

7.1.2011



UNIVERSITÄT
SALZBURG
WS
2010/11

UE LABORMETHODEN DER PHYSISCHEN
GRAPHIE – BERICHT GRUPPE 1/1



Maria Kirchner, Anneliese Hennecke, Helena Merschdorf, Julia Lauberger
| Gruppe 1/1

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung (Julia Lauberger)

1.1 Zweck und Ablauf der Übung

1.2 Direkte vs. indirekte Methoden der Untergrundserkundung

1.3 Untersuchungsgebiet

2. Rammkernsondierung – Laborprotokoll (Julia Lauberger & Helena Merschorf)

2.1 Allgemeine Beschreibung der Probenentnahme und Probenaufbereitung (Helena Merschorf)

2.2 Laborversuche

*2.2.1 Bestimmung des Trocken- bzw. Feuchtgewichts
(Helena Merschorf)*

*2.2.2 Bestimmung der Korngröße
(Helena Merschorf)*

*2.2.3 Bestimmung der Korngröße durch Siebung
(Helena Merschorf)*

*2.2.4 Bestimmung der Korngröße durch Pipettierung
(Helena Merschorf)*

*2.2.5 Bestimmung der organischen Substanz durch Glühverlust
(Helena Merschorf)*

*2.2.6 Bestimmung der Bodenfarbe
(Julia Lauberger)*

*2.2.7 Bestimmung des pH-Werts
(Julia Lauberger)*

*2.2.8 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit
(Julia Lauberger)*

*2.2.9 Bestimmung des Karbonatgehalts
(Julia Lauberger)*

2.2.10 Bohrprofil (Helena Merschorf & Julia Lauberger)

3. Datenauswertung 2D Geoelektrik/geoelektrische Tomographie (Maria Kirchner & Anneliese Hennecke)

*3.1 Messprinzip, Messmethodik, Datenaufnahme
(Anneliese Hennecke)*

*3.2 Beschreibung der Messungen; gewählte Messparameter
(Anneliese Hennecke)*

*3.3 Datenauswertung
(Maria Kirchner)*

3.3.1 Notwendigkeit (Maria Kirchner)

3.3.2 Rohdatenaufbereitung (Maria Kirchner)

*3.3.3 Vorwärtsmodellierung vs. Inversion (Res2DInv)
(Maria Kirchner)*

3.3.4 Inversionsmethoden (Maria Kirchner)

*3.4 Vergleich und Interpretation der Messergebnisse
(Maria Kirchner)*

4. Fazit (Helena Merschorf)

1. Einführung

1.1 Zweck und Ablauf

Im Rahmen der Übung Labormethoden der Physischen Geographie absolvierten die TeilnehmerInnen unter den Dozenten Mathias Marbach und Joachim Götz zunächst einen Tag im Gelände. Hier erfolgte die Aufnahme der Daten, welche später im Labor und am Computer analysiert und visualisiert werden sollten.

Die Aufnahme der Daten erfolgte im Koppler Moor nahe Salzburg. Teil der Veranstaltung war zum einen die Entnahme von Bodenproben mittels einer Rammkernbohrung und zum anderen die Aufnahme der scheinbaren Widerstände der Bodenschichten unter Zuhilfenahme der Geoelektrik.

Die TeilnehmerInnen teilten sich in zwei Gruppen auf, sodass jede(r) einzelne(r) aktiv an der Messung bzw. Bohrung teilhaben konnte. Am Vormittag begann eine Gruppe mit der Rammkernbohrung, die andere mit der Geoelektrikmessung. Am Nachmittag wurden die Gruppen jeweils getauscht. Vor jeder Bohrung bzw. Messung erfolgte eine kurze Einführung durch die Dozenten.

Nachdem die Proben und Ergebnisse gesammelt wurden, verbrachten die TeilnehmerInnen den zweiten Tag der Übung im Labor. Im Vorfeld sollten sie sich durch die Lektüre der ihnen zur Verfügung gestellten Unterlagen einen Überblick über die einzelnen Laborversuche verschaffen. Die Analyse der Bodenproben erfolgte über verschiedene Laborversuche, die im Rahmen dieses Berichts genauer erläutert werden.

Am dritten Veranstaltungstag fanden sich die TeilnehmerInnen in einem Computerraum der Universität Salzburg zusammen. Sie erstellten - ebenfalls unter Zuhilfenahme der Verfügung gestellten Unterlagen - ein virtuelles Profil der geoelektrischen Messungsergebnisse.

Am vierten Veranstaltungstag erfolgte die Visualisierung der Ergebnisse der Geoelektrik, außerdem wurde eine Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets angefertigt. Am Nachmittag des vierten Veranstaltungstags erhielten die TeilnehmerInnen schließlich noch nützliche Tipps zur Umsetzung ihrer Laborberichte.

Ziel dieser Übung war es, den TeilnehmerInnen einen Einblick in die Arbeitsweise der Physischen Geographie zu gewähren. Die Übung beleuchtete die vielfältigen Facetten der Physischen Geographie, wie die praktische Arbeit im Feld und im Labor, oder auch die digitale Analyse und Visualisierung von Proben am Computer.

Die StudentInnen sollten erste Erfahrungen in der praktischen Feldarbeit sammeln und sich mit den erforderlichen Methoden und Gerätschaften vertraut machen. Zu-

dem eröffnete diese Übung den TeilnehmerInnen die Möglichkeit, selbstständig in einem Labor zu arbeiten und sich dort eigenständig mit diversen Analysemethoden bzw. Versuchen vertraut zu machen. Darüber hinaus wurde den Mitwirkenden die Anwendung von virtuellen Analyse- und Visualisierungsmethoden näher gebracht.

1.2 Direkte vs. indirekte Methoden der Untergrundserkundung

In der Physischen Geographie gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten der Untergrundserkundung – die direkte und die indirekte.

Eine direkte Methode ist beispielsweise die punktuelle Analyse des Untergrunds mittels einer Rammkernsondierung. Eine Rammkernsondierung kann bis zu einer Tiefe von 10 Metern angewendet werden. Mit Hilfe einer benzinbetriebenen, hydraulischen Bohrvorrichtung werden verschieden lange Sonden in den Boden gerammt, um dem Untergrund Bodenproben zu entnehmen. Die einzelnen Schichten des Bodens befinden sich innerhalb der Sonden und können sowohl bereits vor Ort, als auch später im Labor untersucht werden.

Eine Indirekte Methode der Untergrunderkundung ist die flächige Untersuchung des Untergrunds über die Geoelektrik. Mit diesem Verfahren können die scheinbaren Widerstände der Bodenschichten auf lokal begrenzter (einige 100m) Ebene gemessen werden, auch dreidimensionale Darstellungen sind mit diesem Verfahren möglich. Verarbeitet man die Daten der Messung am Computer erhält man reelle Widerstände. Die verschiedenen Bestandteile des Bodens weisen spezifische Widerstände auf, sodass über dieses Verfahren beispielsweise Rückschlüsse auf den Wassergehalt des Bodens gezogen werden können.

Um exakte Rückschlüsse über die Beschaffenheit des Untergrunds zu ziehen müssen verschiedene Methoden der Untergrundserkundung kombiniert werden. Bevor man direkte und indirekte Methoden anwendet, sollte man sich mit die geologischen und geomorphologischen Voraussetzungen eines Gebiets vertraut machen. So kann bereits im Vorfeld ein grober Überblick über die Beschaffenheit des Untergrunds geschaffen werden. Diese Vermutungen versucht man im Anschluss daran durch die Anwendung und die Kombination von direkten und indirekten Analysemethoden zu bestätigen bzw. zu widerlegen.

In diesem Fall kann man davon ausgehen, dass die obere Schicht des Moores ein wassergesättigter, feinkörniger Körper mit Torfeinlagerungen bzw. organischem Material bildet. In den unteren Schichten sollte sich Moränenmaterial mit sämtlichen, unsortierten Korngrößen befinden (Geschiebemergel).

1.3 Untersuchungsgebiet

Die Feldanalyse fand in Koppl, einige Kilometer östlich der Stadt Salzburg, statt. Das eigentliche Untersuchungsgebiet – das Koppler Moor befindet sich westlich des Ortszentrums von Koppl.



Quelle: Google Earth

Das Koppler Hochmoor liegt am Fuße der nördlichen Kalkalpen. Dieses Gebiet stellt einen geomorphologischen Sonderfall dar. Hier treffen zwei Gletscheräste aus dem Würm-Glazial aufeinander. Die Äste entstanden durch das Umfließen des Gaisbergs, wobei der nördlichere Teil den Guggenthalast und der südlichere Ast den Wiestalast bildet. Der Wiestalast bahnte sich den üblichen Weg nach Norden, ins Alpenvorland – der Guggenthalast jedoch floss westlich um den Gaisberg herum und wurde wieder in südliche Richtung geleitet. Das Aufeinandertreffen der beiden Gletscheräste und deren Endmoränenwälle prägte als Folge eine besondere Landschaftsform heraus.

Das Koppler Moor entstand somit nach dem Ende der Eiszeit, als die Gletscherschmelze einsetzte und sich auf wasserundurchlässigen Schichten Stauwasser bilden konnte.

2. Rammkernsondierung – Laborprotokoll

2.1 Allgemeine Beschreibung der Probenentnahme und Probenaufbereitung:

Unsere Gruppe nahm an der zweiten Bohrprobenentnahme (BO2) in Koppl teil. Diese erfolgte mittels einer hydraulischen Bohrstation. Mit Hilfe dieser wurde eine Sonde aus Stahl in den Boden gerammt und dann samt Inhalt wieder an die Oberfläche gebracht. Die Bodenprobe befand sich nun in der Sonde, von wo aus wir die einzelnen Proben entnahmen zum späteren analysieren im Labor. Vor Ort wurde auch die Bodenhorizontabfolge notiert, sodass das Bohrprofil später mit der Software ProfilTec graphisch dargestellt werden kann.

Dieser Prozess wurde nun fünf Mal wiederholt sodass alle Gruppen die Gelegenheit hatten mitzuhelfen, hierbei wurde der Durchmesser der Sonden immer geringer und die entnommene Probe zunehmen Wasserhaltig.

Danach wurden die Proben im Labor bei 105° C über Nacht in den Trockenschrank gestellt, sodass diese auf ihr Trockengewicht reduziert wurden.

Tab. 1: Bodenhorizontabfolge:

Bodenhorizont	Länge (cm)
A	0 – 5
Bv	5 – 25
Bv ₂ D	25 – 35
D ₁	35 – 80
D ₂	80 – 125
D ₃	125 - 155
D ₄	155 - 159
D ₅	159 - 164

(Quelle: Eigener Entwurf)

2.2 Laborversuche

2.2.1 Bestimmung des Trocken- bzw. Feuchtgewichts

Erläuterung:

Damit verschiedene Bodenproben vergleichbar sind, beziehen sich alle Untersuchungsverfahren auf die Trockensubstanz des Bodens, da es sich nur bei der Trockensubstanz um eine reproduzierbare Größe handelt. Dies ist bedingt durch die natürlichen Unterschiede der Bodenfeuchtigkeit im Gelände. Eine luftgetrocknete Probe

(lutro) stellt hierbei keine klar definierbare Größe dar, weil diese noch immer Schwankungen des natürlichen Wassergehalts unterliegt. Es werden jedoch die meisten Untersuchungsverfahren mit luftgetrockneten Proben durchgeführt, da es durch Erhöhung der Temperatur zu chemischen Veränderungen kommen kann, was die Ergebnisse der Versuche beeinflussen könnte. Wir untersuchen im Folgenden allerdings die absolute Trockensubstanz des Bodens (atro) welche durch Wärmezufuhr erreicht wird.

Versuchsaufbau und Durchführung:

Zu Beginn wird der Porzellantiegel im trockenen Zustand gewogen, damit sein Gewicht nicht in die Berechnung mit einfließt. Es wird dann etwa 100g Boden auf der Analysewaage gewogen und im Porzellantiegel für 24 Stunden in den 105° C heißen Trockenofen gestellt, wodurch die Gewichtskonstanz erreicht werden soll. Da Wasser bei 100° C siedet, ist der Ofen auf 105° C eingestellt, sodass sämtliches Wasser verdunstet ist und die Trockensubstanz in reinem Zustand vorliegt. Sobald die Gewichtskonstante erreicht ist, wird der Boden im Exsikkator abgekühlt und erneut gewogen. Der Boden gilt in diesem Zustand als absolut trocken (atro).

Anmerkung:

Dieser Versuch wurde bereits vor der Laborübung durchgeführt, da im Rahmen der Übung aus Zeitgründen die benötigte Trockenzeit nicht eingehalten werden konnte.

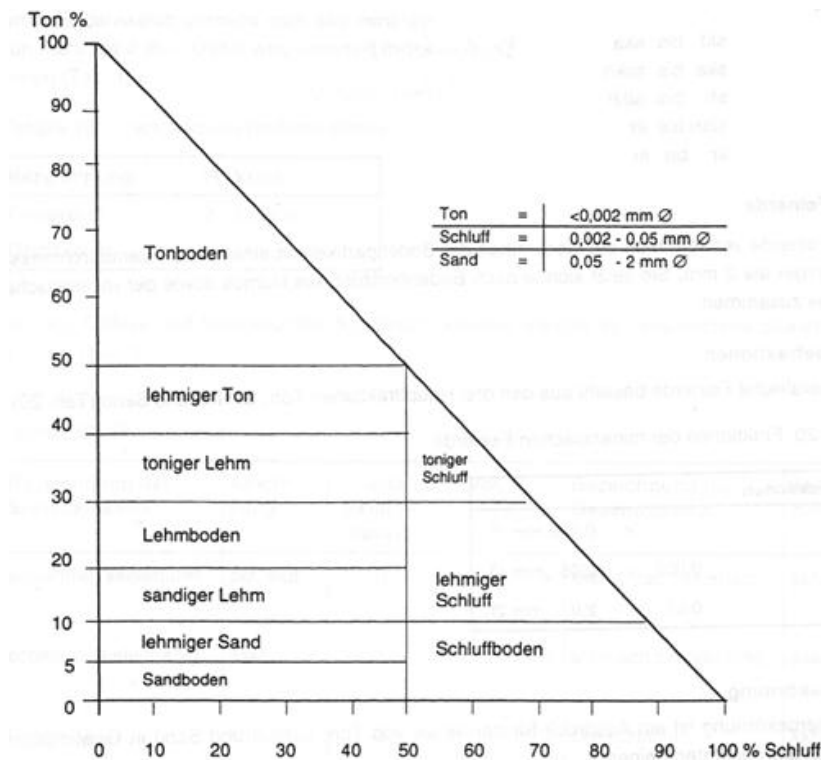
2.2.2 Bestimmung der Korngröße

Erläuterung:

Da Boden meist nicht als einzelne Körner, sondern viel mehr als Bodenaggregat vorliegt, ist es durch eine Korngrößenuntersuchung möglich, dass Bodenaggregat in seine einzelnen Bestandteile zu trennen. Hiermit lassen sich Aussagen über die ursprüngliche Zusammensetzung des Bodens machen. Dies erfolgt indem man die prozentuellen Anteile der einzelnen Bestandteile (Sand, Schluff und Ton) des Bodens ermittelt und dann mit Hilfe des Körnungsdreiecks (Abb.1) die Bodenart bestimmt.

Der Trennungsprozess der einzelnen Bodenbestandteile erfolgt durch zwei Methoden: die Siebanalyse und die Pipettiermethode. Im Rahmen der Siebanalyse werden die groben Bodenbestandteile (Skelettfraktion >2mm und Sandfraktion 2 – 0,063mm) durch mechanisches Sieben ermittelt. Die kleineren Partikel, im Korngrößenbereich von 0,063 – 0,002mm, werden durch die Pipettiermethode bestimmt, indem sie in Wasser gelöst werden und dann anhand von der Sinkgeschwindigkeit der verschiedenen Korngrößen getrennt werden können.

Abb. 1: Körnungsdreieck zur Bestimmung der Bodenart:



(Quelle: <http://www.gis.zh.ch/boka/Glossar/Glossar-Bodenkarte-Dateien/koernungsdreieck.gif>)

2.2.3 Bestimmung der Korngröße durch Siebung

Versuchsaufbau und Durchführung:

Als erstes wird die Bodenprobe in dem Verdunstungsgefäß gewogen, danach wird ihr Wasser zugeführt und sie wird mit dem Glasstab umgerührt. Nun werden die Siebe zusammengebaut, sodass das größte ganz oben und das feinste ganz unten angebracht ist. Zum Auffangen der ausgeschwemmten Probensubstanz wird unter den Abflussschlauch ein Becherglas gestellt. Nun wird der Boden in das oberste Sieb gefüllt und die Siebmaschine bei ca. 70 Hz unter Wasserzufuhr zwischen 15 und 40 Minuten gerüttelt (bei unserem Versuch waren es ca. 30 Minuten). Durch dieses Verfahren werden die Ton und Schluff Anteile (< 0,063mm Korngröße) komplett ausgeschwemmt und die größeren Korngrößen in den vier unterschiedlich groben Sieben getrennt. Nachdem der Siebvorgang beendet ist, werden die Rückstände aus den einzelnen Sieben entfernt und in Porzellanschalen bei 105° C im Trockenofen getrocknet. Anschließend werden die Proben in einem Exsikkator getrocknet und zuletzt auf 0,01g genau gewogen.

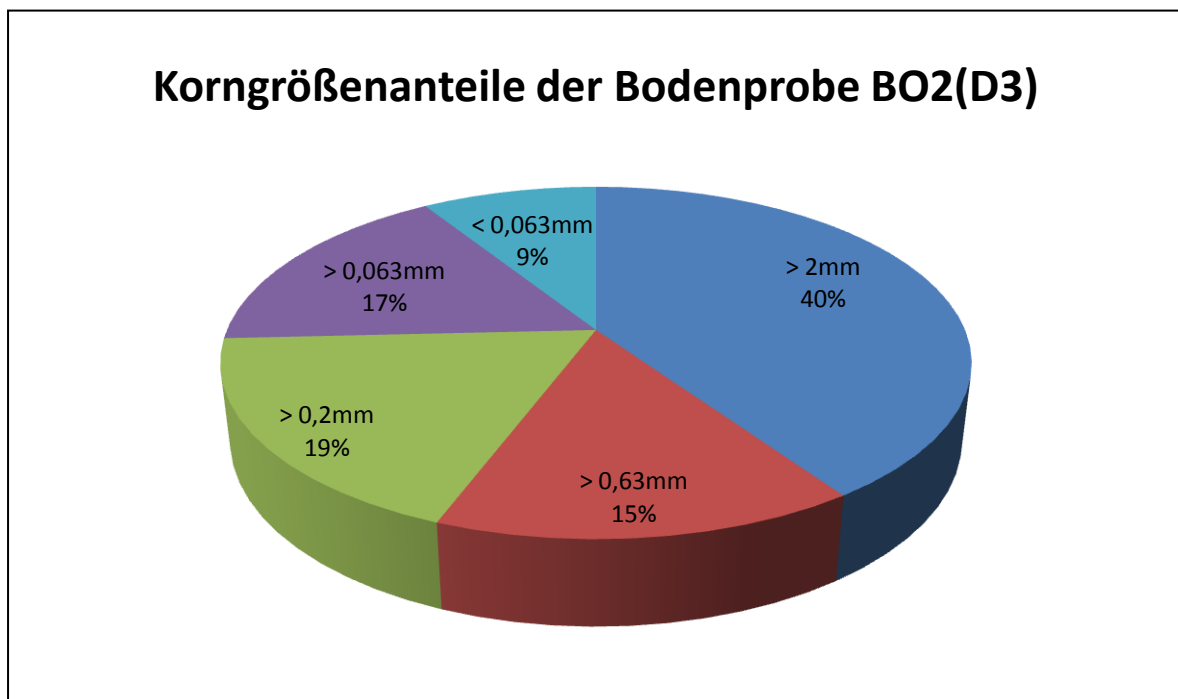
Ergebnisse:

Anfangsgewicht: 690,2g der Bodenprobe BO2 D3

1. $> 2\text{mm} = 278,8\text{g} = 40,39\%$
2. $> 0,63\text{mm} = 106,090\text{g} = 15,37\%$
3. $> 0,2\text{mm} = 127,3\text{g} = 18,44\%$
4. $> 0,063\text{mm} = 115,589\text{g} = 16,75\%$

Der verlorene Anteil beträgt 62,421g (9%), dies ist die Menge an ausgeschwemmter Substanz mit einer Korngröße kleiner als 0,063 (Ton und Schluff).

Auswertung und Berechnung:



(Quelle: Eigener Entwurf)

Diskussion:

Alle Korngrößen mit einem Durchmesser zwischen 2 und 63 Millimeter bezeichnet man als Kies. Da in diesem Fall 40 Prozent des Bodens eine Korngröße von über 2mm hat und gerade mal 9 Prozent ausgeschwemmt wurden, hat man es hier mit einer groben Bodensorte zu tun.

2.2.4 Bestimmung der Korngröße durch Pipettierung

Versuchsaufbau und Durchführung:

Vorbereitung:

Die Bodenprobe wird in einem Becherglas (1000 cm³) gewogen und anschließend wird ihr ca. 100ml 15 prozentige Wasserstoffperoxid-Lösung (H₂O₂) zugeführt, um organische Substanzen zu zerstören. Die Proben wurden über Nacht stehen gelassen und am nächsten Tag aufgekocht. Der abgekühlten Probe wurde dann zusammen mit 25 ml Dispergierungsmittel in 0,5 l Kunststoffflaschen gefüllt. Nun wurde der Probe 250 ml destilliertes Wasser zugeführt und sie wurde 4 – 6 Stunden maschinell geschüttelt. Dieser Teil des Versuchs wurde bereits vor unserem Laborversuch durchgeführt da die Zeit im Rahmen der Übung nicht vorhanden war dies zu machen.

Durchführung des Versuchs:

Die vorbereitete Probe (BO1(D1)) wurde in den Schlammzylinder überführt und mit destilliertem Wasser bis zu der Markierung am Zylinder aufgefüllt. Dann wurde die Temperatur gemessen und die Sedimentationszeiten anhand einer Tabelle bestimmt. Bei uns betrug die Temperatur 21° C. Nun wurde der Zylinder mit einem Stopfen versiegelt und gut geschüttelt, sodass sich das gesamte Lockermaterial mit dem Wasser vermischte. Als nächstes wurde der Zylinder in der Apparatur aufgestellt und die Stoppuhr gestartet. Zeitgleich entnahmen wir bereits die erste Probe bei 0 Sekunden in 10 cm Tiefe, um die Zusammensetzung der Gesamtheit zu bestimmen. Die zweite Probe folgte bereits bei 26 Sekunden in 10 cm Tiefe, anhand welcher der Grobschluffanteil bestimmt werden soll. Nach 4 Minuten und 32 Sekunden wurde in 10 cm Tiefe die dritte Probe entnommen. Diese dient dazu, den Mittelschluff Anteil zu ermitteln. Die vierte Probe, welche den Schluff Anteil bestimmen soll, entnahmen wir nach 45 Minuten und 46 Sekunden in 10 cm Tiefe. Die letzte Probe, anhand welcher man den Tonanteil ermitteln kann, wurde nach 3 Stunden und 47 Minuten in 5 cm Tiefe entnommen, da dies die kleinste Korngröße ist und die Tonpartikel somit am langsamsten sinken. Die jeweilige Probenentnahme erfolgte, indem die Pipette vorsichtig und ohne die Probe aufzuwirbeln, in den Zylinder eingeführt und bis zu der vorbestimmten Tiefe eingetaucht wurde. Hier entnahmen wir jeweils eine 20 ml Probe und ließen diese aus der Pipette in ein vorher gewogenes Gefäß ab. Nun wurde das Gefäß bei 105° C in den Trockenschrank gestellt und danach in dem Exsikkator abgekühlt. Danach wird die Probe auf einer Analysewaage auf 0,0001 g genau gewogen.

Ergebnisse:

Gesamt (nach 0sec) = 54,1320g - Schalengewicht (53,8451g) = 0,2869g

Grobschluff (nach 26sec) = 54,1220g - Schalengewicht (53,9456g) = 0,1764g

Mittelschluff (nach 4min 32sec) = 54,0667g - Schalengewicht (53,9404g) = 0,1263g

Schluff (nach 45min 46sec) = 97,172g - Schalengewicht (97,0775g) = 0,0945g

Ton (nach 3h 47min) = 103,606g - Schalengewicht (103,5776g) = 0,0284g

Auswertung und Berechnung:

„Entsprechend der jeweiligen Fallzeit können dann die weiteren Fraktionen bestimmt werden. Die Fallzeiten errechnen sich aus der Sedimentationsgeschwindigkeit und der zurückgelegten Strecke (Eintauchtiefe der Pipette)“ (Arbeitsunterlagen zur Übung Labormethoden 2010)

In der ersten Probe (Gesamtprobe) befinden sich Anteile aller Korngrößen. In der zweiten Probe, mit welcher man den Grobschluffanteil ermittelt, befinden sich noch Mittelschluff, Schluff und Ton. Um nun den Grobschluffanteil zu ermitteln subtrahiert man also die Gesamtprobe (A) von der Grobschluffprobe (B). Ebenso verfährt man mit den Proben (B – C) und (C – D). Der Tonanteil (E) entspricht der letzten Probe, da in dieser nur noch Ton vorhanden ist.

Die Anteile der Fraktionen werden folgendermaßen berechnet:

0,063 bis 0,020mm (Grobschluff) = A – B = 0,2869g - 0,1764g = 0,1105g

0,020 bis 0,006mm (Mittelschluff) = B – C = 0,1764g - 0,1263g = 0,0501g

0,006 bis 0,002mm (Feinschluff) = C – D = 0,1263g - 0,0945g = 0,0318g

<0,002mm (Ton) = E = 0,0284g

Da jeweils 20ml Proben entnommen wurden, multiplizierte ich die errechneten Werte nun mit 50, um die Relation zu der 1 Liter großen Gesamtprobe herzustellen.

Grobschluff = 0,1105g * 50 = 5,525g

Mittelschluff = 0,0501g * 50 = 2,505g

Feinschluff = 0,0318g * 50 = 1,59g

Ton = 0,0284g * 50 = 1,42g

Nun berechnete ich die relativen Anteile der einzelnen Korngrößen:

5,525g + 2,505g + 1,59g + 1,42g = 11,04g

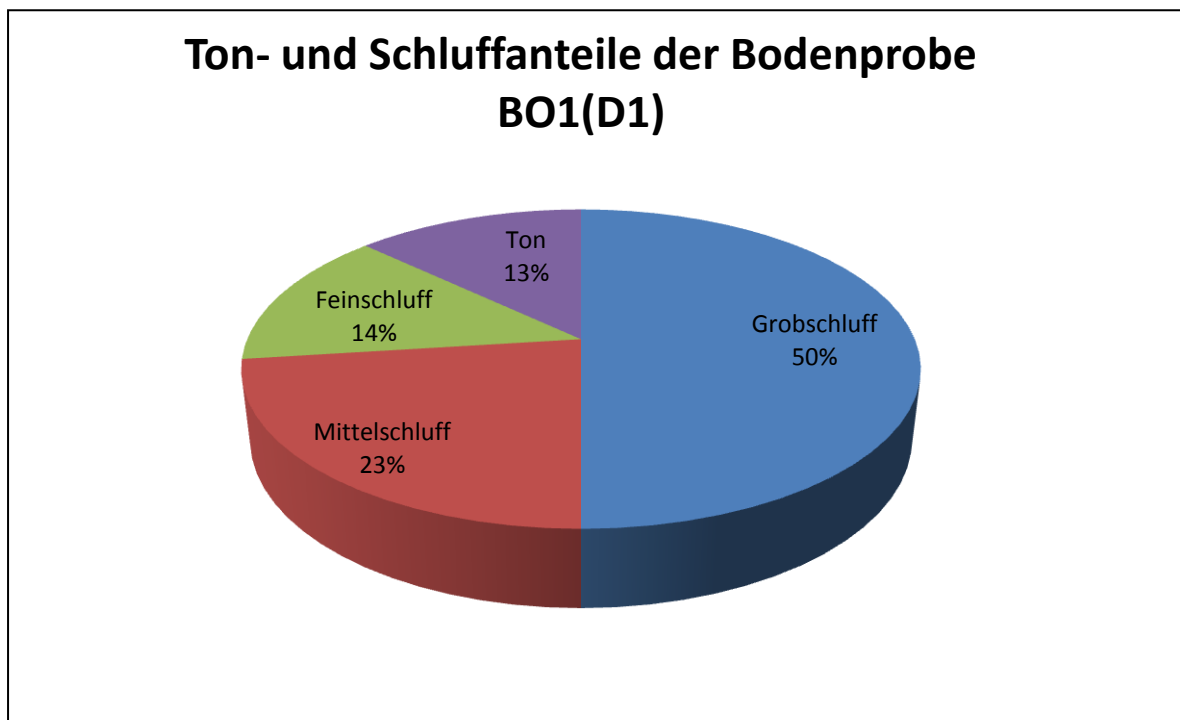
Grobschluff = $5,525\text{g} / 11,04\text{g} = 0,5004529 \rightarrow 50\%$

Mittelschluff = $2,505\text{g} / 11,04\text{g} = 0,2269022 \rightarrow 23\%$

Feinschluff = $1,59\text{g} / 11,04\text{g} = 0,1440217 \rightarrow 14\%$

Ton = $1,42\text{g} / 11,04\text{g} = 0,1286232 \rightarrow 13\%$

Anhand von dem Korngrößendreieck kann man erkennen, dass es sich hierbei um die Sedimentart „lehmiger Schluff“ handelt.



(Quelle: Eigener Entwurf)

Diskussion: D-Horizonte sind Untergrundhorizonte, sie sind charakteristisch grobkörnig da es sich hier größtenteils um anorganisches Material handelt welches nicht aus dem darüber liegenden Boden entstanden ist (Mitschrift Vegetations- und Bodengeographie). Aus diesem Grund war es zu erwarten, dass hauptsächlich grobe Korngrößen darin zu finden sind, dies hat sich in unseren Ergebnissen auch bestätigt mit 50% Grobschluffanteil.

2.2.5 Bestimmung der organischen Substanz durch Glühverlust

Erläuterung:

Der Humusgehalt eines Bodens unterliegt großen Schwankungen. Er ist von verschiedenen Faktoren abhängig, unter anderem vom Bodenhorizont, der Pflanzende-

cke, vom Klima, von der Bodenfeuchte und der Bodennutzung (Wikipedia). Zudem ist der Humusgehalt an der Bodenoberfläche am höchsten und nimmt mit größerer Tiefe rasch ab.

Europäische Böden enthalten in der Regel zwischen 2% und 8% Humus und sind dementsprechend heller oder dunkler gefärbt (Wiki). Aufgrund der Farbe des Bodens kann man jedoch nicht immer eine zuverlässige Aussage über den Humusanteil machen, da der Feuchtigkeitsgehalt die Farbe auch beeinflussen kann. Um eine genauere Aussage über den Anteil der organischen Substanz eines Bodens machen zu können, wird daher der Glühverlust des Bodens untersucht. Als organische Substanz wird die Gesamtheit der abgestorbenen Stoffe im Boden bezeichnet. Bei dem Vorgang des Glühverlusts werden durch hohe Temperaturzufuhr die organischen Substanzen der Bodenprobe verbrannt. Durch den Gewichtsverlust lässt sich auf den Anteil der verbrannten organischen Masse schließen.

Prognose: Da es sich bei dem Untersuchungsgebiet um ein Moor handelt kann man davon ausgehen, dass der Anteil an organischer Substanz im Boden hoch ist (Tab. 2). Zudem stammt unsere Probe (BO1 D2) aus der oberen Bodenschicht wo der größte Humusanteil zu erwarten ist.

Tab.2: Gehalt an organischer Substanz im Boden (SOM = soil organic matter):

Gehalt an SOM in Böden		
Böden	Bezeichnung	org. Substanz (g kg ⁻¹)
Auflagehorizont	Auflage	nahe 1000
Ackerböden	schwach humos	< 20
Grünlandböden	mäßig humos	20 - 40
Rendzinen, Schwarzerden	stark humos	40 - 100
Waldböden	stark humos	50 - 100
Anmoore	anmoorig	150 - 300
Moore	moorig	> 300
Hochmoore	moorig	nahe 1000

(Quelle: <http://www.google.de/search?q=organische+substanz+im+boden&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:de:official&client=firefox-a>)

Versuchsaufbau und Durchführung:

Der Versuch wurde mit 5g Trockensubstanz durchgeführt, welche vorher über Nacht bei 105° C im Trockenschrank getrocknet wurde.

Das Schalengewicht in unserem Versuch betrug 24,0563g. Wir füllten 4,9955g getrockneten Boden (entnommen von der Probe BO1 D2) in die Schale, sodass das Gewicht nun 29,0518g betrug. Die Probe wurde dann bei 430 – 450° C für eine Stunde im Muffelofen geblüht. Danach betrug das Gesamtgewicht 28,3843g. Wenn man dieses Gewicht von dem Anfangsgewicht abzieht, erhält man den Glühverlust

und somit die Menge an organischer Substanz welche vorhanden war. $29,0518 - 28,3843 = 0,6675\text{g}$

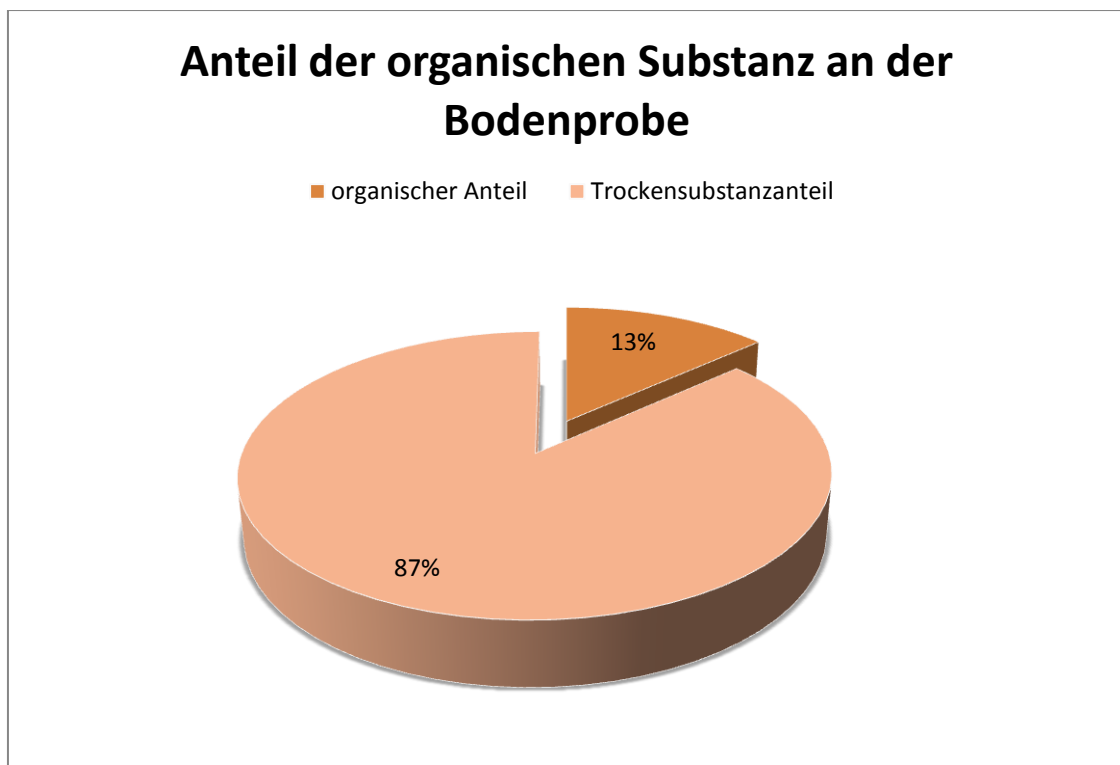
Auswertung / Berechnung:

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

$4,328 : 4,9955 = 0,866 \rightarrow 86,6\%$ Trockensubstanzgehalt

Glühverlust = Organische Substanz 13,4 %

Ergebnisse:



(Quelle: Eigener Entwurf)

Diskussion:

Da der Humusanteil von europäischen Böden in der Regel zwischen 2 und 8 Prozent liegt und unsere Probe ein 13 prozentigen Humusanteil aufweist, hat sich die Vermutung eines humosen Bodens bestätigt.

2.2.6 Bestimmung der Bodenfarbe

Als zusätzliche Vertiefung nahmen wir gegen Ende des Labortages noch eine farbliche Einteilung einiger untersuchter Bodenproben vor. Als Vorlage benutzten wir die

„Munsell Soil Color Chart“. Der Boden musste zur Farbbestimmung etwas angefeuchtet werden.

Bodenprobe	Farbton (Hue)
BO1 (D4.2)	5Y 6/3
BO1 (T3)	7.5 YR 1.7/1
BO2 (Bv)	10YR 2/3
BO2 (D3)	2.5Y 5/6

2.2.7 Bestimmung des pH-Werts

→ Geräte und Reagenzien:

- Präzisionswaage
- pH - Messinstrument
- Kunststoffbecher, 100 ml
- Vollpipette 25 ml
- Magnetrührer
- 0,01 M Calciumchlorid-Lösung
- Standardpufferlösungen
- **Verwendete Bodenprobe: BO2 (Bv)**

→ Erläuterung und Versuchsaufbau:

Der pH-Wert eines Bodens gibt Aufschluss über den Säuregehalt des Bodens. Je nach Höhe des pH-Werts ist ein Boden entweder sauer, neutral oder alkalisch. In einer pH-Wert-Messung wird die Konzentration der sich im Boden befindlichen Wasserstoffionen (H^+) festgestellt. (Vgl. Informationen zum Boden o.J.)

Zunächst wurden 10g der Bodenprobe BO2 (Bv) eingewogen und 25ml Calciumchlorid Lösung zugegeben. Anschließend wurde die Lösung 5 Minuten mit Hilfe eines Magnetrührers vermischt. Danach sollte die Probe 30 Minuten ruhen. Bevor die pH-Wert Messung erfolgen konnte, muss zum einen ein Eichwert mit Hilfe einer Pufferlösung ermittelt werden. Zum anderen muss die Lösung direkt vor der Messung erneut gut durchgemischt werden. Das Messgerät muss einige Sekunden in der Lösung verbleiben, bis sich der Wert stabilisiert hat.

Anmerkung: Grundsätzlich muss am pH-Wert Messgerät eine Temperaturkompensation eingestellt werden, was im Falle unseres Versuches bereits vorher geschah.

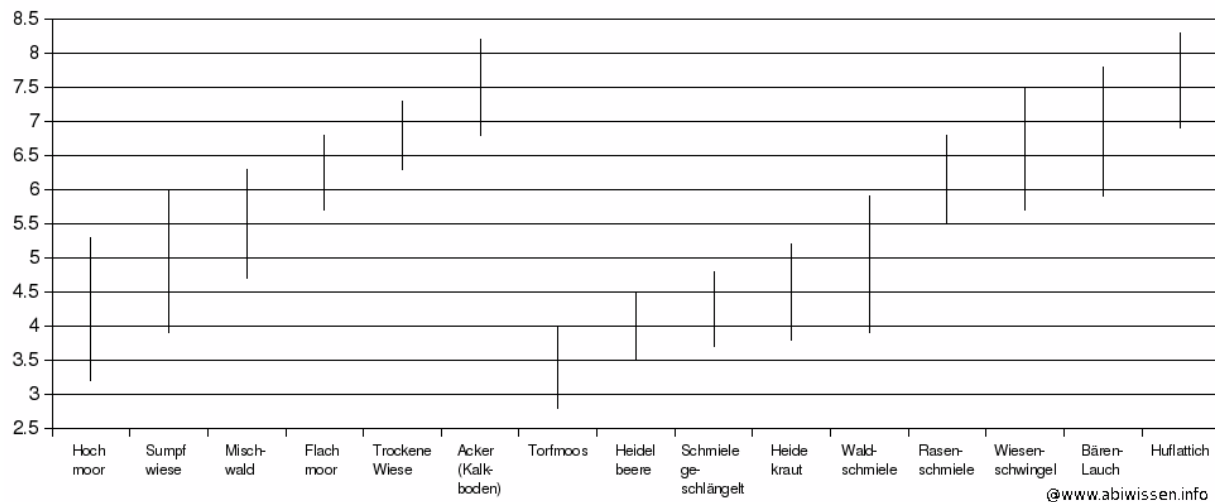
➔ Ergebnis und Diskussion:

7.0	neutral	7.0	neutral
6.9 – 6.0	schwach sauer	7.1 - 8.0	schwach alkalisch
5.9 – 5.0	mäßig sauer	8.1 - 9.0	mäßig alkalisch
4.9 – 4.0	stark sauer	9.1 -10.0	stark alkalisch
3.9 – 3.0	sehr stark sauer	10.1 -11.0	sehr stark alkalisch
<3.0	extrem sauer	> 11.0	3extrem alkalisch

Quelle: AG Boden 1994

Die Messung des pH-Wertes der Bodenprobe BO2 (Bv) ergab einen Wert von 6,52. Ein pH-Wert von 7 gilt als neutral. Gemäß der Tabelle aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung 1994 ist der Boden somit als schwach sauer zu charakterisieren.

pH-Werte von Boden und Pflanzen



Quelle: http://www.abiwissen.info/Bilder/ph_wert_boden.gif

Ein pH-Wert von 6,52 lässt vermuten, dass es sich im Falle unserer Bodenprobe um einen Flach- oder Niedermoorboden handelt. Diese Aussage steht im Widerspruch zur allgemeinen Annahme, dass das Koppler Moor ein Hochmoor sei. Laut dem Institut für Biologie und Umweltforschung der Universität Oldenburg sind Hochmoore eher sauer und weisen i.d.R. einen pH-Wert von weniger als 3,5 auf. Niedermoore hingegen tendieren eher in Richtung pH-Neutralität (pH-Wert > 4,5).

<http://www.hydrologie.uni-oldenburg.de/ein-bit/11822.html>

Der pH-Wert des Koppler Moores könnte möglicherweise durch Düngung bzw. die landwirtschaftliche Nutzung in dessen Umfeld beeinflusst werden. Zu berücksichtigen ist hier zudem, dass der pH-Wert des Bv-Horizontes untersucht wurde. Entsprechend

seiner Definition ist der Bv-Horizont saurer als der darunterliegende Horizont. (Vgl. www.geodz.com 2010)

Karbonat hebt den pH-Wert an - ein möglicher Erklärungsansatz für den hohen pH-Wert könnte demnach auch die Karbonatkonzentration sein, die möglicherweise aufgrund von Sedimentation (während hier ein Stausee existierte) schon im Bv-Horizont erhöht sein könnte.

2.2.8 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

→ Geräte und Reagenzien:

- Leitfähigkeits – Messgerät mit Messelektrode
- Magnetrührer
- Becherglas
- Aqua dest.
- **Verwendete Bodenprobe: BO2 (Bv)**

→ Erläuterung und Versuchsaufbau:

Die Leitfähigkeit eines Bodens ist ein Indikator für den im Boden vorhandenen Anteil an gelösten Salzen. Infolgedessen gibt die Leitfähigkeit ebenso Aufschluss über die Möglichkeit des Transports von Mineralstoffen durch Bodenwasser. (Vgl. Informationen zum Boden o.J.)

Bei einer Messung der Leitfähigkeit bewegen sich die aus dem Salz gelösten Anionen bzw. Kationen – je nach Art ihrer Ladung zur Anode bzw. Kathode des Messgeräts. Bevor die Leitfähigkeit gemessen werden kann, muss die Trockenprobe mit destilliertem Wasser verdünnt werden. Im Versuch wurden 10g luftgetrockneter Boden mit 50ml Aqua dest. verdünnt. Der Blindwert, also die Leitfähigkeit des destillierten Wassers wurde im Vorfeld unseres Versuches bereits gemessen. Mit Hilfe eines Magnetrührers wurde die Lösung 30 Minuten lang vermengt. Anschließend konnte mit Hilfe eines Messgeräts die Leitfähigkeit in μS bestimmt werden. Das Messgerät muss solange in die Lösung gehalten werden, bis sich der Wert auf der Anzeige des Geräts nicht mehr verändert. Je nach Wandergeschwindigkeit der gelösten Anionen und Kationen kann dies einige Minuten dauern.

→ Ergebnis und Diskussion:

Die von uns untersuchte Probe BO2 (Bv) ergab eine Leitfähigkeit von 182,4µS. Der Prozentuale Salzgehalt lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$\% \text{ Salzgehalt} = \mu\text{S} \cdot 0,32 / 100$$

Nach Einsetzen erhielten wir folgendes Ergebnis:

$$182,4 \mu\text{S} \cdot 0,32 / 100 = 0,58368\%$$

Der Salzgehalt des Bv-Horizonts ist mit 0,6% niedrig. Das Koppler Hochmoor erlangt seinen Salzgehalt vor allem durch Niederschlagswasser. Die Salzkonzentration könnte im D-Horizont etwas höher sein, da dort durch Auswaschung evtl. Salze ausgefällt werden und sich dort mineralhaltiger Geschiebemergel.

2.2.9 Bestimmung des Karbonatgehalts

→ Geräte und Reagenzien:

- Scheibler Apparatur
- Analysenwaage
- Uhrglasschälchen
- Aqua dest.
- HCL-Lösung (15%ige Salzsäure)
- KCL-Lösung
- **Verwendete Bodenprobe: BO2 (D3)**

→ Erläuterung und Versuchsaufbau:

Zunächst erfolgt ein Vortest zur Abschätzung des Karbonatgehalts in einer Bodenprobe. Ist in der Bodenprobe Karbonat vorhanden, reagiert es mit der Salzsäure und es wird Calciumchlorid, Wasser, sowie Kohlenstoffdioxid gebildet. Diese Reaktion geht mit Blasenbildung bzw. mit einer Aufschäumung einher – je stärker die Aufschäumung ist, desto mehr Karbonat ist in der Bodenprobe vorhanden. Der erste Versuch mit der Bodenprobe BO2 (D1) verlief ergebnislos bzw. ohne Reaktion, sodass wir uns für eine andere Probe entschieden – Probe S6 (BO2 (D3)). Der Vortest rief bei dieser Probe eine starke Reaktion hervor – somit lässt sich auf einen Karbonatgehalt von mehr als 10% schließen.

Nach der Auswahl einer geeigneten Bodenprobe über den Vortest, wird die Bodenprobe einer Scheibler Apparatur zugeführt. Über eine Scheibler Apparatur wird das Volumen des bei der Reaktion von Karbonat und HCL-Lösung freigesetzten CO_2 gemessen und daraus der prozentuale Gehalt an Karbonat berechnet. Das Volumen des CO_2 wird mit Hilfe der beiden Büretten gemessen. Bevor mit einer Messung begonnen werden kann, muss das in den Büretten befindliche Wasser durch das Betätigen einer Pumpe auf das gleiche Niveau gebracht werden. Eine Bürette ist mit einer Skala versehen, deren Nullpunkt das Wasserniveau zu Beginn der Messung darstellen sollte.

Bevor der Karbonatgehalt der Bodenprobe gemessen werden kann, muss jedoch zunächst eine Messung des CO_2 -Volumens einer reinen Karbonatlösung erfolgen und die Apparatur demnach geeicht werden. Man erhält das Volumen des CO_2 , welches bei der Reaktion von reinem Karbonat mit 15%iger Salzsäure freigesetzt wird. Zur späteren Ermittlung des prozentualen Karbonatgehalts muss die exakte Menge der Karbonatlösung notiert werden. Im Rahmen unseres Versuches verwendeten wir 0,1196g Karbonat. Ein ausgeglichener Wasserspiegel ergab sich in unserem Versuch bei 30ml.

Im Anschluss daran wird ein Teil der Bodenprobe (0,2273g gemahlene Trockenprobe der Probe S6) in einer Schale fein gemörsert, mit ca. 20ml destilliertem Wasser verdünnt und gewogen. Vorher sollte das Gewicht der Schale ohne Einwaage notiert werden (406,2g). Die Bodenprobe wird nun in einen Erlenmeyerkolben gegeben. In diesem Erlenmeyerkolben befindet sich neben der Bodenprobe noch ein kleineres Gefäß mit einer Öffnung – hier gibt man die Salzsäure hinein und befestigt es zusammen mit einem Stopfen und verschießt den Erlenmeyerkolben dicht. (Anmerkung: Es muss stets darauf geachtet werden, dass die Regler der Scheibler Apparatur richtig ausgerichtet sind)

Nun kippt man durch Schwenken nach und nach etwas Salzsäure durch die Öffnung des kleinen Gefäßes innerhalb des Erlenmeyerkolbens, sodass sie mit der Bodenprobe in Kontakt tritt. Die Reaktion führt nun, wie gesagt, zur Freisetzung von CO_2 . Über eine Leitung wird das freigesetzte CO_2 einem Ballon zugeführt, der sich als Folge ausdehnt und zu einem Ungleichgewicht des Wasserspiegels in den beiden Büretten führt. Dieser muss mit einem Hahn ständig ausgeglichen werden. Es wird nun der Bodenprobe solange Salzsäure zugeführt, bis sich am Niveau des Wasserspiegels nichts mehr ändert. Der erreichte Wert des CO_2 Volumens wird nun von der Skala innerhalb der Bürette abgelesen. Im Rahmen unseres Versuches wurde bei 36ml ein Gleichstand der Wasserspiegel in den Büretten erreicht.

Berechnung des Karbonatgehalts (CaCO_3) in der Bodenprobe:

Mit folgender Formel lässt sich der prozentuale Gehalt an Karbonat in der Bodenprobe berechnen:

$$\text{CaCO}_3 = \frac{\text{CaCO}_3[\text{Eichung in g}] * \text{CO}_2[\text{Boden in ml}] * 100\%}{\text{CO}_2[\text{Eichung in ml} * \text{Bodeneinwaage[in g}]}$$

$$\rightarrow = \frac{0,1196 * 36 * 100}{30 * 0,2773} = 51,7562207$$

(Als rechnerische Alternative zur Berechnung des prozentualen Karbonatanteils in einer Bodenprobe lässt sich ebenfalls folgende Formel heranziehen – hier werden zusätzlich das Maß der Luftfeuchtigkeit in hPa und die Raumtemperatur in °C mit einbezogen. Es müssen dementsprechend Werte aus einer Tabelle mit in die Berechnung einfließen.)

$$\text{CaCO}_3 = \frac{\text{mlCO}_2\text{C} * \text{Tabellenwert} * 2,274 * 100\%}{\text{Einwaage}}$$

$$\rightarrow = \frac{36 * 1,835 * 2,274 * 100}{0,2773} = 54,17$$

→ Ergebnis und Diskussion:

Gemäß obiger Berechnung ergibt sich ein prozentualer Karbonatanteil von ca. 52% in der Bodenprobe S6 (BO2 D3). Laut der Tabelle der AG Boden aus dem Jahr 1994 ist die Bodenprobe somit als extrem karbonatreich einzustufen.

Karbonatgehalt in Masse - %	Bezeichnung
0	carbonatfrei
< 0,5	sehr carbonatarm
0,5-2	carbonatarm
2-10	carbonathaltig
2-4	schwach carbonathaltig
4-7	mittel carbonathaltig
7-10	stark carbonathaltig
10-25	carbonatreich
25-50	sehr carbonatreich
> 50	extrem carbonatreich

Quelle: AG Boden 1994

Das Koppler Moor befindet sich am Fuße der nördlichen Kalkalpen – Moränen bzw. Gletscheräste transportierten Gesteinsmassen, die sich im Bereich des Ausgangsgletschers befanden in Richtung Voralpenland. Dieses Geschiebe bildet den D-Horizont des Bodenprofils. Es beinhaltet unsortierte Gesteinsbestandteile von sehr groben, ungeschliffenen Gesteinen, bis zu feinen Bestandteilen, die besonders in diesem Fall einen hohen Kalkgehalt aufweisen. Der D-Horizont besteht laut Definition aus anorganischem Material, das nicht für die Entstehung des darüberliegenden Bodens verantwortlich ist.

Das wasserundurchlässige bzw. -stauende Geschiebe der Moräne bildet hier folglich nur die Basis für die Bildung des Moors, da sich beim Rückgang der Gletscher Stauwasser bilden konnte. Erst dadurch konnte ein feuchtes Bodenregime entstehen, das für die Bildung eines Moores Voraussetzung ist. Der hohe Karbonatgehalt der Bodenprobe resultiert aus dem von der Moräne transportierten Ausgangsgestein für das Moor.

Anmerkung: Das Moor selbst ist trotz der hohen Karbonatkonzentrationen im Untergrund kein Kalkmoor, da zum einen das Ausgangsgestein keinen Einfluss auf die Bildung des Moores hatten und zum anderen höher gelegene Bodenschichten im Vortest für eine Untersuchung mit der Scheibler Apparatur keine Reaktion auf die Zugabe von Salzsäure zeigten.

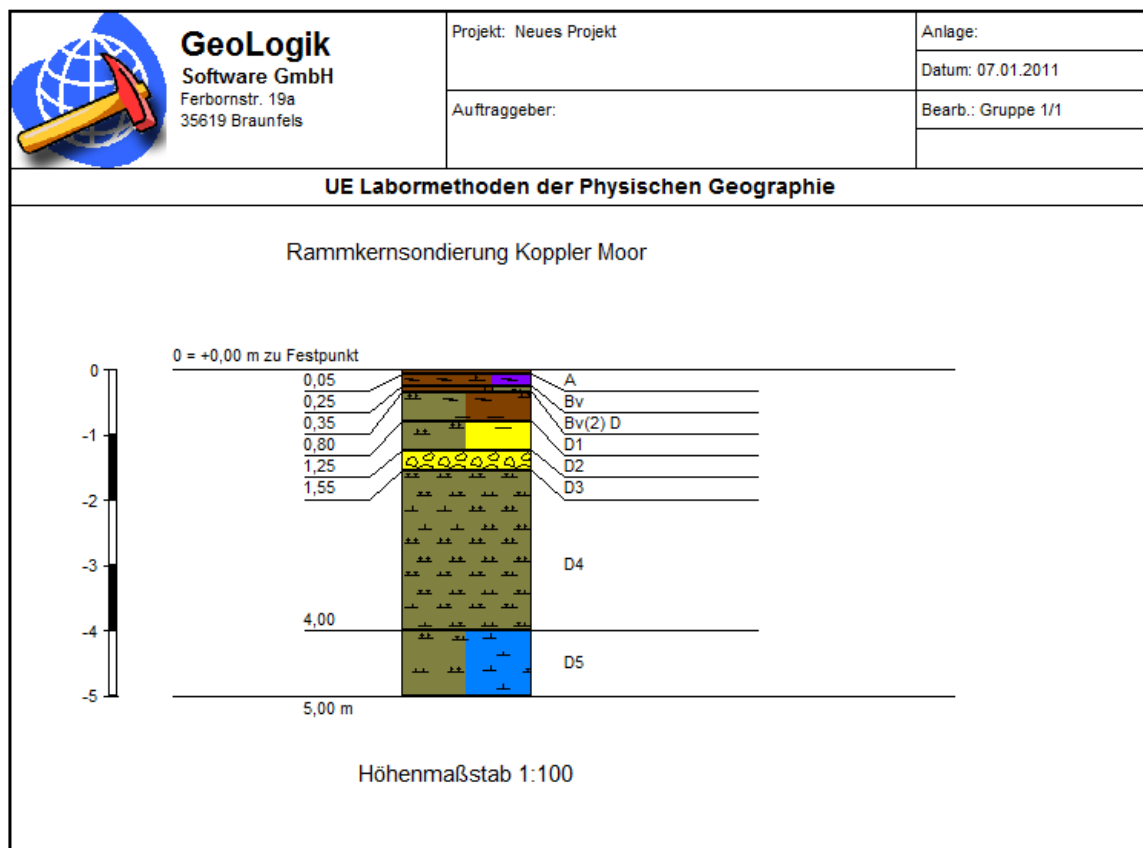
Ferner lässt sich aus folgender Formel der anorganische Kohlenstoffgehalt berechnen:

$$C\text{-Gehalt} = \frac{\% \text{CaCO}_3}{8,333}$$

$$= \frac{51,7562207}{8,333} = 6,210994923796952$$

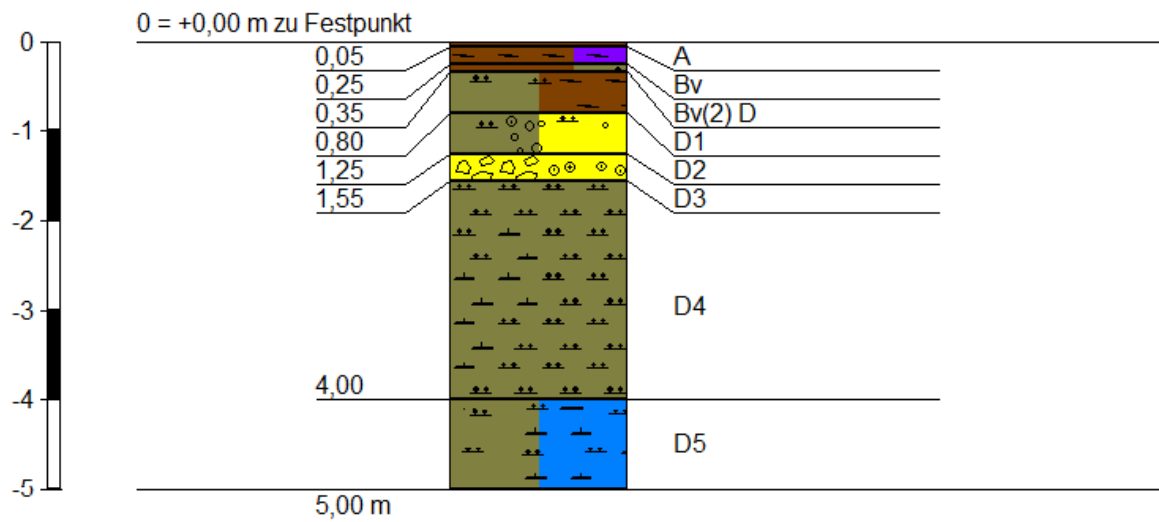
Der ca. 6%ige Gehalt an anorganischem Kohlenstoff resultiert aus dem Kalkgehalt des Bodens. Anorganischer Kohlenstoff kommt vor allem in kalkhaltigen Böden oder in Böden mit erhöhtem CO₂-Gehalt vor. (Vgl. www.geodz.com 2010)

2.2.10 Bohrprofil



Nahansicht Bohrprofil:











Rammkernsondierung Koppler Moor



Höhenmaßstab 1:100

Legende:

Boden- und Felsarten

	Torf, H, torfig, h		Mudde, F, organische Beimengungen, o
	Steine, X, steinig, x		Grobkies, gG, grobkiesig, gg
	Feinkies, fG, feinkiesig, fg		Kies, G, kiesig, g
	Schluffstein, Ust, schluffig, u		Mergelstein, Mst
	Schluff, U, schluffig, u		Ton, T, tonig, t

Korngrößenbereich
 f - fein
 m - mittel
 g - grob

Nebenanteile
 ' - schwach (<15%)
 - - stark (30-40%)

Schichtentabelle mit kurzen Erläuterungen:

Tiefe [m]	Beschreibung	Bemerkungen	Beschaffenheit nach Bohrgut	Beschaffenheit nach Bohrfortschritt	Farbe
1	0,05	A	hauptsächlich Humus, also organ. Material	bröckelig	braunschwarz
2	0,25	Bv	starke Durchmischung (noch durchwurzelt,	breiig	braun
3	0,35	Bv(2) D	Übergangshorizont		braungrau
4	0,8	D1			gelbgrau
5	1,25	D2			grau
6	1,55	D3	kalkhaltiger, unsortierter Kies mit einem Steinanteil von <40%		graublau
7	4	D4	teilweise mit oxidierten Fe bis Einschlüssen (leichte blaufärbung),		
8	5	D5	kalkhaltiger Schluff mit unsortiertem Geschiebe		

Anmerkung zum Bohrprofil:

Unser Bohrprofil beruht, aufgrund nichtvorhandener Daten im Diskussionsforum, lediglich auf dem von uns durchgeführten Versuch zur BO2, sowie auf den ersten Einschätzungen und den gemachten Fotos vor Ort. Sind alle Daten vorhanden, würden wir gerne das Bohrprofil nachreichen.

3. Datenauswertung 2D Geoelektrik/geoelektrische Tomographie (Maria Kirchner & Anneliese Hennecke)

3.1 Messprinzip, Messmethodik, Datenaufnahme

Die geoelektrischen Methoden messen die Widerstandsfähigkeit eines Bodens. Strom wird in die im Boden gesteckten Elektroden gesendet und mit anderen wieder gemessen. Durch die Abweichung zwischen gesendetem und gemessenem Strom ergibt sich die Widerstandsfähigkeit des Bodens. Jedes Gestein weist eine bestimmte Leitfähigkeit bzw. Widerstandsfähigkeit auf. Diese werden mit den gemessenen Daten verglichen. Als besonders leitfähig gelten Erz und Graphit sowie nasse Böden. Hingegen sind gesteinsbildende Mineralien, wie Quarz oder Dolomit, sehr widerstandsfähig. Ton ist wegen des Kationaustausches an seiner Grenzflächen leitfähig.

Wenn man eine Geländemessung macht, soll zunächst verifiziert werden, dass alle benötigten Komponenten funktionieren. Alle Komponenten sind vorsichtig zu behandeln.



Das benötigte Material: GeoTom, Kabel, Verlängerungskabeln, Computer, Elektroden, Erdungselektrode und -kabel.

Vor der Messung, soll man sich durch Karten über das Gelände informieren. Es ist besonderes darauf zu achten, dass keine stromführenden Objekte oder Leitungen stören oder eine Gefahr bringen können. Das Profil wird dann sinnvoll festgelegt und seine Länge gemessen. Mit dieser Messung kann man den Abstand zwischen den Edelstahl Elektroden bestimmen. Sie sollen regelmäßig auf einer Linie verteilt werden und in derselben Tiefe gesteckt sein.



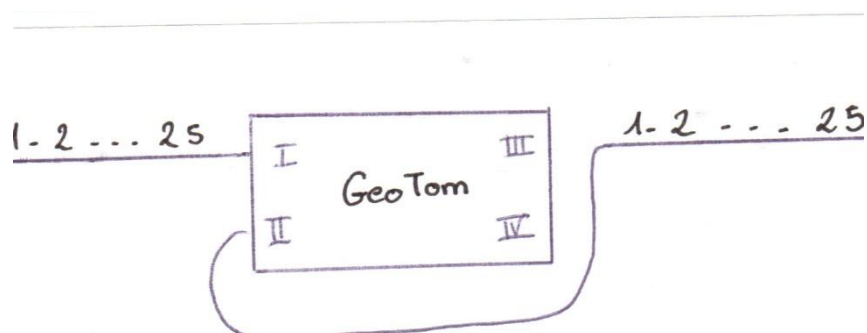
Wichtig ist, dass die Elektroden eine Gerade bilden.

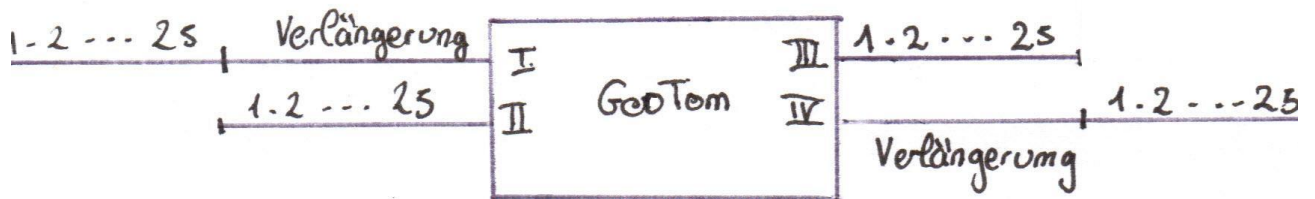
Die Koordinaten der Endpunkte werden mit einem GPS gemessen. Die Elektroden werden mit Hilfe eines Kabels verbunden. Auf diesem befinden sich alle 4m insgesamt 25 nummerierte Anschlüsse. Die Kabeln, 4 Maximum, werden mit einem 25 Pol Stecker an einen GeoTom angeschlossen. Es können also bis zu 100 Elektroden auf einem Profil benutzt werden. Die maximale Profillänge ist 400m.



Der GeoTom

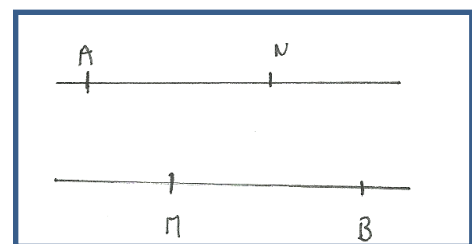
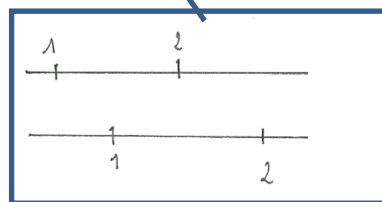
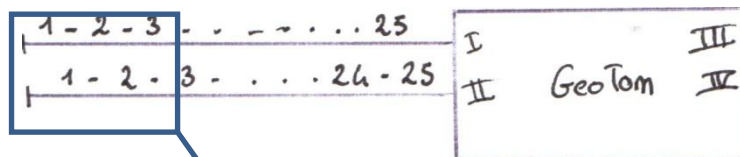
Die Kabel können sequentiell oder parallel gelegt werden. Eine Konfiguration ist sequentiell, wenn auf alle Anschlüsse ein anderer Teil des Profils gemessen wird. Um die Profillänge zu maximieren, können Verlängerungskabeln benutzt werden.





Zwei Beispiele von sequentiellen Konfigurationen. Oben mit 50 Elektroden, ohne Verlängerungskabel; unten mit Verlängerung und 100 Elektroden.

Ein Profil ist parallel konfiguriert, wenn mehrere Kabel den selben Teil des Profils messen. Die Elektroden werden gegeneinander versetzt gesteckt.

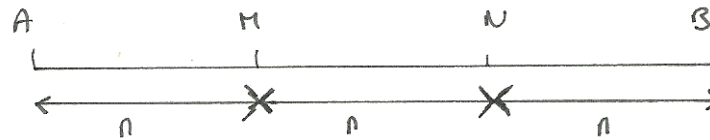


Der GeoTom soll auf einer flachen und trockenen Fläche in die Mitte des Profils gestellt werden. Er wird vor dem Einschalten mit einer Erdungselektrode verbunden. Die Stromsignale werden von diesem ermittelt und wieder empfangen. Das Gerät ist mit einem Laptop verbunden. Die Software GeoTom interpretiert die Daten und ergibt ein Geländemodell.

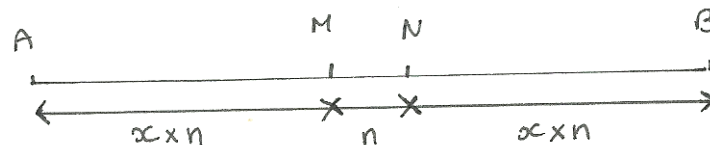
Das Messprinzip ist relativ einfach. Zwei Elektroden A und B speisen Strom ein. Zwei anderen (M und N) messen den Spannungsabfall. Die Tiefe, die untersucht werden kann, hängt mit der Profillänge zusammen. Je länger ein Profil ist, desto größer ist die Eindringtiefe. Sie entspricht etwa einem Sechstel der Profillänge.

Wir haben in der Übung „Labormethoden in der physischen Geographie“ mit 2 Messkonfigurationen gearbeitet: Wenner und Schlumberger.

Bei der Ersten, der Wenner'schen Methode, haben die vier Elektroden, Mess- und Speiseelektroden, den gleichen Abstand.

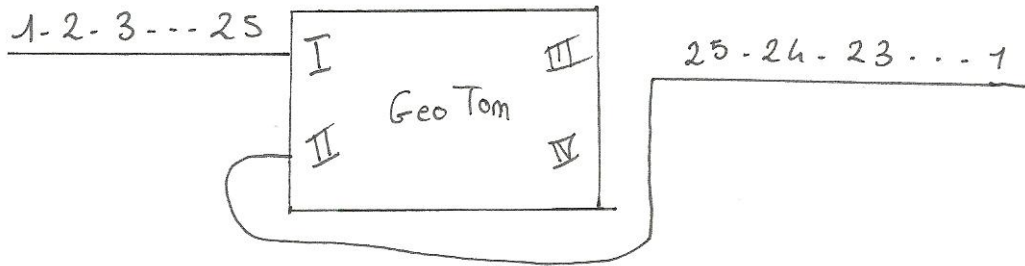


Bei der Schlumberger'schen Methode, kann der Abstand zwischen den Speiseelektroden n mal so groß wie der Abstand zwischen den Messelektroden sein. Nur der Abstand zwischen den Messpunkten M und N muss immer gleich bleiben.



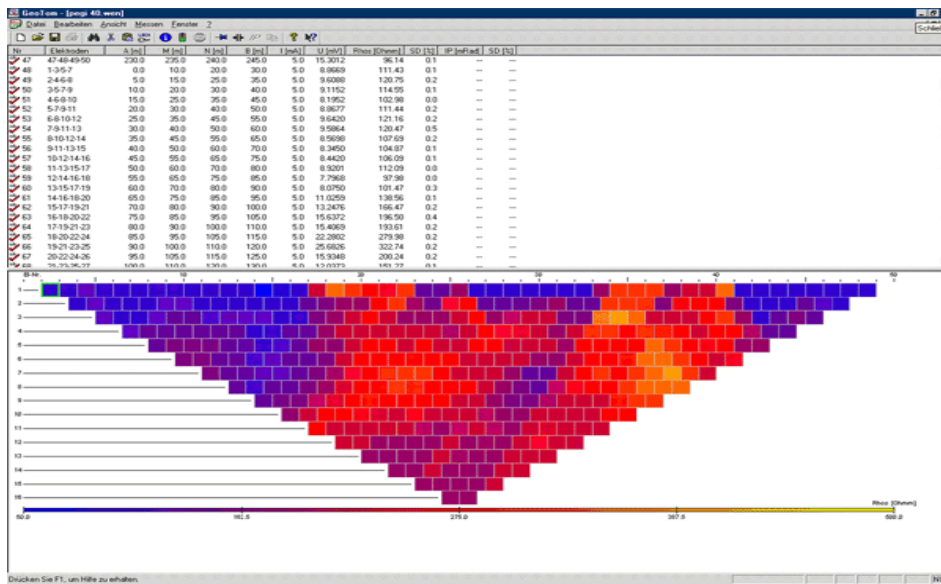
Die Software interpretiert also die gemessenen Spannungsabfälle. Bei der Öffnung der Software ist das Messverfahren einzugeben. Die Konfiguration soll auch beschrieben werden. Der Elektrodenabstand; die Anzahl der Elektroden; die Position der Ersten Elektrode; die maximale und minimale Tiefe und ob eine Induzierte Messung oder eine Rückmessung gewünscht ist, sollen eingegeben werden.

In den Optionen muss man die Kabelordnung: sequentiell oder parallel, und die Richtung der Kabeln eingeben. Die Richtung entspricht, ob die Elektroden vom Geotom an von 1 bis 25 nummeriert werden sollen: normal, oder vom 25 bis 1: revers.



Anschluss I: normale Messung, Anschluss II: reverse Messung.

Bei der Messung ergibt sich ein derartiges Ergebnis:



Eine Farbskala von blau bis gelb stellt die Widerstandsfähigkeit dar.

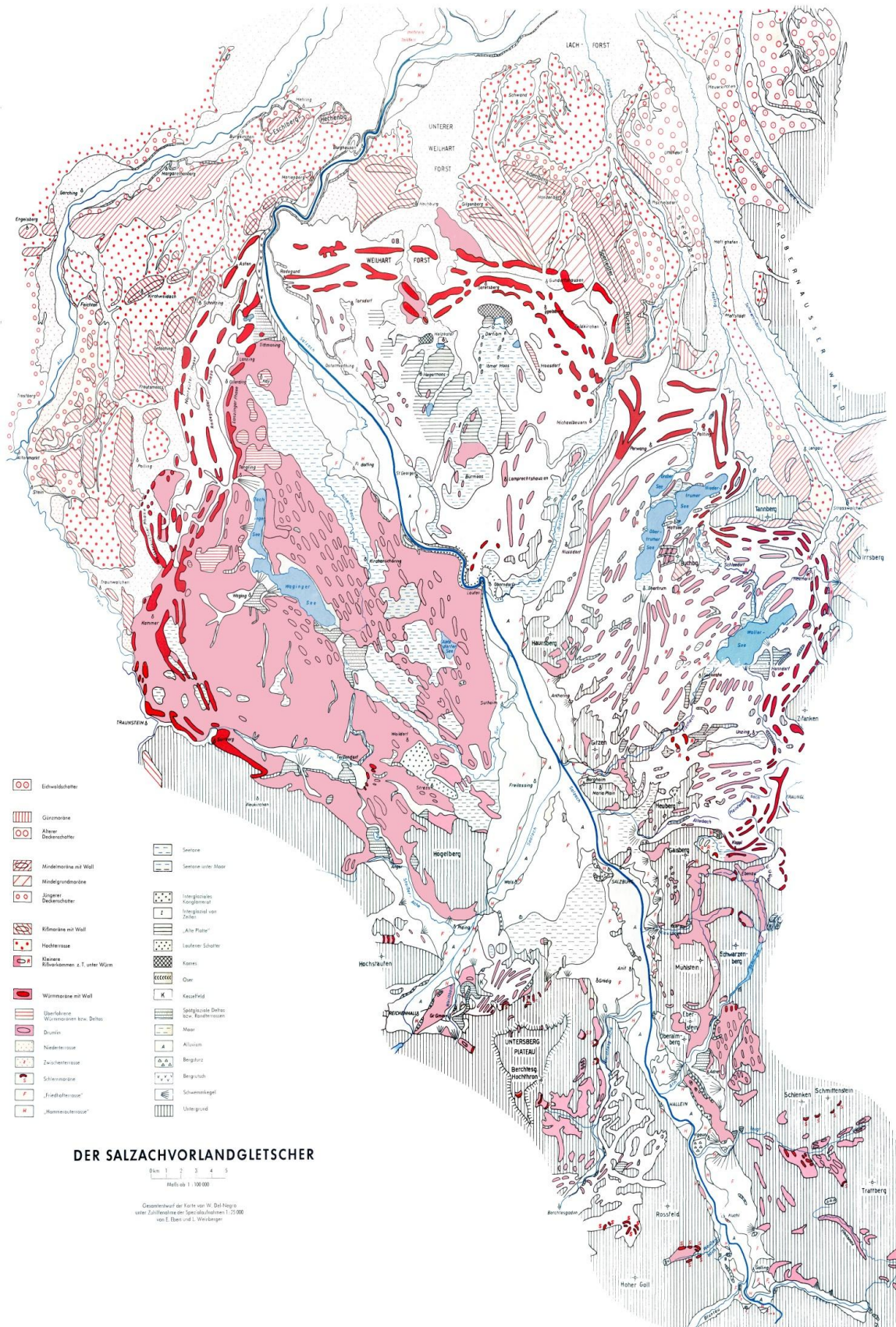
Jedes Viereck ist das Resultat eines Spannungsabfalles von zwei Elektroden M und N.

3.2 Beschreibung der Messungen; gewählte Messparameter

Wir haben unsere Messung auf dem Koppler Moor am 14. Oktober 2010 gemacht. Die geologische Geschichte des Ortes wurde uns erklärt und eine Karte des Salzachgletschers vorgezeigt. Wenn man die Moräne beobachtet, kann man feststellen, dass sie eine gewisse Abgrenzung darstellen. Sie stammt vom ehemaligen Salzachgletscher. Dieser Moränengürtel erstreckt sich von Traunstein im Westen, bis Neu- markt im Osten und bis zum Oberen Wilhart Forst im Norden. Koppl befand sich auf der östlichen Grenze der Gletscherzunge. Eine Moräne bezeichnet eine Schuttmas- se, die vom Eis eines Gletschers transportiert worden ist. Am Ende der dritten und vierten Eiszeiten, hat die Salzachgletscherzunge Gesteine mittransportiert bis zu die-

sem Ort. Die Moräne ist ein Beweis dafür. Seen bildeten sich. Allmählich entstand Torf, sodass es zum Moor wurde.

Für unsere Messung, wollten wir die Böden im Moor und auf der Moräne untersuchen. Unser Profil haben wir im Moor begonnen und es weit über der Moräne been-



det. Der GeoTom befand sich auf der Moräne, da es dort trocken war. Das Profil ist sequentiell und die Richtung des Kabels auf der Seite der Moräne ist „revers“, so dass eine Kontinuität zwischen den Kabeln entstand. Unser Profil war 148m lang und die Elektroden haben wir alle 2 m gesteckt. Die Eindringtiefe war ca. 25m. Wir haben ein Verlängerungskabel benutzt, um die Länge des Profils zu erweitern. Während der Messung haben wir die Höhenunterschiede möglichst genau gemessen.

Dokumentation der Messergebnisse:

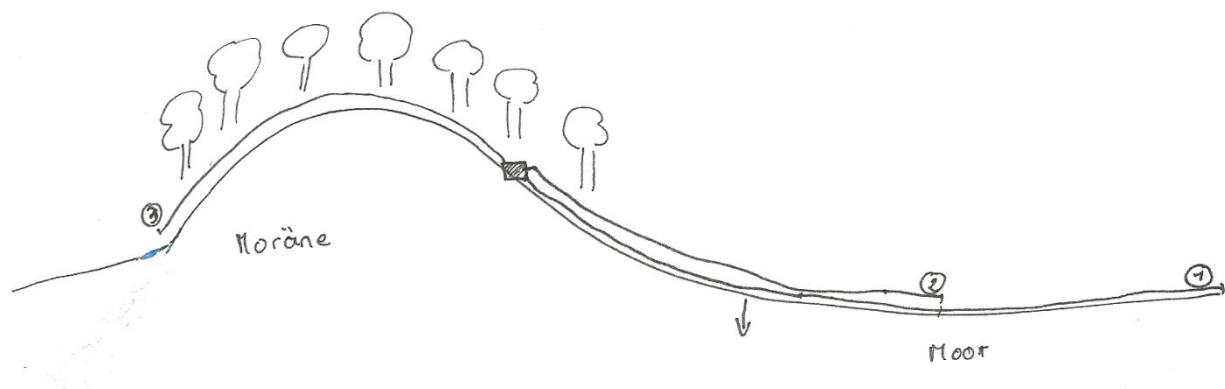
Projekt: Messung im Kopplermoor im Rahmen der Übung Labormethoden in der physischen Geographie

Datum: 14.10.2010

Messung durchgeführt von: Julia Lauberger, Helena Merschorf, Maria Kirchner, Anne-Lise Hennecke.

Meßgerät: GeoTom

Wetter: kühl und bewölkt



↓ Bohrung

▨ GeoTom

① Mit Verlängerungskabel ; normal

② normal

③ revers.

Abstand zwischen den Elektroden :
2 m

75 Elektroden

Länge : 148 m

Anmerkungen zu den Messungen:

Es handelt sich hier um die Untersuchung eines Moor- und Moränegeländes.

Eine Bohrung wurde an den Übergangsbereich durchgeführt.

3.3 Datenauswertung

3.3.1 Notwendigkeit

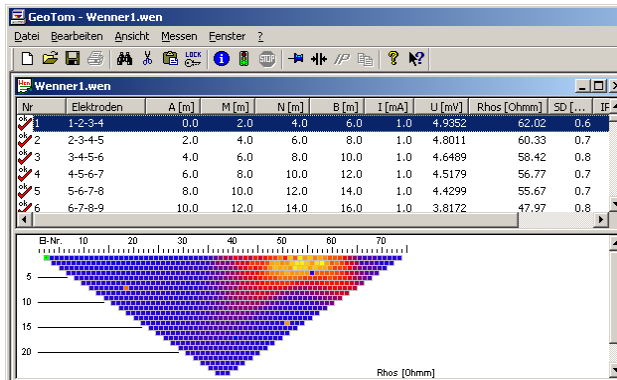


Abbildung 1: Wenner1 mit Fehlern, geöffnet mit der Software Geotom

Eine Datenauswertung ist deshalb notwendig, weil die gemessenen Widerstände nicht den tatsächlichen Widerständen entsprechen. Diese sind von verschiedenen geologischen Faktoren, wie etwa dem Flüssigkeitsgehalt, abhängig, und müssen berechnet werden, um daraus Erkenntnisse über den Untergrund abzuleiten.

3.3.2 Rohdatenaufbereitung

Um die tatsächlichen Widerstände berechnen zu können, müssen die gemessenen Rohdaten zunächst aufbereitet werden. Dies geschieht mit der Software Geotom. Mit diesem Programm kann man eventuell falsch gemessene Werte interpolieren lassen (*str+x* und *strg+i*), fehlerhafte Elektroden erkennen und somit Fehler vermeiden. Mit Hilfe verschiedener Farbskalen kann man falsche Werte deutlicher sichtbar machen und somit sicherstellen, dass sich keine falschen Werte für die weitere Berechnung mit einschleichen.

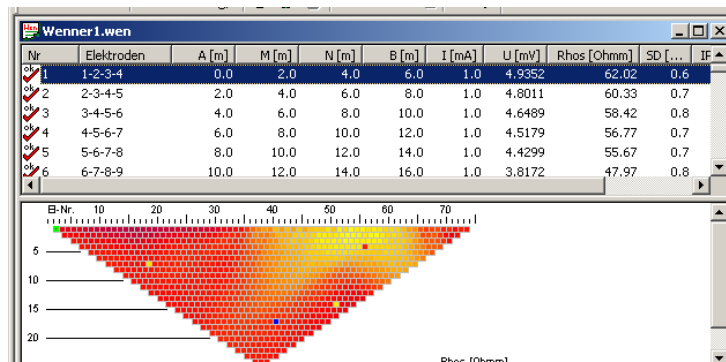


Abbildung 2: Veränderung der Farbskala

Sind die Rohdaten fertig korrigiert, exportiert man sie als .dat-files, um sie mit der Software Res2DInv weiter verwenden zu können.

Zuvor muss man allerdings noch die Daten der Topographie eingeben. Diese haben wir im Gelände gemessen und müssen sie jetzt zu den Daten hinzufügen. Dazu öffnen wir die zuvor erhaltene .dat-Datei und fügen die Liste mit den gemessenen Höhen in einen Editor ein. Hätten wir für eine einzelne Elektrode keinen gemessenen Wert, würde dieser linear interpoliert. Je nach durchgeführter Messmethode sind unterschiedlich viele Angaben einzugeben.

3.3.3 Vorwärtsmodellierung vs. Inversion (Res2DInv)

Bei der Vorwärtsmodellierung wird „direkt von Modellparametern“ ausgegangen und damit werden quasi Daten vorhergesagt. Dies passiert ausgehend von verschiedenen Beobachtungen und daraus entwickelten Hypothesen. (vgl. Hollinger, o.J. S.4) Allerdings kann diese Methode laut Schreier nur als Näherung aufgefasst werden, da „zur Optimierung der Rechenzeit manche physikalischen Effekte nur vereinfacht beschrieben werden können“. (Schreier, o.J. http://www.dlr.de/caf/desktopdefault.aspx/tabid-5417/9373_read-18061/)

Bei der Inversion wird dieser Vorgang umgekehrt, da hier „die Suche nach den optimalen Modellparametern automatisiert“ wird. Dabei werden gewisse Modellparameter verändert, bis „eine befriedigende Übereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Daten erreicht ist.“ (vgl. Hollinger, o.J. S.5)

3.3.4 Inversionsmethoden

Mit Hilfe der Software Res2DInv kann man nun die gemessenen Werte in tatsächliche Widerstandswerte umrechnen lassen. Dies kann nach zwei Arten berechnet werden, entweder mit der smoothed inversion oder der robusten inversion. Bei der smoothed inversion wird die quadrierte Differenz zwischen gemessenem und berechnetem scheinbaren Widerstand minimiert. Die Abweichung dieser beiden Widerstände wird als RMS-Fehler angegeben. Bei der robusten Inversion hingegen wird die absolute Differenz zwischen gemessenem und berechnetem scheinbaren Widerstand minimiert und der Unterschied zwischen diesen Werten als absolute error angegeben. Gemeinsam haben die beiden Methoden, dass solange Inversionen berechnet werden, bis entweder die Verbesserung des RMS-Fehlers der beiden letzten Iterationen unmerklich klein geworden ist, das heißt, das Modell konvergiert, und es nicht mehr sinnvoll erscheint, weiter zu rechnen, oder wenn die zuvor eingegebenen Anzahl an Iterationen erreicht ist. Ein RMS-Fehler von 2 oder darunter ist bereits außerordentlich gut.

Nachdem die Inversionen fertig berechnet wurden, wechselt man in den Display-Modus, um das Ergebnis darzustellen: *Display – show inversion results*. Dazu wählen wir bei *Display sections - include topography in model display* aus, um die zuvor in den Editor eingegebenen Höhenwerte auch grafisch dargestellt zu bekommen. Das Programm fragt noch ab, welche berechnete Iteration dargestellt werden soll, in der Regel nimmt man die zuletzt Berechnete.

Als Ergebnis erhalten wir ein Inversionsmodell mit logarithmischen Konturintervallen.

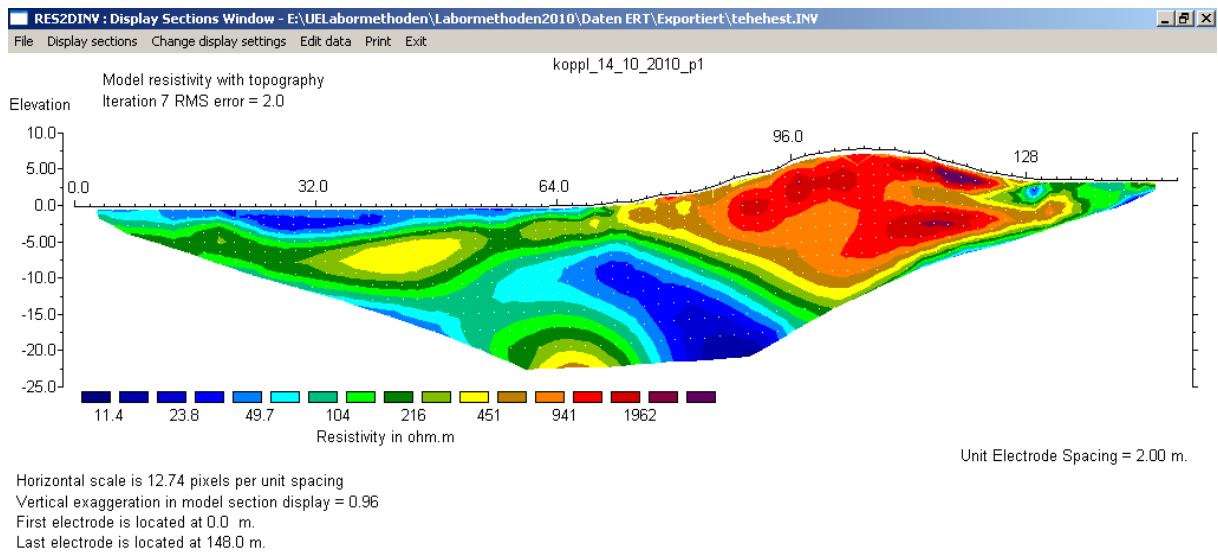


Abbildung 3: log. Inversionsmodell

Allerdings stellt man bei diesem Ergebnis fest, dass die Abstände der Intervalle in den Bereichen des Moores, die uns am meisten interessieren, also in den Werten von 0 bis etwa 400, zu groß bemessen ist. Diese kann man in den benutzerdefinierten Konturintervallen ausbessern und so versuchen, zu einem besseren Ergebnis zu gelangen. Dazu wählt man statt *logarithmic contour intervals* die *user defined contour intervals*. Es öffnet sich dann ein Fenster (siehe Abb. links), wo man in die Spalten selber Werte eingeben kann. Ich habe für meine Grafiken mit einem Abstand von 25 Ohm begonnen, und ihn dann ab den Werten 200 auf 50 erhöht und bin ab 400 in 400er Schritten vorgegangen.

Enter Contour Values

Contour Number	Value
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Minimum value is 9.50
Maximum value is 4918.30

OK Cancel

Press the Tab or Enter key to move to the next box. Press the ESC key to move to the previous box.

Abbildung 4: Eingabefenster eigener Intervalle

Meine Intervalle trugen also die Werte: 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 800, 1100, 1600. Natürlich ist diese Einteilung nur eine von vielen Möglichkeiten und beliebig von mir gewählt. Allerdings hat sie den Vorteil, dass die niedrigen Widerstände stärker hervorgehoben werden können.

So sieht dann ein mögliches Ergebnis mit Benutzerdefinierten Intervallen aus.

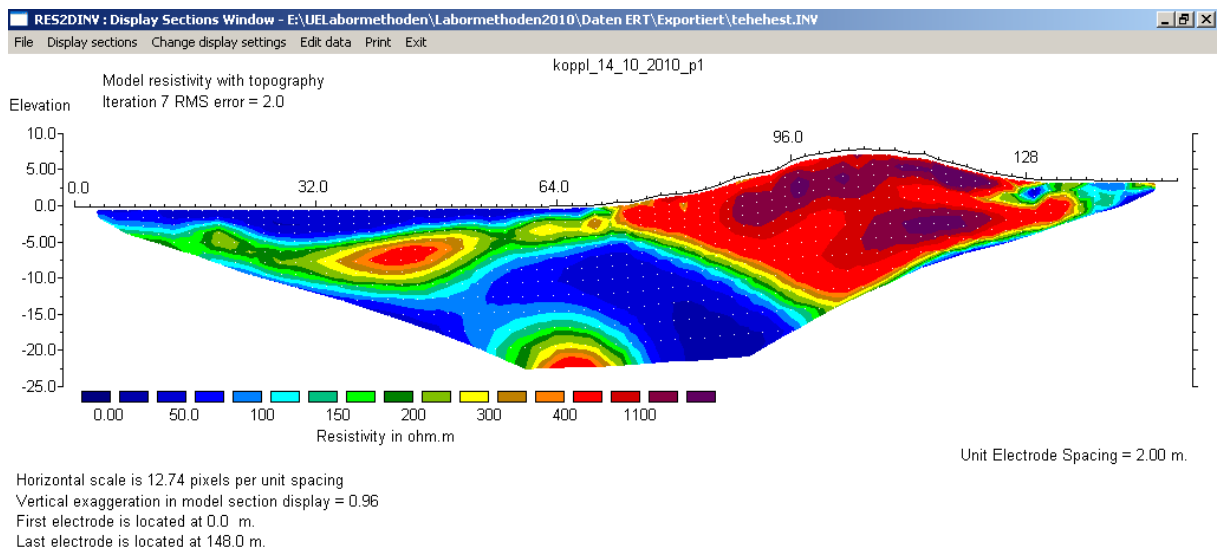


Abbildung 5: Modell benutzerdefinierte Intervalle

Die Moräne ist stärker außer Acht gelassen, weil sie für den Zweck der Untersuchung im Hintergrund steht. Interessanter ist der Bereich des Moores, in dem die hohen gemessenen Widerstände (rot) eine nähere Klärung bedürfen.

Zur Genauigkeit muss noch gesagt werden, dass die Werte am Rand und an der Oberfläche nur bedingt zuverlässig sind, weil für sie zu wenige Messungen vorgenommen wurden. Bei dieser Abbildung würde man etwa den kleinen grünen Bereichen rechts oben wenig Beachtung schenken. Hat man sich einmal auf die gewünschten Intervalle festgelegt, kann man sie speichern und mittels *read contour values from file* wieder herausholen und auf andere Berechnungen übertragen. Zur Vergleichbarkeit der erstellten Files muss man auch die gleichen Werte verwenden!

Als zweite Rechenart wurde schon die robuste Inversion erwähnt. Als Beispiel sei hier Schlumberger1 dargestellt.

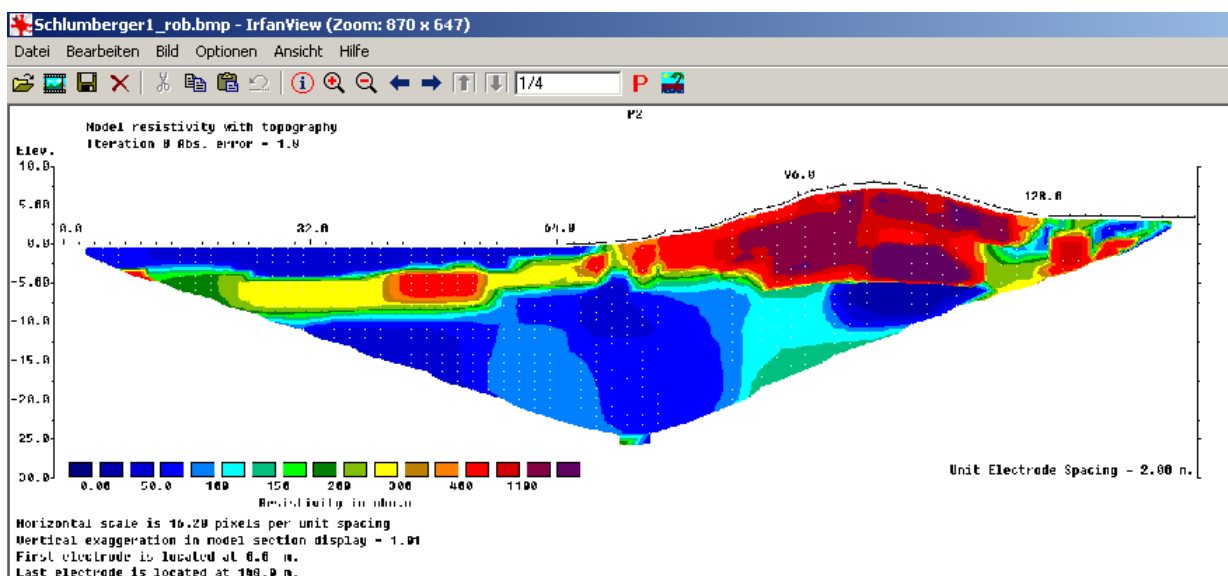


Abbildung 6: Schlumberger1

3.4 Vergleich und Interpretation der Messergebnisse

Wenn man aus den nun erhaltenen Werten auf den Untergrund rückschließen möchte, muss man beachten, welche Materialien welche Widerstände haben, und wie groß der jeweilige Überschneidungsbereich ist.

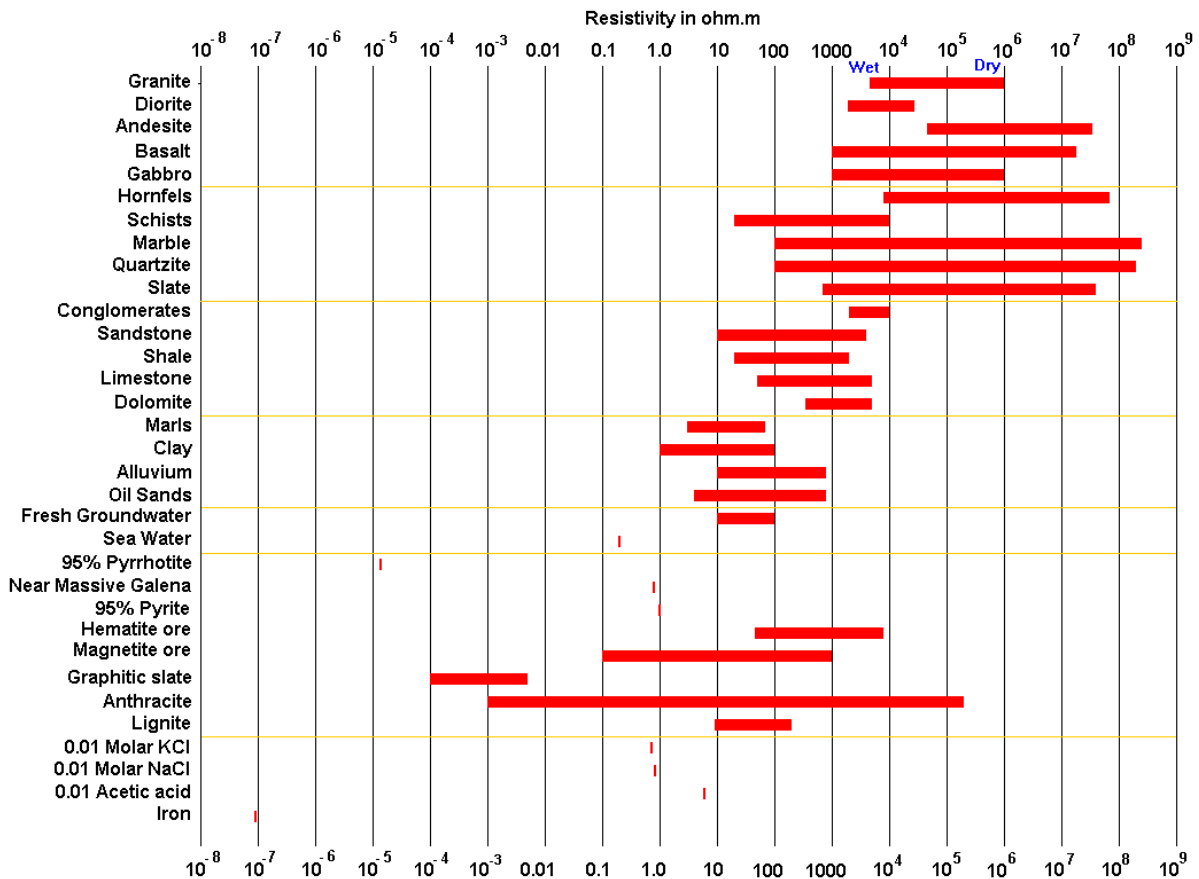


Abbildung 7: Widerstände in Ohm (Quelle: http://www-geo.phys.ualberta.ca/~unsworth/UA-classes/223/loke_course_notes.pdf.)

Aus dieser Grafik kann man ablesen, dass gewisse Materialien die gleichen Widerstände wie andere aufweisen und somit schwieriger zu identifizieren sind. Wenn wir unter unserem Moor Werte von ca. 300 Ohm als Ergebnis bekommen, haben wir für die Interpretation eine große Auswahl an möglichen Gesteinsschichten, die sich darunter befinden könnten. Es könnte sich unter anderem um Kalkstein oder Sandstein handeln, aber auch um Quarz. Deshalb ist es notwendig, sich bereits vor Beginn der Messungen Gedanken über den möglichen Untergrund zu machen und Informationen über das Untersuchungsgebiet einzuholen.

Nach Knödel et al. sollte man die geglättete Inversion dann verwenden, wenn „geologische Strukturen mit graduierten Übergängen vorliegen“. Wenn „die geologischen Strukturen signifikante Grenzen aufweisen“, empfehlen die Autoren eine robuste Inversion. (vgl. Knödel et al. 2004, S.159)

Vergleicht man diese beiden Ergebnisse miteinander, fallen sofort die unterschiedlichen Lösungen auf. Bei der robusten Berechnung sind deutlich feinere Unterscheidungen gemacht, etwa unter der Moräne finden wir verschiedene Stellen mit sehr hohen Widerständen, während diese in der geglätteten Berechnung nur als eine große homogene Fläche dargestellt wird. Auch auf der anderen Seite der Moräne sind die Unterscheidungen der gemessenen Widerstände deutlich feiner, wobei sich hier die Frage stellt, wie genau diese Messwerte sind, da sie nahe an der Oberfläche und am Rand liegen, und somit nur durch wenige Messungen bestätigt werden konnten.

Aber auch unter dem Moor wird bei der robusten Methode stärker unterschieden als bei der Geglätteten.

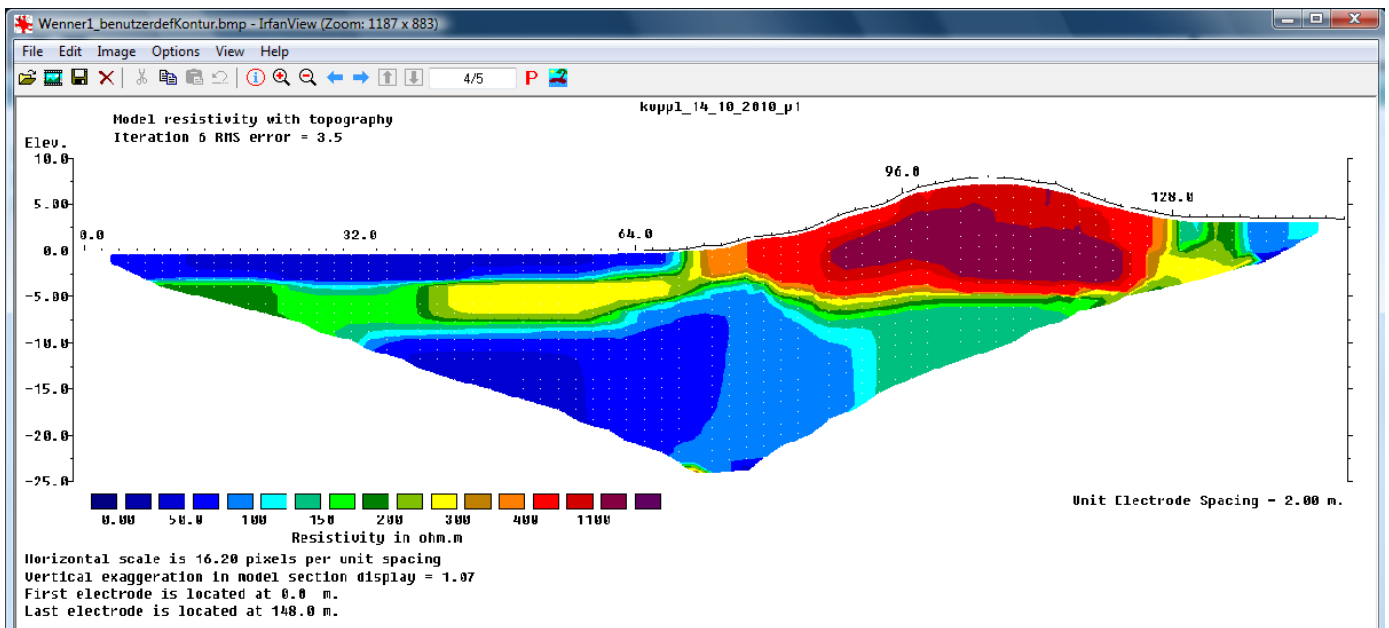


Abbildung 8: Wenner1, geglättet

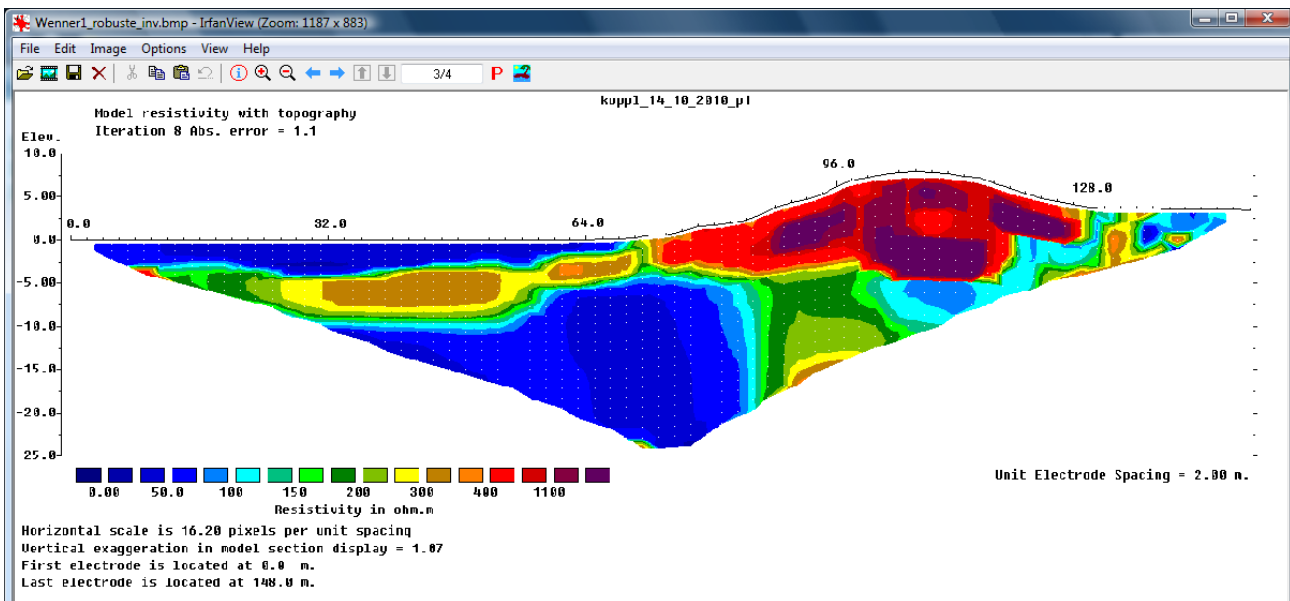


Abbildung 9: Wenner1, robust

Mit Hilfe der Modelblocks lassen sich für eine bestimmte Größe der Blöcke genau die berechneten Werte anzeigen. Damit wird verhindert, dass die Grenzen der schöneren Darstellung wegen versetzt werden, bzw. verschmieren oder an den Widerstandsgrenzen zu hohe oder zu niedrige Werte angegeben werden.

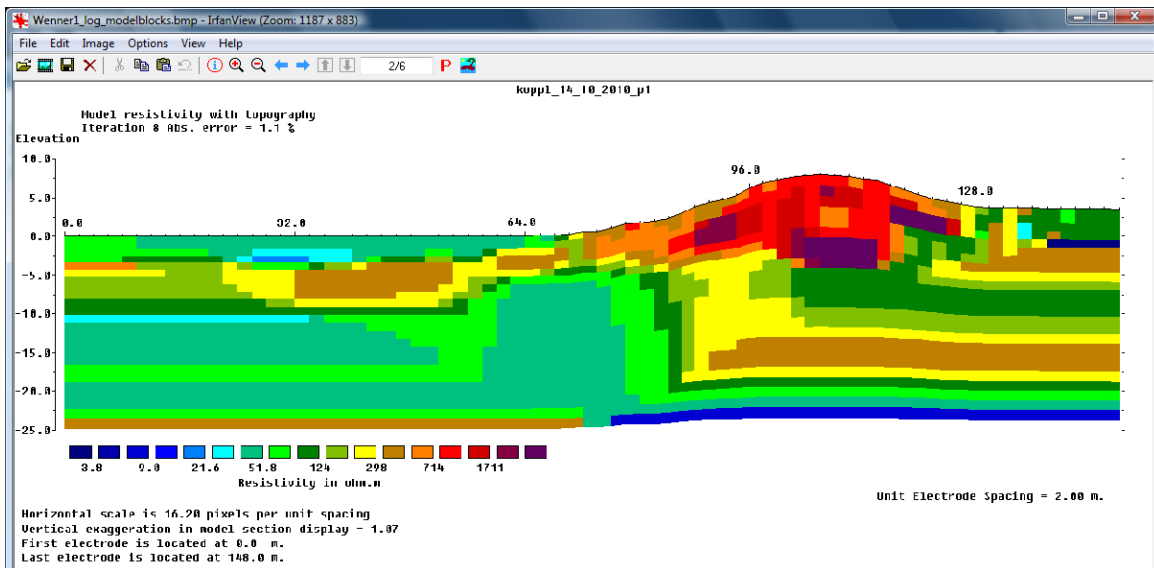
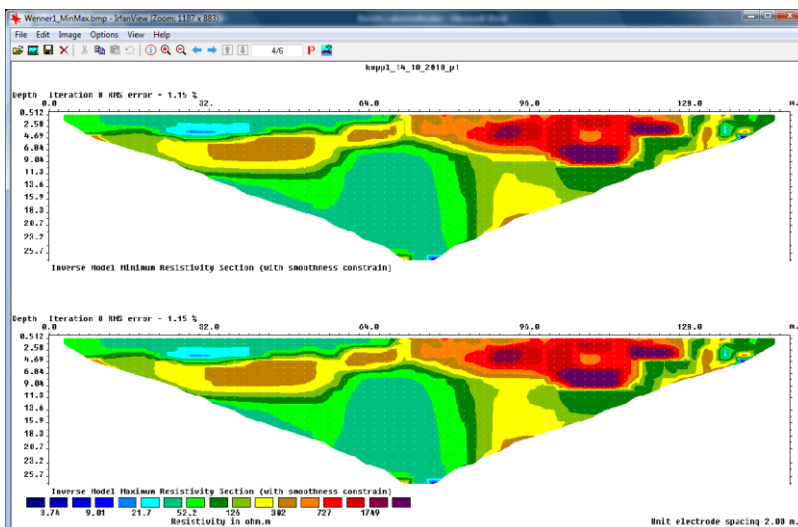
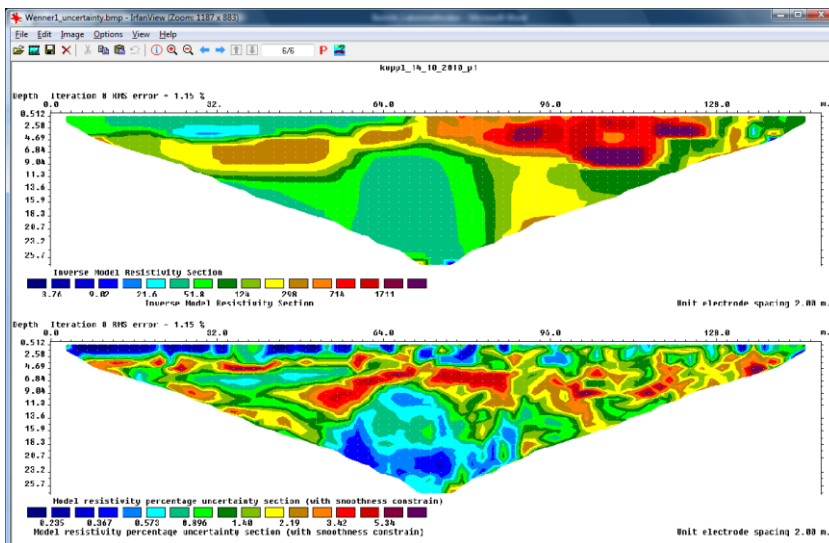


Abbildung 10: Modelblock



Links dargestellt ist eine Karte der möglichen minimalen und maximalen berechneten Ergebniswerte. Die tatsächlich ausgegebenen Werte liegen dazwischen. Auf der Abbildung kann man Unterschiede am ehesten bei den dunkelblau dargestellten Werten links oben erkennen.

Abbildung 11: Min-Max



In dieser Darstellung wurde der Unsicherheitsfaktor der einzelnen Werte in Prozent dargestellt. Oben sehen wir die Originalberechnung und in der unteren Grafik die jeweiligen Unsicherheitswerte der Modellzellen.

Abbildung 12: Blocks uncertainty

Bei der Darstellung der Subsurface Sensitivity handelt es sich um Sensitivitätswerte des Untergrundes. „Die Sensitivität ist ein Maß dafür, wie sich eine lokale Abweichung der geoelektrischen Parameter im Untergrund auf den Messwert einer Messanordnung auswirkt. Die Sensitivität ist abhängig von den Positionen der Elektroden einer konkreten Messanordnung.“ (Geotomographie GmbH, o.J. http://www.geotomographie.de/assets/pdf/Geoelektrische_Tomographie.pdf)

Befinden sich alle Elektroden auf einer Gerade, wie das bei unserer Messung der Fall ist, die die Sensitivität rotationssymmetrisch um diese Gerade verteilt. (vgl. <http://www.geophysik.tu-freiberg.de/assets/media/Personal/rub/Vorlesungen/geoelektrik/anordnungen.pdf>)

Es ist hier das elektrische Potential des Untergrundes dargestellt, das sich je nach Leitfähigkeit verändert. So wird die Sensitivität mit der Tiefe immer kleiner.

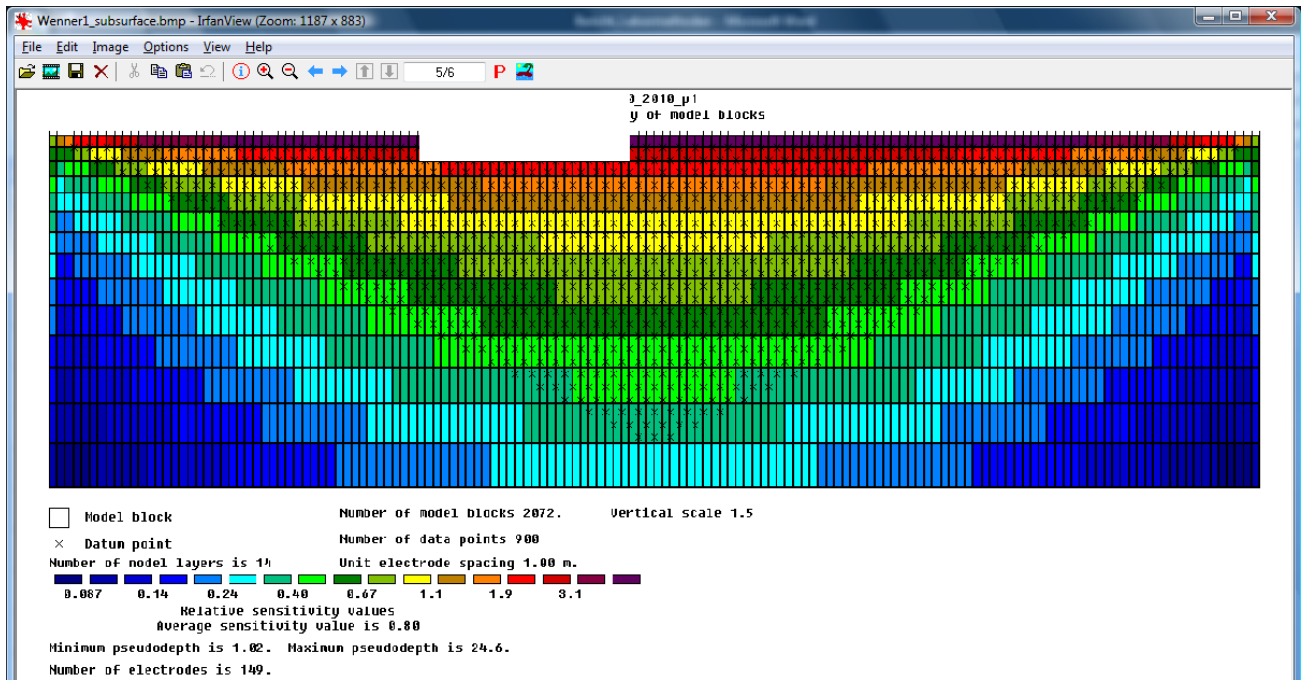
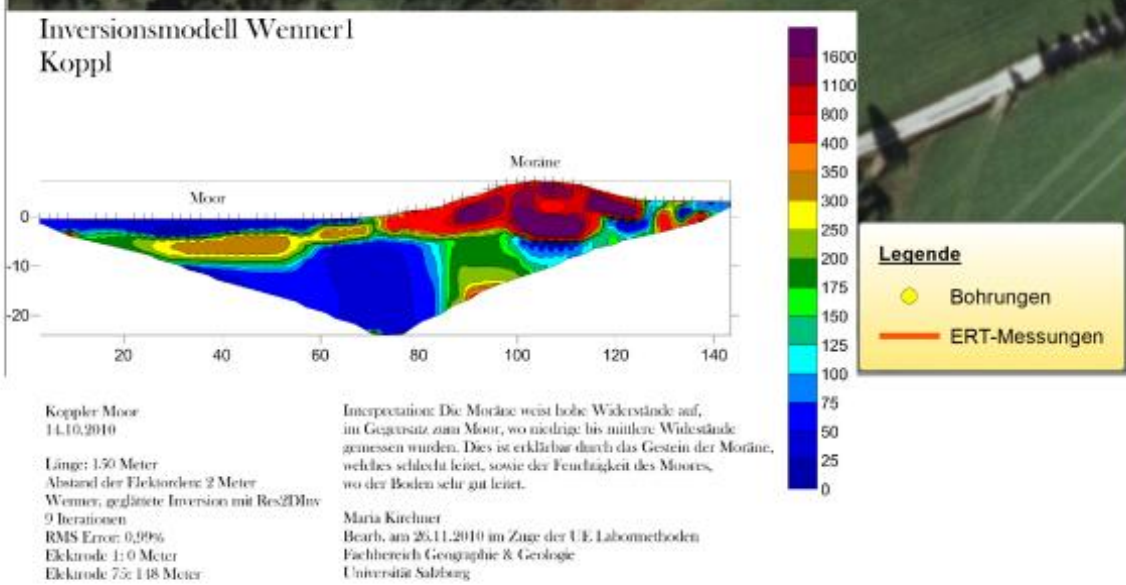


Abbildung 13: Subsurface Sensitivity

UE Labormethoden

Geoelektrikmessung und Rammkernsondierung



Auf dieser Karte sind jeweils die durchgeführten Bohrungen und Messungen dargestellt. Die Grünfläche bezeichnet das Moor, unter dem Wald verbirgt sich die Moräne. 2 Varianten der Messung 1 haben sich deshalb ergeben, da das Profil laut GPS nicht komplett gerade verlegt wurde. Der Endpunkt der Variante wäre der tatsächliche li-

neare Endpunkt der Messung. Die doppelte Darstellung soll nur verdeutlichen, dass das Profil leider nicht linear verlegt wurde und so eine Abweichung entstand.

4. Fazit

Die Rammkernsondierung, sowie die Geoelektrikmessung sind Methoden die angewendet werden, um die Unterbodenbeschaffenheit eines Untersuchungsgebiets zu ermitteln. Dies ist häufig im Bauwesen oder in der Geologie erforderlich. Die elektrische Messung bietet hierbei die Möglichkeit einen breiten Untersuchungsraum relativ zeiteffizient abzudecken, während man mit der Rammkernsondierung immer nur einzelne Proben entnehmen kann. Dennoch haben die verschiedenen Methoden eine ergänzende Funktion und werden auch häufig in Kombination angewendet. Der große Vorteil der Geoelektrikmessung liegt darin, dass es durch neuere Multi-Elektrodenmethoden möglich geworden ist, ein gesamtes Längsprofil mit einer Messung zu erfassen. Diese ist jedoch nur in der Mitte tief und wird zum Rand hin immer abgeflachter. Deshalb sind, wenn man dieselbe Tiefe an mehreren Punkten messen will, mehrere Messungen erforderlich. Ein Nachteil der Geoelektrikmessung liegt darin, dass die Auswertung nur an einem PC stattfinden kann und man darum im Gelände selbst noch keine Aussage treffen kann. Im Gegensatz dazu, können bei der Rammkernsondierung vor Ort schon einige Aussagen über die Bodenbeschaffenheit, Bodenfarbe und Bodenhorizontabfolge getroffen werden. Zudem können später im Labor eine Reihe von Tests durchgeführt werden, um unter anderem die Korngrößenzusammensetzung, die Menge an organischer Substanz und den Karbonat-Gehalt zu ermitteln, während bei der Geoelektrikmessung lediglich die Leitfähigkeit des Bodens ermittelt werden kann, woraus dann Rückschlüsse über die Bodenbeschaffenheit gezogen werden können. Somit lässt sich festhalten, dass wenn man einen größeren Untersuchungsraum abdecken will, sich die Geoelektrik-Methode besser eignet. Will man jedoch nur eine oder wenige Punkte untersuchen und diese dafür in größerem Detail, so sollte man sich für eine Rammkernsondierung entscheiden.

Quellen:

- <http://www.geodz.com/deu/d/Kohlenstoffkreislauf> (Stand: 2010) (Letzter Zugriff: 07.01.2011)
- <http://www.geodz.com/deu/d/Bv-Horizont> (Stand 2010) (Letzter Zugriff: 07.01.2011)
- O.A. (O.J.): Informationen zum Boden. <http://www.tbs1.de/pdf/boden.pdf> (Letzter Zugriff: 07.01.2010)
- Verfasser unbekannt. Online im Internet: http://wiki.zum.de/Wir_ersorschen_den_Boden/Bestimmung_der_Trockensubstanz_einer_Bodenprobe Zugriff am 14.12.10
- Verfasser unbekannt. Online im Internet: http://wiki.zum.de/Wir_ersorschen_den_Boden/Wir_bestimmen_den_Humusan teil_einer_Bodenprobe_durch_GI%C3%BChen Zugriff am 05.12.10
- Verfasser unbekannt. Online im Internet: <http://de.wikipedia.org/wiki/Humusgehalt> Zugriff am 18.12.10
- Geotomographie GmbH, o.J.: http://www.geotomographie.de/assets/pdf/Geoelektrische_Tomographie.pdf Zugriff: 3.1.2011, 13:59
- Hollinger, Klaus (o.J.): Inversion von Messdaten. Manuskript zum Teil der Vorlesung Modellierung und Inversionsverfahren in der Umweltphysik und Geophysik; Institut für Geophysik: Zürich.
- Knödel, Klaus; Krummel, Heinrich; Lange, Gerhard (2004): Geophysik. Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien. Band 3; Heidelberg: Springer.
- http://www-geo.phys.ualberta.ca/~unsworth/UA-classes/223/loke_course_notes.pdf. Zugriff: 28.12.2010, 15:34
- Schreier, Franz (o.J.): http://www.dlr.de/caf/desktopdefault.aspx/tabid-5417/9373_read-18061/ Zugriff: 30.12.2010, 14:46
- TU Freiburg (o.J.): <http://www.geophysik.tu-freiberg.de/assets/media/Personal/rub/Vorlesungen/geoelektrik/anordnungen.pdf> Zugriff: 3.1.2011, 14:03

Abbildungsverzeichnis:

- pH-Werte von Boden und Pflanzen:
http://www.abiwissen.info/Bilder/ph_wert_boden.gif (Letzter Zugriff: 07.01.2011)
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter (Hrsg.): AG Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., S. 331 ff. Hannover 1994