



Fellmann Geotechnik

GmbH für Geotechnische Beratungen und Expertisen

Geschäftsführer: Walter Fellmann, dipl. Bauing. ETH/SIA

GEOTECHNISCHER KURZBERICHT

über die

Baugrundsondierungen

für eine

NEUE WINDKRAFTANLAGE, Parzelle Nr. 309, Gruenholz

4952 ERISWIL

Bauherrschaft: Gemeinde Eriswil
Ahornstrasse 9
4952 Eriswil

Beratung: Windmess GmbH
Bahnhofstrasse 10
6162 Entlebuch
Geschäftsführer: Roland Aregger

Objekt: Neue Windkraftanlage,
Parzelle Nr. 309, Gruenholz, Eriswil

Koordinaten: 632'880 / 213'360

Luzern, 18. Juni 2013, OF/of



1. OBJEKT UND AUFTRAG

Auf der Parzelle Nr. 309, im Gebiet Gruenholz, Gemeinde Eriswil, plant die Gemeinde den Bau einer Windkraftanlage. Der Typ der Windkraftanlage ist zurzeit nicht bestimmt, die genauen Masse (z.B. Geometrie des Fundaments) und die entsprechenden Anforderungen sind somit nicht bekannt.

Aufgrund unserer Offerte vom 12. März 2012 erhielten wir den Auftrag, den Baugrund mit Sondierschlitz zu erkunden und die Baugrundverhältnisse sowie die geotechnischen Probleme in einem geotechnischen Kurzbericht zusammenzustellen.

2. DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Die Absteckung der Sondierstellen wurde durch die Fellmann Geotechnik GmbH und die Windmess GmbH am 14. Mai 2013 unter Berücksichtigung des geplanten Bauwerkes, der Zugänglichkeit und dem damaligen Zustand der Wiese durchgeführt.

Am Dienstag, den 14. Mai 2013, wurden durch die Firma Ruch Bau GmbH, Eriswil, auf Anordnung von Herrn R. Aregger, 3 Baggersondierschlitz ausgehoben. Die Bodenschichten wurden durch Herrn O. Fontana, dipl. Bauing. ETH/SIA, aufgenommen und protokolliert und sind in folgenden Beilagen zusammengestellt:

Beilage 1: Situation mit den eingetragenen Sondierstellen

Beilage 2: Aufnahme der Sondierschlitz SS 1 bis SS 3, inkl. Fotodokumentation

3. BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

3.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Der Felsuntergrund im Gebiet Eriswil nördlich des Ahorns besteht aus Gesteinen der Oberen Süsswassermolasse. Ablagerungssequenzen mit groben Nagelfluhkonglomeraten wechseln mit Sandsteinen und mergeligen Schichten ab. Die Schichten fallen mit einer Neigung von durchschnittlich 4° bis 8° gegen Nordwesten und Norden ein.

Die über dem Felsen abgelagerten Lockergesteine, insbesondere feinkörnige (siltige und feinsandige) Ablagerungen, bestehen aus Verwitterungsprodukten der Molasse.

3.2 Baugrundverhältnisse auf dem Gelände der neuen Windkraftanlage

Der lokale Baugrundaufbau kann aufgrund der allgemeinen geologischen Verhältnisse und der durchgeführten Sondierungen wie folgt abgeleitet werden:

- Unter der heutigen Geländeoberfläche, stehen im östlichen Bereich bis auf eine Tiefe von etwa 2.00 m **künstliche Aufschüttungen** an. Sie bestehen aus sauberem, gerundetem Kies mit gerundeten Steinen und stehen im Zusammenhang mit dem Militärplatz. Im restlichen Bereich sind **Verwitterungsprodukte der Molasse** vorhanden, zum Teil umgelagert (SS 2), und bestehen mehrheitlich aus leicht siltigem, örtlich leicht tonigem, Sand oder sandigem Kies; sie sind locker bis mitteldicht gelagert und einige Meter, vermutlich 2 bis 4 m, mächtig.
- Darunter liegt örtlich die stark **verwitterte Molasse**. Diese wurde in den Sondierschlitz SS2 und SS 3 angetroffen. Dabei handelt es sich um verschiedene Bänke der Molasse, Siltstein beim Sondierschlitz SS 2 und Nagelfluh beim SS 3. Der verwitterte Siltstein (SS 2) ist dicht ge-



lagert und könnte einige Meter, vermutlich 1 bis 3 m, mächtig sein. Die verwitterte Nagelfluh (SS 3) ist örtlich sehr hart gelagert und sollte weniger mächtig sein als der Siltstein.

- Die **Felsoberfläche**, die mit den drei Sondierschlitzen nicht erreicht wurde, sollte aber aufgrund der geologischen Verhältnisse nicht in grosser Tiefe zu erwarten sein.

Ein kleiner **Wassereintritt** wurde nur im Sondierschlitzz SS 2 beobachtet.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Ein zusammenhängendes Hangwasser dürfte auf dem Baugelände (Kuppe) ausgeschlossen werden können. Trotzdem könnte in einzelnen besser durchlässigen Bodenzonen versickertes Niederschlagswasser eingelagert sein. Allerdings könnten, insbesondere nach längeren Niederschlagsperioden, über dem Fels örtlich geringe Wassermengen sickern.

Gemäss der Grundwasserkarte des Kantons Bern liegt die Parzelle Nr. 309 nicht in einer Grundwasserschutzzone (übriges Gebiet B).

3.3 Baugrundwerte

Aufgrund der Charakteristik des Baugrundes und Erfahrungen im vergleichbaren, örtlichen Baugrund, können die Bodenkennwerte (charakteristische Bodenkennwerte gemäss Norm SIA 267) wie folgt abgeschätzt werden:

Bodenschicht	Raumgewicht γ' [kN/m ²]	Winkel der inneren Reibung φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Verformungsmodul, M_E -Wert [MN/m ²]
Künstliche Aufschüttungen	19 ÷ 21	32 ÷ 36	0	10 ÷ 30
Verwitterungsprodukte der Molasse	20 ÷ 21	29 ÷ 33	0 ÷ 10	20 ÷ 50
Verwitterte Obere Süsswassermolasse	23 ÷ 25	30 ÷ 34	20 ÷ 100	40 ÷ 100
Obere Süsswassermolasse	25 ÷ 27	30 ÷ 34	> 100	> 1000

Die in den Unterlagen verlangten, dynamischen Steifemoduli $E_{s,dyn}$ können direkt nur über seismische Feldversuche festgestellt werden. Da aber seismische Versuche (Reflektions- und/oder Refraktionsseismik) im zu erwartenden Baugrund und der erwarteten hochliegenden Felsoberfläche schwierig zu interpretierende Ergebnisse liefern würden, sehen wir keine Möglichkeit, die dynamischen Steifemoduli direkt zu bestimmen. Wir empfehlen Ihnen daher, die Bodenkennwerte indirekt über Lastplattenversuche an der Baugrubensohle, resp. auf der Sauberkeitsschicht (siehe dazu Abschnitt 5.2 „Randbedingungen für die Flachfundation“), zu bestimmen. Die Literatur gibt einigermaßen zuverlässige Korrelationen zwischen statischen und dynamischen Steifemoduli.

Die Bestimmung des Schubmoduls G kann ebenfalls indirekt über Lastplattenversuche an der Baugrubensohle ermittelt werden.

Das Baugelände entspricht in Bezug auf Erdbeben der Baugrundklasse A. Die Gemeinde Eriswil ist in die Erdbebenzone Z1 eingeteilt.



4. BAUGRUBE

4.1 Baugrubensicherung

Die geplante Lage des Windrads ist auf einer Kuppe in einem sanften Hang gelegen; die vorgesehene Aushubtiefe variiert somit zwischen ca. 3.0 m „talwärts“ (westlich) und 7 m „bergwärts“ (östlich).

Grundsätzlich sind die seitlichen Platzverhältnisse in der Regel ausreichend, um eine freigebochte Baugrube realisieren zu können. Die Baugrube befindet sich vor allem im oberen Teil teilweise (SS 1) in den künstlichen Aufschüttungen, teilweise in den Verwitterungsprodukten der Molasse und vermutlich in den letzten untersten Metern, mindestens beim Schlitz SS 3, in der verwitterten Molasse, resp. in der Molasse (Nagelfluh).

Die freien Böschungen können im Lockergestein (Deckschicht, Verwitterungsprodukte der Molasse und verwitterte Molasse) eine Neigung von 3:2 (vertikal:horizontal) bis zu 3 m Höhe im Maximum und von 4:5 ab 3 m Höhe mit einer Zwischenberme aufweisen. Bei den kiesigen und rolligen künstlichen Aufschüttungen ist ein Voraushub mit einer maximalen Neigung von 2:3 und einer Berme von mindestens 1.2 m Breite vorzusehen.

Im angewitterten und gesunden Fels kann die Neigung der Böschungen sogar bis 4:1 betragen. Wir empfehlen, die Felsverhältnisse beim Aushub zu beobachten und die lockeren Felsblöcke sorgfältig zu reinigen oder mit Felsnägeln zu stabilisieren.

4.2 Wasserhaltung in der Baugrube

Die Wasserhaltung in der Baugrube richtet sich in erster Linie nach den Niederschlagsverhältnissen. Grössere Wasseraustritte aus dem Boden für den Aushub des Windrads sind voraussichtlich nicht zu erwarten, allerdings können nach längeren Niederschlagsperioden örtlich geringe Wassermengen in die Baugrube sickern.

Besonderes Augenmerk sollte auf die schnelle Verwitterbarkeit des siltigen Materials gerichtet werden. Insbesondere die tonigen, siltigen Anteile quellen bei Wasserzutritt sehr schnell und führen zu breiigen und schmierigen Bodenschichten. Aus diesem Grunde empfehlen wir, die Baugrubensohle möglichst sofort mit einer abdichtenden Kofferung abzudecken.

Aufgrund der tiefen Lage der Fundationskote, sollte der Wasserhaltung während der Bauphase besondere Beachtung geschenkt werden. Möglicherweise ist ein Pumpensumpf und eine Tauchpumpe notwendig, um die anfallenden Niederschlagsmengen wegpumpen zu können. Auf keinen Fall sollte die freigelegte Aushubsohle den Niederschlägen ausgesetzt werden.

4.3 Abbaubarkeit des Aushubmaterials

Während die künstlichen Aufschüttungen, die Verwitterungsprodukte der Molasse und die stark verwitterte Molasse als leicht baggerbar beurteilt werden können, kann die verwitterte und gesunde Molasse als eher erschwert abbaubar bezeichnet werden.



5. FUNDATION DES NEUEN MASTES

5.1 Allgemeines

Obwohl mit den ausgehobenen Sondierschlitzten nur die oberflächennahen Bodenzonen aufgeschlossen werden konnten, kann aufgrund der allgemeinen geologischen Verhältnisse der Untergrund für die geplante Windkraftanlage als gut tragfähig, nur auf den obersten Bodenzonen als leicht setzungsempfindlich und gesamthaft für die Foundation der Windkraftanlage als geeignet beurteilt werden. Die Foundation der neuen Windkraftanlage kann somit ohne grössere Probleme flach fundiert werden.

5.2 Randbedingungen für die Flachfoundation

Falls die Foundationskote auf den Verwitterungsprodukten der Molasse oder in der stark verwitterten Molasse liegt, sollte die Oberfläche des Aushubes mit einer vibrierenden, eventuell knetenden Verdichtungsmaschine bearbeitet werden. Zudem ist eine Kofferung als Sauberkeits- und Ausgleichsschicht mit einer Dicke von 25 cm – 30 cm einzubauen und mit geeigneten vibrierenden Geräten zu verdichten. Diese Schicht sollte vorzugsweise auf ein trennendes Vlies oder Geotextil mit einem gebrochenen Kiesmaterial aufgebaut werden (entsprechend einer Foundationsschicht einer Strasse). Auf der verdichteten Oberfläche der Ausgleichsschicht sollten ca. 3 M_E -Wert Messungen zur Bestimmung des statischen Steifemoduls (M_E -Wert) durchgeführt werden. Dabei sollten Werte von mindestens 50 MN/m^2 (entspricht $E_{s, \text{dyn}}$ von ca. 200 MN/m^2) erreicht werden.

5.3 Bodenpressungen

Für eine Foundationskote von ca. 3.0 m Tiefe unter OK-Terrain empfehlen wir, unter Lastkonzentrationen die mittleren Bodenpressungen auf den mittel gelagerten Verwitterungsprodukten der Molasse auf ca. 300 kN/m^2 (unter Bemessungslasten) und auf dem Fels (Sandstein resp. Nagelfluh) auf ca. 400 kN/m^2 zu beschränken. Für die Randpressungen empfehlen wir, die Bodenpressungen auf den mittel gelagerten Verwitterungsprodukten der Molasse auf ca. 400 kN/m^2 (unter Bemessungslasten) und auf dem Fels (Sandstein resp. Nagelfluh) auf ca. 550 kN/m^2 zu beschränken.

Die Setzungsempfindlichkeit unter den ständigen Lasten dürfte sich auf weniger als 1 cm bis 2 cm beschränken.



6. WEITERES VORGEHEN

Wegen der recht unterschiedlichen Aushubtiefen (siehe Abschnitt 4.1) ist die definitive Lage des Windrads wenn möglich zu optimieren. Von der Topographie her (flache Ebene) ist eine leicht nord-westlichere Lage zu bevorzugen. Dabei können mögliche zusätzliche Baugrunduntersuchungen in Absprache mit dem Windradlieferanten bestimmt werden.

Es ist zu empfehlen, den Baugrund auf der Fundationskote und nach dem Aushub durch den Ingenieur oder den Geotechniker zu begutachten und formal abzunehmen (Feststellen des erwarteten Baugrundes).

Nach Fertigstellung und Einschüttung des Fundamentes sind 2 bis 3 Setzungspunkte einzumessen, die bei Bedarf nach einer gewissen Betriebszeit kontrolliert werden können.

Fellmann Geotechnik GmbH

O. Fontana

Beilage 1: Situation mit den eingetragenen Sondierstellen

Beilage 2: Aufnahme der Sondierschlitz SS 1 bis SS 3, inkl. Fotodokumentation

Beilagen
zum
Geotechnischen Kurzbericht
über die Baugrundsondierungen
für eine neue Windkraftanlage, 4952 Eriswil

Beilage 1: Situation mit den eingetragenen Sondierstellen

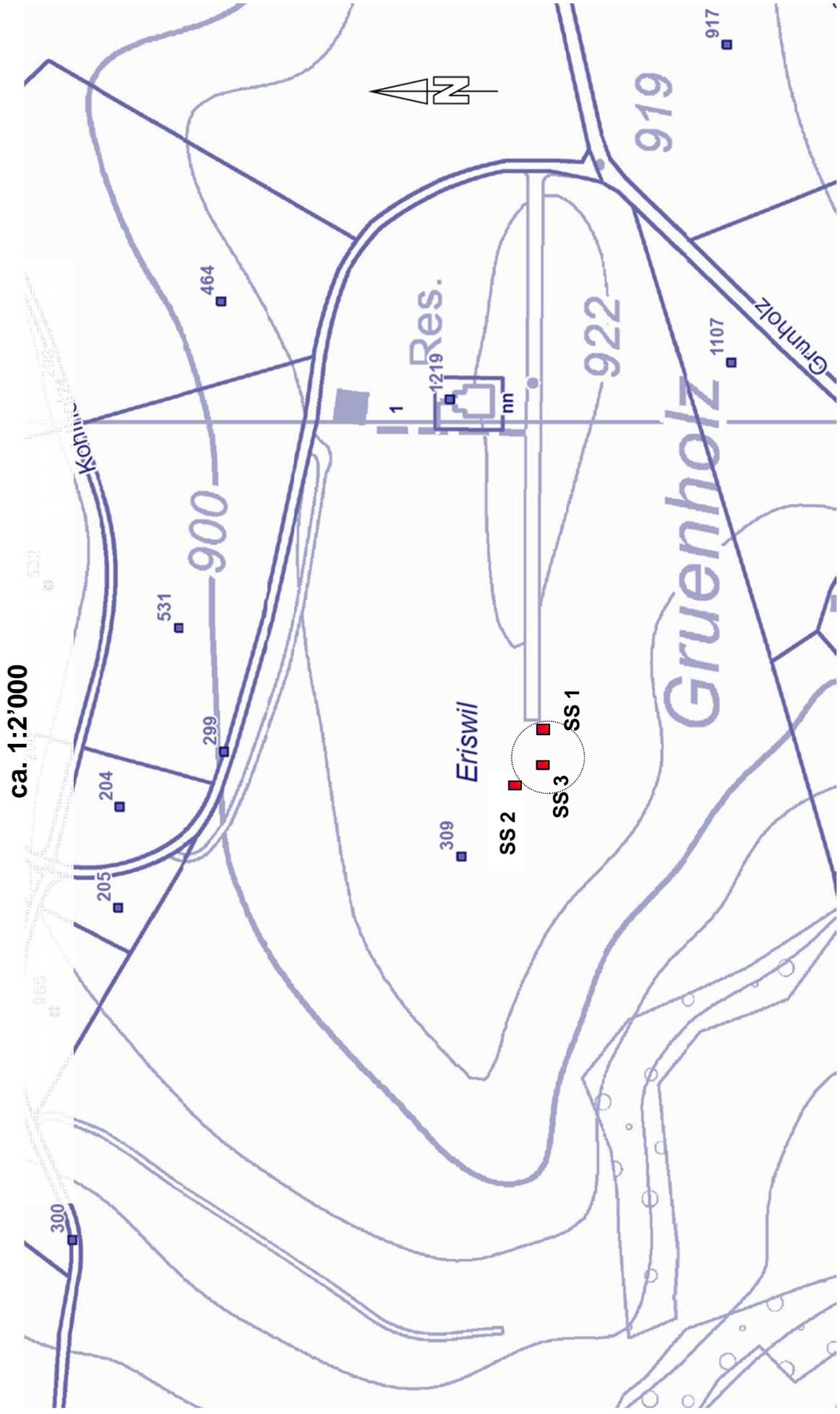
Beilage 2: Aufnahme der Sondierschlitz SS 1 bis SS 3, inkl. Fotodokumentation

Beilage 1:

Situation mit den eingetragenen Sondierstellen



Situation mit den eingetragenen Sondierstellen



■ Eingetragene Sondierschlitze

Beilage 2:

Aufnahme der Sondierschlitzte SS 1 bis SS 3,
inkl. Fotodokumentation

NEUE WINDKRAFTANLAGE, Parzelle Nr. 309, Gruenholz

4952 Eriswil

Aufnahme der Sondierschlitz

Bauherrschaft: Gemeinde Eriswil
Ahornstrasse 9
4952 Eriswil

Aufnahmeort: Parzelle Nr. 309, Gruenholz
4952 Eriswil

Aufnahmedatum: 14. Mai 2013

Koordinaten: 632'880 / 213'360

Bauunternehmung: Ruch Bau GmbH, Eriswil, Herr H. Ruch,
Rappenbagger Volvo EC70, Löffel 80 cm mit Zähnen

Aufnahme durch: Olivier Fontana, dipl. Bauing. ETH/SIA, Fellmann Geotechnik GmbH, Luzern

Sondierschlitz SS 1:

Siehe Situation mit den Sondierstellen,

ca. X:632'892 Y:213'360)

OK Terrain: ca. 916.50 ± 0.30 müM.

Tiefe ab OK Terrain Bodenmaterial

0.00 – 0.40 Brauner, siltiger Humus mit Wurzeln

0.40 – 0.85 Hellbrauner, (leicht) siltiger und sandiger Kies, stark gerundet
Künstliche Aufschüttungen

0.85 – 1.50 Sauberer, gerundeter Kies mit gerundeten Steinen, mit Stahlresten (Pickell!)
Künstliche Aufschüttungen

Bemerkungen:

- Die Wände des Sondierschlitzes brechen ab 1.20 m ab.
- Wassereintritte in den Schlitz sind während des Aushubs keine festzustellen.



Bild 1: Schlitz SS 1



Bild 2: Haufwerk von Schlitz SS 1

Sondierschlitz SS 2:

(Siehe Situation mit den Sondierstellen,

ca. X:632'868 Y:213'365)

OK Terrain: ca. 913.00 ± 0.30 müM.

Tiefe ab OK Terrain	Bodenmaterial
0.00 – 0.40	Brauner, siltiger Humus
0.40 – 1.50	Hellbrauner, leicht siltiger, sandiger, gerundeter Kies mit einzelnen Steinen <i>umgelagerte Verwitterungsprodukte der Molasse</i>
1.50 – 1.80	Beige-oliver, siltiger Sand mit ockerfarbenen und grauen Flecken, feucht <i>Verwitterungsprodukte der Molasse</i>
1.80 – 2.10	Oliver, leicht toniger und leicht sandiger Silt mit braunen und ockerfarbenen Flecken $q_p : 100 \text{ kN/m}^2$, $c_{us} : 37 - 40 \text{ kN/m}^2$ <i>Verwitterungsprodukte der Molasse</i>
2.10 – 3.30	Dunkelgrauer, leicht toniger und leicht sandiger Silt mit braunen Flecken, örtlich feucht $q_p : 250 \text{ kN/m}^2$, $c_{us} : 80 \text{ kN/m}^2$ Mit der Tiefe immer härter und mit Molassefragmenten (Siltstein) <i>stark verwitterte Molasse (Siltstein)</i>

Bemerkungen:

- Die Wände des Sondierschlitzes sind senkrecht und standfest.
- Kleine Wassereintritt in den Schlitz um ca. 2.65 m Tiefe.



Bild 3: Schlitz SS 2



Bild 4: Haufwerk von Schlitz SS 2

Sondierschlitz SS 3:

(Siehe Situation mit den Sondierstellen,

ca. X:632'877 Y:213'360)

OK Terrain: ca. 915.00 ± 0.30 müM.

Tiefe ab OK Terrain	Bodenmaterial
---------------------	---------------

0.00 – 0.35	Brauner, siltiger Humus
-------------	-------------------------

0.35 – 0.60	Hellbrauner leicht siltiger, sandiger angerundeter Kies <i>Verwitterungsprodukte der Molasse</i>
-------------	---

0.60 – 1.80	Beiger leicht oliver, sandiger, angerundeter Kies mit harten Nagelfluhresten, teilweise örtlich nicht möglich auszuheben <i>verwitterte Molasse (Nagelfluh)</i>
-------------	---

Bemerkungen:

- Die Wände des Sondierschlitzes sind senkrecht und standfest.
- Wassereintritte in den Schlitz sind während des Aushubs keine festzustellen.



Bild 5: Schlitz SS3



Bild 6: Haufwerk von Schlitz SS 3