

# UNTERSUCHUNGSBERICHT



## Fallstudie / Oberweng (OÖ) Geowissenschaftliche Bewertung (Geologie, Geophysik & Tonmineralogie)

2. Februar 2007

MAG<sup>a</sup> BIRGIT JOCHUM (GBA)  
Prof. Dr. FRANZ OTTNER (BOKU), *cand. Dipl. Ing.* DIETMAR KEUSCH (BOKU)

## Auftragsdatenblatt

<b>Auftraggeber:</b>	
Adresse:	Dr. Harald Wimmer Amt der OÖ Landesregierung Wasserwirtschaft; Grund- und Trinkwasserwirtschaft 4021 Linz, Kärntnerstraße 10-12
Telefon/Fax:	(+43 732) 7720-12468, -12478 / (+43 732) 7720-12860
Adresse:	VLG 2005 - Interministerielles Beamtenkomitee für den Vollzug des Lagerstättengesetzes, Beschluss vom 03. Mai 2005 (57. Sitzung) BMW A Sekt IV, Montanbehörde 1200 Wien, Denisgasse 31
Telefon/Fax:	+43 71100-8520

<b>Projektgebiet:</b>	<b>Oberweng (OÖ)</b>
Geogr. Lage:	ÖK, Blatt 99
Adresse/Lage:	SE von Windischgarsten, NW von Spital/Pyhrn
Besitzer:	diverse
Ansprechpartner:	Dr. Harald Wimmer

<b>Projektnummer:</b>	<b>OC-26/ÜLG-35</b>
Sachbearbeiter GBA:	Jochum
Messteam	Jochum, Arndt, Klune <sup>(1)</sup>
Sachbearbeiter BOKU	Ottner, Keusch
Messteam	Ottner, Keusch <sup>(2)</sup>

<b>Projektbeschreibung</b>	
Zweck:	Baugrunduntersuchung Wohngebäude
Lithologischer/ Geologischer Rahmen:	Nördliche Kalkalpen

<b>Methodik<sup>(1)</sup>:</b>	<b>Multielektrodengeoelektrik (3 Profile)</b>
Elektrodenabstand:	2m
Auslagenlänge:	110m, 194m
Max. Auflösungstiefe:	21, 30m
Elektrodenanordnung:	Wenner- Schlumberger
<b>Methodik<sup>(2)</sup>:</b>	<b>Geologie/Tonmineralogie</b>
Anzahl	2 Schürfe
Probenanzahl:	6
Erkundungstiefe:	4 m

<b>Projekttablauf:</b>	
Auftragserteilung:	2005
Beginn Messung:	19. 7 2006 <sup>(1)</sup> 11.08.2005 <sup>(2)</sup>
Ende Messung:	20. 7 2006 <sup>(1)</sup> 08.11.2006 <sup>(2)</sup>
Abgabe Bericht:	2. Februar 2007

## Kurzfassung

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde nach den Ursachen für die in der Vergangenheit aufgetretenen Bauschäden an einem Wohngebäude in Oberweng gesucht. Dazu wurden geophysikalische Messungen durchgeführt und Schürfe geöffnet. An ausgewählten Sedimentproben wurden umfangreiche mineralogische und geotechnische Untersuchungen vorgenommen.

Das Untersuchungsgebiet ist geologisch durch ausgeprägte Ablagerungen von jungen Moränen charakterisiert. Die Korngrößenzusammensetzung weist einen sehr weiten Kornklassenbereich – typisch für Moränen - auf. Mineralogisch konnten am untersuchten Material nur geringfügige Verwitterungserscheinungen festgestellt werden. Mit Ausnahme beginnender Kalkauflösung an der Oberfläche sind keine chemischen Verwitterungsmerkmale anzutreffen. Auch die Tonfraktion weist in erster Linie geringfügig verwitterte Tonminerale wie Illit und Chlorit auf. Smektit konnte nicht nachgewiesen werden. Die Werte der Konsistenzgrenzen, insbesondere die Plastizität, sind sehr niedrig, die Scherparameter der entnommenen Proben zeigen mit einer Restscherfestigkeit  $\Phi_r$  von  $31,1^\circ$  keine ausgesprochene Mobilitätsneigung auf. Aufgrund dieser Ergebnisse wäre das Risiko einer neuerlichen Rutschung aus geologischer und geotechnischer Sicht als relativ gering anzusehen, jedoch dürften aufgrund der üblichen Inhomogenität von Moränen feinkörnigere Abschnitte aufgrund der geringen Erkundungstiefe der Schürfe nicht erfasst worden sein.

Um langfristig das Risiko für weitere Rutschungen gering zu halten, ist für eine äußerst gründliche und sorgfältige Oberflächenentwässerung zu sorgen. Besonderes Augenmerk muss auf eine ordnungsgemäße Instandhaltung der bestehenden Künetten und Drainagen gelegt werden. Dadurch kann das Eindringen von Wasser in die etwas tonreicheren Schichten unterbunden werden.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Geologie</b>	<b>4</b>
2.1	Geologischer Rahmen	4
2.2	Geländeaufnahmen	6
2.2.1	Schürfe	6
<b>3</b>	<b>Untersuchungsmethoden</b>	<b>10</b>
3.1	Geophysik	10
3.1.1	Geoelektrik	10
3.2	Mineralogie und Sedimentologie	12
3.2.1	Korngrößenverteilung	12
3.2.2	Gesamtmineralbestand	12
3.2.3	Karbonatbestimmung nach SCHEIBLER	13
3.2.4	Tonmineralanalyse	13
3.2.5	Simultane Thermoanalyse (STA)	13
3.3	Geotechnik	14
3.3.1	Wassergehalt	14
3.3.2	Atterberggrenzen	14
3.3.3	Scherversuche	14
3.3.4	Nut- und Rammsondierungen	14
<b>4</b>	<b>Untersuchungsergebnisse</b>	<b>15</b>
4.1	Geophysik	15
4.1.1	Geoelektrik	15
4.2	Mineralogie und Sedimentologie	21
4.2.1	Korngrößenanalysen:	21
4.2.2	Gesamtmineralanalyse	24
4.2.3	Tonmineralanalyse	27
4.3	Geotechnik	29
4.3.1	Wassergehalte	29
4.3.2	Konsistenzgrenzen	29
4.3.3	Scherversuche	33
4.3.4	Nut- und Rammsondierungen	33
4.4	Zusammenfassung Geologie, Tonmineralogie und Geotechnik	35
<b>5</b>	<b>Resumée</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>39</b>

# 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die vorliegenden Messungen wurden im Rahmen des Forschungsprogrammes OC 26-2005 - *Ausarbeitung von preisgünstigen Methoden zur Untersuchung von Bauschäden verursacht durch geogen bedingte Massenbewegungen* - durchgeführt.

Als betroffene Untersuchungsobjekte wurden ein zweistöckiges Wohngebäude mit integriertem Wirtschaftsteil zur landwirtschaftlichen Nutzung und eine separat stehende Garage ausgesucht. Der Hang oberhalb der Gebäudegruppe, welcher eine Neigung von ca.  $14^\circ$  aufweist, drückt auf die Grundmauern.

Im Rahmen einer Sanierung wurden hier bereits Drainagen verlegt, es ist aber trotzdem im Bereich der Futterwiese eine deutliche Durchfeuchtung feststellbar (siehe Abbildung 4-1).

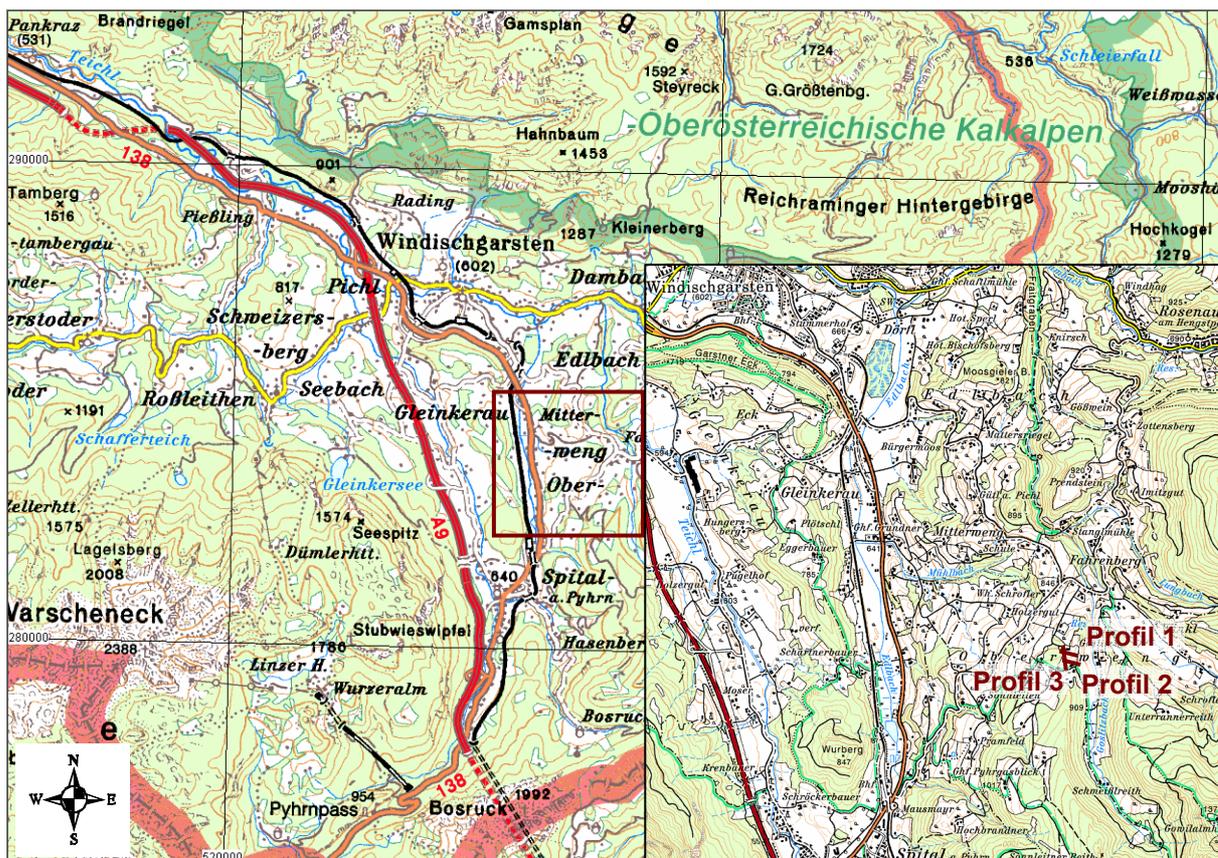


Abbildung 1-1: Lage des Messgebietes und der geoelektrischen Profile, 1:50.000 und 1:100.000 entnommen von Amap ©BEV



Gutensteiner Kalk und Dolomit (559), Rauhwacke(560) und Werfen Formation (561): Muschelarmeer Schlamm eines seichten, tropischen Meeres

In sauerstoffarmen Tümpeln und tieferen Wannen lagerte sich der dunkle Kalkschlamm des Gutensteiner Kalkes und Dolomites ab. Im Grenzbereich zur unterlagernden Werfen-Formation markierte oftmals ein Horizont von Rauhwacke eine Phase zeitweilig erhöhter Salinität des Meerwassers mit Gipsabscheidung. In Fortsetzung der siliziklastischen Ablagerungen des Perm und oftmals ohne deutliche Änderung der Gesteinscharakteristika bilden die violetten und graugrünen Tonschiefer und Silt- und Sandsteine der Werfen-Formation die sehr einförmigen Sedimente des Unter-Trias. Nur im jüngsten Abschnitt erscheinen kalkige Zwischenlagen, die Schalen von Muscheln und Schnecken beinhalten können.

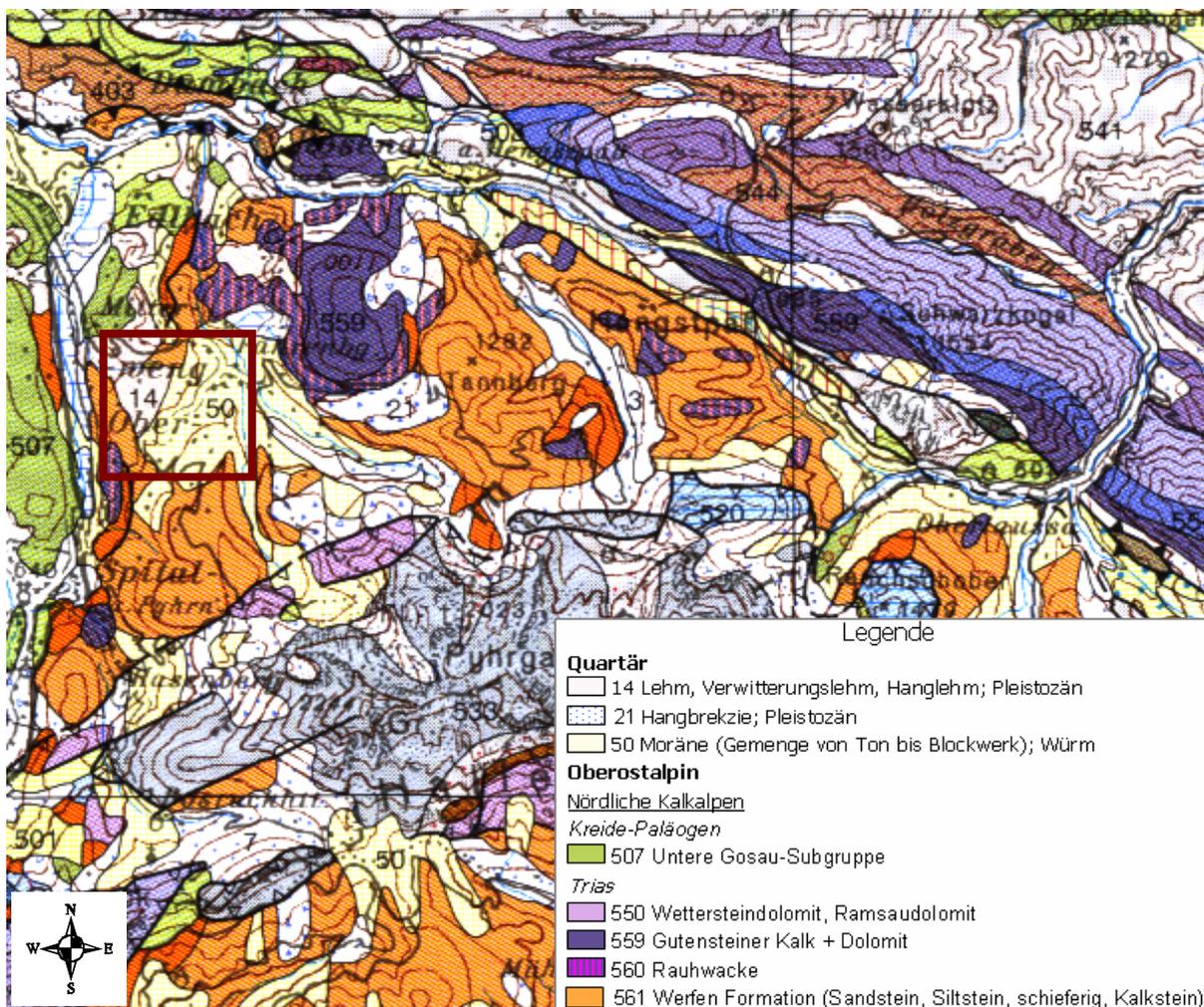


Abbildung 2-2: Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000

## 2.2 Geländeaufnahmen

### 2.2.1 Schürfe

Im Zuge der Untersuchungen wurden 2 Bereiche für die Herstellung der beiden Probeschürfe ausgewählt.

Schurf 1 wurde bewusst außerhalb des Rutschgebietes - im Süden des instabilen Hanges – angesetzt, etwa in Verlängerung von Profil 3, südlich der Zufahrtsstraße zum Gehöft (Abbildung 4-1 und Abbildung 2-3). Schurf 2 wurde im eigentlichen Rutschbereich, am Kreuzungspunkt der Geoelektrik Profile 3 und 1 geöffnet. Dadurch sollte durch den Vergleich der mineralogischen und geotechnischen Parameter eine bessere Einschätzung der Rutschungsursache möglich sein.

#### Schurf 1

Die Zusammensetzung des Materials ist im gesamten Aufschluß relativ einheitlich.

0-10 cm dunkelbrauner A-Horizont - kiesig sandig schluffig, trocken.

10- 360 cm einheitlich zusammengesetzt: braunes schwach toniges stark blockig, kiesiges sandiges Sediment, mäßig feucht. Komponenten sind teils gut gerundet, teils kantengerundet, mit deutlichem Karbonatanteil. Sehr schwacher Wasserzutritt bei etwa 190 cm. Einzelne Komponenten weisen eine Größe von bis zu 30-40 cm auf. Der Schurf erreichte eine Endtiefe von 3,6m.

#### Schurf 2

0-10 cm dunkelbrauner A-Horizont, trocken

10-200 cm braunes stark sandig, schluffiges Sediment, mäßig feucht

200-300 cm braunes, tonig, kiesig sandiges Sediment, mäßig feucht. Komponenten sind teils gut gerundet, teils kantengerundet, mit deutlichem Karbonatanteil. Im Bereich von 2m sehr schwache Wasseraustritte, die jedoch sofort beim Weitergraben von der Baggerschaufel wieder stark verschmiert werden und nicht mehr zu sehen sind.

300-400 cm braunes mäßig feuchtes blockiges stark kiesig/sandiges Sediment. Es treten z. T. sehr große Komponenten mit einer Größe bis zu 50 cm auf. Die Struktur ist immer komponentengestützt. Die Endteufe von Schurf 2 beträgt 4.0 m. Vereinzelt treten neben karbonatischen Bestandteilen auch Glimmerschiefer im Komponentenspektrum auf.

Die beiden Schürfe liegen somit eindeutig im Bereich der auskartierten Moränen. Die darunterliegenden Schichten konnten nicht erreicht werden.

Die Proben für die tonmineralogischen Untersuchungen wurden aus den beiden Schürfen entnommen. Die Entnahme der Proben erfolgte am 11. August 2005 bei trockenem Wetter. Die bearbeiteten Proben sind in **Tabelle 01** aufgelistet. Im Rahmen dieser Studie wurde eine Reihe von mineralogisch-geotechnischen Untersuchungen an allen Proben durchgeführt, für spezielle Methoden wurden einzelne Proben nach Bedarf ausgewählt. In **Tabelle 02** sind die an den Proben jeweils durchgeführten Untersuchungen aufgelistet.



Abbildung 2-3: Schürfe (Schurf 1 rechts unten; Schurf 2 oben und links unten)

**Tabelle 01:** Zusammenstellung der untersuchten Proben

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Kurzbeschreibung
<b>Schurf 1</b>		
0 – 100 cm	7462	Tonig, sandig, kiesiges Material, braun
100 – 200 cm	7461	Tonig, sandig, kiesiges Material, braun
200 – 360 cm	7460	Tonig, sandig, kiesiges Material, braun
<b>Schurf 2</b>		
0 – 100 cm	7465	Tonig, sandig, kiesiges Material, braun
200 – 300 cm	7464	Tonig, sandig, kiesiges Material, braun
300 – 400 cm	7463	Tonig, sandig, kiesiges Material, braun

**Tabelle 02:** Auflistung der Untersuchungsmethoden

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Scher- versuch	WG	Atterberg	KG	GMA	TMA
<b>Schurf 1</b>							
0 – 100 cm	7462		x	x	x	x	x
100 – 200 cm	7461		x	x	x	x	x
300 – 360 cm	7460		x	x	x	x	x
<b>Schurf 2</b>							
0 – 100 cm	7465		x	x	x	x	x
200 – 300 cm	7464		x	x	x	x	x
300 – 400 cm	7463	x	x	x	x	x	x

### 3 Untersuchungsmethoden

#### 3.1 Geophysik

##### 3.1.1 Geoelektrik

Bei der geoelektrischen Messmethode wird die Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes im Untergrund gemessen. Die gängigsten geoelektrischen Feldmessungen bedienen sich meist einer linearen, symmetrischen Elektrodenkonfiguration in sog. 4 Punktanordnung, wobei die Außenelektroden den Strom einspeisen und die Innenelektroden die Potentialdifferenz messen. Das Prinzip einer herkömmlichen geoelektrischen Tiefensondierung besteht darin, durch Variation des Außenelektrodenabstandes verschiedene Tiefen zu erfassen.

Um die zweidimensionale Aufnahme des Untergrundes zu ermöglichen, wurden Mitte der 90-er Jahre Multielektrodenanordnungen entwickelt, die aus einer Messeinheit und bis zu 256 automatisch steuerbaren Elektroden bestehen. In der Folge werden von einer Steuereinheit automatisch durch Zusammenschalten der entsprechenden Tiefensondierungen bis zum maximal möglichen Außenelektrodenabstand gemessen (Skizze siehe Abbildung 3-1)

$C_1, C_2$  Stromeinspeisepunkte,  
 $V_1, V_2$  Potentialmesselektroden

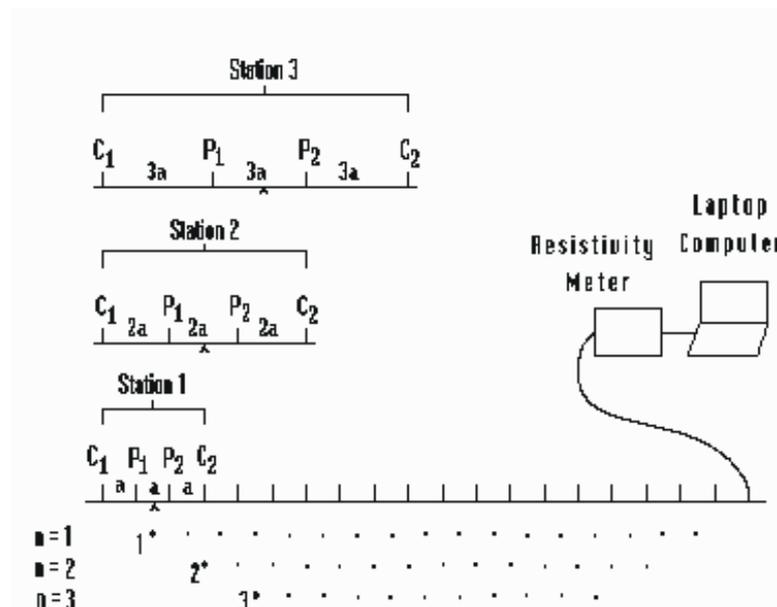


Abbildung 3-1: Messprinzip der Multielektroden Geoelektrik

Die Messergebnisse selbst werden zur Qualitätskontrolle in Form einer sog. „Pseudosektion“ dargestellt, wobei die gemessenen scheinbaren Widerstände gegen den jeweiligen Elektrodenabstand („Pseudotiefe“) aufgetragen werden. Als Auswertung wird eine zweidimensionale Inversion nach der Methoden der finiten Differenzen durchgeführt, wobei der Untergrund in rechteckige Blöcke aufgeteilt wird, welchen durch einen Algorithmus die zu den Messwerten bestmöglich passenden Widerstandswerte zugewiesen werden. Aus den Pseudowiderständen wird mit einem Inversionsverfahren ein Modell der Widerstands- Tiefenverteilung berechnet. So erhält man den Widerstandsaufbau des Untergrundes (Skizze siehe Abbildung 3-2). Das Ergebnis sind Profilschnitte, wobei die Darstellung der Topographie entlang der Profile berücksichtigt werden kann. (siehe auch LOKE, 2004)

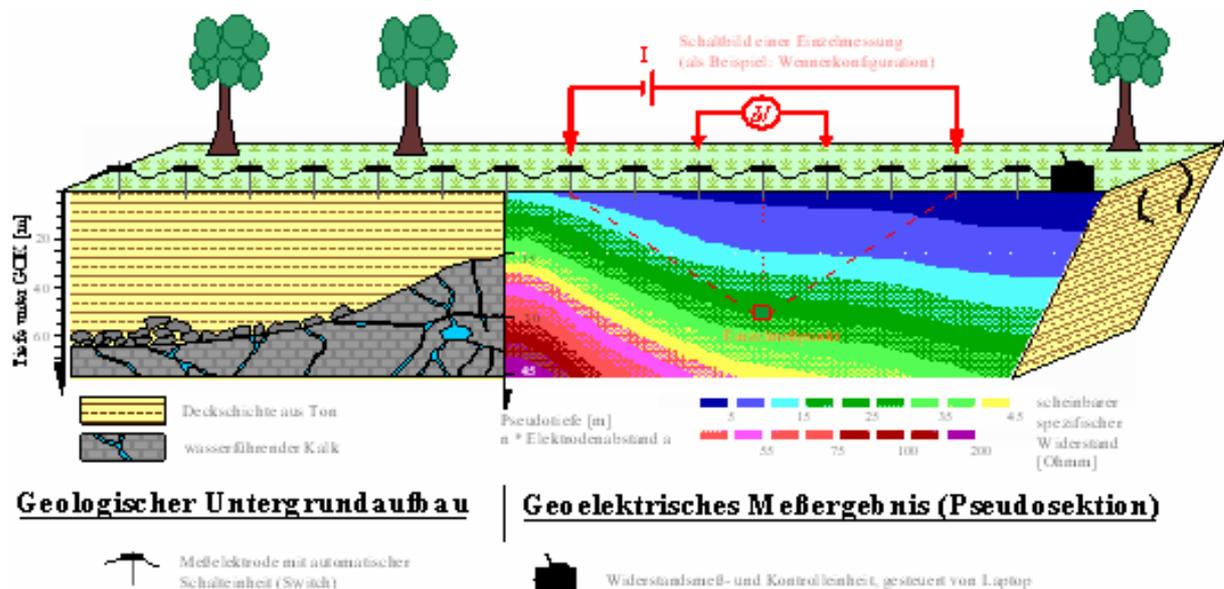


Abbildung 3-2: Prinzip einer zweidimensionalen Aufnahme mit einem Multielektrodensystem

Bei den hier verwendeten Gerät handelt es sich um eine AGI SuperSting R1 Apparatur (Gerätespezifikation siehe Tabelle).

<b>Super Sting R 1</b>	Hersteller	Advanced Geosciences Inc. Austin, Texas / USA
	Messbereich	400 kΩ bis 0.1 mΩ
	Messgenauigkeit	relativer Fehler ± 1 %
	Signal / Rausch Verhältnis	100 dB bei > 20 Hz
	Auflösung Empfänger Sender	± 3μV nach Stacking ± 10 μA

Technische Daten des gleichstromgeoelektrischen Instruments SuperSTING R1

## **3.2 Mineralogie und Sedimentologie**

Generell wird die Tonmineralogie in der klassische Baugrunduntersuchung sehr gerne übergangen. Bei komplexen Problemen jedoch – wie z.B. in der gegenständlichen Fallstudie – die zudem in einer tondominierten geologischen Zone gelegen ist, stellen die Kenntnisse der Tonmineralogie wegen der Quellfähigkeit und Rutschanfälligkeit den wichtigsten Schlüssel für das Gesamtverständnis dar.

### **3.2.1 Korngrößenverteilung**

Die Korngrößenverteilung wurde durch Kombination von Nasssiebung der Fraktion  $>40\mu\text{m}$  und automatischer Sedimentationsanalyse der Fraktion  $< 2\mu\text{m}$  mittels SEDIGRAPH 5000 ET der Firma Micromeritics ermittelt. 50 g der luftgetrockneten Probe wurden in einem Becherglas mit 200 ml 10%igem  $\text{H}_2\text{O}_2$  behandelt. Ziel ist die Oxidation organischer Bestandteile und eine gute Dispergierung der Probe. Nach ungefähr 24 Stunden Reaktionszeit wurde das unverbrauchte Peroxid im Wasserbad abgeraucht, die Probe anschließend mit Ultraschall behandelt und mit einem Siebsatz von 20mm, 6,3mm, 2 mm, 630  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$  und 40  $\mu\text{m}$  Maschenweite gesiebt. Die Grobfractionen wurden bei 105 Grad C getrocknet und in Massenprozent der Einwaage angegeben. Der Anteil  $<40 \mu\text{m}$  wurde im Wasserbad eingedickt, ein repräsentativer Teil davon entnommen, mit 0,5 %oigem Calgon versetzt, im Ultraschallbad dispergiert und im Sedigraph mittels Röntgenstrahl nach dem STOKE'schen Gesetz analysiert. Aus der Kornsummenkurve des Sedigraphen und den Siebdaten wurde die Korngrößenverteilung der Gesamtprobe ermittelt.

### **3.2.2 Gesamtmineralbestand**

Mittels Röntgendiffraktometer-Analyse können Mineralphasen qualitativ und semiquantitativ erfaßt werden.

Die getrockneten und in einer Scheibenschwingmühle analysenfein vermahlene Proben wurden nach dem backloading Verfahren präpariert und in einem Philips Röntgendiffraktometer PW 1710 mit BRAGG BRENTANO Geometrie mittels  $\text{Cu K}\alpha$  Strahlung (45kV, 40mA) von  $2^\circ$  bis  $70^\circ 2\Theta$  geröntgt. Aus diesen Aufnahmen wurde der qualitative Mineralbestand ermittelt.

### **3.2.3 Karbonatbestimmung nach SCHEIBLER**

Zur Absicherung der röntgendiffraktometrischen Gesamtmineralanalysen wurden karbonathaltige Proben zusätzlich einer Karbonatbestimmung nach SCHEIBLER unterzogen. Bei dieser Methode werden die Karbonate mit Salzsäure zerstört und das dabei entstehende Kohlendioxid gasvolumetrisch nach SCHEIBLER bestimmt. In Verbindung mit der Röntgendiffraktometrie können daraus die Karbonate Kalzit, Dolomit und gegebenenfalls Ankerit, Magnesit sowie Siderit quantitativ berechnet werden. Die Proben wurden bei 105°C getrocknet, analysenfein vermahlen und für die Bestimmung jeweils 3 x 1g Probe eingewogen und analysiert. Für die Berechnung des Ergebnisses aus den 3 Einzelversuchen wurde der Mittelwert verwendet.

### **3.2.4 Tonmineralanalyse**

Die Proben wurden mit 10 %-igem Wasserstoffperoxid dispergiert. Nach Abklingen der Reaktion und Entfernung des überschüssigen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> erfolgte eine 15-minütige Beschallung im Ultraschallbad. Mittels Nasssiebung wurde die 63 µm Fraktion und aus dieser durch Zentrifugieren die 2 µm Fraktion gewonnen. Anschließend erfolgte die Kationenbelegung. Jeweils 40 ml der Tonsuspension wurden mit 10 ml 4 N KCl Lösung bzw. 4 N MgCl<sub>2</sub> Lösung vermischt und 12 Stunden geschüttelt. Als Unterlage für die Texturpräparate dienten Keramikplättchen, auf die durch Unterdruck die Tonsuspension aufgesaugt wurde. Nach erfolgter Aufnahme im Diffraktometer kamen die Mg- und K- belegten Proben in Ethylenglykol-Atmosphäre (zur Unterscheidung von Smektit von Vermikulit) und anschließend die K-belegten Proben in DMSO (Dimethylsulfoxid)-Atmosphäre (Unterscheidung Chlorit/Kaolinit). Nach einer weiteren Aufnahme im Diffraktometer wurden die kaliumbelegten Präparate 2 Stunden bei 550°C getempert (Unterscheidung primärer/sekundärer Chlorit). Anschließend erfolgte die Auswertung der einzelnen Tonmineralphasen nach dem gleichen Prinzip wie bei der Gesamtmineral-Bestimmung. Die Identifizierung der Minerale und Tonminerale erfolgte generell nach BRINDLEY & BROWN, 1980, und MOORE & REYNOLDS, 1997.

### **3.2.5 Simultane Thermoanalyse (STA)**

Thermische Analyseverfahren geben zusätzliche Informationen über die Tonminerale in einer Tonprobe. Die zu untersuchenden Substanzen werden kontinuierlich erhitzt und simultan die Gewichtsänderung (Thermogravimetrie TG) und der Wärmefluss (Differenzialkalorimetrie DSC) gemessen. Tone enthalten unterschiedliche Mengen an Hydroxylgruppen, die sich unter

Temperatureinwirkung zersetzen. Es können auch beträchtliche Masseverluste auftreten, die spezifisch für verschiedene Tonminerale sind (MACKENZIE, 1964). Während der Aufheizung kommt es sowohl zu endothermen als auch zu exothermen Reaktionen. Endotherme Reaktionen können bei der Abgabe von z. B. Wasser, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> etc. sowie auch bei Dehydroxilierung auftreten. Exotherme Effekte treten bei verschiedenen Umkristallisationen auf (WILSON, 1987). Die entstehenden Reaktionsprodukte können zusätzlich mittels Massenspektrometrie oder Infrarotspektroskopie gemessen und zur Interpretation herangezogen werden. Die STA-Analysen wurden mit einem Netzsch Gerät - STA 409 PC Luxx® – durchgeführt. Für die Analyse wurden 50 mg der Probe in einen Pt-Tiegel eingewogen und in einer kontrollierten Atmosphäre mit 50 ml/min Luft und 15 ml/min N<sub>2</sub> bis 1000°C erhitzt. Die Aufheizgeschwindigkeit betrug 10°C/min.

### **3.3 Geotechnik**

#### **3.3.1 Wassergehalt**

Die Bestimmung der Wassergehaltsgrenzen erfolgte gemäß Ö-Norm B 4410.

#### **3.3.2 Atterberggrenzen**

Die Bestimmung der Konsistenzgrenzen erfolgte gemäß Ö-Norm B 4411.

#### **3.3.3 Scherversuche**

Die Bestimmung der Scherversuche erfolgte gemäß Ö-Norm B 4416.

#### **3.3.4 Nut- und Rammsondierungen**

Mithilfe von Nut- und Rammsondierung wurde eine detaillierte Sondierung im Bereich der Rutschung entlang von mehreren Profilen durchgeführt. Die Ausführung erfolgte nach Ö-Norm B 4405 und B 4419.

## 4 Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Geophysik

#### 4.1.1 Geoelektrik

Es wurden 3 geoelektrische Profile im Oktober 2006 gelegt. Der Elektrodenabstand betrug in allen Profilen 2m. Die Details zu dem Profil sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

Spezifikation des Geoelektrikprofils		
Geoelektrikprofil	Profillänge[m]	Messrichtung
Profil1	108	W-E
Profil2	110	W-E
Profil3	194	N-S

Die Position der Profile ist in Abbildung 4-1 ersichtlich.

Die geoelektrischen Daten wurden mit dem geoelektrischen Inversionsprogramm „AGI Earthimager 2D“ ausgewertet. Die Diskussion der Inversionsergebnisse ergibt sich aus Abbildung 4-3 bis Abbildung 4-4.

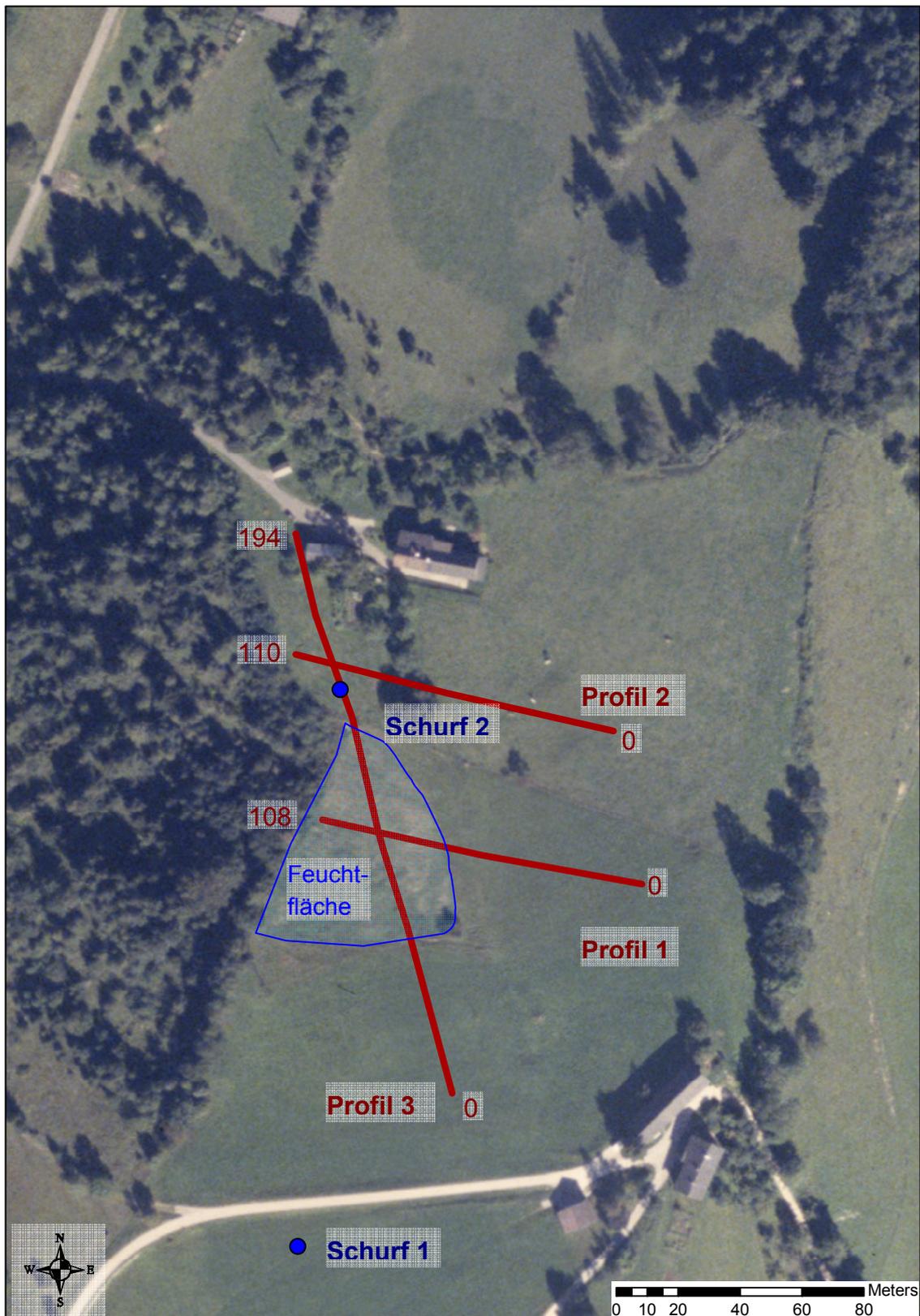


Abbildung 4-1: Orthophoto (© OÖ Landesregierung) und Lage der Profile



**Abbildung 4-2: Am Profil 3, Blickrichtung N**

Bei Profil 1 und 2 (Abbildung 4-3) dominiert im Liegenden ein höherohmiger Bereich (300-700 Ohmm) welcher seitens der Geophysik als Werfen-Formation oder als Gutensteiner Kalk (Abbildung 2-2) angesprochen werden kann. Ab Profilmeter 44 taucht dieser Bereich ab und wird von einem niedrigohmigen Widerstandsbereich überlagert. Ob diese Schicht, die laut geologischer Karte von Niederösterreich (siehe Abbildung 2-2) als Moräne eingezeichnet ist, ab dem Abtauchen der Werfen Formation an Mächtigkeit zunimmt oder gleichbleibend 2-3m ist und darunter eine andere lithologische Einheit folgt, kann so nicht aus den Messdaten entnommen werden.

Der feuchte Bereich in der Wiese widerspiegelt sich in den niedrigen (50-90 Ohmm) Widerständen bei Profil 1 (60-85 m) und Profil 3 (80-135 m).

Bei dem längs des Hanges verlaufenden Profiles 3 bestätigt sich der in den anderen Profilen angedeutete Untergrundaufbau. Eine niederohmige Schicht von geringer Mächtigkeit (max. 3m) liegt auf höherohmigen Strukturen. Der Widerstand nimmt mit der Tiefe kontinuierlich zu (170 -500 Ohmm). Zwischen Profilmeter 155 und 185 zeigt sich eine sehr hochohmige Auflage (max 3 m, bis 700 Ohmm).

Dieser Abschnitt befindet sich bereits in der Nähe der Gebäude und könnte auch durch eine anthropogene Aufschüttung von Kies oder Bauschutt verursacht sein. Insgesamt zeigt sich in der Geoelektrik die Moräne als inhomogen.

Die genaue Interpretation der Widerstände und die Zuordnung zu lithologischen Einheiten in tieferen Bereichen kann nur durch eine Bohrung erfolgen.

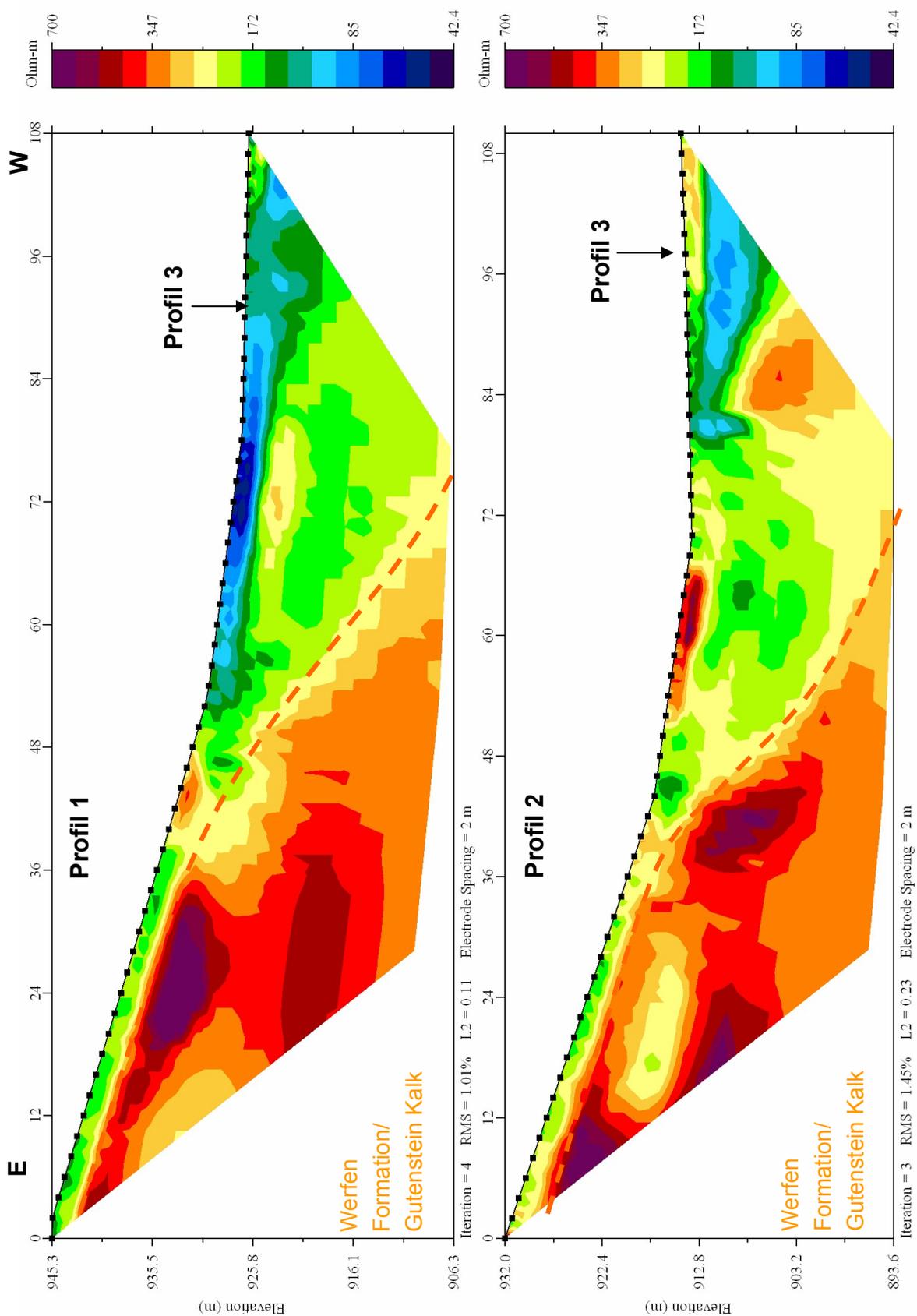


Abbildung 4-3: Widerstandssektion Profil 1 (links); Profil 2 (rechts)

**Profil 3**

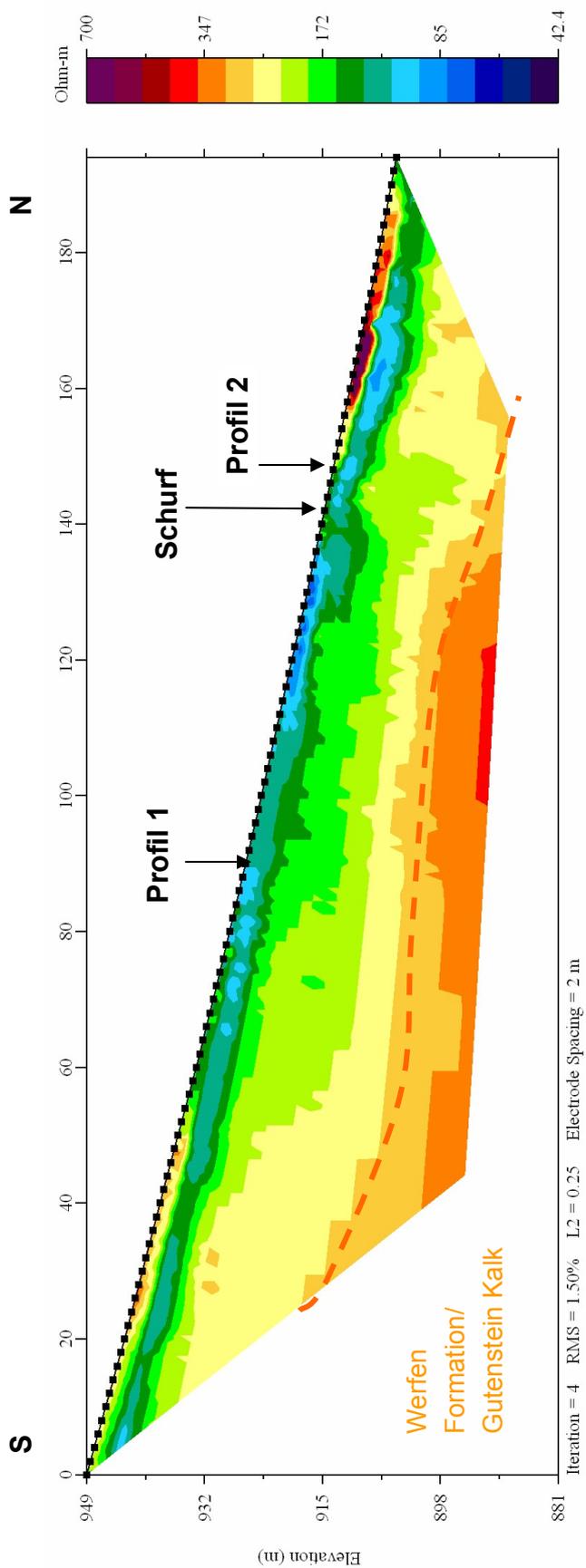


Abbildung 4-4: Widerstandssektion Profil 3

## 4.2 Mineralogie und Sedimentologie

### 4.2.1 Korngrößenanalysen:

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der **Tabelle 03** zusammengefasst und in den **Abbildungen 4-5 – 4-8** graphisch dargestellt.

**Tabelle 03:** Ergebnisse der Korngrößenanalysen in Masse %

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Kies	Sand	Silt	Ton
<b>Schurf 1</b>					
0 – 100 cm	7462	19,4	29,1	19,1	32,4
100 – 200 cm	7461	19,5	31	28,8	20,7
200 – 360 cm	7460	15,4	30,4	28,1	26,1
<b>Schurf 2</b>					
0 – 100 cm	7465	9	21,6	44,5	24,9
200 – 300 cm	7464	18	28,8	19,6	33,6
300 – 400 cm	7463	51,2	30,5	12,4	5,9

Die Korngrößenanalyse aller 3 Proben aus Schurf 1 (7460, 7461 und 7462) zeigt eine relativ einheitliche Zusammensetzung. Der Kiesanteil bewegt sich zwischen 15,4 und 19,5 Masse %. Der Sandanteil ist in allen Proben nahezu ident. Der Siltgehalt der Probe 7462 mit 19,1 Masse % ist um ca. 9 Masse % niedriger als der der Proben 7460 (28,1 Masse %) und 7461 (28,8 Masse %). Die Tongehalte in allen Proben des Schurfes 1 bewegen sich zwischen 20,7 Masse % und 32,4 Masse % In den **Abbildungen 4-5** und **4-6** ist die Korngrößenverteilung der Probe 7461 aus Schurf 1 bei 200 cm Tiefe graphisch dargestellt.

In Schurf 2 ist die Korngrößenverteilung deutlich stärker gestreuter als in Schurf 1 (cf. **Tabelle 03**). Besonders groß sind die Unterschiede im Kiesanteil. In der obersten Schicht beträgt der Anteil nur 9 Masse % und steigert sich bis auf 51,2 Masse % in einer Tiefe von ca. 4 Meter (Probe 7463). Vergleicht man die Siltanteile der Proben aus Schurf 2, so besitzt die Probe 7465 mit 44,5 Masse % den höchsten Wert, und Probe 7463 mit 12,4 Masse % den niedrigsten Wert. Der Sandgehalt in allen Proben bewegt sich zwischen 21,6 Masse % und 30,5 Masse %. Die Tonfraktion liegt in den beiden Proben 7465 und 7464 zwischen 24,9 und 33,6 Masse % und hat mit 5,9 Masse % in Probe 7463 den signifikant niedrigsten Wert aller Proben aus beiden Schürfen (cf. **Abbildung 4-7** und **4-8**).

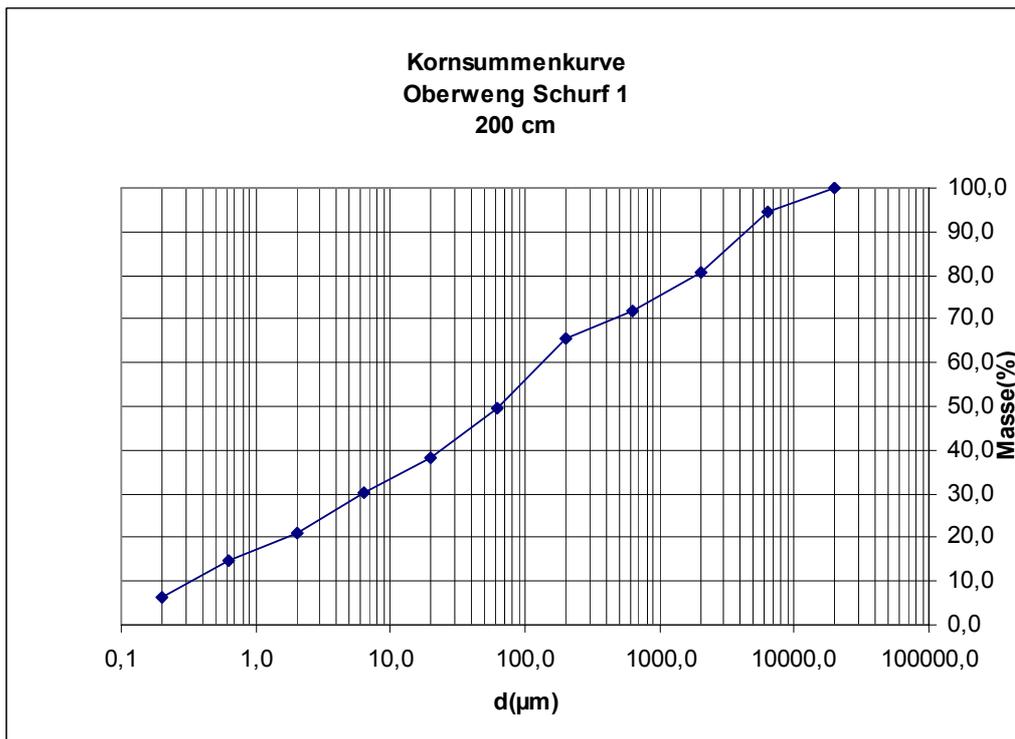


Abbildung 4-5: Schurf 1 bei 200 cm

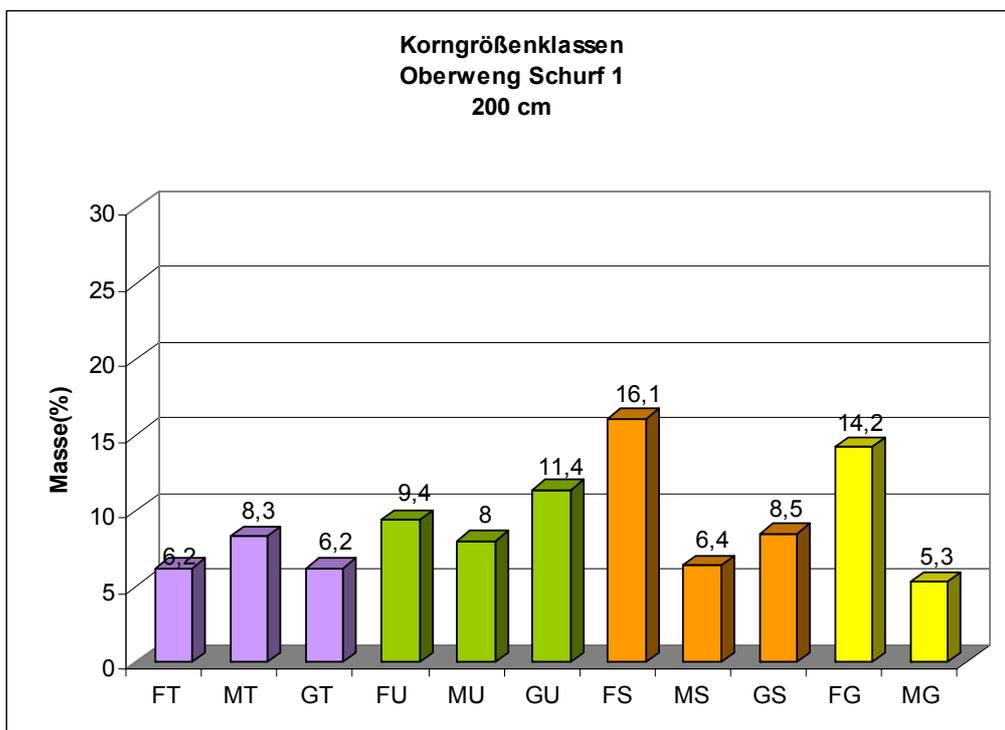


Abbildung 4-6: Schurf 1 bei 200 cm

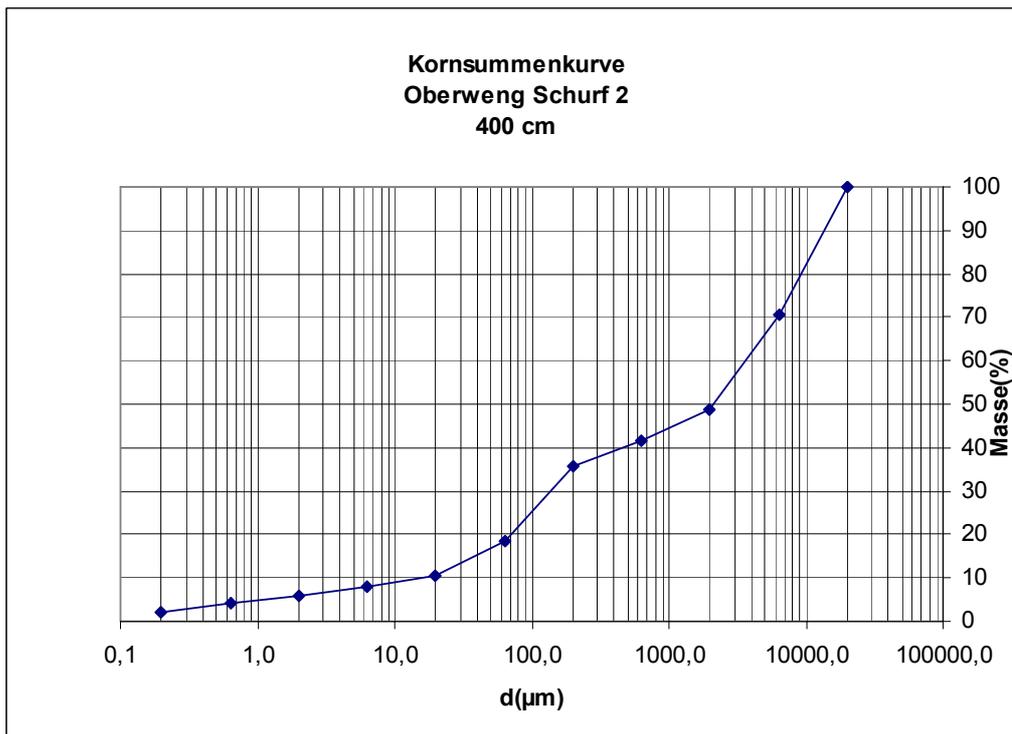


Abbildung 4-7: Schurf 2 bei 400 cm

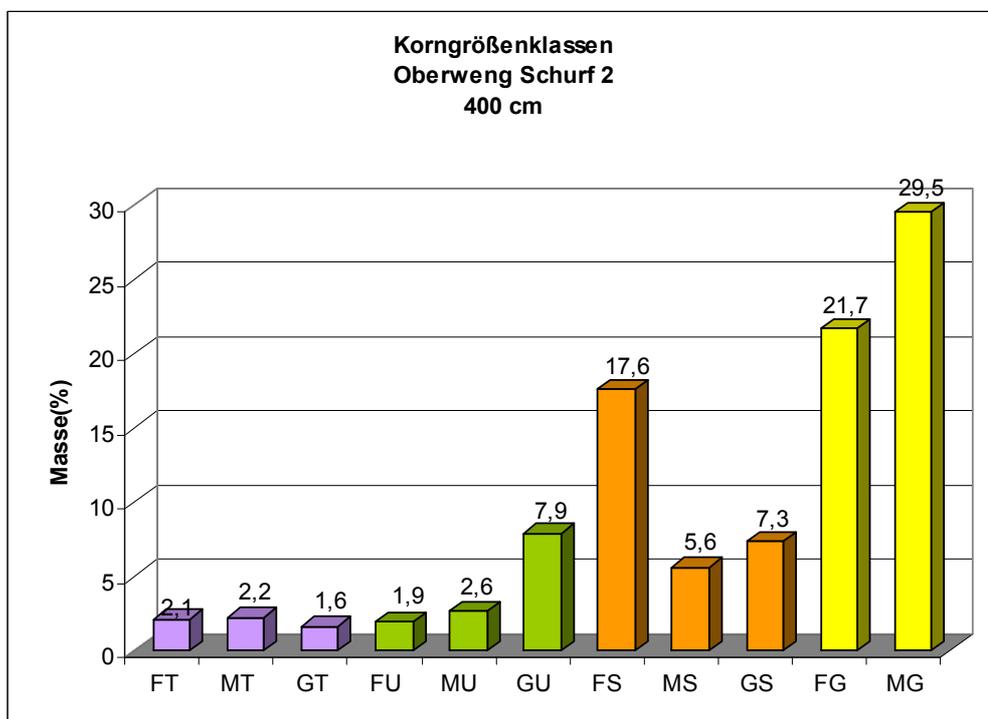
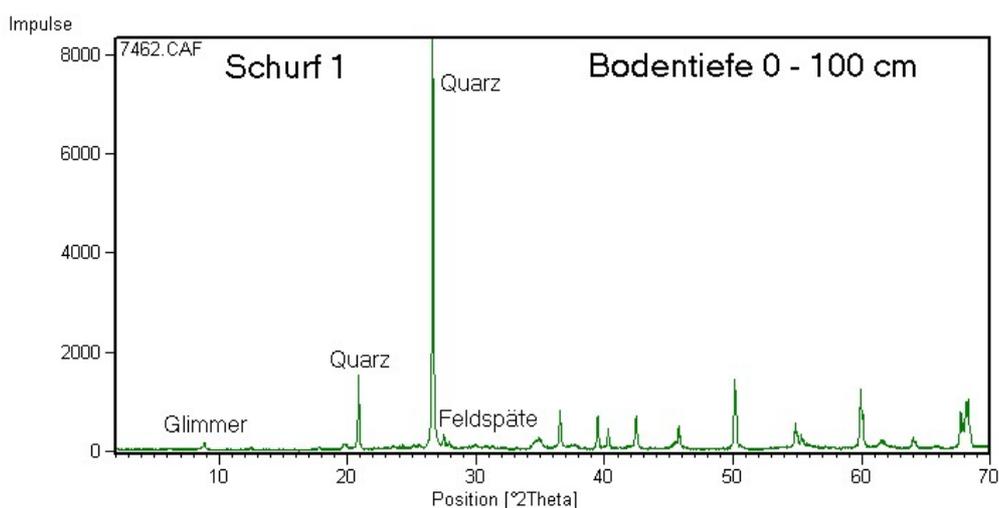


Abbildung 4-8: Schurf 2 bei 400 cm

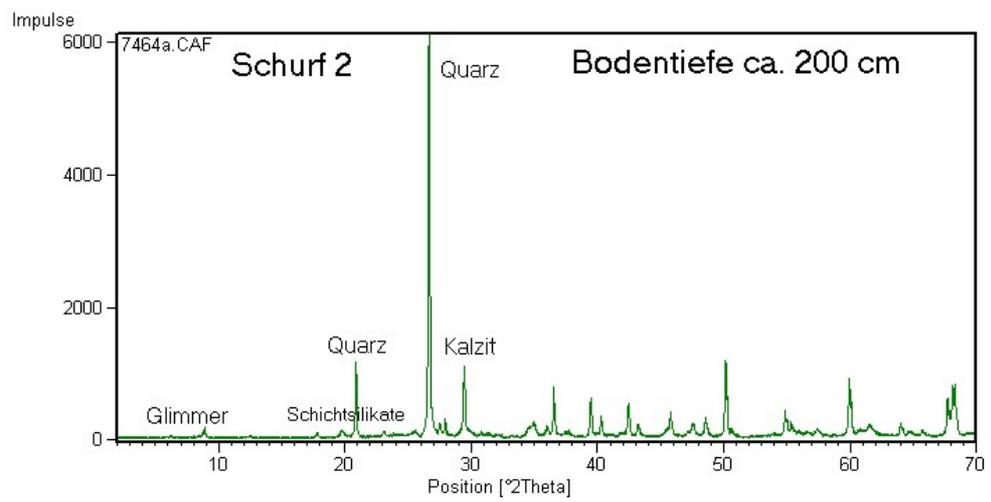
### 4.2.2 Gesamtmineralanalyse

Die gesamtmineralogische Zusammensetzung ist relativ einheitlich (cf. **Tabelle 04**). Glimmer ist in allen Proben gleichmäßig vertreten. In Probe 7465 sind Spuren von Amphibolit nachweisbar. Schichtsilikate sind in geringen Mengen vorhanden, nur in der jeweils obersten Probe sind höhere Anteile zu finden. Quarz ist sowohl in mittleren als auch größeren Mengen in den beiden Schürfen vertreten. Bei den Feldspäten ist Kalifeldspat in allen Proben in geringen Mengen vertreten, Plagioklas ist meist in Spuren bzw. geringen Mengen vorhanden. Das Karbonatmineral Kalzit ist in beiden Schürfen im obersten Bereich nicht mehr nachweisbar, aber ab einer Bodentiefe von 2 Meter in deutlichen Mengen vorhanden, Maximalwert von 26,2 Masse % (cf. **Abbildung 4-9 und 4-10**).



**Abbildung 4-9:**

Diffraktogramm Gesamtmineralverteilung einer Probe aus dem Bereich von 0 – 100 cm



**Abbildung 4-10:**  
Diffraktogramm Gesamtmineralverteilung einer Probe aus dem Bereich von  
200 cm

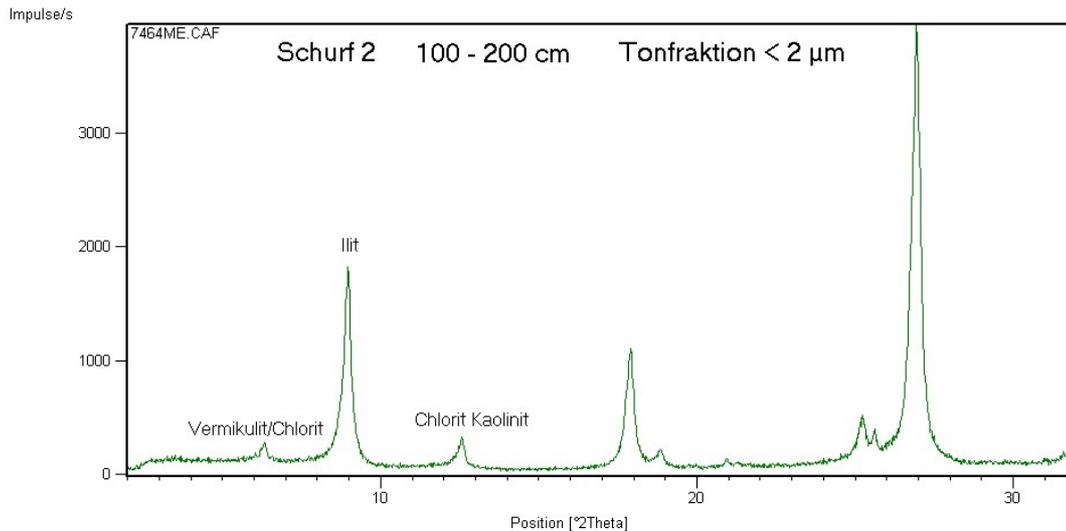
**Tabelle 04:** Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse

Lab.Nr.	Bezeichnung	14Å	Glimmer	7 Å	Amphibole	Kaolinit/ Chlorit	Σ Schicht- silikate	Quarz	Kalifeld- spat	Plagio- klas	Kalzit	Σ Karbonat in %
<b>Schurf 1</b>												
<b>7462</b>	<b>0 – 100</b>	.	*	.			**	***	*	.		
<b>7461</b>	<b>100 – 200</b>	.	*	.			*	**	*	.	**	<b>26,2</b>
<b>7460</b>	<b>200 – 360</b>	.	*	.			*	**	*	.	*	<b>7,6</b>
<b>Schurf 2</b>												
<b>7465</b>	<b>0 – 100</b>	.	*	.	.		**	**	*	*		
<b>7464</b>	<b>200 – 300</b>	.	*	.			*	**	*	*	*	<b>16,4</b>
<b>7463</b>	<b>300 – 400</b>	.	*	.			*	**	*	.	*	<b>11,6</b>

Zeichenerklärung: . in Spuren vorhanden; \* geringe Mengen; \*\* mittlere Mengen; \*\*\* große Mengen

### 4.2.3 Tonmineralanalyse

Die Ergebnisse der Tonmineralanalysen sind in der **Tabelle 05** zusammengefasst und in den **Abbildungen 4-11 und 4-12** auszugsweise graphisch dargestellt.



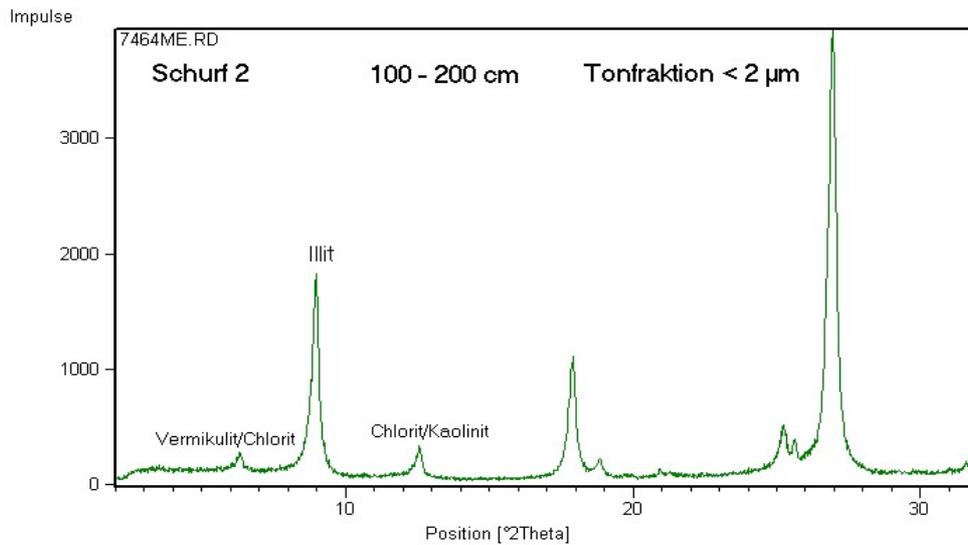
**Abbildung 4-11:**

Diffraktogramm der Tonfraktion  $< 2 \mu\text{m}$  einer Probe aus dem Bereich von 100 - 200 cm, Mg-belegt und glykolisiert

In der Tonfraktion der Proben aus den beiden Schürfen ist das Tonmineral Illit, das Werte bis 93 Masse % annehmen kann überaus dominant vertreten. Nur in der obersten Probe von Schurf 2 weist Illit mit 74 Masse % einen deutlich niedrigeren Wert auf als in den restlichen Proben.

Als zweithäufigstes Tonmineral konnte Chlorit nachgewiesen werden. Sein Anteil liegt zwischen 7 und 13 Masse %, nur in der obersten Probe von Schurf 2 tritt Chlorit mit 26 Masse % deutlich dominanter auf. In allen Proben der beiden Schürfe treten geringe Menge eines Mixed Layer Minerals auf, es dürfte sich um eine Illit/Chlorit Variante handeln. Weiters sind in den meisten Proben noch Spuren von Kaolinit und 14 Å Vermikulit vorhanden.

**In keiner der untersuchten Proben konnte ein quellbares Tonmineral wie Smektit oder Vermikulit 18 Å nachgewiesen werden.**



**Abbildung 4-12:**

Diffraktogramm der Tonfraktion < 2 µm einer Probe aus dem Bereich von 0 - 100 cm, Mg-belegt und glykolisiert

**Tabelle 05:** Ergebnisse der Tonmineralanalyse, Angaben in Masse %; semiquantitativ

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Smektit	Illit	Chlorit	14Å Vermikulit nicht quellbar	Kaolinit gut krist.	Mixed Layer
S1 0 – 100 cm	7462	nn	87	13	Sp.	nn	Sp.
S1 100 – 200 cm	7461	nn	92	8	Sp.	Sp.	Sp.
S1 300 – 360 cm	7460	nn	90	10	Sp.	Sp.	Sp.
S2 0 – 100 cm	7465	nn	74	26	nn	Sp.	Sp.
S2 200 – 300 cm	7464	nn	93	7	Sp.	Sp.	Sp.
S2 300 – 400 cm	7463	nn	88	12	nn	Sp.	Sp.

nn = nicht nachweisbar

Sp = Spuren

## 4.3 Geotechnik

### 4.3.1 Wassergehalte

An den Proben der zwei Schürfe wurden Wassergehaltsbestimmungen durchgeführt. Zur Vermeidung von Wasserverlusten zwischen Gelände und Labor wurden die entnommenen Proben sofort luftdicht verpackt und noch am selben Tag im Labor zur Wassergehaltsbestimmung weiterverarbeitet. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle 06** zusammengefasst.

**Tabelle 06:** Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen, Angaben in Masse %

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Wassergehalt
<b>Schurf 1</b>		
0 – 100 cm	7462	17,7
100 – 200 cm	7461	14,1
300 – 360 cm	7460	15,1
<b>Schurf 2</b>		
0 – 100 cm	7465	15,9
200 – 300 cm	7464	14,0
300 – 400 cm	7463	14,8

Die Wassergehalte der beiden Schürfe weisen relativ geringe Werte auf. Dies lässt sich anhand der teilweise hohen Kies- und Sandgehalte erklären. Der höchste Wert von 17,7 Masse % wurde in der Probe 7462 im obersten Bereich von Schurf 1 gemessen.

### 4.3.2 Konsistenzgrenzen

Die Kenntnis der Konsistenzgrenzen und Konsistenzzahl ist für die Beurteilung von Massenbewegungen von eminenter Bedeutung. Diese Werte wurden an ausgewählten Proben ermittelt. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle 07** ersichtlich.

Die Proben aus den Schürfen weisen relativ geringe Werte für Fließ- und Ausrollgrenze sowie Plastizität auf. Die Werte der Fließgrenze liegen zwischen

20,8 und 25,3 Masse %, bei der Ausrollgrenze zwischen 13,2 und 17,5 Masse %. Die Plastizitätszahl ( $I_p$ ) bewegt sich zwischen 3,5 und maximal 10,8 Masse % auf.

Die Konsistenzzahl ( $I_c$ ) der untersuchten Proben weist keine starke Streuung auf und liegt zwischen 0,7/weich und 1,9/halfest.

Die geringen Werte für die Fließ- und Ausrollgrenze, sowie die Plastizität sind auf die teilweise hohen Anteile von Sand zurückzuführen.

**Tabelle 07:** Ergebnisse der Bestimmung der Konsistenzgrenzen und Konsistenzzahl

Oberweng Konsistenzgrenzen					
Zustandsgrenzen bindiger Böden (ÖNORM B 4411)					
ProbenNr.	Bodentiefe in cm	natürlicher Wassergehalt w in %	Ausrollgrenze $w_p$ in %	Fließgrenze $w_L$ in %	Plastizitätszahl $I_p$ IP
<b>Schurf 1</b>					
7462	0 - 100	17,7	14,5	25,3	10,8
7461	100 - 200	14,1	13,2	21,3	8,1
7460	300 - 360	15,1	14,5	23,1	8,6
<b>Schurf 2</b>					
7465	0 - 100	16,0	17,5	22,3	4,8
7464	200 - 300	14	17,3	20,8	3,5
7463	300 - 400	14,7	13,6	22,3	9,3

**Tabelle 07:** Fortsetzung der Ergebnisse der Bestimmung der Konsistenzgrenzen und Konsistenzzahl

Zustandsgrenzen bindiger Böden ( ÖNORM B 4411)			
ProbenNr.	Bodentiefe in cm	Konsistenzzahl $I_c$	Auswertung nach Kennzahlen
<b>Schurf 1</b>			
7462	0 - 100	0,7/weich	Sand-Ton-Gemisch
7461	100 - 200	0,88/steif	Sand-Ton-Gemisch
7460	300 - 360	0,9/steif	Sand-Ton-Gemisch
<b>Schurf 2</b>			
7465	0 - 100	1,3/halbfest	Sand-Ton-Gemisch
7464	200 - 300	1,9/halbfest	Sand-Schluff-Gemisch
7463	300 - 400	0,87/steif	Sand-Ton-Gemisch

### 4.3.3 Scherversuche

Aus dem Schurf 2 wurde aus dem Bereich bei 4 Meter eine Großprobe (7463) entnommen, an der auch ein Scherversuch durchgeführt wurde. Die Scherparameter dieser Probe wurden mittels Rahmenscherversuch mit wiederholtem Abscheren ermittelt.

Der Scherwinkel  $\Phi$  wurde mit  $31,1^\circ$  bestimmt. Der Restschwerwinkel  $\Phi_r$  zeigt mit  $31,1^\circ$  den gleichen Wert wie der Scherwinkel  $\Phi$ .

### 4.3.4 Nut- und Rammsondierungen

Von der OÖ. Baustoffprüfstelle GmbH wurden im Bereich der Schürfe auch sechs Nutsondierungen und sechs Rammsondierungen durchgeführt. Die Rammsondierung RS 6 erreichte eine Tiefe von 10 Metern, die anderen erreichten 3 bis 7 Meter Tiefe. Die Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringung liegt im oberen Bereich oftmals unter 10 Schlägen. Ab 3 bis 5 Meter nimmt die Schlagzahl kontinuierlich zu. Die allgemein niedrige Schlaganzahl lässt auf geringe Eindringwiderstände schließen, die ebenfalls auf das Vorhandensein von teilweise feinkörnigen Sedimenten hinweisen sowie auch auf die im Kapitel Mineralogie (4.2.2) festgestellte Auflockerung durch Karbonatlösung zurückgeführt werden kann.

Die detaillierten Ergebnisse der Nut- und Rammsondierung sind in Beilage 1 (Prüfbericht Untergrunderkundung – Sondierungen der OÖ. Baustoffprüfstelle GmbH) ersichtlich.

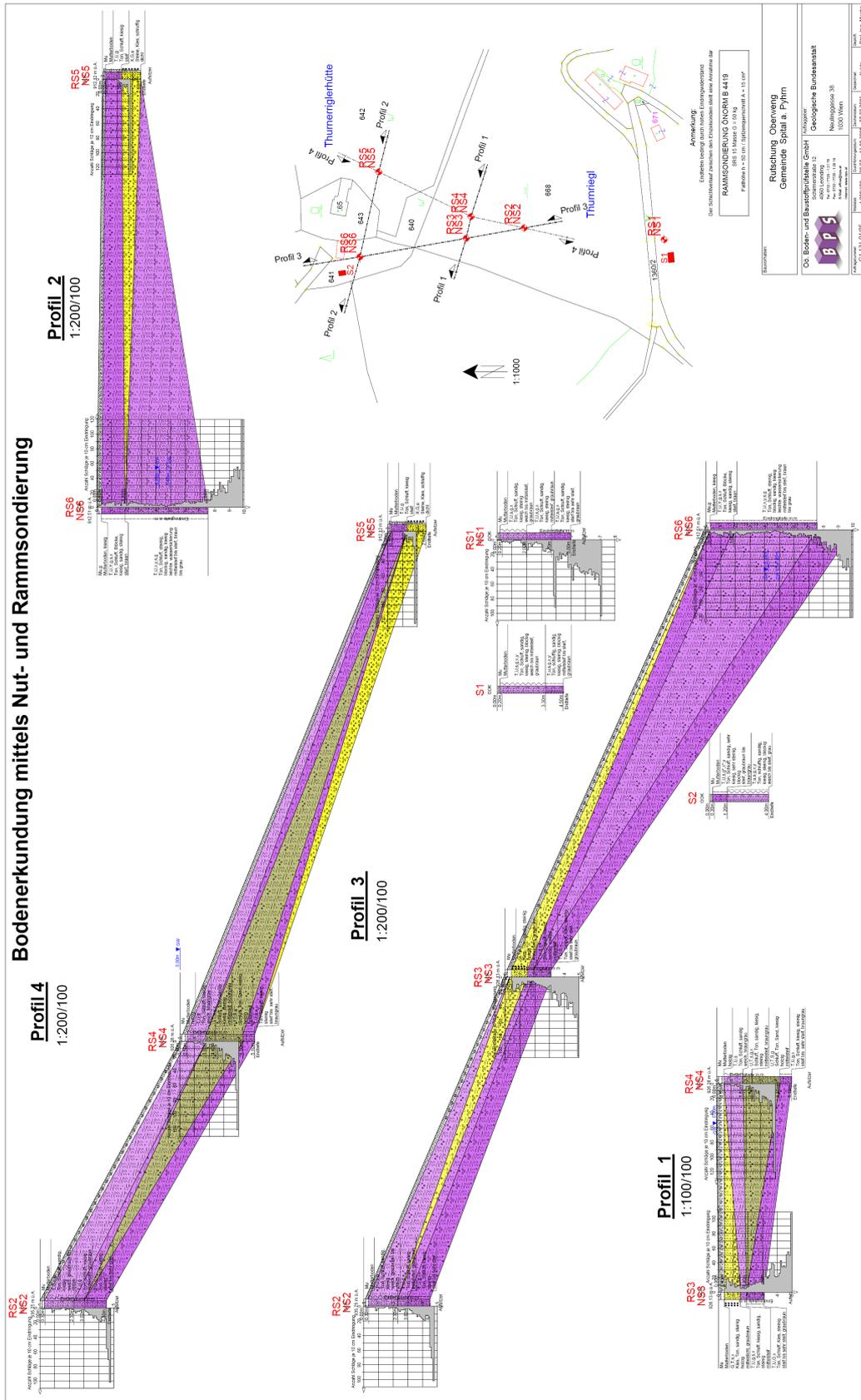


Abbildung 4-13: Bodenerkundung durchgeführt von der OÖ Bodenprüfstelle im Bereich des schadhaften Objektes

#### 4.4 Zusammenfassung Geologie, Tonmineralogie und Geotechnik

Wie die Untersuchungen zeigen, liegt das Projektgebiet im Bereich von Moränenablagerungen. Der Schurf 1 wurde außerhalb des rutschanfälligen Hanges ausgeführt und zeigt bis in eine Tiefe von 3,5 Metern eine relativ einheitliche Zusammensetzung bezüglich Korngrößen und Mineralverteilung. Der Schurf 2 dagegen ist etwas inhomogener und weist in einer Tiefe von 3 bis 4 Metern einen deutlich höheren Grobkornanteil auf. Die darüberliegenden Schichten sind etwas feiner ausgebildet. Es kommt somit im Schurf 2 von oben nach unten zu einer deutlichen Zunahme der gröberen Korngrößen.

Aufgrund der Gesamtmineralanalysen ist zu erkennen, dass in beiden Schürfen der oberste Meter gänzlich entkalkt ist, und darunter Karbonatgehalte bis 26,2 Masse % auftreten können. Die Verteilung ist jedoch inhomogen. Im obersten Bereich der Schürfe sind durch die Verwitterungsvorgänge Schichtsilikate geringfügig angereichert, welches zu einer Entfestigung führen kann.

Überraschend sind die Ergebnisse der Tonmineralanalyse:

In keiner der untersuchten Proben aus beiden Schürfen konnte ein quellfähiges Tonmineral wie Smektit oder Vermikulit nachgewiesen werden. Die Tonfraktion aller untersuchten Proben wird durch hohe Anteile bis über 90 Masse % des Tonminerals Illit geprägt. Geringe Anteile von Chlorit sind vorhanden, Mixed Layer Minerale und Kaolinit sind nur in Spuren nachweisbar. Aus tonmineralogischer Sicht sind die angetroffenen Tonminerale ein Hinweis auf sehr geringe chemische Verwitterungsvorgänge (gänzlich Fehlen von Smektit). Lediglich durch physikalische Verwitterung entstandene Tonminerale Illit und Chlorit sind vorhanden.

Die geotechnischen Untersuchungen zeigen bezüglich der aktuellen Wassergehalte eine geringfügige Abnahme von der Geländeoberkante bis in 4 Meter Tiefe. Insgesamt sind die Wassergehalte nicht auffällig. Ebenfalls unauffällig sind die Werte für die Atterberggrenzen. Sehr niedrige Ausrollgrenzen stehen gleichfalls niedrigen Fließgrenzen gegenüber. Die sich daraus ergebenden Werte für die Plastizität sind mit Werten zwischen 3,5 und 10,8 Masse % für Massenbewegungen niedrige Kennwerte.

Der Scherversuch an der Probe aus dem Schurf 2 bei 4 Meter weist einen hohen Scherwinkel  $\Phi$  von 31,1 ° auf. Bemerkenswert ist, dass der ebenfalls gemessene Restscherwinkel  $\Phi_r$  denselben Wert aufweist.

Aufgrund der Ergebnisse der Ramm- und Nutsondierungen kann auf die zu erwartenden Inhomogenitäten in der abgelagerten Moräne geschlossen werden.

In den obersten Bereichen des Hanges sind geringfügige Verwitterungserscheinungen, die sich mineralogisch durch Kalkauflösung und leichte Anreicherung von Schichtsilikaten bemerkbar machen, erkennbar. Insgesamt ist das Risiko für Massenbewegungen an diesem Hang aus geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Sicht jedoch als gering anzusehen.

In den beiden offenen Schürfen konnten geringfügige Wasserzutritte festgestellt werden. Wie die vorangegangenen Untersuchungen gezeigt haben, ist das Risiko für Massenbewegungen bei den ermittelten Materialparametern als niedrig anzusehen. Trotzdem kann aber, wie in der Vergangenheit gezeigt wurde, eine unsachgemäße Oberflächenwasserabführung eine Mobilisierung des Hanges bewirken.

## 5 Resumée

Das Resumée muss unter zwei Blickwinkeln gezogen werden, zum einen in Hinblick auf die Bewertung der Untergrundverhältnisse bzw. der Schadensursache, und zum anderen als einen Beitrag zur Methodenoptimierung zur Untersuchung von Rutschhängen und Massenbewegungen.

Bezüglich der Stabilitätsbewertung der Massenbewegung muss festgestellt werden, dass durch die Kombination von mineralogischen, geotechnischen und geophysikalischen Methoden versucht wurde, die Ursachen aufzuzeigen und Lösungsansätze vorgeschlagen zu können. Aufgrund der Resultate der Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass aus geologischer und geotechnischer Sicht das Risiko einer neuerlichen Rutschung als gering anzusehen ist, aber aufgrund der starken Inhomogenität der Moräne keine vollständige Charakterisierung möglich war.

Eine der wichtigsten Maßnahmen zur Unterbindung weiterer Gleitbewegungen ist eine ordnungsgemäße Wasserabführung an der Oberfläche, um ein Eindringen des Wassers in die tonmineralreicheren Schichten zu verhindern. Bei unsachgemäßer Behandlung der Wasserableitung kann es dagegen zu einer Veränderung der Stabilitätsverhältnisse im Hang kommen, was zu einer neuerlichen Mobilisierung der Rutschmasse im Hang führen kann.

Bezüglich der Methodenoptimierung im gegenständlichen Projekt gilt:

Die Kombination einer tonmineralogischen Ansprache mit einer geophysikalischen Messserie stellt den richtigen Lösungsansatz dar. Eine detaillierte und umfassende Materialansprache ist für die Klärung der vorliegenden geologischen Situation notwendig. Die Ausführung von sehr kostengünstigen Schürfen und Rammsondierungen anstatt von kostenintensiven Bohrungen war in diesem Projekt zielführend, jedoch aufgrund der Inhomogenität der Moräne war die Ausführung von 2 Schürfen als zu gering anzusehen. Zur Optimierung der Aussagen aus Nut- und Rammsondierungen sollten die Messungen in engeren Abständen durchgeführt werden.

Im vorliegenden Untersuchungsgebiet hat sich die Problematik der Probennahme gezeigt, daß sowohl der Zeitpunkt als auch der Entnahmeort einen wichtigen Beitrag einer ordnungsgemäßen Charakterisierung von Massenbewegungen darstellen. Insbesondere der Verlauf der Witterung vor der Probennahme wirkt sich bei

aufgelockertem Gestein auf den Hangwasserspiegel und die Feuchtigkeitsverhältnisse der Proben aus.

Die Geophysik schlägt eine Brücke zwischen den punktförmigen Detailaufnahmen und den notwendigen flächigen Interpretationen. Die Auswahl der Geoelektrik erfolgte in diesem Beispiel unter methodischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Für Rutschhänge, deren Ursache in komplex zusammenwirkenden Parametern zu suchen ist, sollte immer eine Kombination von tonmineralogischen, geotechnischen, hydrogeologischen und geophysikalischen Untersuchungen durchgeführt werden.

## 6 Literatur

- ANONYMUS, 2006: Earthimager 2D, Advanced Geosciences, Inc
- BRINDLEY, G.W. & BROWN, G., 1980: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification. - Mineralogical Society, 495, London.
- EGGER, H., KRENMAYR, H.G., MANDL, G.W., MATURA, A., NOWOTNY, A., PASCHER, G., PESTAL, G., PISTOTNIK, J., ROCKENSCHAUB, M., SCHNABEL, W., 1999: Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich 1: 2.000.000. GBA, Wien
- LOKE, M.H 2004: Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys
- MACKENZIE, R. C., 1964. The thermal investigation of soil clays. In: Rich, C. I. & Kunze, G. W. (eds.). Soil clay mineralogy – A symposium. The University of North Carolina Press, Raleigh, North Carolina, 200 – 244;
- MOORE, D.M. & REYNOLDS, R. C., JR., 1997: X – Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. - Oxford Univ. Press, 378, New York
- OBERÖSTERREICHISCHE BODEN- UND BAUSTOFFPRÜFFSTELLE GMBH, 2006: Prüfbericht Untergrunderkundung – Sondierungen Spital a. Pyhrn
- ÖNORM B 4402: Erd- und Grundbau – geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke, [Ausgabe vom] 01.12.2003;
- ÖNORM B 4405: Baugrunderkundung mit Kleingeräten, Sondierbohrgeräte mit genuteter Sondiernadel;
- ÖNORM B 4410: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung [Ausgabe vom] April 1960
- ÖNORM B 4411: Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze [Ausgabe vom] 01.12.1974
- ÖNORM B 4416: Erd und Grund – Untersuchung von Bodenproben – Grundsätze für die Durchführung und Auswertung von Scherversuchen [Ausgabe vom] 01.06.1978
- ÖNORM B 4419: Untergrunderkundung durch Sondierungen - Rammsondierungen;
- ÖNORM L 1084: Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von Carbonat [Ausgabe vom] 1. Jänner 1989
- SCHNABEL, W., FUCHS, G., MATURA, A., ROETZEL, R., SCHARBERT, S., KRENMAYR, H.G., EGGER, H., BRYDA, G., MANDL, G.W., NOWOTNY, A., WESSELY, G., 2002: Geologische Karte von Niederösterreich 1: 200000 Nord und Süd. GBA, Wien
- WILSON, M.J., 1987: A handbook of determinative methods in clay mineralogy. – Verlag Blackie, 308, Glasgow and London

## **Beilage**