

Protokoll

Klassische Labormethoden und Goelektrische Widerstandsmessung am Beispiel Koppler Moor



Lehrveranstaltung: UE Labormethoden in der physischen Geographie

Wintersemester 2011/2012

LV-Leiter: Joachim Götz und Matthias Marbach

Autoren: Toninho Dingl, Michael Ritzinger, Thomas Wölfler

Salzburg, 08.01.2012

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
2. Untersuchungsgebiet	5
3. Rammkernsondierung	6
3.1. Probeentnahme und Probenaufbereitung.....	6
3.2. Zeichnung und Beschreibung des jeweiligen aufgenommenen Sondier Profils	8
3.3. Labor – klassische Methoden	8
3.3.1. Physikalische Methoden.....	9
3.3.2. Chemische Methoden.....	13
4. Geoelektrische Widerstandsmessung (2D)	19
4.1. Messprinzip	19
4.1.2. Wenner bzw. Schlumberger-Anordnung	20
4.1.3. Durchführung unserer Messungen	21
4.2. Datenauswertung	21
4.2.1. Aufbereitung der Rohdaten	21
4.2.2. Vorwärtsmodellierung vs. Inversion (Res2DInv)	22
4.2.3. Inversionsmethoden (smoothed vs. robuste Inversion).....	22
4.3. Interpretation und Vergleich der Ergebnisse	23
5. Ergebniskarte mit der Lage der Sondierungen und der Geoelektrik-Profile sowie einem integrierten „Surfer-Tomogramm“	24
6. Fazit.....	24
7. Literaturverzeichnis.....	26

Abbildungsverzeichnis

Abb.1:	Schautafel Koppler Moor.....	4
Abb.2:	Entwicklung Salzach- und Traungletscher	4
Abb.3:	Gruppenteilnehmer	5
Abb.4:	Sondierung im Gelände	6
Abb.5:	Sondierstange Entnahme im Gelände	6
Abb.6:	Sondierkerne	7
Abb.7:	Zeichnung des Sondier-Profiles	8
Abb.8:	Aufbau Siebung	10
Abb.9:	Aufbau Pipettierung	12
Abb.10:	Muffelofen	13
Abb.11:	Karbonatanalyse im Feld	14
Abb.12:	Scheibler-Methode Einwaage.....	14
Abb.13:	Scheibler-Methode Einwaage zerkleinern	15
Abb.14:	Scheibler-Apparatur.....	15
Abb.15:	Messung der Bodenprobe mit pH-Messgerät	17
Abb.16:	Farbbestimmung mittels Farbkatalog.....	18
Abb.17:	Vierpunkt Anordnung	19
Abb.18:	GeoTom und Elektroden im Waldboden.....	21
Abb.19:	Wenner smoothed inversion Profil 1	22
Abb.20:	Wenner robust inversion Profil 1	23
Abb.21:	Schlumberger smoothed inversion Profil 2.....	23
Abb.22:	Schlumberger robust inversion Profil 2.....	23

1. Einleitung

Im Rahmen der Lehrveranstaltung Labormethoden in der physischen Geographie wurden uns, anhand eines praktischen Beispiels verschiedene Möglichkeiten zur Aufnahme und Auswertung von physischen Gegebenheiten näher gebracht. Am Anfang stand ein Geländetag, an dem eine Geoelektrische Widerstandsmessung und eine Bodensondierung durchgeführt wurden. Das aufgenommene Bodenprofil und die Daten der Geoelektrik wurden an zwei weiteren Terminen im Labor bzw. am PC weiter bearbeitet und analysiert.



Abb.1: Schautafel Koppler Moor



Abb.2: Entwicklung Salzach- und Traungletscher

2. Untersuchungsgebiet

Am 24. Oktober 2011 wurde ein Geländetag im Koppler Moor durchgeführt. Unsere Gruppe: von links Toninho Dingl, Michael Ritzinger, Thomas Wölfler



Abb.3: Gruppenteilnehmer

Das Koppler Moor liegt am Fuße des Gaisbergs, der zu den Nördlichen Kalkalpen gehört. Man befindet sich an der Grenze der nördlichen Kalkalpen zur sogenannten „Flyschzone“, dem Übergangsbereich der Alpen zum nördlichen Alpenvorland, der durch eine sanfte, abgerundete und weiche Hügellandschaft geprägt ist.

Die Würm-Eiszeit, vor ca. 20.000 Jahren, war ausschlaggebend für die Form der Landschaft rund um Koppl (z. B. Trogtäler).

Westlich und östlich des Gaisbergs schoben sich die Gletscherströme entlang und vereinigten sich wieder in nördlicher Richtung. Durch diese Vorgänge bildeten die Endmoränen Staubecken, die mit feinkörnigen Abspülprodukten (Schluff und Ton) aufgefüllt wurden. Auch das Koppler Moor ist ein Produkt dieser beschriebenen Vorgänge. Es gibt jedoch zwei Theorien über die genauere Entstehungsgeschichte:

Das Moor entstand durch einen verlandeten See, die durch ein Toteisloch, das ein Residuum von der letzten Eiszeit ist, gebildet wurde.

Grundmoränen bestehen aus einem wasserundurchlässigen Gemisch von Ton, Schluff, Sand und Kies. Dieser Untergrund zieht einen Stau effekt nach und die Versickerung von Wasser wird unterbunden. Das Letztere trifft auf die Entstehungsgeschichte des Koppler Moors eher zu, da wirklich feinkörnige Schichten gefunden worden waren. Vor ca. 16.000 Jahren lag dort ein See, der verlandete. Das Hochmoor wird seitdem nur noch mit Niederschlag gespeist.

3. Rammkernsondierung

3.1. Probeentnahme und Probenaufbereitung

Im Untersuchungsgebiet Koppler Moor wurde eine sogenannte Rammkernsondierung durchgeführt. Bei dieser Methode handelt es sich nicht um eine gewöhnliche Bohrung, sondern es werden dabei die Sondierstangen mit Hilfe eines Hydraulikhammers in den Boden gerammt bzw. wieder herausgezogen. Als Arbeitsgerät wurde dabei die Hydraulikstation HST 300 (Automatik) verwendet. An unserem Geländetag wurden insgesamt zwei Sondierungen in aufgeteilten Gruppen, an verschiedenen Standorten, im Moor durchgeführt. Bei einer Eindringtiefe von ca. 5 m sind dabei die Bodenprofile entnommen worden.



Abb.4: Sondierung im Gelände

Die Proben in den Sondierstangen wurden dann gemeinsam mit Herrn Mag. Marbach erstmals analysiert und die mögliche Entstehung der vertikalen Abfolge der einzelnen Bodenschichten diskutiert. Nach einer ersten Ansprache der Proben, wurden kleine Mengen der verschiedenen Horizonte entnommen und feinsäuberlich in Plastikbeutel gegeben und beschriftet.



Abb.5: Sondierstange Entnahme im Gelände



Abb.6: Sondierkerne

Im Labor wurden die Proben für die später durchzuführenden Versuche weiter aufbereitet. Es wurde dabei aus einem Plastikbeutel eine Teilmenge der Probe entnommen und auf einer Waage gewogen.

Die abgewogene Menge wurde dann in einem Trockenschrank 24 Stunden lang, bei einer Temperatur von 105°C getrocknet. Den Zustand der Proben nach dem trocknen im Trockenschrank, nennt man „atro“ (absolut trocken). Das trocknen ist notwendig, um weitere Arbeitsschritte im Labor an den Proben machen zu können. Die restliche Menge der Bodenprobe, die nicht im Trockenschrank aufbewahrt wurde, ist bei Raumtemperatur gelagert worden und stellt den lufttrockenen Anteil dar („lutro“). Dieser Anteil wird im weiteren Vorgehen für die Bestimmung des pH-Wertes und der Messung der elektrischen Leitfähigkeit benötigt.

3.2. Zeichnung und Beschreibung des jeweiligen aufgenommenen Sondier Profils

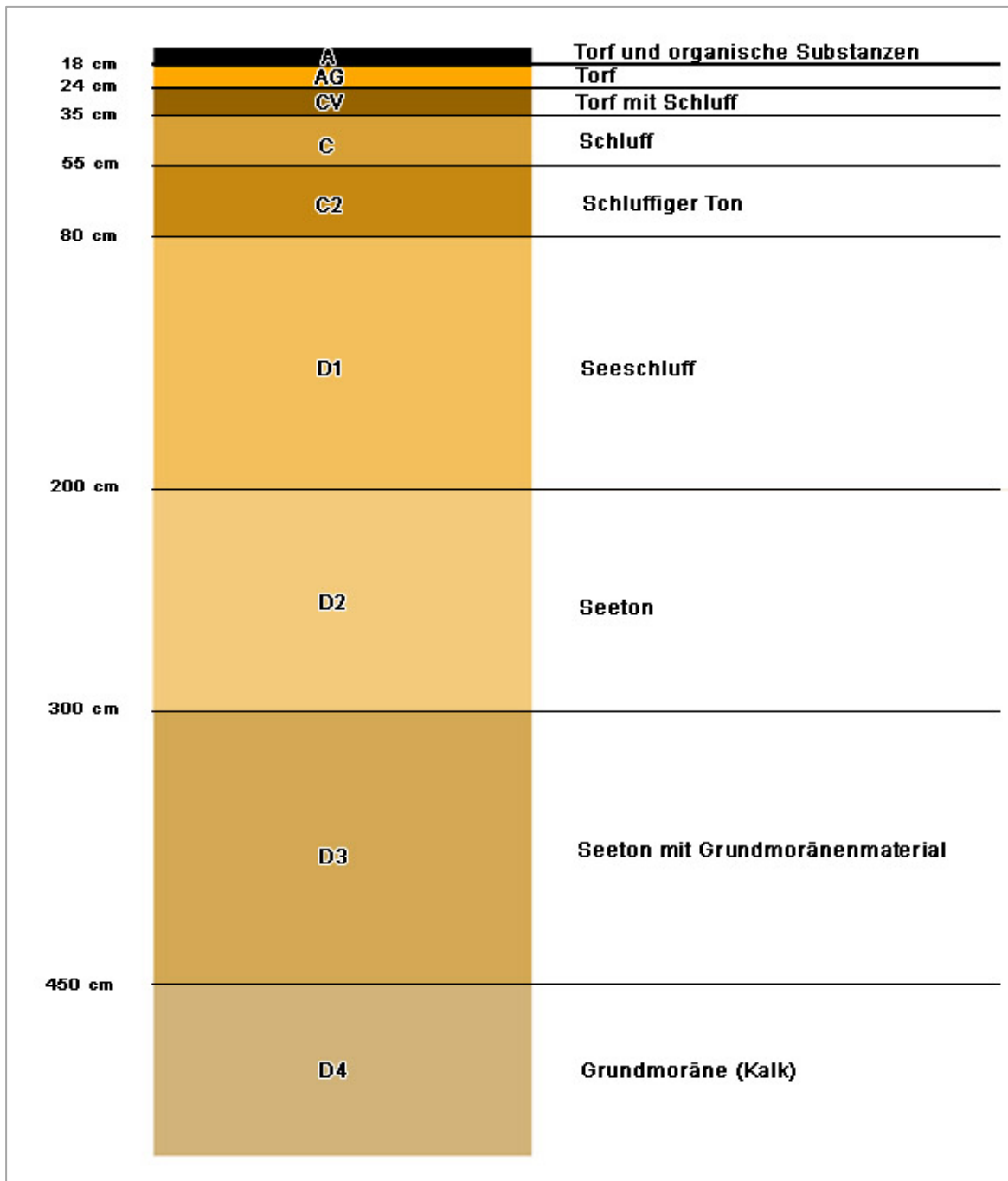


Abb.7: Zeichnung des Sondier-Profils

3.3. Labor – klassische Methoden

Im Labor des Fachbereichs Geographie und Geologie wurden die entnommenen Proben der Bodensondierung für die weitere Analyse aufbereitet.

3.3.1. Physikalische Methoden

3.3.1.1. Bestimmung der Trockensubstanz

Wie weiter oben schon angesprochen ist bei der Bestimmung der Trockensubstanz die Unterscheidung von absolut trocken (atro) und lufttrocken (lutro) wichtig. Die Bodenproben sollten im lufttrockenen Zustand analysiert werden, da es bei einer Wärmezufuhr zu chemischen Veränderungen kommen kann.

Verwendetes Material und Durchführung:

Von uns wurde die Trockensubstanz anhand der Probe S2/P8 bestimmt. Der lufttrockene Zustand der Probe (inkl. Schale) belief sich auf 528,3 g. Zieht man das Gewicht der Schale (389,8 g) ab so wiegt die Bodenprobe 138,5 g.

Probe S2 P8
Horizont D3 (300-450 cm)

Gewicht inkl. Schale	528,3 g
Gewicht der Schale	389,8 g
Gewicht getrocknete Probe	138,5 g
Gewicht feuchte Probe	175,7 g
Differenz trocken / feucht	37,2 g

Berechnung, Ergebnisse, Diskussion:

Berechnung des prozentualen Anteils der Trockensubstanz:

$$138,5 / 175,7 * 100 = 78,82 \%$$

3.3.1.2. Korngrößenanalyse mittels Siebung

Verwendetes Material und Durchführung:

Am Anfang wurden die Schalen mit den Bodenproben abgewogen. Danach wurde die Probe gewässert und mit einem Mörser in einer Schale zerkleinert. Dann haben wir den Siebsatz zusammengebaut. Der Siebsatz besteht aus vier in der Größe unterschiedlichen Sieben (2 mm; 0,63 mm; 0,2 mm; 0,063 mm). Zum Auffangen der ausgeschwemmten Probensubstanz ist auch das Aufstellen eines Behälters wichtig, wo die Substanz durch einen Schlauch von der Siebmaschine aus hinfließen kann. Dieser Behälter sollte ausreichend groß sein um die ausgeschwemmte Substanz aufzufangen.

Die Bodenprobe wurde in die Siebmaschine gegeben und 40 min lang unter einem Wasserstrahl geschüttelt, bis sich ein Anteil (<0,063 mm, Ton und Schluff) abgelöst hatte. Nach dieser Siebung wurden sämtliche Rückstände in den vier Sieben in Schalen gegeben und abgewogen.

Im Anschluss wurden die Proben im Trockenschrank bei einer Temperatur von 105°C getrocknet und danach wieder gewogen (auf 0,01 g genau).



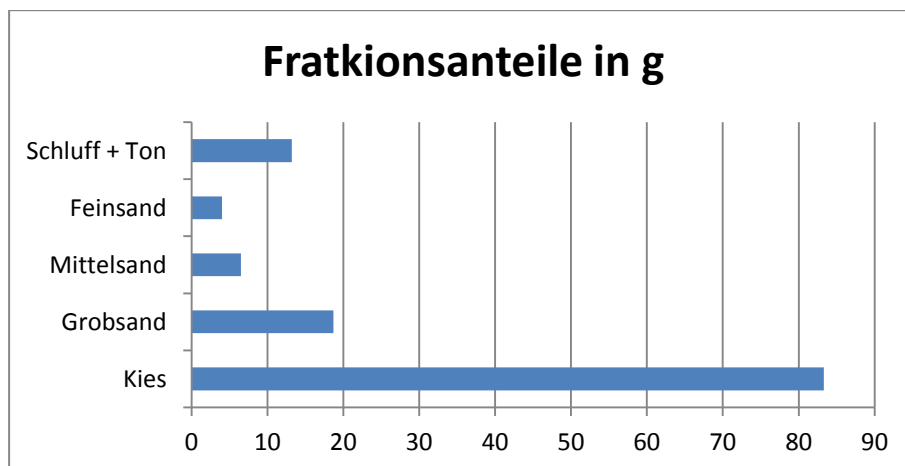
Abb.8: Aufbau Siebung

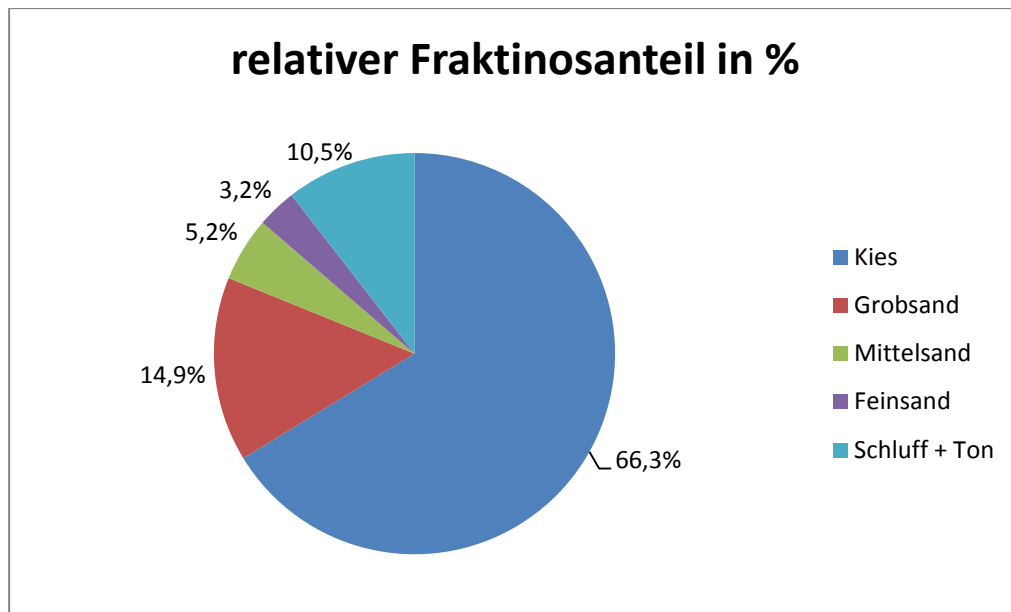
Berechnung, Ergebnisse, Diskussion:

Die gesamte Einwaage für die Siebung betrug 128,4 g. Nach der Durchführung der Siebung über einen Zeitraum von 45 Minuten wurden folgende Fraktionsmengen bestimmt:

Fraktion	Menge in g
Kies	83,30
Grobsand	18,70
Mittelsand	6,50
Feinsand	4,00
Schluff + Ton	13,2 (getrocknet)

Das Ergebnis der Fraktion Schluff+Ton konnte nicht direkt ermittelt werden, der Behälter mit der Fraktion Schluff+Ton musste zuerst in die Trocknung, damit das Wasser aus dem Spülvorgang verdunstet.





Das Ergebnis zeigt, im Bezug auf das Gewicht, dass die untersuchte Probe aus 2 Drittel Kies und 1 Drittel feinerem Material besteht. Das feinere Material mit einer Korngröße kleiner als 2 mm wurde mittels der Siebung in vier unterschiedliche Fraktionen unterteilt. Die Fraktion Schluff+Ton kann mittels einer Pipettierung weiter unterteilt werden, das haben wir anschließend auch gemacht.

3.3.1.3. Korngrößenanalyse mittels Pipettierung

Verwendetes Material und Durchführung:

Einwaage von 10g Schluff+Ton, die Feinfraktion der Siebung.
 Genaue Einwaage 10,0254g
 Maschinelles Schütteln (Kolben B)

Die Einwaage wurde in 500ml destilliertes Wasser gegeben und über einen langen Zeitraum (z.B. über Nacht) in einem Kolben geschüttelt. Bei der Pipettierung wird in 10 cm Tiefe unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche in vorgegebenen Zeitabständen eine genau definierte Menge von 10ml entnommen. Der Zeitabstand ist Temperaturabhängig.

Pipettierung (Kolben B) bei konstanter Temperatur von 23°C

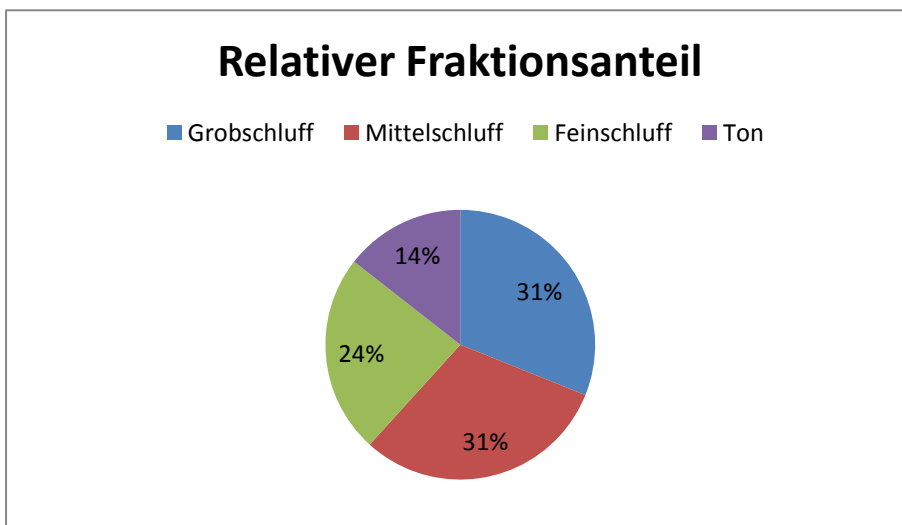
Gewicht der Schalen	Zeit der Probeentnahme	Gewicht der Probe (trocken)
1 52,1960g	24sec	0,2485g
2 51,9225g	4min 20sec	0,2449g
3 44,7694g	43min 40sec	0,1905g
4 51,6401g	3h 36min30sec	0,1154g
Summe		0,7993g



Abb.9: Aufbau Pipettierung

Berechnung, Ergebnisse, Diskussion:

Probebezeichnung	Suspensionsentnahme nach:	Trockengewicht	Fraktionsbezeichnung	Kerngröße in mm
Probe A	24 sek	0,2485	Grobschluff	0,063 bis 0,020
Probe B	4 min 14 sek	0,2449	Mittelschluff	0,020 bis 0,006
Probe C	42 min 37 sek	0,1905	Feinschluff	0,006 bis 0,002
Probe D	3 Std. 31 min 30 sek	0,1154	Ton	<0,002



Diese hier dargestellte relative Verteilung der Schluff+Ton Fraktion kann auf die in der Siebung ermittelte Menge von 13,2 g übertragen werden.

3.3.2. Chemische Methoden

3.3.2.1 Bestimmung der organischen Trockensubstanz

Die organische Substanz eines Bodens ist die Gesamtheit der abgestorbenen organischen Stoffe in diesem. Sie beinhaltet sowohl Streu- als auch Humuskörper. In der Regel werden 5 % des Edaphons (im Boden lebende Organismen) und ca. 10 % lebende Masse (Wurzeln) miterfasst.

Verwendetes Material und Durchführung:

Bei dieser Methode werden die Bodenproben in einem sogenannten Muffelofen erhitzt. Dadurch verbrennt die organische Masse durch Glühverlust bei 430 – 450°C.

Probe S2/1 Oberster Horizont (A-Horizont)

Gewicht des Gefäß: 25,1507 g

Gewicht der Substanz: 5,0083 g



Abb.10: Muffelofen

Im Verascher (Muffelofen) wurde eine Zeit von zwei Stunden eingestellt bei einer Temperatur von 450°C. Nach den zwei Stunden wurde das Gewicht gemessen.

Gewicht Gefäß mit Substanz nachher: 28,8931 g → **Gewicht der Substanz 3,7424 g**

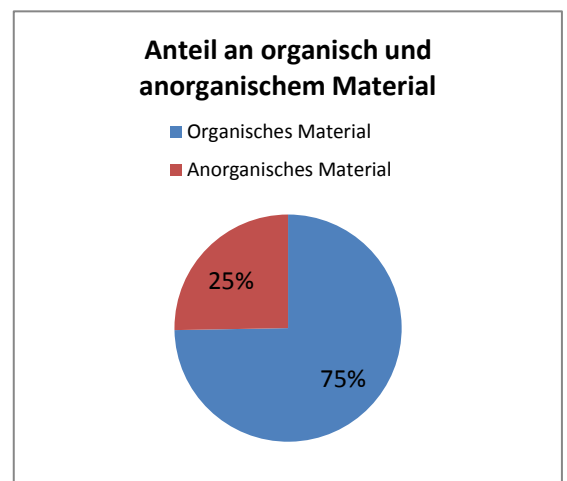
Berechnung, Ergebnisse, Diskussion:

$$TS \text{ nach Glühverlust} = \left(\frac{\text{Trockenmasse nach dem Glühen [g]}}{\text{Trockenmasse [g]}} \right) \times 100\%$$

$$= (3,7424 \text{ g} / 5,0083 \text{ g}) \times 100 \% \quad \mathbf{74,72 \%}$$

Anteil an anorganischem Material beträgt 25,28 %.

Anteil an organischem Material beträgt 74,72 %.



a. Bestimmung des Karbonatgehalts mit halbquantitativer Karbonatanalyse

Für die halbquantitative Karbonatanalyse hatte Herr Mag. Marbach eine Salzsäure am Geländetag mit. Dabei haben wir eine kleine Probe aus einem Sondierkern entnommen und mit der Salzsäure beträufelt. Die chemische Reaktion war sehr stark was drauf schließen lässt, dass die Bodenprobe sehr karbonathaltig ist.



Abb.11: Karbonatanalyse im Feld

b. Bestimmung des Karbonatgehalts mit quantitativer Karbonatanalyse nach Scheibler

Der pH-Wert unserer Bodenprobe lag bei 5,89 und daher ist die Karbonatanalyse nach Scheibler für die Bestimmung des Karbonatgehaltes geeignet. Zuerst wird ein Vortest für die Bestimmung des Karbonatgehaltes durchgeführt.

Mit einer 15%-igen Salzsäure wurde eine kleine Probenmenge beträufelt und die Reaktion beobachtet – bei extremer Reaktion wird man bei der Scheibler-Methode eine geringe Einwaage ca. 1 g verwenden bei einer geringen Reaktion eine größere Einwaage ca. 5 g. In unserem Fall war die Reaktion sehr stark und wir haben uns daher für eine Einwaage von 1 g für die Durchführung der Scheibler-Methode entschieden.

Bevor wir mit der Bestimmung des Karbonatgehaltes beginnen konnten, musste die Apparatur geeicht werden. Dies wird mit Hilfe eines Kalzitpulfers mit einer Einwaage von 0,1 g durchgeführt.



Abb.12: Scheibler-Methode Einwaage

Das Kalzitpulver wird nun in der Scheibler-Apparatur mit der Salzsäure vermischt und die Reaktion verursacht eine Gasentwicklung welche die Wassersäule in der Apparatur verdrängt. In unserem Fall wurde die Wassersäule um 32 ml verdrängt und anschließend wieder auf 0 eingestellt.



Danach wurde die Probe mittels eines Mörsers sehr fein zerkleinert (gemahlen) und eine Einwaage von 0,8480 g für Durchführung des Versuches abgewogen. Das Gefäß mit der Salzsäure wurde nochmal aufgefüllt und der Versuch gestartet. Bei dem ersten Versuch war die Reaktion sehr heftig und es reichte die Menge an Salzsäure nicht aus um die Reaktion abschließen zu können – der Versuch musste abgebrochen werden.

Für den zweiten Versuch wurde daher eine **Einwaage von 0,4951 g** verwendet. Dieser Versuch konnte komplett durchgeführt werden und die **Wassersäule** wurde um **88 ml** verdrängt.

Abb.13: Scheibler-Methode Einwaage zerkleinern



Abb.14: Scheibler-Apparatur

Berechnung, Ergebnisse, Diskussion:

Der prozentuale Karbonatgehalt errechnet sich über das Verhältnis des aus der Probe entstandenen CO₂ zu dem der Eichung unter Berücksichtigung der jeweiligen Einwaagen.

$$CaCO_3 = \frac{CaCO_3[Eichung \text{ in } g] * CO_2[Boden \text{ in } ml] * 100\%}{CO_2[Eichung \text{ in } ml * Bodeneinwaage[in g]}$$

$$CaCO_3 = (0,1140 * 88 * 100\%) / (32 * 0,4951) = \mathbf{63,32 \%}$$

Aus dem %-Gehalt des Karbonats errechnet sich mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors der anorganische Kohlenstoffgehalt:

$$C\text{-Gehalt} = \frac{\% CaCO_3}{8,333}$$

$$C\text{-Gehalt} = 63,32 / 8,333 = 7,5987 \rightarrow \text{stark Karbonat haltig}$$

Für die Überprüfung des Ergebnisses kann der Karbonatgehalt auch über eine andere Berechnung ermittelt werden. Dabei muss man den Luftdruck 1007 hPa in mmHg (Quecksilbersäule) umrechnen damit man den Richtigen Tabellenwert ablesen kann.

$$\text{Luftdruck } 1007\text{hPa} \rightarrow 1007 * 1000 / 133,37 = 755 \text{ mmHg}$$

$$CaCO_3 = \frac{(mlCO_2 * Tabellenwert * 2,274 * 100)}{(mg \text{ Einwaage})} = 88 * 1,840 * 2,274 * 100 / 0,4951 = \mathbf{74,37 \%}$$

Die Differenz der beiden Ergebnisse **63,32 %** und **74,37 %** kann entweder an einem Fehler bei der Einwaage liegen oder bei der Eichung der Scheibler-Apparatur ist etwas Gas entwichen und der Wert von 32 ml ist zu hoch.

3.3.2.2. Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

Bei der Messung der elektrischen Leitfähigkeit kann eine Aussage über den Gesamtsalzgehalt des Bodens gemacht werden. Es wird dabei der Bodenprobe destilliertes Wasser beigemischt, danach liegen die wasserlöslichen Salze als positiv geladene Kationen und negativ geladene Anionen vor. Mit der Messelektrode lässt sich die Leitfähigkeit anschließend exakt bestimmen.

Verwendetes Material und Durchführung:

Ähnlich wie bei der Bestimmung des pH-Wertes werden 10 g Bodensubstrat mit 50 ml destilliertem Wasser gut vermischt. Danach wird die Probe 30 min lang und danach 15 min lang stehen gelassen und anschließend mit einem Magnetrührer gerührt. Im Anschluss wird die Leitfähigkeit (μS) mit dem Messgerät, durch das Eintauchen der Messelektrode, bestimmt. Der Sensor ist dabei zwischendurch immer mit destilliertem Wasser abzuspitzen, um eine Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden.

Berechnung, Ergebnisse, Diskussion:

Bei unserer Bodenprobe S1/3 haben wir bei einer Temperatur von 23,8°C einen Wert von 82 (μS) (microsivert) gemessen. Trinkwasser hat zum Vergleich ungefähr 300 microsivert.

Blindwert: 3,1

Salzgehalt in %:

$$\% \text{ Salzgehalt} = \mu S * 0,32 / 100 \quad 82 * 0,32 / 100 = \mathbf{0,2624 \%}$$

3.3.2.3. Bestimmung des pH – Wertes

Die Bestimmung des pH-Wertes ist ein Maß für den Reaktionszustand eines Bodens und der damit verbundenen Nähr- und Schadstoffdynamik eines Standortes. Diese wird auch als Acidität eines Bodens bezeichnet.

Verwendetes Material und Durchführung:

Hier wurden 10 g Bodensubstrat abgewogen und ca. 25 ml destilliertes Wasser hinzugegeben. Danach wurde die Substanz 30 min. lang mit einem Magnetrührer vermischt und dann 15 min. stehen gelassen. Ziel von diesem Verfahren ist es, das grobe Material der Bodenprobe zu zersetzen.

Es folgte eine Kalibrierung des pH-Messgerätes mit den pH-Werten 4 (gemessen: 4,03); 7 (7,00); 10 (9,96). Diese Eichung des Messgerätes mit Pufferlösungen, um die erwarteten Messwerte zu erreichen, vor der eigentlichen Messung der Probe ist unbedingt notwendig. Außerdem muss bei der Messung die Temperaturabhängigkeit beachtet werden (22°C bei unserem Versuch), um die genauen Messwerte ablesen zu können. Nach jeder Messung wurde die Elektrode des Messgerätes mit destilliertem Wasser gründlich abgespült und im Anschluss in 3 M KCL – Lösung aufbewahrt.

Berechnung, Ergebnisse, Diskussion:

Der gemessene pH-Wert bei unserer Bodenprobe S1/3 lag bei **5,89**, was einem mäßig sauren Boden entspricht.



Abb.15: Messung der Bodenprobe mit pH-Messgerät

Farbbestimmung:

Mithilfe des Farbkataloges (Standard Soil Color charts) haben wir versucht den entnommenen Bodenproben eine entsprechende Farbe zuzuordnen.

Die Werte die wir ablesen konnten sind:

Hue 2.5 Y
Value Chroma
7 / 3



Abb.16: Farbbestimmung mittels Farbkatalog

4. Geoelektrische Widerstandsmessung (2D)

Bei der geoelektrischen Widerstandsmessung handelt es sich um eine häufig verwendete Methode der Geophysik. Durch das Zuführen von elektrischem Strom in den Untergrund baut sich ein Spannungsfeld auf und dadurch kann man die unterschiedliche Leitfähigkeit eines Bodens messen.

Die Rammkernsondierung gibt uns nur einen Einblick an einem bestimmten Punkt im Boden, die Geoelektrische Widerstandsmessung gibt uns hingegen Aufschlüsse über den Untergrund des ganzen untersuchten Gebietes. Wobei auch das nur sehr grob geschieht. Beide durchgeführten Verfahren, der Geoelektrik und der Sondierung, werden also erst in Kombination zu einer wichtigen Aufklärungsmethode in der physischen Geographie.

Es ist allerdings sehr wichtig, schon möglichst viel Wissen, über die Unterwelt des untersuchten Gebietes bezüglich Geomorphologie etc., vor einer Durchführung der Methode zu haben. Man sollte wenigstens Vermutungen anstellen, was einen bei der Messung wahrscheinlich erwarten könnte. Auch die anschließende Interpretation der gewonnenen Messdaten kann so viel besser ausfallen.

Wichtige Anwendungsgebiete für die Geoelektrik sind die Bestimmung des Grundwasserspiegels bzw. die Identifizierung und Ortung der Felsgesteinsschichten bzw. anderer Schichten und deren Mächtigkeit im Untergrund.

4.1. Messprinzip

Mithilfe von Stromelektroden (A, B) wird dem Untergrund der Strom zugeführt und sogenannte Spannungselektroden (M, N) - diese werden auch als Potentialelektroden bezeichnet - messen die Verteilung des Stromes im Feld. Aus dieser Messung von Strom und Spannung kann man den elektrischen Widerstand berechnen. Aufgrund der Elektrodenkonfiguration und des daraus gemessenen Geometriefaktors erhält man den spezifischen elektrischen Widerstand. (UNIVERSITÄT SALZBURG 2011)

Der Abstand zwischen den Elektroden M und N wird als Potentialdifferenz (U) bezeichnet. Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes und der bekannten Stromstärke die in den Untergrund eingespeist wird, lässt sich der spezifische Widerstand (ρ) mit einer Gleichung leicht berechnen. Der Widerstand des Untergrunds wird also in Ω/m angegeben.

Eine solche Anordnung von Elektroden bzw. Sonden bezeichnet man auch als Vierpunkt-Anordnung (siehe Abb. unten).

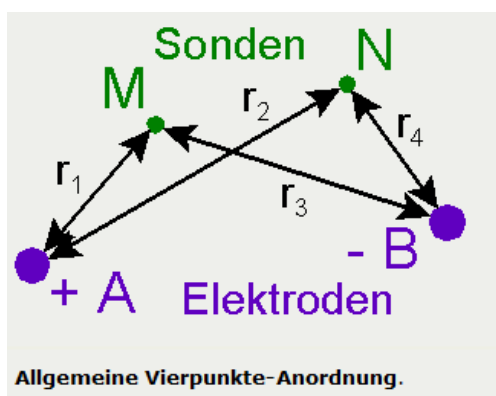


Abb.17: Vierpunkt Anordnung

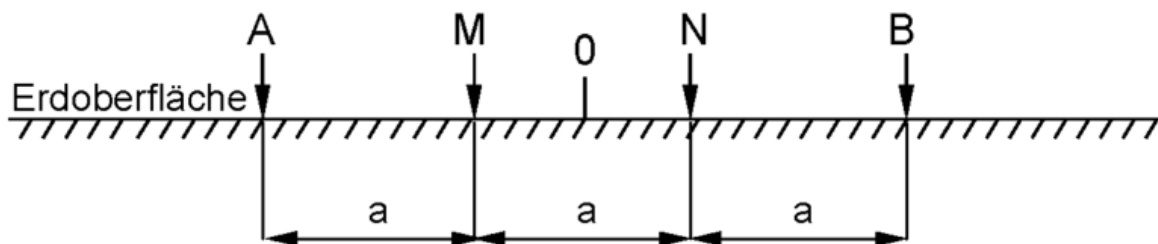
Die Elektrodenanordnung bzw. der Abstand dieser sind für die Eindringtiefe verantwortlich. Dieser Abstand wird in der Regel als „Spacing“ bezeichnet. Die Eindringtiefe macht etwa 1/6 der Auslagenlänge aus. Je größer der Elektrodenabstand ist, desto höher ist die Eindringtiefe. Allerdings wird die Auflösung dadurch umso schlechter. Will man also eine detaillierte Aufnahme eines kleinen Bereichs durchführen, empfiehlt sich ein möglichst geringer Elektrodenabstand.

Durch die unterschiedliche Beschaffenheit von Böden (Wasseranteil, Korngrößen etc.) erhält man sehr differenzierte Widerstände. Von der Beschaffenheit eines Bodens her, haben feuchte Böden einen wesentlich geringeren Widerstand als trockene.

4.1.2. Wenner bzw. Schlumberger-Anordnung

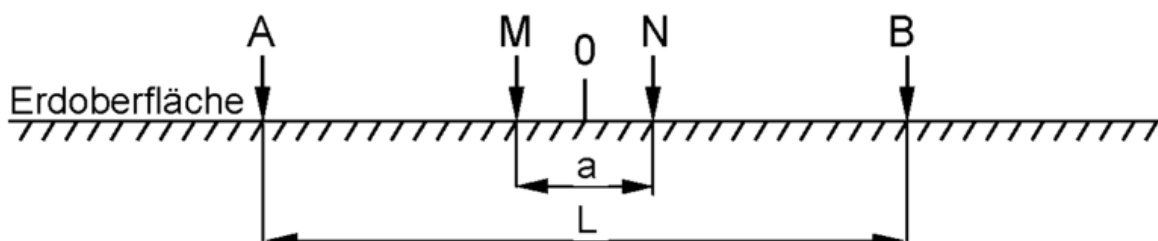
Es gibt mehrere verschiedene Verfahren für die Anordnung der Elektroden. Wir haben bei unserer Messung zwei Methodentypen, nämlich die Wenner- und die Schlumberger-Anordnung, ausprobiert:

a) **Wenner-Anordnung:** Hier ist das Verhältnis der Sondenabstände (a) immer gleich, dadurch wird eine gute flächenhafte Messung erreicht.



Quelle: Wikipedia: Wenner-Anordnung

b) **Schlumberger-Anordnung:** Bei dieser Anordnung bleibt der Abstand der Potentialsonden (M, N) gleich und der Abstand der Stromelektroden (A, B) ist unterschiedlich. Diese Anordnung ist gut für eine Messung in die Tiefe des Untergrundes.



Quelle: Wikipedia: Schlumberger-Anordnung

4.1.3. Durchführung unserer Messungen

Wir führten an unserem Exkursionstag beide Verfahren durch. Für die Messung stand uns dabei das Gerät GeoTom zur Verfügung. GeoTom ermöglichte uns das automatische Messen der Widerstände im Untergrund durch die Stromelektroden.

Die Elektroden wurden dabei im Abstand (Spacing) von 4 m beim ersten bzw. 1 m beim zweiten Profil, in den Boden gesteckt.



Abb.18: GeoTom



Elektroden im Waldboden

Vor der Durchführung der Messung wurden die Kabel 196 m, vom Moorboden über einen Moränenwall drüber, bzw. 48 m, direkt im Moor, ausgelegt. Der Ort unserer Messung wurde dabei nicht einfach zufällig gewählt, sondern ist hinsichtlich geomorphologischer Faktoren gut bedacht. Unser Untersuchungsgebiet im Koppler Moor zeigt dabei hervorragend und somit sehr lehrreich Unterschiede im Untergrund auf.

Durch die gleichnamige Software GeoTom wurde die Datenaufnahme durchgeführt. Bei diesem Verfahren werden alle wichtigen Parameter (Anordnung und Anzahl der Elektroden, Abstand; revers oder nicht revers) automatisch von der Software beachtet. Dadurch werden die Widerstandswerte im Boden gemessen.

4.2. Datenauswertung

4.2.1. Aufbereitung der Rohdaten

Es wurde nun versucht die entstandenen Daten zu verwerten, um wichtige Informationen daraus gewinnen zu können. Die weitere Verarbeitung und eine genaue Auswertung der gewonnenen Daten ist unerlässlich.

Zuerst ist eine Bereinigung der Messwerte notwendig. Messdaten können nämlich durch defekte oder verunreinigte Elektroden verfälscht werden. Mithilfe der Software kann man solche Punkte aufspüren und durch interpolieren der umgebenden Werte des störenden Punktes bereinigen. Wenn alle Datensätze bereinigt sind, kann man die gewonnenen Messwerte weiter verwenden.

Um später unser Profil auch gut darstellen zu können, wurden mit dem Editor noch Informationen zur Topographie (Höhenangaben der einzelnen Elektroden) des Geländes hinzugegeben.

4.2.2. Vorwärtsmodellierung vs. Inversion (Res2DInv)

Die Daten die man bis jetzt hat, spiegeln die scheinbaren spezifischen Widerstände wieder. Es wurden die Daten zwar punktuell aufgenommen, es wird aber nicht der echte Wert des Widerstands am Messpunkt dargestellt. Grund dafür ist das Prinzip der Mittelwertbildung aus der gesamten Profillänge. Es wird nun ein Modell erzeugt, das die echten Widerstandswerte darstellt. Dafür muss die sich verändernde Sensitivität des Untergrundes bei zunehmender Messtiefe, also der größere Abstand zu den Elektroden an der Oberfläche, berücksichtigt werden.

Die gemessenen scheinbaren Widerstände werden dabei unter Berücksichtigung der Sensitivitätswerte auf ein Zellmuster rückprojiziert. Diese gesamte Durchführung machten wir mithilfe des Inversionsprogramms Res2DInv. So wird eine Vorwärtsmodellierung zur Berechnung eines theoretischen Leitfähigkeitsmodells iterativ durchgeführt. Die theoretischen Werte, die so entstehen, werden jetzt mit den gemessenen Werten verglichen und für Änderungen genutzt. Dies wird so lange wiederholt (iteriert) bis die Abweichung eine gewisse Genauigkeit erreicht hat.

4.2.3. Inversionsmethoden (smoothed vs. robuste Inversion)

Es gibt grundsätzlich zwei Methoden um ein Modell zu berechnen. Die smoothed (geglättet) Inversion und die robuste Inversion. Beide Methoden unterscheiden sich bei der Berechnung der Residuen. Bei der smoothed Inversion wird versucht die quadrierten Differenzen zwischen den gemessenen und berechneten Widerstandswerten zu verkleinern. Der ermittelte Wert wird als RMS error angegeben.

Bei der robusten Inversion werden hingegen die absoluten Differenzen verwendet. Dieser Wert wird hier dann als absolute error angegeben.

Bei den Ergebnissen führt dieser kleine Unterschied zu erheblichen Unterschieden. Durch eine Quadrierung der Differenzen bei der geglätteten Methode führt diese zu einer stärkeren Gewichtung von Ausreißerwerten bei der Berechnung. Bei der Darstellung entstehen so viel sanftere Übergänge. Die robuste Inversion hingegen führt mehr zu kantigeren Übergängen. Eine smoothed Inversion ist besonders geeignet für einen Untergrund der vermeintlich unklare Übergänge bei den unterschiedlich auftretenden Schichten aufweist. Bei der robusten Inversion hingegen sind die Darstellungen besonders gut, wenn die verschiedenen Bodenschichten besser zu unterscheiden sind.

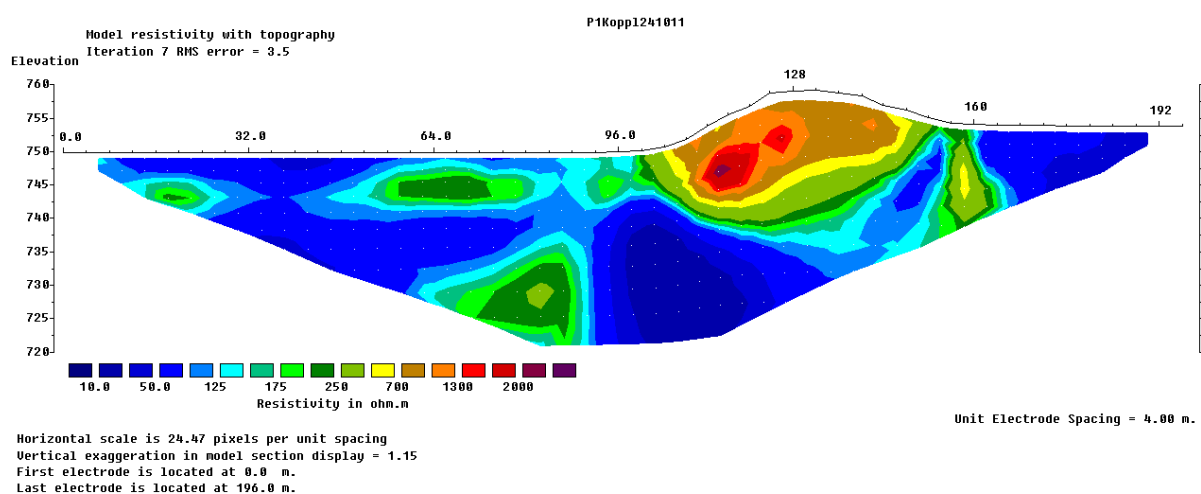


Abb.19: Wenner smoothed inversion Profil 1

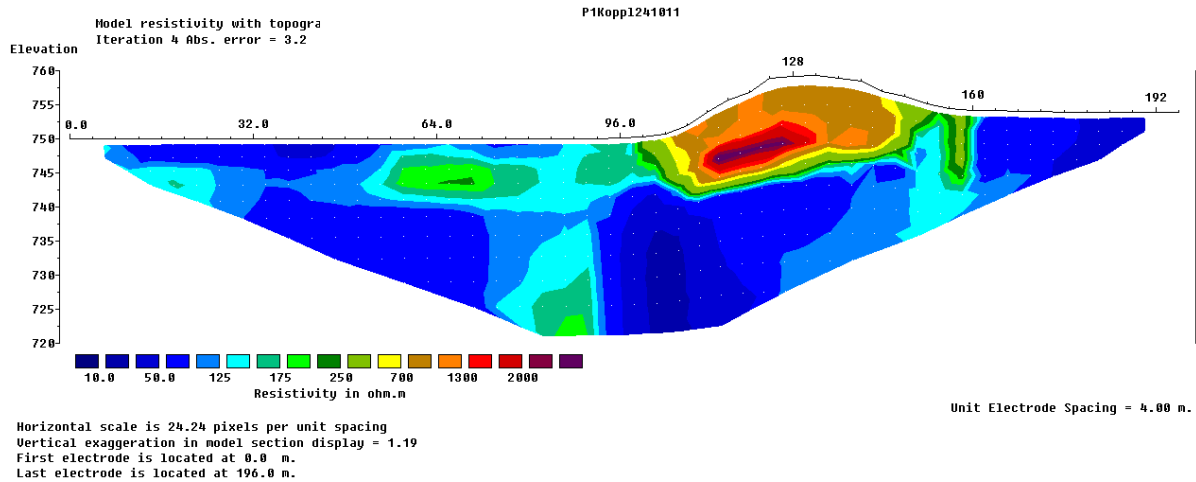


Abb.20: Wenner robust inversion Profil 1

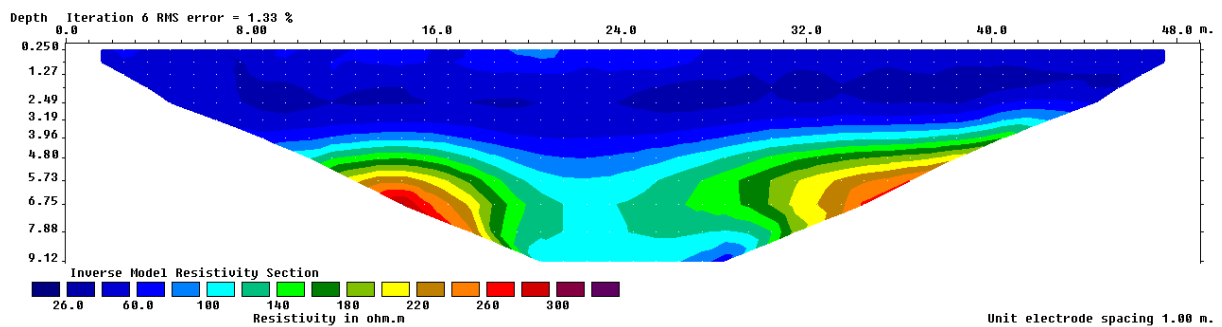


Abb.21: Schlumberger smoothed inversion Profil 2

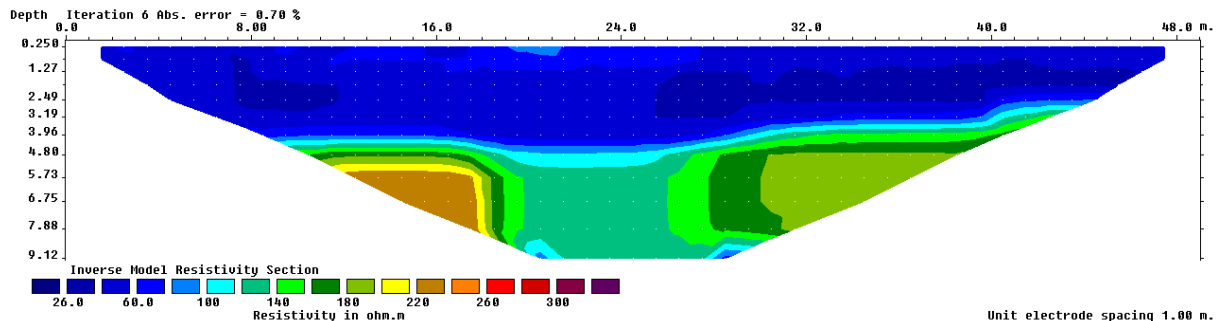


Abb.22: Schlumberger robust inversion Profil 2

4.3. Interpretation und Vergleich der Ergebnisse

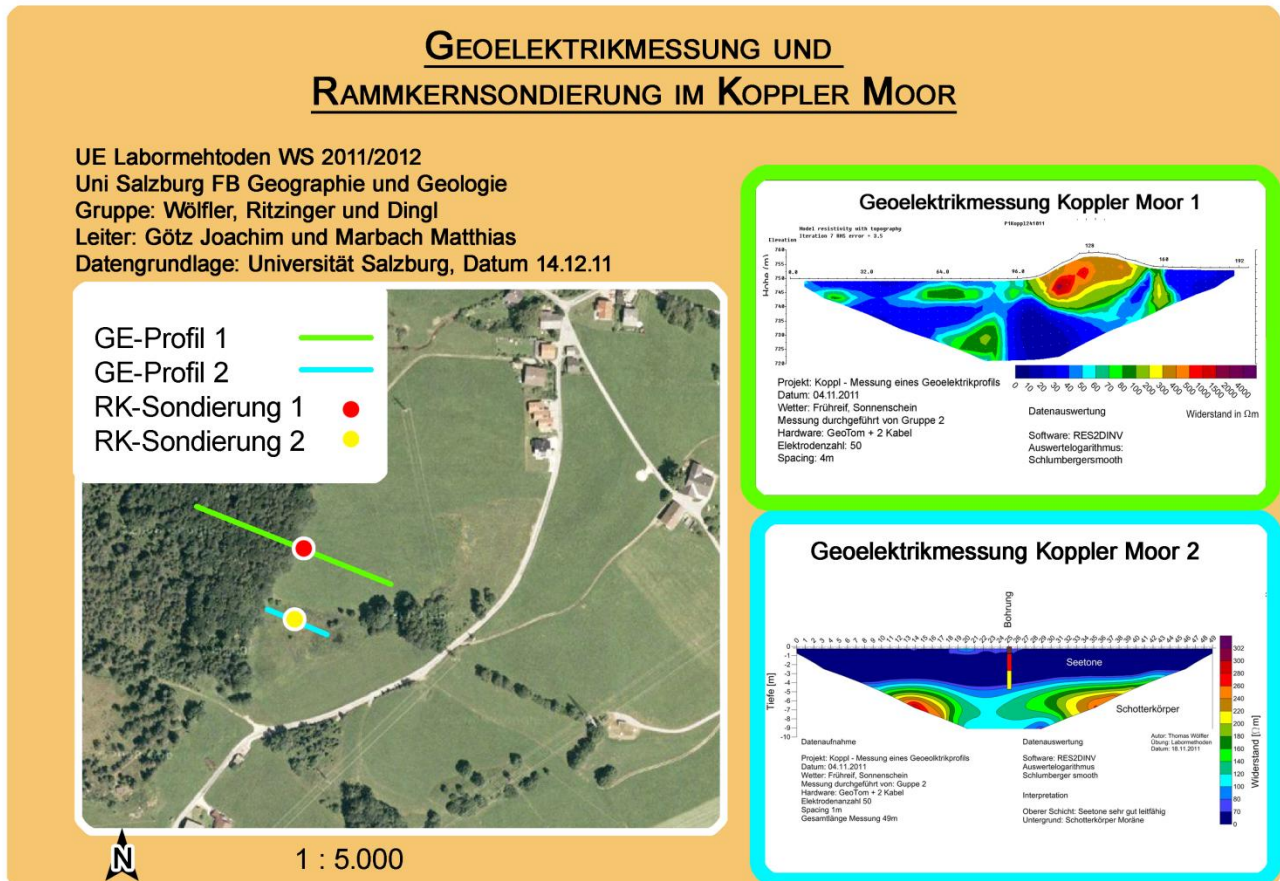
Durch die Verwendung von einer einheitlichen Skalierung der Legende können die Ergebnisse direkt miteinander verglichen werden. Wie unter Punkt 4.2.3. Inversionsmethoden bereits beschrieben wurde, sind die Übergänge bei der Verwendung der smoothed inversion gleichender bzw. geglätteter als bei der Verwendung der robust inversion. Die Skalierung wurde so gewählt, dass man alle Bereich darstellen kann. Möchte man das Ergebnis des Profil 1 im Bereich mit den hohen Widerstandswerten genauer betrachten, so wäre eine andere Skalierung sinnvoller. Vergleicht man die beiden Ergebnisse smoothed und robust von Profil 2, so sieht man die feinere Abstufung bei der Verwendung der smoothed inversion.

Allgemein kann man festhalten, dass die Ergebnisse den Erwartungen entsprochen haben. Im flachen Gebiet des Profil 2 sind die Widerstandswerte an der Oberfläche bis in eine Tiefe

von ca. 4 m sehr gering. Erst weiter im Untergrund treten höher Widerstandswerte auf, was auf festeres Gestein oder Fels hindeutet.

Im Profil 1 ist das Material der Moräne sehr gut erkennbar. Im flacheren Bereich ist der Untergrund nicht so homogen wie im Profil 2, aber die Widerstandswerte sind auch sehr gering.

5. Ergebniskarte mit der Lage der Sondierungen und der Goelektrik-Profile sowie einem integrierten „Surfer-Tomogramm“



6. Fazit

Diese Übung fanden wir sehr lehrreich. Es war sehr spannend zu sondieren und zu geoelektrifizieren. Das Wetter passte auch wirklich gut zur Stimmung der Truppe, es war strahlender Sonnenschein. Es war auch sehr hilfreich mal wirklich eine Moräne im Feld zu erkennen und dann anschließend zu analysieren. Die Arbeit im Labor war auch sehr spannend und Herr Marbach und Johannes konnten uns die Übungen sehr gut erklären. Es gab zwar einige Schwierigkeiten und Verwechslungen, die hoffentlich wieder gelöst werden konnten. Wir hoffen insgeheim, dass wir vielleicht auf einer Exkursion nochmal eine Sondierung machen dürfen. In unseren Augen gehört dieses Fach ausgeweitet und vielleicht sollte es mit Bodengeographie eine Einheit bilden, da wir zum ersten Mal eine Bodenprobe entnommen haben.

In unseren Augen war es leider nicht sehr hilfreich, mit dem Programm Surfer zu arbeiten. Es hat sich herausgestellt, dass das einfache „Nachklicken“ der Kommandos von Joachim nicht

sehr lehrreich und nachhaltig waren. Desweiteren bedauern wir, dass es am Anfang geheißen hat, der Bericht sei zum Ende des Semesters abzugeben, dass sich aber schlagartig verändert hat und somit lang geplante Urlaube und Nerven gekostet hat.

7. Literaturverzeichnis

UNIVERSITÄT KIEL (2009): Institut für Geowissenschaften: Prinzip geoelektrischer Gleichstrom-Messungen und Bestimmung des spezifischen Widerstandes. <<http://www.geophysik.uni-kiel.de/~sabine/DieErde/Werkzeuge/Geophysik/M4-Elektrik/3Widerstand/Prinzip-Widerstand.htm>> (Zugriff: 2011-12-28)

UNIVERSITÄT SALZBURG (2011): Fachbereich Geographie und Geologie. AG Geomorphologie (2007): Arbeitsanleitung Geoelektrische Widerstandsmessung.

WIKIPEDIA (2012): Geoelektrik. <<http://de.wikipedia.org/wiki/Geoelektrik>> (Zugriff: 2012-01-03)