

Auftrags-Datenblatt

EEVG-Flugasche als Stabilisierungsmittel im Erdbau

1.	Auftraggeber	UPM-Kymmene Austria GmbH
	Adresse	4662 Steyermühl, Fabriksplatz 1
	Telefon	07613 8900-0
	Fax	
	Ansprechpartner	Hr. Polzinger, HR. DI Pöll

2.	Projektgebiet	
	ÖK	66 Gmunden
	Gemeinde	Laakirchen
	Bezirk	Gmunden
	Land	OÖ

4.	Geschäftszahl/Ausfertig.	0809296/EF
----	--------------------------	------------

5.	Sachbearbeiter	Mag. Dr. Günter Moser Mag. Andreas Bammer
----	----------------	--

6.	Projektbeschreibung	
	Zweck	Geotechnischer Bericht
	Geologischer Rahmen	Künstl. Schüttung
	Methodik	Lastplattenversuche

7.	Untersuchungszeitraum	
	Auftragserteilung	09/2008
	Endbericht	27.03.2009

8.	Verteiler	Adresse	Ausfertig.
	UPM-Kymmene Austria GmbH	4662 Laakirchen, Fabriksplatz 1	A, B, C, D, E
	Akt	4810 Gmunden, Münzfeld 50	F

INHALTSVERZEICHNIS

1	ALLGEMEINES	2
1.1	Aufgabenstellung / Vorgaben	2
2	GRUNDLAGEN AUS FRÜHEREN UNTERSUCHUNGEN	3
2.1	RHB Hof	3
2.1.1	Ausgangssituation	3
2.1.2	Versuchsfelder Kalk 1	4
2.1.3	Versuchsfelder Kalk 2	4
2.1.4	Versuchsfelder Flugasche	4
2.1.5	Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit	6
2.2	HWS Donau Machland	7
2.2.1	Laboruntersuchungen Geotechnik	7
2.3	Feldversuche - Probedamm	10
3	ERGÄNZENDE VERSUCHSFELDER EEVG-FLUGASCHE	12
3.1	Geographische Lage / Morphologie	12
3.2	Herstellung der Testfelder	13
3.3	Versuche	14
3.3.1	Verdichtung	14
3.3.2	Durchlässigkeitsmessungen	15
4	SCHLUSSFOLGERUNGEN	16
4.1	Stoffeinsatz	16
4.2	Geochemische Eignung	17
4.3	Geotechnische Eigenschaften	17



1 ALLGEMEINES

1.1 AUFGABENSTELLUNG / VORGABEN

Der Produktionsstandort der UPM Kymmene Austria GmbH (in weiterer Folge UPM genannt) in Steyermühl produziert gemeinsam mit der SCA Laakirchen unter der gemeinsamen Tochterfirma EEVG hochwertige Asche aus einer Wirbelschichtverbrennung. Aufgrund mehrjähriger Überlegungen im Hinblick auf die Verwendung dieser Asche als Substitution für Kalk zur Stabilisierung von Böden wurden bereits zahlreiche Versuche im Labor und Gelände durchgeführt. Die positiven Ergebnisse aus diesen Versuchen führten zur Verwendung der Asche als Zuschlagsstoff für Lösslehme und phyllitische Verwitterungssedimente im Sinne hydraulisch gebundener Bodengemische bei der Errichtung der Rückhaltebecken Hof (HWS Ried) und Rauris. Dabei wurde die Asche zur Optimierung des Wassergehaltes der jeweiligen Sedimente verwendet und damit die erforderlichen Verdichtungen der Dammbaumaterialien ermöglicht. Die Verwendung der Asche bei den oben angeführten Bauvorhaben erfolgte unter Einbindung der jeweils zuständigen Umweltrechts- und Wasserrechtsbehörden.

Nunmehr ist vorgesehen, im Zuge der Errichtung von Hochwasserschutzdämmen im Machland Flugasche als Stabilisierungsmittel der für den Dammbau vorgesehenen Hochflutsedimente (Ausande und Aulehme) zu verwenden. Zur Beurteilung des Einbaus dieser Sedimente wurde im Gemeindegebiet von Mitterkirchen ein Probedamm errichtet, welcher überwiegend aus mit Flugasche der EEVG stabilisierten Hochflutsedimenten hergestellt wurde.

Zusätzlich wurden im Werksgelände der UPM Kymmene Austria GmbH Testfelder hergestellt und umfangreichen Untersuchungen unterzogen, um den Einsatz der EEVG Asche als Stabilisierungsmittel für weit verbreitete Böden im Alpenvorland zu untersuchen.

Im gegenständlichen Bericht werden die Ergebnisse der Untersuchungen beim Rückhaltebecken Hof, bei den oben angeführten Testfeldern und beim Machland Probedamm zusammengefasst wiedergegeben.

2 GRUNDLAGEN AUS FRÜHEREN UNTERSUCHUNGEN

2.1 RHB HOF

Wie bereits eingangs angeführt, wurde im Zuge von Hochwasserschutzmaßnahmen für den Hochwasserschutz Ried ein Rückhaltebecken in der Gemeinde Pattigham errichtet. Dabei wurde ein zonierter Damm mit einer wasserseitigen Böschungsdichtung hergestellt. Dieser Dichtkörper wurde aus dem regional vorkommenden Lößlehm hergestellt. Aufgrund der ungünstigen natürlichen Wassergehalte im Lößlehm wurden zur Einstellung der optimalen Einbauwassergehalte Versuchsfelder hergestellt, wobei parallel Kalk und Flugasche der EEVG als Zuschlagstoff verwendet wurden.

Die Versuchsfelder wurden geotechnisch und geochemisch untersucht, wobei die geotechnischen Versuche in erster Linie auf die Durchführung von Lastplattenversuchen (statisch und dynamisch) zur Bestimmung des Verformungsmoduls und die in-situ Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte abzielte, während die geochemischen Analysen anhand von Proben aus den Testfeldern im Labor hinsichtlich der Gesamtgehalte und der Eluatgehalte vom Labor DI Kurt Scheidl untersucht wurden. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen liegen als eigener Bericht vor (GZ929/07).

2.1.1 AUSGANGSSITUATION

Die Testfelder wurden im Lößlehm Abbaugelände, also innerhalb des Baufeldes hergestellt. Insgesamt wurden 12 Versuchsfelder hergestellt, wobei hier nur die für die gegenständliche Fragestellung relevanten Versuchsergebnisse wiedergegeben werden. Der Untergrund der Testfelder wurde stabilisiert um alle Untergrundeinflüsse bei der Messung der erzielten geotechnischen Eigenschaften auszuschalten. Die Vorgabe der Staubeckenkommission war ein E_{v1} -Wert von mind. 15 MN/m² und eine Verhältniszahl E_{v2}/E_{v1} von $\leq 2,5$.

Lößlehm ohne Stabilisierung

- 2 x 0,3 m GW
Messung nach ca. 1 Stunde: E_{v1} : **5,8 MN/m²**; E_{v2} : **23,0 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **3,98**

Stabilisierter Untergrund für Versuchsfelder

- Stabiles Planum (=Baustraße): E_{v1} : **44,1 MN/m²**; E_{v2} : **150 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **3,40**;
 E_{vd} : **41,3 MN/m²**

2.1.2 VERSUCHSFELDER KALK 1

- 2 x 0,3 m Lößlehm + 8 kg Branntkalk (Körnung 0/4):
Messung nach ca. 0,5 Stunden: E_{v1} : **10,8 MN/m²**; E_{v2} : **40,2 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **3,71**;

E_{vd} : **11 MN/m²**

Messung nach ca. 1 Tag: E_{v1} : **18,0 MN/m²**; E_{v2} : **45,0 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **2,50**;

E_{vd} : **19,5 MN/m²**

Messung nach ca. 3 Tagen: E_{v1} : **12,5 MN/m²**; E_{v2} : **34,1 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **2,73**;

E_{vd} : **5,73 MN/m²**

2.1.3 VERSUCHSFELDER KALK 2

- 2 x 0,3 m Lößlehm + 12 kg Branntkalk (Körnung 0/4):
Messung nach ca. 0,5 Stunden: E_{v1} : **9,4 MN/m²**; E_{v2} : **30,0 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **3,20**;

E_{vd} : **8,8 MN/m²**

Messung nach ca. 1 Tag: E_{v1} : **43,3 MN/m²**; E_{v2} : **86,5 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **2,0**;

E_{vd} : **35,0 MN/m²**

Messung nach ca. 3 Tagen: E_{v1} : **43,3 MN/m²**; E_{v2} : **86,5 MN/m²**; E_{v2}/E_{v1} : **2,0**;

2.1.4 VERSUCHSFELDER FLUGASCHE

Für die Flugasche wurde ursprünglich angenommen, dass die erforderliche Zuschlagsstoffmenge größer als jene bei der Verwendung von Kalk sein müsste. Daher wurden für die Flugasche auch höhere Beigaben (12 – 40 kg/m²) verwendet.

Im Bereich des Abtraggebietes wurden 3 Versuchsfelder mit verschiedenen Ascheanteilen zur Überprüfung der erreichbaren Festigkeiten, sowie zur Reaktionszeit des stabilisierten Materials angelegt.

Dabei wurden in 2 Lagen Lößlehm in einer Lagenstärke von ca. je 0,3 m (verdichteter Zustand) mittels Fräsmaschine Aschemengen von ca. 12 kg/m², 27 kg/m², sowie 40 kg/m² eingebracht. Die beiden Lagen wurden mittels Schafffußwalze (8 t) 1 x dynamisch mit einer geringen Amplitude und 1 x statisch verdichtet. Daran anschließend wurde 2 x mittels Glattmantelwalze (12 t) statisch verdichtet.

Danach wurde nach ca. 2 Stunden, nach 1 Tag und nach 4 Tagen der Elastizitätsmodul mittels statischer Lastplatte gemessen, um die Zunahme der Verdichtung in der Zeit zu ermitteln. In nachfolgenden Tabellen findet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Werte.

Zeit	E_{v1} [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/ E_{v1} [MN/m ²]	E_{vd} [MN/m ²]
2 Stunden	16,1	42,5	2,64	-
1 Tag	27,1	62,5	2,31	-
4 Tag	75,0	150,0	2,0	90,73

Tabelle 2.1-1: Versuchsfeld Flugasche mit 12 kg/m² je 0,3 m Lagenstärke

Zeit	E_{v1} [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/ E_{v1} [MN/m ²]	E_{vd} [MN/m ²]
2 Stunden	28,8	75,0	2,60	-
1 Tag	36,9	64,3	1,74	-
4 Tag	86,5	187,5	2,17	128,57

Tabelle 2.1-2: Versuchsfeld Flugasche mit 27 kg/m² je 0,3 m Lagenstärke

Zeit	E_{v1} [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/ E_{v1} [MN/m ²]	E_{vd} [MN/m ²]
2 Stunden	38,1	93,7	2,46	-
1 Tag	54,9	107,1	1,95	-
4 Tag	97,8	173,1	1,77	113,64

Tabelle 2.1-3: Versuchsfeld Flugasche mit 40 kg/m² je 0,3 m Lagenstärke

Es zeigt sich, dass der 4-Tageswert des Elastizitätsmoduls bei der geringsten Zugabemenge (12 kg/m²) einen Wert von 75 MN/m² erreicht und damit bereits deutlich über dem geforderten Wert (15 MN/m²) liegt.

2.1.5 BESTIMMUNG DER HYDRAULISCHEN LEITFÄHIGKEIT

Die Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes wurde mit einem hydraulischen Piezometer der Fa. GEONORDIC, Modell BAT 301 durchgeführt.

Bei diesem Messsystem wird destilliertes Wasser aus einem Glaszylinder über einen Filter in den Boden eingepresst. Der vorher im Glaszylinder zu erzeugende Druck, der quasi eine Wassersäule simuliert, ist in Abhängigkeit des in der Sonde befindlichen Druckaufnehmers frei wählbar. Die Sonde wird über ein Kabel mit einem Datenlogger verbunden, der den Druckabfall in Abhängigkeit von der Zeit misst. Nach Erreichen eines konstanten Druckabfalls, was dem Erreichen von stationären Ausströmverhältnissen gleichkommt, kann die Messung beendet werden. Die Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes erfolgt nach der Theorie der fallenden Druckhöhe nach HVORSLEV (1951).

Der kf-Wert lag beim Versuchsfeld mit 12 kg/m² bei $3,88 \times 10^{-10}$ m/s, beim Versuchsfeld mit 27 kg/m² bei $1,18 \times 10^{-9}$ m/s und beim Versuchsfeld mit 40 kg/m² bei $1,46 \times 10^{-8}$ m/s. Die Werte wurden in einer durchschnittlichen Tiefe von ca. 0,2 m unter Versuchsfeldoberkante ermittelt.

Es zeigte sich eine stetige Zunahme der Durchlässigkeit mit höheren Aschezugaben, wobei dies auf eine vermehrte Rissbildung, bzw. im Fall der 40 kg/m² Zugabe auf kein Erreichen eines Sedimentpartikelverbundes (zu trockenes Gemisch) zurückgeführt werden kann.

2.2 HWS DONAU MACHLAND

2.2.1 LABORUNTERSUCHUNGEN GEOTECHNIK

Ergänzend zu den seitens DI Scheidl durchgeführten geochemischen Untersuchungen an hydraulisch gebundenen Bodengemischen mit Hochflutsedimenten aus dem Machland, wurden vorab gemeinsam mit der BPS Leonding auch geotechnische Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden folgende Parameter bestimmt:

- Wassergehalt
- Korngrößenverteilung
- Proctordichte
- Einaxiale Druckfestigkeit
- Durchlässigkeitsbeiwert

Die Versuchsergebnisse zeigen zusammengefasst folgende in den untenstehenden Tabellen dargestellten Ergebnisse. Entsprechend der Gegebenheiten an den Probenahmestellen wurden innerhalb der Hochflutsedimente sandige Schluffe und schluffige Sande getrennt beprobt.

Probe Nr.	Probe Bezeichnung	Tiefe ab GOK	Wassergehalt W % [M%]	Ton [M%]	Schluff [M%]	Sand [M%]	ρ_{PR} [g/cm ³]	W_{PR} [M%]
P0725/08	Sand, sehr schluffig	0,9-1,0	18,3	2,81	30,51	66,68	1,72	16,7
		1,6-1,7	26,4					
		2,0-2,3	24,2					
Gesamt (im Durchschnitt)			22,0					

Tabelle 2.2-1: Ergebnisse Laborversuche schluffiger Sand aus BL8 HWS Machland

Ausgangs- material	ρ_{PR} [g/cm ³]	W_{PR} [M%]	Einbaudichte [g/cm ³]			W-% [M%]			Einaxiale Druckfestigk. [kN/m ²]			Durchlässigkeiten			
			Nach 1 d	Nach 3d	Nach 7d	Nach 1 d	Nach 3d	Nach 7d	Nach 1 d	Nach 3d	Nach 7d	Einbaudichte [g/cm ³]	W-% vor V. [M%]	K_{10} [m/s]	D_{PR} [%]
Originalmat	1,72	16,7										1,59	22,0	$2,6 \cdot 10^{-6}$	92,4
2 M-% Kalk			1,61	1,61	1,61	20,13	19,70	19,27	80,87	82,90	89,60				
2 M-% Flugasche			1,62	1,61	1,61	18,8	18,47	18,53	80,63	79,40	84,47				
4 M-% Kalk	1,62	17,1	1,61	1,62	1,63	19,47	19,4	18,60	96,63	103,17	112,07	1,62	19,3	$8,9 \cdot 10^{-7}$	100
4 M-% Flugasche	1,60	17,9	1,58	1,60	1,59	17,57	17,40	16,93	99,17	106,07	110,10	1,59	17,2	$1,6 \cdot 10^{-6}$	99,4
6 M-% Kalk			1,60	1,60	1,61	17,43	16,90	16,57	110,90	113,10	116,93				
6 M-% Flugasche			1,57	1,57	1,58	17,33	17,40	16,33	119,03	139,13	155,60				

Tabelle 2.2-2: Ergebnisse Laborversuche schluffiger Sand aus BL8 HWS Machland

Probe Nr.	Probe Bezeichnung	Tiefe ab GOK	Wassergehalt W % [M%]	Ton [M%]	Schluff [M%]	Sand [M%]	ρ_{PR} [g/cm ³]	W_{PR} [M%]
P0724/08 Schurf 1	Schluff, sandig	0,6-0,7	19,4	6,07	65,65	28,28	1,63	19,9
		1,3-1,4	33,3					
		1,7-1,8	31,0					
		2,0-2,1	33,2					
P0724/08 Schurf 2	Schluff, sandig	0,8-0,9	26,1					
		1,3-1,4	12,6					
		1,6-1,8	15,2					
Gesamt (im Durchschnitt)			28,1					

Tabelle 2.2-3: Ergebnisse Laborversuche sandiger Schluff aus BL8 HWS Machland



Ausgangs- material	D_{PR} [g/cm ³]	W_{PR} [M%]	Einbaudichte [g/cm ³]			W-% [M%]			Einaxiale Druckfestig. [kN/m ²]			Durchlässigkeiten			
			Nach 1 d	Nach 3d	Nach 7d	Nach 1 d	Nach 3d	Nach 7d	Nach 1 d	Nach 3d	Nach 7d	Einbaudichte [g/cm ³]	W-% vor V. [M%]	K_{10} [m/s]	D_{PR} [%]
Originalmat.	1,63	19,9										1,49	28,0	$2,3 \cdot 10^{-7}$	91,4
33 M-% Wasser 2 M-% Kalk			1,4	---	1,39	30,9	---	29,9	16,5	---	50,3				
28 M-% Wasser 2 M-% Flugasche			1,56	1,56	1,56	24,33	24,43	23,63	133,33	134,4	145,27				
2 M-% Bentonit												1,52	28,0	$7,5 \cdot 10^{-8}$	---
33 M-% Wasser 4 M-% Kalk			1,39	1,42	1,41	30,7	29,9	30,17	42,9	32,4	70,9				
28 M-% Wasser 4 M-% Kalk			1,51	1,54	1,56	22,7	21,5	21,1	147,9	164,4	177,5	1,56	20,8	$3,1 \cdot 10^{-7}$	98,1
28 M-% Wasser 4 M-% Flugasche			1,54	1,54	1,55	23,20	23,30	22,40	227,37	235,40	252,83	1,54	23,0	$2,2 \cdot 10^{-7}$	99,4
4 M-% Bentonit												1,50	28,0	$2,4 \cdot 10^{-9}$	94,3
33 M-% Wasser 6 M-% Kalk			1,46	1,42	1,41	26,0	28,9	29,30	82,5	79,1	96,03				
28 M-% Wasser 6 M-% Kalk			1,56	1,57	1,57	21,6	21,5	21,1	259,9	271,5	283,5				
28 M-% Wasser 6 M-% Flugasche			1,51	1,51	1,52	23,20	22,93	22,93	224,53	259,23	267,47				
33 M-% Wasser 8 M-% Kalk			1,5	1,5	1,52	24,3	23,8	23,2	161,8	168,8	183,5				

Tabelle 2.2-4: Ergebnisse Laborversuche sandiger Schluff aus BL8 HWS Machland



2.3 FELDVERSUCHE - PROBEDAMM

Im Zuge der Planung des Hochwasserschutzes Donau – Machland mit einer Dammlänge von knapp 30 km wurde ein Feldversuch im Großmaßstab in Form eines Probedammes durchgeführt. Die Errichtung eines Probedammes war zur Optimierung des Handlings der Dammbaustoffe und zur Überprüfung der Planungsgrundlagen im Feldversuch unerlässlich. Dieser Hochwasserschutzdamm nimmt jedoch neben seiner großen Länge insofern eine Sonderstellung ein, da nicht – wie üblicherweise praktiziert – die Dammbaustoffe als Teil der ausgeschriebenen Leistungen hinsichtlich ihrer Qualität genau definiert werden können, sondern zum überwiegenden Teil das Aushubmaterial aus dem Baulos 8 verwendet werden sollen. Dieses Baulos ist eine donaubegleitende Abflussmulde mit einer Aushubkubatur von etwa 850.000 m³.

Die Materialentnahmestelle am östlichen Ende des oben angeführten Bauloses 8 wurde mittels 6 Schürfgruben erkundet. Aus den Schürfgruben wurden Proben entnommen und seitens BPS (Bodenprüfstelle, Leonding) hinsichtlich Wassergehalten und Korngrößenverteilung untersucht. Weiters wurde das Material zunächst mit unterschiedlichen Zuschlagsstoffmengen (Kalk und Flugasche parallel) versetzt und hinsichtlich der Proctordichten untersucht.

Bei der Herstellung des Probedammes wurden auf einer Fläche mit geringem Abstand zur Grundwasseroberfläche (ca. 3 m) zwei parallel angeordnete Dämme mit einer Länge von ca. 2x60 m errichtet. Die Höhe des Probedammes wurde mit 3,5 m über der durchschnittlichen Dammhöhe von etwa 2,8 m festgesetzt, der Böschungswinkel beträgt 1:2. Die Entfernung zwischen den Dämmen beträgt 5 m von Böschungsfuß zu Böschungsfuß. Die beiden Paralleldämme wurden in 4 verschiedene Homogenbereiche mit gleicher Außengeometrie, jedoch unterschiedlichem Internaufbau unterteilt. Diese Homogenbereiche unterscheiden sich durch unterschiedliche Zuschlagsstoffmengen (Flugasche) und außen liegende Deckschichten.

Aus den Versuchsergebnissen der einaxialen Druckversuche für schluffreiche Proben geht hervor, dass die höchste Druckfestigkeit bei einer Zumischung von 6 M-% Branntkalk und einem Anfangswassergehalt von 33 Massen-% erreicht worden ist.

Probe P0724/08 mit Branntkalk		
Einaxiale Druckfestigkeit [kN/m ²]	Zusammensetzung	Wartezeit [Tage]
Maximale: 283,5	Probe mit Ausgangswassergehalt 28 M-%+ Branntkalk 6 M-%	7
Minimale: 16,5	Probe mit Ausgangswassergehalt 33 M-%+ Branntkalk 2 M-%	1

Tabelle 2.3-1: Zusammenfassung der Ergebnisse der einaxialen Druckversuche mit Probenmaterial der Probe P0724/08 und dem Zuschlagstoff Branntkalk

Mit dem Zuschlagstoff Flugasche wurden annähernd hohe Druckfestigkeiten erreicht, wobei im Vergleich zum Branntkalk schon bei geringeren Zuschlagsmengen relativ hohe Festigkeiten bestimmt worden sind.

Probe P0724/08 mit Flugasche		
Einaxiale Druckfestigkeit [kN/m ²]	Zusammensetzung	Wartezeit [Tage]
Maximale: 271	Probe + Flugasche 6 M-% + Ausgangswassergehalt 28 M-%	7
Minimale: 132,5	Probe + Flugasche 2 M-% + Ausgangswassergehalt 28 M-%	1

Tabelle 2.3-2: Zusammenfassung der Ergebnisse der einaxialen Druckversuche mit Probenmaterial der Probe P0724/08 und dem Zuschlagstoff Flugasche

Aus den Versuchsergebnissen der einaxialen Druckversuche für sandreiche Proben mit den Mischungen Probenmaterial/Branntkalk geht hervor, dass die höchste Druckfestigkeit bei einer Zumischung von 6 M-% Branntkalk und einem Anfangswassergehalt von 22 M-% ermittelt worden sind. Insgesamt liegen die ermittelten Druckfestigkeiten aber deutlich unter den mit dem Schluffmaterial erreichten.

Probe P0725/08 mit Branntkalk		
Einaxiale Druckfestigkeit [kN/m ²]	Zusammensetzung	Wartezeit [Tage]
Maximale: 119,7	Probe + Branntkalk 6 M-% + Ausgangswassergehalt 22 M-%	7
Minimale: 79,3	Probe + Branntkalk 2 M-% + Ausgangswassergehalt 22 M-%	1

Tabelle 2.3-3: Zusammenfassung der Ergebnisse der einaxialen Druckversuche mit Probenmaterial der Probe P0725/08 und dem Zuschlagstoff Branntkalk

Mit dem Zuschlagstoff Flugasche sind bei der Sandprobe P0725/08 insgesamt höhere Druckfestigkeiten ermittelt worden als mit dem Zuschlagstoff Branntkalk.

Probe P0725/08 mit Flugasche		
Einaxiale Druckfestigkeit [kN/m ²]	Zusammensetzung	Wartezeit [Tage]
Maximale: 155,7	Probe + Flugasche 6 M-% + Ausgangswassergehalt 22 M-%	7
Minimale: 78,5	Probe + Flugasche 2 M-% + Ausgangswassergehalt 22 M-%	3

Tabelle 2.3-4: Zusammenfassung der Ergebnisse der einaxialen Druckversuche mit Probenmaterial der Probe P0725/08 und dem Zuschlagstoff Flugasche

Die seitens DI Scheidl entnommenen Proben aus dem Versuchsdamm weisen einen EEVG Aschezuschlag von 6 % auf.

3 ERGÄNZENDE VERSUCHSFELDER EEVG-FLUGASCHE

Aufgrund des erfolgreichen Einsatzes der Asche auch in der Praxis, wurden die Möglichkeiten der Ausdehnung des Einsatzbereiches als hydraulisch gebundene Gemische auf andere häufig vorkommende Böden diskutiert. Umfassende Versuche als Basis für die Beurteilung dieser Verwendung wurden durch die Herstellung von Probefeldern auf werkseigenem Gelände der UPM sowohl im Gelände als auch im Labor durchgeführt. Dabei wurden 2 im Alpenvorland sehr häufig auftretende tertiäre Sedimente für die Durchführung der Versuche verwendet, und zwar:

- der Robulus Schlier und
- der Ältere Schlier.

Die Auftragserteilung für die Planung, Betreuung der Errichtung und Auswertung der Ergebnisse wurde seitens UPM Kymmene Austria GmbH erteilt. Neben dem Untersuchungsteil Geotechnik, welcher durch den gegenständlichen Bericht abgedeckt wird, wurde auch ein umfassender chemischer Teil durch das Büro bzw. Labor von DI SCHEIDL bearbeitet. Die Ergebnisse dieses Teils liegen als eigener Bericht vor.

3.1 GEOGRAPHISCHE LAGE / MORPHOLOGIE

Der Projektstandort liegt im Werksgelände der UPM Steyrermühl nahe dem Sägewerk im Gemeindegebiet von Laakirchen auf ÖK50 Blatt 66 Gmunden. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen geographischen Überblick der Situierung der Probefelder.

Grundlage für die Geometrie der Testfelder war einerseits die Verarbeitung einer repräsentativen Menge an Bodenmaterial und andererseits das technische Handling im Sinne der Verwendung von Großgeräten, welche auch die Breite der Felder maßgeblich bestimmten, um auch den Einbau im Echtbetrieb zu simulieren. Die Länge der Felder betrug somit ca. 40 m, die Breite etwa 3 m.

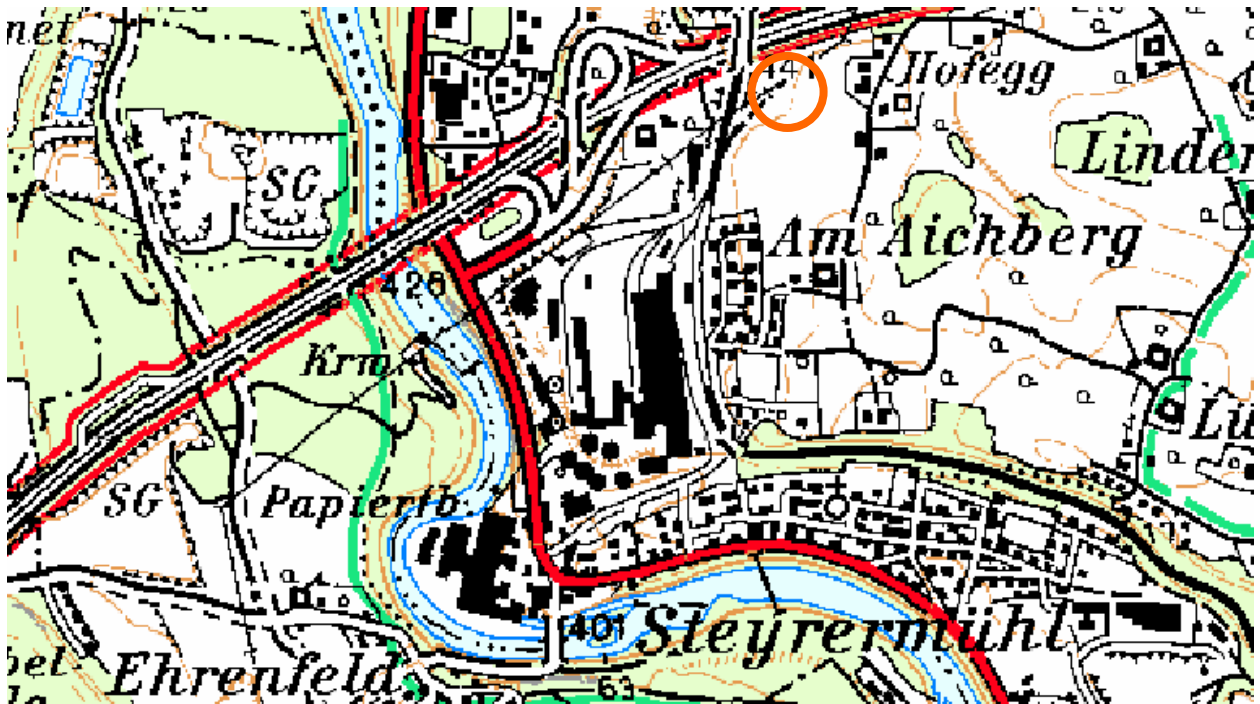


Abb. 3.1-1: Geographische Lage der Testfelder

3.2 HERSTELLUNG DER TESTFELDER

Die verwendeten Bodenmaterialien wurden, was den Robulus Schlier betrifft von einer Baustelle in Neumarkt – Kallham und was den Älteren Schlier betrifft, von der Rohstoffgrube Dornetshuber in Eferding angeliefert.

Nach dem Antransport der Erdbaustoffe wurde in einer ersten Phase das Material in einer Lagenstärke von ca. 0,5 m lose aufgeschüttet. Danach wurde mittels eines Streuwagens eine Menge von ca. 18 kg/m² (entsprechen ca. 3,3 Gew. %) Flugasche aufgebracht und diese mittels einer Fräse mit den beiden Erdbaustoffen vermischt. Daran anschließend wurde mittels einer Glattwalze (7 t) das homogene Gemisch sowohl dynamisch, als auch statisch verdichtet. Die endgültige Mächtigkeit der Lage betrug danach ca. 0,3 m. In einem zweiten Durchgang wurden die oben beschriebenen Einbauvorgänge wiederholt, wobei die Gesamtmächtigkeit nach Fertigstellung 0,6 m betrug.



Abb. 3.2-1: Testfelder, im Bild links Robulus Schlier, rechts der Ältere Schlier

3.3 VERSUCHE

3.3.1 VERDICHUNG

Zur Überprüfung einer ausreichenden Verdichtung bzw. zur Feststellung welche Festigkeiten bei den beiden stabilisierten Erdbaustoffen möglich sind, wurden Plattendruckversuche nach ÖNORM B 4417 durchgeführt. Insgesamt wurden 6 LPV zu zwei verschiedenen Zeitpunkten errichtet. In nachfolgender Tabelle 3.3-1 findet sich eine Zusammenstellung der ermittelten Ergebnisse.

Bereich	Versuch	E_{v1}	E_{v2}	E_{v2}/ E_{v1}
Robulusschlier	LPV 1	80,4	150,0	1,87
	LPV 5	118,4	225,0	1,90
	LPV	93,8	225,0	2,40
Älterer Schlier	LPV 2	62,5	118,4	1,89
	LPV 3	35,2	83,3	2,37
	LPV 4	38,1	97,8	2,57

Tabelle 3.3-1: Ergebnisse Lastplattenversuche

3.3.2 DURCHLÄSSIGKEITSMESSUNGEN

Es wurden an beiden Testfeldern entsprechende Messungen in Form von jeweils 2 Versuchen pro Lage und Testfeld durchgeführt. Die ermittelten Werte lagen bei ca. 10^{-10} bis 10^{-11} m/s und repräsentieren daher Werte die für quasi undurchlässige Böden stehen. Die Versuche mussten aufgrund der sehr geringen Durchlässigkeiten abgebrochen werden.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

4.1 STOFFEINSATZ

Generell ist festzuhalten, dass der Hauptzweck der Verwendung von Kalk oder Flugasche als Zuschlagsstoff in einem mineralischen Boden die Optimierung des Wassergehaltes ist. Über den so genannten Proctorversuch wird die größte erreichbare Dichte bei unterschiedlichen Wassergehalten und somit der optimale Wassergehalt für den Einbau des Bodenmaterials bestimmt. Für feinkörnige Böden liegt dieser optimale Wassergehalt in einer Bandbreite zwischen 15 und 25 M-%, für grobkörnige Böden meist unter 10 M-%. Aufgrund des Porenvolumens von grobkörnigen Böden ist hier keine Stabilisierung mit Kalk oder Flugasche möglich. Der Proctorversuch gibt auch wieder, wie groß die Abweichung der Einbaudichte bei Abweichungen vom optimalen Wassergehalt ist. Hier kann festgehalten werden, dass die Anforderungen an einen dem Stand der Technik entsprechenden Einbau meist eine Abweichung von maximal +/- 3 % vom optimalen Wassergehalt erlauben.

Wie sich bei allen durchgeführten Versuchen zeigte, ist für diese Wassergehaltseinstellung kein nennenswerter Unterschied zwischen Kalk und Flugasche festzustellen, so dass jeweils vom gleichen Mengenbedarf als Zuschlagsstoff ausgegangen werden kann.

Auf Basis der oben dargestellten Versuchsergebnisse kann festgehalten werden, dass unterschiedliche Böden unterschiedliche Zuschlagsstoffmengen erfordern, Während die Lößlehme mit etwa 2-4 % an Flugasche den optimalen Bereich des Einbauwassergehaltes erreichen, sind für Hochflutsedimente aufgrund deren größerer Schwankungen hinsichtlich Korngrößenverteilung und Wassergehalte zwischen 2 und 8 % an Flugaschebeimengung erforderlich. Die seitens DI Scheidl untersuchten Proben aus dem Machland Probedamm weisen einen Aschezuschlag von 6 % auf.

Wie sich auch besonders bei den Testfeldern in Hof zeigte, nimmt die Qualität der Schüttung bei Verwendung zu großer Zuschlagsstoffmengen (8 % im Lößlehm) wieder ab. Der Schüttkörper wird spröde, bekommt Risse und verliert die für den Dammbau wichtige Eigenschaft des Partikelverbundes.

Somit kann unter Berücksichtigung unterschiedlicher Böden mit unterschiedlichen Wassergehalten generell von einer Zuschlagsstoffmenge von maximal M-10 % Flugasche ausgegangen werden.

4.2 GEOCHEMISCHE EIGNUNG

Der gefahrlose Einsatz der Flugasche als Zuschlagsstoff für 2 häufig vorkommende Schliertypen wurde durch die Versuchsfelder der EEVG bzw. UPM Kymmene Austria GmbH und für andere Böden im Zuge früherer Arbeiten von DI Scheidl nachgewiesen. Dazu sei noch bemerkt, dass ein Flugaschezuschlag von bis zu 10 % im Sinne hydraulisch gebundener Gemische entsprechend gültiger Richtlinien und Grenzwerte als unbedenklich eingestuft wurde (siehe auch GA DI Scheidl über RHB Hof, Probedamm Machland und Testfelder UPM).

4.3 GEOTECHNISCHE EIGENSCHAFTEN

Die Vergleiche der Untersuchungsergebnisse von hydraulisch gebundenen Gemischen mit den Zuschlagsstoffen Kalk und Flugasche zeigen bodenunabhängige und bodenabhängige Trends. Zu den bodenunabhängigen zählen die besseren mineralischen Bindungen der mit Flugasche stabilisierten Böden im Vergleich zu den kalkstabilisierten Böden. Dies wird den puzzolanischen Eigenschaften der Flugasche zugeschrieben, welche auch in zahlreichen Publikationen dargestellt sind. Dass für das Entstehen dieser mineralischen Bindungen eine Reaktionszeit von zumindest mehreren Tagen in Anspruch genommen wird, zeigt sich auch in den Laboranalysen, wo zum Beispiel für die Machlandsedimente Untersuchungen der einaxialen Druckfestigkeit nach einem Tag, nach drei und nach sieben Tagen durchgeführt wurden. Dabei zeigte sich bei 6% Kalk- bzw. Flugaschebeimengung und einem optimalen Wassergehalt nach 7 Tagen eine um über 30 % höhere Druckfestigkeit bei der Flugasche-Boden-Probe im Vergleich zur Kalk-Boden-Probe (siehe Kap. 2.2). Noch deutlicher treten diese Unterschiede zugunsten der Flugasche bei den schluffreichen Proben zutage, wo bei einer Zuschlagsstoffmenge von 4 % die einaxiale Druckfestigkeit bereits nach einem Tag bei der mit Flugasche versetzten Probe um über 50 % höher ist, als bei jener mit Kalk (siehe Kap. 2.2)

Auch bei den Lößlehmproben war zu beobachten, dass nach 3 Tagen bei gleicher Zuschlagsstoffzugabe (2,2 %) die erreichten Ev1-Werte bei den Flugasche-Lößlehm-Gemischen über 70 % höher lagen als bei den Kalk-Lößlehm-Gemischen.

Auch die Ergebnisse jener Testfelder, wo Robulus Schlier und Älterer Schlier als Zuschlagsstoff verwendet wurden, zeigen in geotechnischer Hinsicht eine sehr gute Eignung. Obwohl die Lastplattenversuche in einer Feuchteperiode mit unmittelbar vorangegangenen Niederschlägen durchgeführt wurden, wurden sehr gute Festigkeiten des stabilisierten Materials erreicht. Die gemessenen Ev1 Werte von mind. 35,2 MN/m² liegen deutlich über den Anforderungen etwa für Dichtkörper im Bereich der

Hochwasserschutzbauten (Dämme und Deiche), wo von mind. 15 MN/m² für den Dichtkörperabschnitt ausgegangen wird.

Aufgrund der geringen Durchlässigkeiten der stabilisierten und verdichteten Bodenmischungen konnte selbst mit der Piezometermesssonde (in-situ-Messung), welche speziell für feinkörnige Böden entwickelt wurde, nur über längere Versuchszeiten von mehreren Stunden kf-Werte ermittelt werden. Diese liegen – je nach Korngrößenverteilung des Ausgangsmaterials in einem Bereich 10⁻⁰⁷ - 10⁻¹⁰ m/s und somit deutlich im Bereich der bzw. unter den im Hochwasserschutz geforderten Durchlässigkeitsbeiwerten von 10⁻⁰⁷ bis 10⁻⁰⁸ m/s für Deiche und Dämme.

Die erreichten Qualitäten aller mittels Flugasche stabilisierten Böden, sowohl für die Herstellung von Dichtkörpern im Dammbau, aber auch für die Herstellung von nicht zonierten Dämmen (Homogendämmen) zeigen im Vergleich zu den bislang mit dem Einsatz von Kalk erzielten Ergebnissen zumindest eine gleichwertig, häufig aber eine höherwertige geotechnische Eignung hinsichtlich Stabilität und Erosionssicherheit.

Gmunden, 27.03.2009



Ort, Datum

Unser Zeichen

