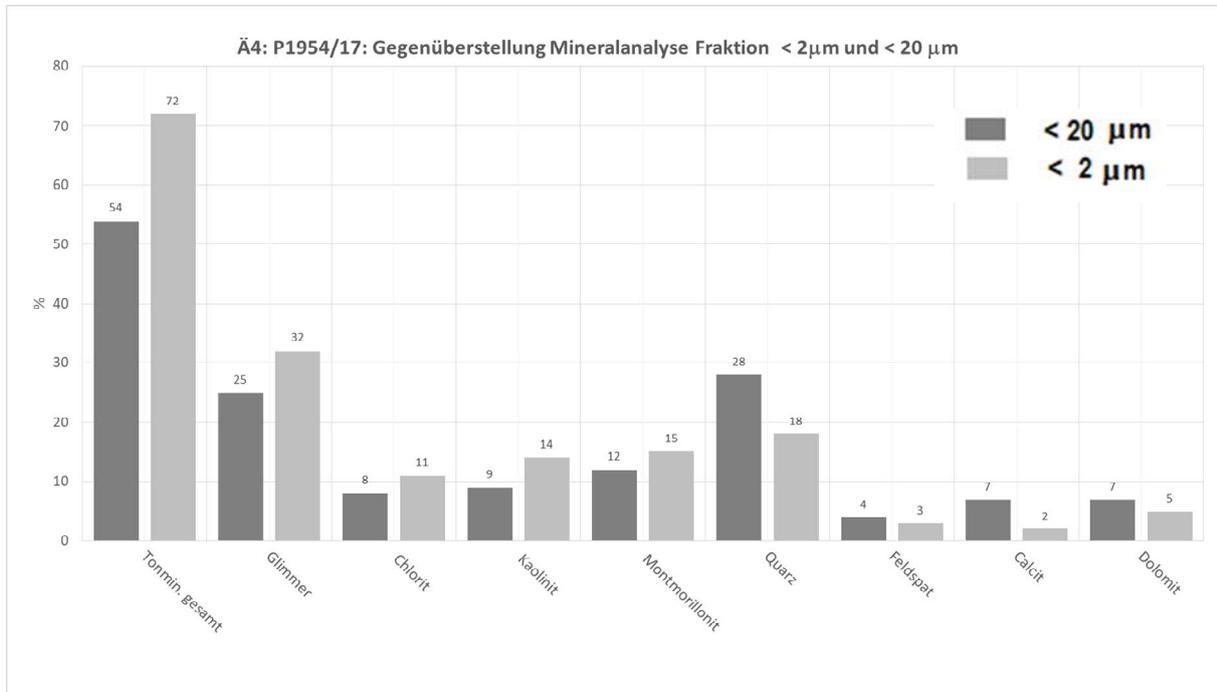
	% < 20 µm				% < 2 µm			
	Ä5	Ä4	S3	S6	Ä5	Ä4	S3	S6
Tonmin. gesamt	60	54	35	37	76	72	64	57
Glimmer	24	25	19	17	23	32	30	22
Chlorit	6	8	10	10	7	11	8	10
Kaolinit	9	9	0	0	9	14	2	0
Montmorillonit	21	12	6	10	37	15	24	25
Quarz	26	28	20	18	14	18	9	11
Feldspat	6	4	6	6	3	3	4	4
Calcit	2	7	30	28	2	2	18	21
Dolomit	6	7	9	11	5	5	5	7

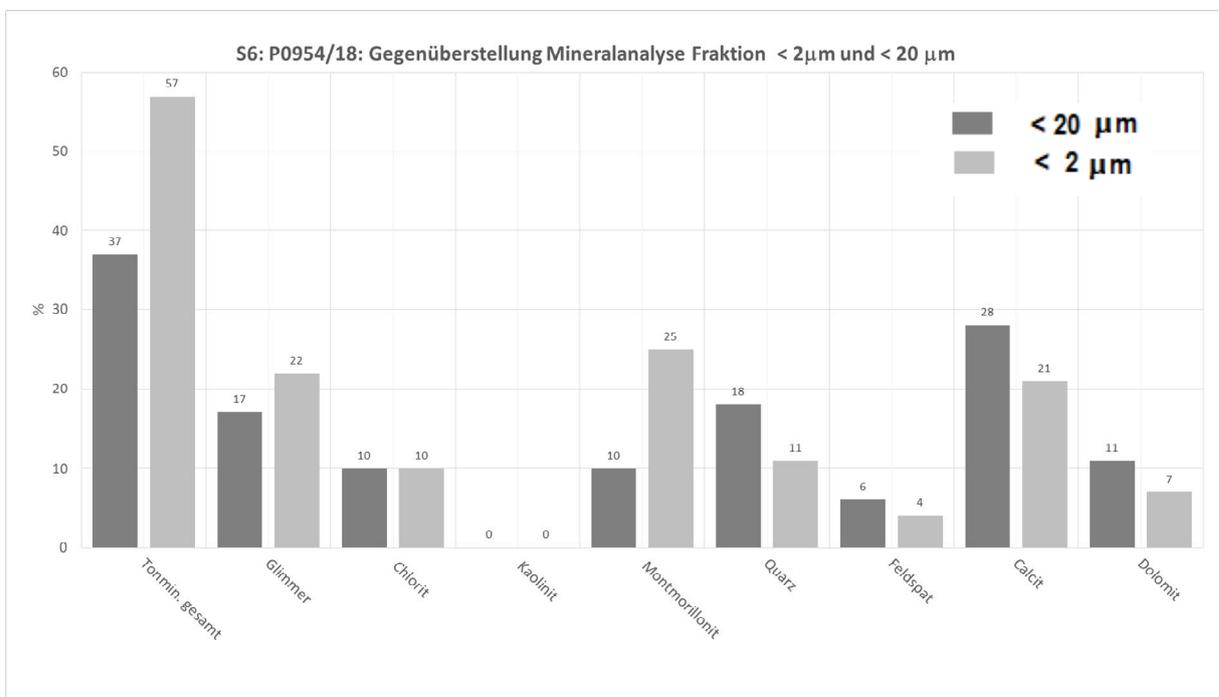
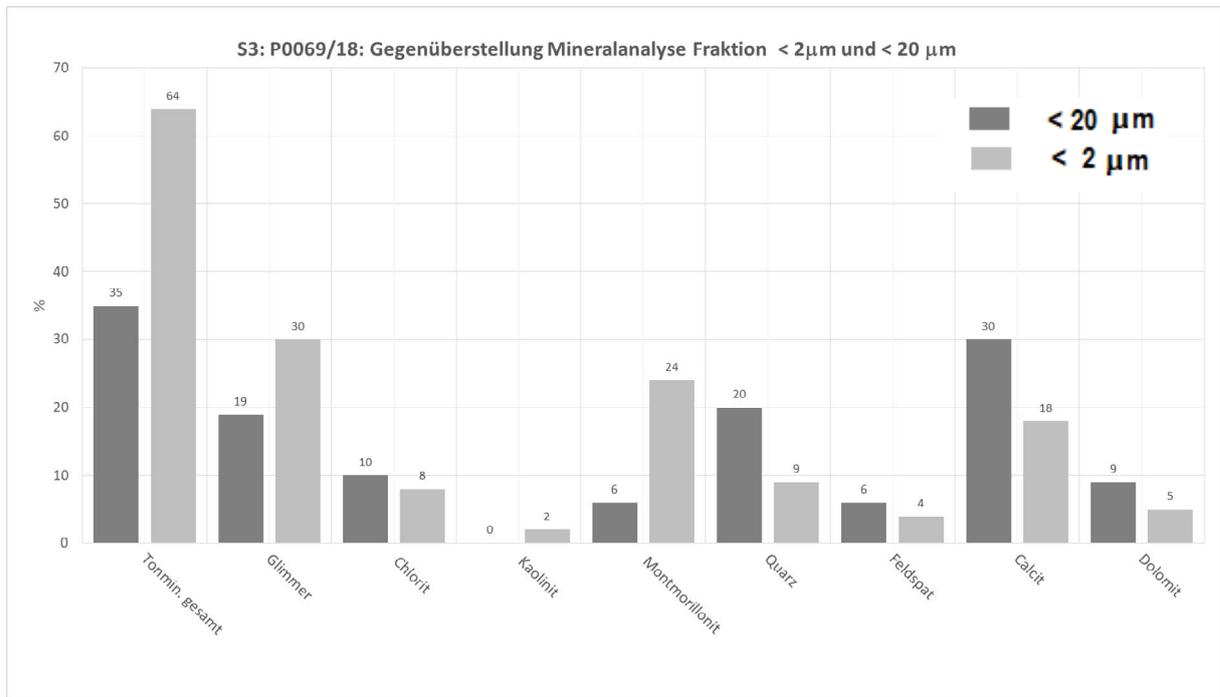


Anmerkung:

Bei den Untersuchungen < 0,002 sind die lila (Ton) Bereiche maßgeblich.

Bei den Untersuchungen < 0,02 sind die lila (Ton) und dunkelgrünen (Fein- und Mittelschluff) Bereiche betroffen.



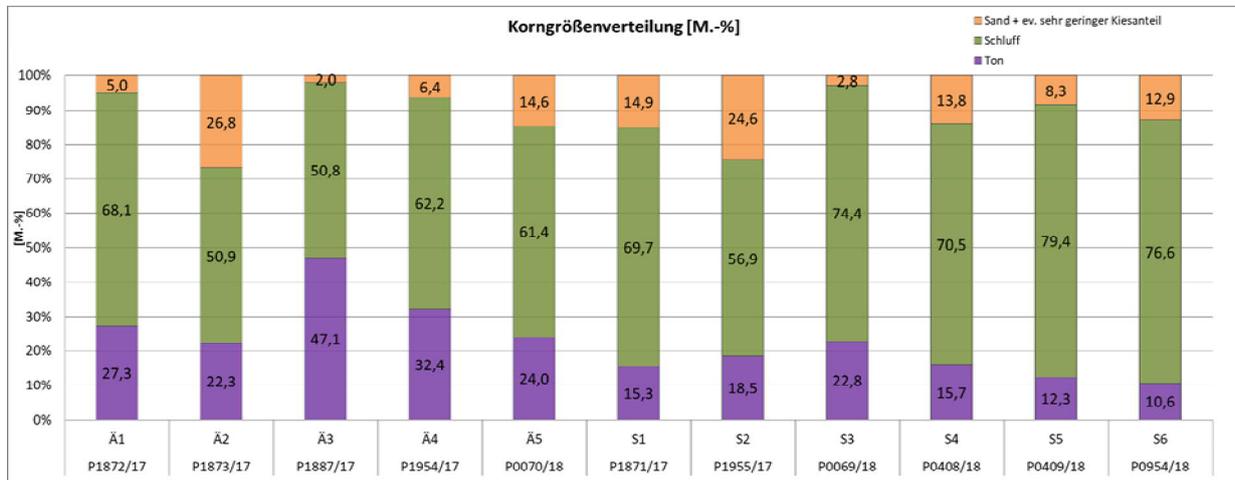


4.5. INTERPRETATION DER TONMINERALISCHER UNTERSUCHUNGEN

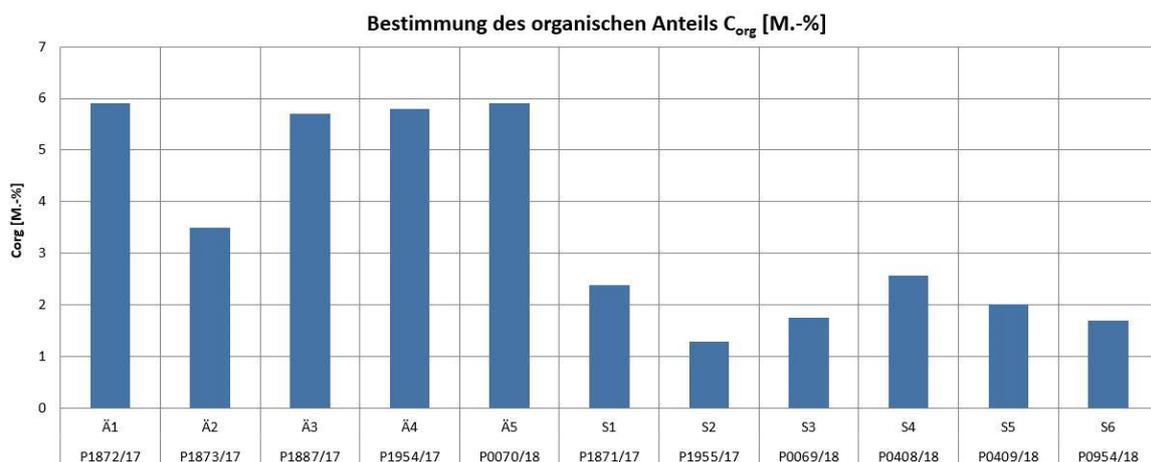
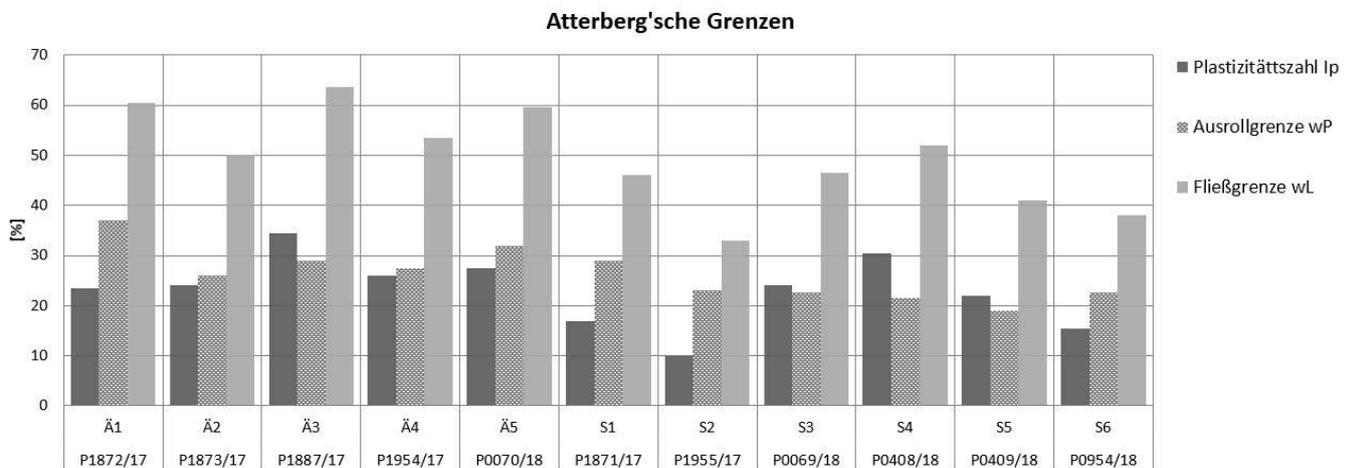
	Älterer Schlier	Schlier i. A
Herkunftsgebiet des Ausgangsmaterials	Gesteine und Verwitterungsprodukte der böhmische Masse, Schutteintrag in den nördlichen Abschnitt des Molassemeeresroges	vorwiegend Gesteine und Verwitterungsprodukte des alpinen Orogens (Kalkalpin, auch Flyschzone) mit Schutteintrag aus dem südlichen (kalkalpinen) Festland, sowie auch der böhmische Masse
Kaolinit	ca 10% Kaolinit (sowohl in Fraktion <2µm und <20µm)	0 - 2% Kaolinit (nur in Fraktion <2µm), Ausnahme: sandige Vöckla-Schichten: 6% Kaolinit (in 2µm) – S2
Karbonat	tendentiell geringer Karbonatgehalt (7-19% - stammt aus kalkschaligen Organismen, lokale Calcitrassen in Konkretionen), davon höherer Dolomitgehalt (8%) gegenüber Calcit (4%). Ausnahme: Ä1 (Übergangsbereich Älterer Schlier zum allgemeinen Schlier)	tendentieller höherer Karbonatgehalt (22-26%), davon höherer Calcitgehalt gegenüber Dolomit (Kalkmergel-Matrix)
Tonminerale, gesamt	Gesamttonmineralgehalt ist in den Proben Schlier i. A. gegenüber dem Älteren Schlier nicht signifikant anders	
Montmorillonit	Potentiell quellfähiger Montmorillonit tritt bei < 0,002 überall in ungefähr dem gleichen Anteil auf, bei dem Anteil 0,02 ist der Anteil beim Älteren Schlier höher. Eine Unterscheidung zwischen stark quellfähigem Na-Montmorillonit bis wenig quellfähigem Ca- Montmorillonit wurde nicht getroffen. Eine Erklärung für den eher gleichmäßigen Montmorillonitanteil in den verschiedenen Schlier-Formationen könnte eventuell in Asche-Verteilung durch den im Tertiär aktiven steirisch-pannonischen und innerkarpathischen Vulkangebietes oder im Auvergne-, Eifel- und Vogtland-Vulkanismus liegen.	
Quarzanteil	Quarzanteil in beiden untersuchten Formationsgruppen sehr ähnlich	

5. BODENMECHANISCHE UNTERSUCHUNGEN

5.1. KORNGRÖßENVERTEILUNG, ATTERBERG'SCHE GRENZEN UND ORGANISCHE ANTEILE



In der o.a. Fraktion Sand sind fallweise geringe Anteile der Kiesfraktion inkludiert.



5.2. BODENMECHANISCHE VERSUCHE FÜR ÄLTEREN SCHLIER

	P1872/17	P1873/17	P1887/17	P1954/17	P0070/18
	Ä1	Ä2	Ä3	Ä4	Ä5
Geologische Zuordnung	Älterer Schlier				
Entnahmeort	Finklham	Hinzenbach	Thürnau	Untergaumberg	Linz
Korngrößenverteilung					
Ton	27,3	22,3	47,1	32,4	24,0
Grobschluff	26,7	19,0	10,2	21,8	28,7
Feinschluff + Mittelschluff	41,4	31,9	40,6	39,4	32,7
Schluff	68,1	50,9	50,8	62,2	61,4
Sand	5,0	26,8	2,0	6,4	14,6
Atterberg'sche Zustandsgrenzen					
Fließgrenze w_L	60,5	50	63,5	53,5	59,5
Ausrollgrenze w_P	37	26	29	27,5	32
Plastizitätsszahl I_p	23,5	24	34,5	26	27,5
Klassifikation	Cl, or	Cl, A	Cl, A	Cl, A	Cl, or
I_c	1,6	1,4	1,3	1,9	0,7
Glühverlust					
Anteil c_{org}	5,9	3,5	5,7	5,8	5,9
natürlicher Wassergehalt					
W%	24,1	16,1	18,2	-	41,5
Einaxiale Druckfestigkeit					
Einax q_u [kN/m ²]	1345	1022	729	-	-
Scherversuch					
Reibungswinkel ϕ' [°]	28,3	22,8	18,7	19,2	-
c [kN/m ²]	24,6	21,8	9	15,9	-
Restscherwinkel ϕ_r [°]	19,5	11,9	5,3	5,9	-
c [kN/m ²]	-	6,1	1,9	7,9	-

5.3. BODENMECHANISCHE VERSUCHE FÜR SCHLIER I.A.

	P1871/17	P1955/17	P0069/18	P0408/18	P0409/18	P0954/18
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Geologische Zuordnung	Robulus Schlier	Vöckla Schichten	Rieder Schlier	Ottnanger Schlier	Rieder Schlier	Robulus Schlier
Entnahmeort	Buchkirchen	Lambach	Geiersberg	Ort i. lkr.	Eberschwang	Traunleiten
Korngrößenverteilung						
Ton	15,3	18,5	22,8	15,7	12,3	10,6
Grobschluff	33,8	27,0	26,1	25,7	39,2	38,0
Feinschluff + Mittelschluff	36,0	29,9	48,3	44,8	40,1	38,6
Schluff	69,7	56,9	74,4	70,5	79,4	76,6
Sand	14,9	24,6	2,8	13,8	8,3	12,9
Atterberg'sche Zustandsgrenzen						
Fließgrenze w_L	46	33	46,5	52	41	38
Ausrollgrenze w_P	29	23	22,5	21,5	19	22,5
Plastizitätsszahl I_p	17	10	24	30,5	22	15,5
Klassifikation	Si, M	Cl, L	Cl, M	Cl, A	Cl, M	Cl, M
I_c	1,8	3,3	1,1	1,1	1	k.A.
Glühverlust						
Anteil c_{org}	2,4	1,3	1,8	2,6	2,0	1,7
natürlicher Wassergehalt						
W%	15,8	-	20,3	18,2	18,4	13,6
Einaxiale Druckfestigkeit						
Einax q_u [kN/m ²]	3248	-	474	12787	874	3846
Scherversuch						
Reibungswinkel ϕ' [°]	30,2	30,7	-	-	-	-
c [kN/m ²]	27,4	22,9	-	-	-	-
Restscherwinkel ϕ_r [°]	-	27,3	-	-	-	-
c [kN/m ²]	-	16	-	-	-	-

5.4. ZUSAMMENFASSUNG BODENMECHANISCHER UNTERSUCHUNG

	Älterer Schlier	Schlier i. A
Wassergehalt	16 – 24% (18%)	14 – 20%
Plastizitätszahl	24 – 35%	17 – 31%
Fließgrenze	50 – 64% (58%)	33 – 52%
Klassifikation ÖN B4400-1	CI, A / CI, or (CL,A)	CI, M / (CL, L Si, M CL,A)
Korngrößenanteil Ton	22 – 47%	11 – 23%
Glühverlust	3,5 – 5,9%	1,3 – 2,4%
Scherwinkel φ'	23° / 19° / 19° / 28° (Ausnahme)	30°/31°
Restscherwinkel φ_r	12° / 5° / 6° / 19,5° (Ausnahme)	27°/29°
Einaxiale Druckfestigkeit q_u kN/m ²	1350/1020/730 (1270/940/1360/2890)	3250/470/12790/870/3850

- *1 Anmerkung zur Ausnahme:
Die Probe Älterer Schlier/ Ä1 aus dem erosiven Übergang zum Robulusschlier (Schlier i.A) weist Ähnlichkeiten (Scherversuch) mit dem darüber liegenden Schlier i. A. auf. Dafür verantwortlich dürfte der hohe Karbonatgehalt (Calcit 28%, Dolomit 5%) dieser Probe liegen.
- *2 Entsprechend einer äußerst hohen undrainierten Scherfestigkeit C_u laut Tabelle 6 ÖNORM EN14688-2 (Ausnahmewert 470 kN/m² → sehr hoch).
- *3 Neue Ergebnisse 2019
- *4 Eine vergleichende Untersuchung der TU Wien aus 1998 ergab ein φ' von 21° und φ_r von 6,5°. Da bei der relevanten Probe Ä3 ein φ' von 19° und φ_r von 6° ermittelt wurde, zeigt sich eine gute Übereinstimmung.

6. INTERPRETATION DER UNTERSUCHUNGEN HINSICHTLICH GEOTECHNISCHER AUSWIRKUNGEN DER UNTERSCHIEDE ZWISCHEN ÄLTEREN SCHLIER UND SCHLIER I.A.

Ziel der Untersuchung war es, das allgemein bekannte höhere Risikopotenzial hinsichtlich Kriechen und Rutschen beim Älteren Schlier im Vergleich zum Schlier im Allgemeinen zu verifizieren. Es ergeben sich aus den Untersuchungen folgende wesentliche Hinweise:

- Ältere Schliere sind vorzugsweise als ausgeprägt plastische partiell organische Tone (CL, A bzw. CL, or) – Schlier im Allgemeinen als mittelplastische Tone (CI, M) mit partiell maßgeblichem Feinsandanteil einzustufen (ÖNORM B 4400).
- Der Gesamttonanteil $< 2 \mu\text{m}$ bezogen auf die Korngrößenverteilung liegt beim Älteren Schlier höher als beim Schlier im Allgemeinen.
- Der organische Anteil ist beim Älteren Schlier als gering organisch – or' (2-6%) nach ÖNORM B4400-1 einzustufen. Beim Schlier im Allgemeinen liegt ein organischer Anteil $< 2\%$ vor.
- Maßgeblich ist der geringere Karbonatanteil beim Älteren Schlier im Vergleich zum Schlier im Allgemeinen. Dies dürfte einen wesentlichen Einfluss auf den Reibungswinkel bzw. den Restscherwinkel haben (die Proben mit dem geringsten Karbonatgehalt wiesen den geringsten Scherwinkel auf).
- Zusätzlich wurde bei der Untersuchung der Fraktion $< 20 \mu\text{m}$ (Ton+ Feinschluff/Mittelschluff) ein höherer Montmorillonitgehalt als in den Proben des Älteren Schliers festgestellt, wodurch auch hier ein zusätzlicher Einfluss auf den Reibungswinkel bzw. den Restscherwinkel ableitbar ist.
- Der unterschiedliche Kaolinitanteil stellt auf Grund der Tonstruktur keinen Einfluss auf den Scherwinkel dar.

7. EMPFEHLUNGEN FÜR WEITERE UNTERSUCHUNGEN

- Aus den Untersuchungen ergibt sich beim Älteren Schlier ein Hinweis auf ein höheres Schrumpfpotential, was infolge Feuchtigkeitsverlust im Boden infolge extremer Trockenperioden ein zusätzliches Risiko bei oberflächennahen Gründungen darstellt. Dieses Risiko wäre durch ergänzende Schrumpfversuche zu verifizieren.
- Aus den Älteren Schlierschichten nördlich der Donau aus dem Gallneukirchner Becken, lagen keine Proben vor. Auf Grund der Nähe zur Böhmisches Masse ist ein geringer Kalkanteil und somit geringer Reibungswinkel zu erwarten. Bei Vorliegen von Proben sollte dies verifiziert werden.
- Bei zukünftigen tonmineralischen Untersuchungen sollte vorzugsweise nicht nur der Anteil $< 0,002$ (nur Ton) sondern der Gesamtanteil $< 0,02$ (Ton, Fein- und Mittelschluff) berücksichtigt werden. Grund dafür ist dass im Fein- Mittelschluff auch relevante Tonminerale vorhanden sind, welche bodenmechanische Einflüsse darstellen.

Leiterin techn. Büro f.
techn. Geologie

Dr. Bertha



Leiter techn. Büro f. Kulturtechnik
und Wasserwirtschaft

Dipl. Ing. Steinbacher



Leiter-Geschäftsführer

Dipl. Ing. Rockenschaub