

Universität Salzburg
Fachbereich Geographie und Geologie

LV- Nummer: 453.111

LV- Titel: Labormethoden in der Physischen Geographie

Semester: WS 2011/2012

LV- Leiter: Dipl.- Geograph Joachim Götz

Mag.rer.nat. Matthias Marbach

**Abschlussbericht zur Übung: „Labormethoden in der Physischen
Geographie“**

vorgelegt von: Stefan Kraxberger, Ulrich- Franz-Josef Öttl, Bernhard Waach

Januar 2012

I. Inhaltsverzeichnis

II.

Abbildungsverzeichnis.....	F
----------------------------	---

ehler! Textmarke nicht definiert.

III.

Tabellenverzeichnis.....	F
--------------------------	---

ehler! Textmarke nicht definiert.

1. Einleitung.....	1
1.1 Hintergrund und Ablauf der Übung.....	1
1.2 Direkte vs. indirekte Methoden der Untergrunderkundung.....	2
2. Kurze Einführung ins Untersuchungsgebiet	4
3. Rammkernsondierung - Laborprotokoll.....	5
3.1 Allgemeine Beschreibung der Probenentnahme und Probenaufbereitung	5
3.2 Zeichnung und Beschreibung des jeweiligen aufgenommenen Sondier Profils	6
3.3 Beschreibung der durchgeführten Laborversuche	8
3.4 Verwendetes Material und Durchführung	10
3.5 Ergebnisse, Berechnungen und Diskussion.....	15
4. 2D Geoelektrik/geoelektrische Tomographie	23
4.1 2D-Geoelektrik - Messprinzip	23
4.2 Beschreibung unserer Messungen	26
4.3 Datenauswertung	29
4.4 Vergleich und Interpretation der Messergebnisse	32
5. Ergebniskarte mit der Lage der Sondierungen und der Geoelektrik-Profile sowie einem integrierten „Surfer-Tomogramm“	36
6. Fazit.....	37
7. Literaturverzeichnis	38

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes	4
Abbildung 2: Bodenprofil und Legende.....	7
Abbildung 3: Siebmaschine	11
Abbildung 4: Pipettiergerät nach Köhn.....	11
Abbildung 5: Muffelofen	13
Abbildung 6: Leitfähigkeits-Messgerät mit Messelektrode	14
Abbildung 7: Scheibler-Apparatur	14
Abbildung 8: Balkendiagramm der Kornfraktionen	21
Abbildung 9: Summenkurve der Kornfraktionen.....	21
Abbildung 10: Korngrößendreieck.....	22
Abbildung 11: Vierpolanordnung	23
Abbildung 12: Wenner-Anordnung	25
Abbildung 13: Schlumberger-Anordnung.....	25
Abbildung 14: angewandtes Setup der geoelektrischen Messungen.....	27
Abbildung 15: Auslage des 2. Profils.....	27
Abbildung 16: 1. Geoelektrisches Profil Wenner „smoothed“	32
Abbildung 17: 1. Geoelektrisches Profil Wenner „robust“	33
Abbildung 18: 2. Geoelektrisches Profil Wenner „robust“	34
Abbildung 19: Ergebniskarte	36

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Farbbestimmung der einzelnen Schichten.....	7
Tabelle 2: Sedimentationszeiten der Schluff- und Tonfraktionen.....	12
Tabelle 3: Einstufung des Carbonatgehalts	16
Tabelle 4: Einstufung der Bodenreaktion.....	18
Tabelle 5: Ergebnisse der Siebanalyse	19

Tabelle 6: Kennwerte der Pipettierung.....	19
Tabelle 7: berechnete Ergebnisse der Pipettierung	20

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Ablauf der Übung

Der vorliegende Bericht geht auf die Lehrveranstaltung „Labormethoden in der physischen Geographie“, welche am Fachbereich für Geographie und Geologie der Universität Salzburg im Wintersemester 2011/12 durchgeführt worden ist, zurück. Geleitet wurde diese von Dipl.-Geograf Joachim Götz und Mag.rer.nat. Matthias Marbach sowie von Johannes Buckel als Tutor.

Ziel der Übung war es, den Studenten sowohl „klassische“ als auch „moderne“ Methoden der physischen Geographie näher zu bringen.

Zu diesem Zweck wurde nach einer kurzen Einführungsveranstaltung am 24.10.11 eine Exkursion in das Koppler Moor, welches als Untersuchungsgebiet diente, durchgeführt.

Zu Beginn dieses Tages erhielten die Studierenden von den Lehrveranstaltungsleitern allgemeine Informationen über die geographische Lage, die vorherrschende Topographie und die geologische Struktur des Koppler Moors.

Anschließend wurden die Studenten in zwei Gruppen eingeteilt, um die Durchführung der Feldversuche zu beschleunigen und zu erleichtern.

Eine Hälfte der Lehrveranstaltungsteilnehmer begann damit, eine Geoelektrikmessung durchzuführen, die andere Hälfte führte währenddessen eine Rammkernsondierung durch.

Nun wurden die Daten der Geoelektrikmessung sowie die erhaltenen Bodenprofile am Computer beziehungsweise in den Feldbüchern dokumentiert und die Bodenproben für den Transport ins Labor verpackt.

Anschließend führte jede Gruppe den jeweils anderen Versuch durch.

Zwei Wochen später startete der zweite Teil der Übung, welcher sich aus der Analyse der Bodenproben im Labor und der Datenauswertung und Visualisierung der Geoelektrikprofile zusammensetzte. Dies geschah an zwei Arbeitstagen sowie außerhalb dieser festgesetzten Zeiten von den Studenten in Eigenregie.

Zusammengefasst wurden die Ergebnisse in dem vorliegenden Abschlussbericht der Lehrveranstaltung.

1.2 Direkte vs. indirekte Methoden der Untergrunderkundung

Der wesentliche Unterschied zwischen den direkten und den indirekten Methoden der Untergrunduntersuchung ist die Art und Weise, in welcher Erkenntnisse gewonnen werden.

Bei ersteren wird der Parameter, welcher Gegenstand der Untersuchung ist, beispielsweise die Korngröße des Bodens, direkt ermittelt.

Bei den indirekten Methoden dagegen wird ein Parameter gemessen, welcher verhältnismäßig einfach bestimmt werden kann und der mit dem eigentlichen Untersuchungsobjekt einen signifikanten Zusammenhang aufweist (UFZ o. J.: 7).

Als Beispiel hierfür sei die elektrische Leitfähigkeit als Schlüssel zur Feststellung des Materials, welches sich im Untergrund befindet, angeführt.

Zu den direkten Methoden zählen beispielsweise Sondierungen und Bohrungen. Damit verbunden ist die Analyse vor Ort sowie später im Labor.

Zu den indirekten geophysikalischen Methoden zählen beispielsweise Potential-, Wellen-, elektromagnetische, radiometrische oder geochemische Verfahren.

Grundsätzlich sollte nach Möglichkeit immer eine Kombination von direkten und indirekten Verfahren angewendet werden, um möglichst auf die in der Realität zutreffenden Ergebnisse zu kommen. So weisen etwa JACOBS & MEYER (1992:15) darauf hin, dass Geophysiker beispielsweise eng mit Geologen zusammenarbeiten sollten, da beide bei der Lösung ihrer jeweiligen Aufgabenstellung auf Informationen aus dem Gebiet des anderen angewiesen sind.

In Bezug auf die in der Lehrveranstaltung angewandten Methoden bedeutet dies, dass eine Sondierung sehr genaue, konkrete Informationen zu einem Punkt liefert. Das Problem dabei ist eben, dass es sich um eine Punktinformation handelt und man nicht automatisch davon ausgehen kann, dass der Untergrund in dem Untersuchungsgebiet überall genau denselben Aufbau wie an der Stelle der Sondierung aufweist. In diesem Zusammenhang bringen JACOBS & MEYER (1992:15) das Argument vor, dass Bohrungen (bzw. Sondierungen) sehr teuer und zeitaufwändig sind und oftmals darüber entscheiden, ob ein Erkundungsprojekt ein Erfolg oder ein Misserfolg wird.

Nach Ansicht der beiden sollten Bohrungen nur dort vorgenommen werden, wo nach Ansicht des Geophysikers der größte Gewinn an Informationen zu erwarten ist.

So ist es beispielsweise wesentlich effektiver, auf großen Flächen, unter denen etwa Erzlagerstätten vermutet werden, nicht regelmäßige, flächendeckende Bohrpunktnetze anzulegen, sondern lediglich dort zu bohren, wo nach Angaben der Geophysiker Wechsel der Gesteinsschichten zu erwarten sind.

Im Rahmen der Lehrveranstaltung diene etwa die geoelektrische Widerstandsmessung dazu, die Punktinformation aus der Sondierung auf die Fläche des 2D-Profiles zu übertragen.

Andererseits aber kann man sich bezüglich der Interpretation eines geoelektrischen Profils nur sicher sein, wenn man weitere Informationen besitzt, beispielsweise über die Materialien im Untergrund in

Folge einer Sondierung. Es kann also eine Eichung der Flächeninformation an Hand des Sondierungsprofils durchgeführt werden.

In diesem Zusammenhang stellen JACOBS & MEYER (1992:15) Folgendes fest:

„Die Interpretation geophysikalischer Messungen wird durch geologische Zusatzinformationen, z.B. aus einer Testbohrung, sehr erleichtert oder in vielen Fällen überhaupt erst möglich. Das vom Geophysiker entworfene Abbild des Untergrundes spiegelt die Natur niemals exakt wider.“

So fiel den Lehrveranstaltungsteilnehmern die Analyse des am Computer erstellten Geoelektrikprofils sehr viel leichter, da sie bereits aus der im Gelände erfolgten Aufnahme der Bodenschichten wussten, wie der Untergrund aufgebaut war. Somit konnten vermutlich einige Spekulationen, welche nicht zielführend gewesen wären, vermieden werden.

Als Beispiel sei hier angeführt, dass die Tonschichten wasserundurchlässig sind und somit einen Staukörper bilden, woraus sich etwa bei dem zweiten geoelektrischen Profil der Bereich der geringsten Widerstandswerte erklärt.

2. Kurze Einführung ins Untersuchungsgebiet

Gebietsbeschreibung: Die Gemeinde Koppl und das oberhalb liegende Koppler Moor befinden sich im Bundesland Salzburg im nord-östlichen Salzkammergut ca. 10km von der Landeshauptstadt Salzburg entfernt.

Topographie: Die Gemeinde liegt auf ca. 750 m über NN am Fuße des Gaisbergs und zeichnet sich durch eine sehr sanfte Hügellandschaft aus. Felsen findet man hier vergebens. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieses Gebiet bereits in weiten Teilen in der Flysch Zone liegt und sich somit stark von den in unmittelbarer Nachbarschaft liegenden, hauptsächlich aus Kalkstein bestehenden, Gebirgszügen unterscheidet.

Von der Entstehungsgeschichte her ist das Flysch wesentlich jünger als der triasische Kalk, welcher vor ca. 200 Mio. Jahren gebildet wurde. Dieses terrestrische Sediment wurde in erster Linie fluvial und durch Rutschprozesse angelagert. Die sanften Hügelformen gehen auf die im Vergleich zum Kalk weniger erosionsbeständige Struktur des Flyschs zurück. Vor allem glaziale Prozesse haben diese Landschaft geprägt. So reichte die Gletscherzunge des Salzachgletschers im Würm etwa bis Neumarkt. In Koppl ist darüber hinaus eine regionale Besonderheit zu finden, da an diesem Ort zwei Enden des Salzachgletschers zusammentrafen. Dabei handelte es sich um den Guggentalgletscher, welcher nördlich des Gaisbergs nach Osten vorstieß, sowie den Wiestalgletscher. Das Moor selbst wird von den wallartigen Moränen der Gletscherzungen begrenzt. Im Unterschied zu anderen Mooregebieten geht das Koppler Moor nicht auf ein Toteisloch zurück, sondern auf den Stau effekt durch die Moräne selbst. So verhinderten die abgelagerten See Tone ein Absickern des Wassers, was in weiterer Folge zur Bildung des Moors führte. Das Koppler Moor wird auch als Hochmoor bezeichnet, das heißt, dass dieses Gebiet grundwasserunabhängig ist.

Der nachfolgenden Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes (verändert nach BEV o.J. o.S.) kann entnommen werden, wo sich das Koppler Moor befindet.

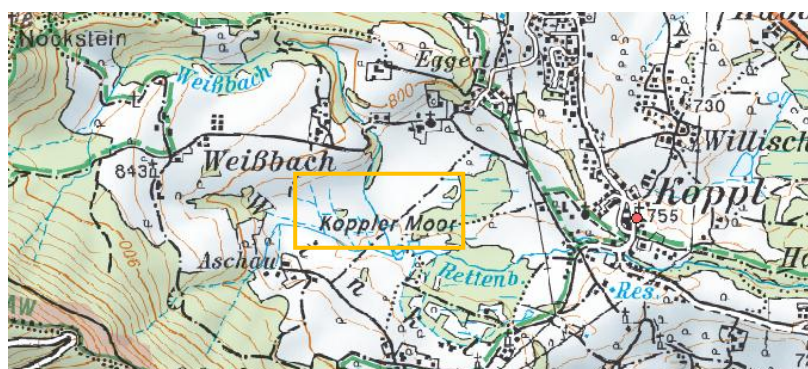


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes (verändert nach BEV o.J. o.S.).

3. Rammkernsondierung - Laborprotokoll

3.1 Allgemeine Beschreibung der Probenentnahme und Probenaufbereitung

Um ein für das Untersuchungsgebiet adäquates Bodenprofil zu erhalten, wurde eine sogenannte „Rammkernsondierung“ durchgeführt. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass es sich dabei nicht um eine gewöhnliche Bohrung handelt, sondern die Schlitzsonden mit einem Bohrhammer in den Untergrund getrieben werden. Angetrieben wurde letzterer von der Hydraulikstation HST 300.

Insgesamt wurden zwei Bodenprofile entnommen, wobei die erste Sondierung etwas weiter südlich als die zweite vorgenommen wurde.

Bei der ersten Profilentnahme, welche unter anderem von der Gruppe, die diesen Bericht erstellt hat, durchgeführt wurde, erreichte man eine Eindringtiefe von fünf Metern.

Um diese Tiefe zu erreichen, war es notwendig, die ursprüngliche Schlitzsonde insgesamt vier Mal zu verlängern. Somit wurden die Proben bei Erreichen der 1, 3, 4 und 5-Meter Marke entnommen.

Anschließend wurde die Probe in acht zusammenhängende Abschnitte unterteilt, kurz analysiert und mittels Vergleichstabelle ihre Farbe bestimmt. Außerdem wurden erste Gedanken in Bezug auf die Entstehung der Horizontabfolge des Bodenprofils ausgetauscht.

In einem weiteren Schritt wurden Teile der Proben in Plastikbeuteln verpackt und beschriftet, um die weitere Laborarbeit zu ermöglichen.

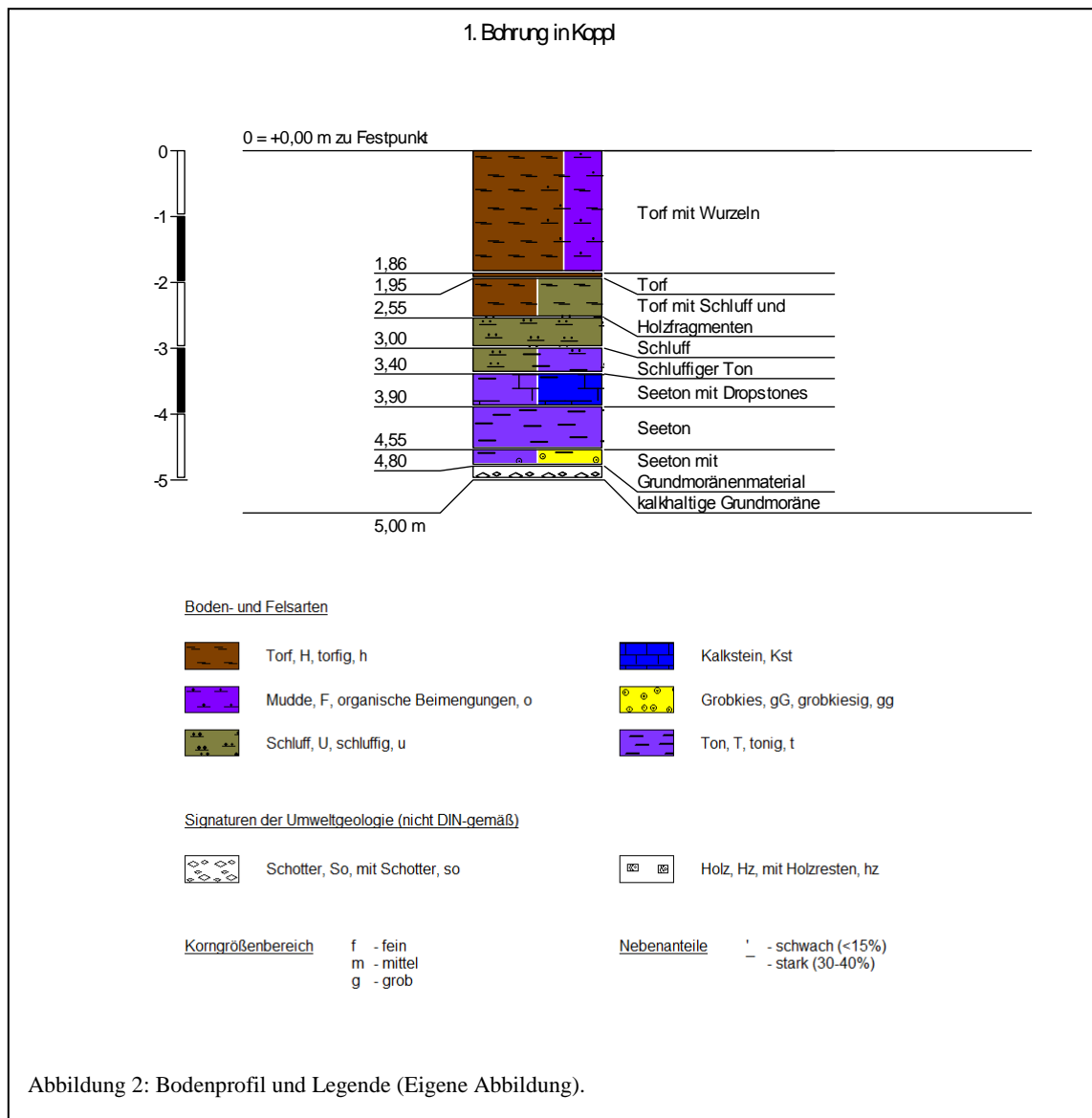
Die Probenaufbereitung wurde von zwei Studentinnen unter Anleitung von Mag. Matthias Marbach durchgeführt.

Hierbei wurde aus jedem Probenbeutel eine Teilmenge entnommen und mittels Analysewaage deren Gewicht bestimmt. Nun wurden die abgewogenen Bodenproben im Trockenschrank bei 105°C 24 Stunden lang getrocknet. Diese Maßnahme, welche zu absolut trockenen („atro“) Proben führt, war eine Vorbedingung für die weitere Auswertung im Labor.

Die Restmenge, die nicht in den Trockenschrank gelangte wurde bei Zimmertemperatur aufbewahrt und stellte den lufttrockenen („lutro“) Anteil dar und diente im weiteren Verlauf als Versuchsmaterial für die Bestimmung des PH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit.

3.2 Zeichnung und Beschreibung des jeweiligen aufgenommenen Sondier Profils

Wie bei einem Moorgebiet zu erwarten, ist der oberste Bodenhorizont relativ stark wassergesättigt. Dieser Umstand fördert in einem gewissen Umfang das Wachstum von Pflanzen wie Gräsern und Moosen. Diese wiederum stellen organisches Material dar, welches abstirbt und zu einem Bestandteil des Bodens wird. So handelt es sich bis zu einer Tiefe von 1,86m um eine Torfschicht mit zum Teil starker Durchwurzelung. Daran anschließend erstreckt sich eine reine Torfschicht bis zu 1,95 m Tiefe. Aufgrund des hohen Wassergehaltes ist eine Abgrenzung zwischen den Torfschichten 1 und 2 nicht so leicht möglich. Anschließend kommt der Torfhorizont T3 (bis 2,55m), welcher älter ist und ein bereits stärker verwittertes organisches Material aufweist. Allerdings sind in diesem Abschnitt auch Holzfragmente zu finden und es tritt bereits eine Vermischung mit Schluff auf. Von 2,55m bis 3m reicht die Schluffschicht; der nächste Abschnitt, der bis zu einer Tiefe von 3,40m reicht, stellt einen Übergangsbereich zwischen Schluff und Ton dar. Die nächst tiefer gelegene Schicht, welche vorwiegend aus Seeton besteht, reicht bis 3,90m Tiefe hinab. Eine Besonderheit dieses Horizontes sind die sogenannten „Dropstones“. Dabei handelt es sich um Schuttmaterial, welches während der letzten Eiszeit im Eis verpackt war und somit nach dem Rückzug der Gletscher auf dem entstandenen See schwimmen konnte. Als die „Verpackung“ verschwand, fielen die Steine nach unten und wurden in der Mitte der feinen Seetone abgelagert. Von 3,90m bis 4,55m reicht eine reine Seetonschicht. Daran anschließend erstreckt sich eine Schicht, welche aus einem Gemisch von Seeton und Grundmoränenmaterial besteht. Dieser Horizont reicht von 4,55m bis 4,80m. Die unterste Schicht wird von dem kalkhaltigen Material der Grundmoräne gebildet. Wie tief dieses Material tatsächlich hinabreicht, konnte anhand der Bohrung nicht ermittelt werden, da diese nur bis 5m Tiefe reichte. Die Ablagerung der Seetone als zweittiefste Schicht resultiert aus der Tatsache, dass die Gletschermilch des einstigen Gletschers diese feinsten Korngrößen enthalten hat. Der sich darüber befindliche schluffige Teil wurde zeitlich später fluvial eingetragen. Die Visualisierung der Bodenhorizonte wurde mit der Software GeoLogik Profil Tec 6.5 gemeinsam mit der Gruppe von Tobias Brandstätter, Regina Fröhlich und Damian Taferner durchgeführt und ist in der nachfolgenden Abbildung 2: Bodenprofil und Legende (Eigene Abbildung). zu sehen.



Die vor Ort an den frischen Bodenhorizonten vorgenommene Farbestimmung mit Hilfe von Farbskalen ist aus der Tabelle 1 ersichtlich.

Tiefe [m]	Farbcode
<1,86	10YR 1,7/1
1,86-1,95	10YR 3/2
1,95-2,55	10YR 4/3
2,55-3,00	5Y 4/2
3,00-3,40	7,5Y 5/1
3,40-3,90	7,5Y 7/1
3,90- 4,55	7,5Y 6/1
4,55-4,80	10Y 7/1
>4,80	5Y 6/1

Tabelle 1: Farbestimmung der einzelnen Schichten (Eigene Darstellung).

3.3 Beschreibung der durchgeführten Laborversuche

Die im Labor durchgeführten Versuche bestehen grundsätzlich einerseits aus den sogenannten Physikalischen Methoden, zu denen die Bestimmung der Trockensubstanz und die Korngrößenanalyse zuzählen, andererseits aus den Chemischen Methoden, welche sich aus der Bestimmung der Organischen Substanz, der Bestimmung des Karbonatgehalts, der Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit und der Festlegung des Ph- Wertes zusammensetzen.

An dieser Stelle seien zuerst die Physikalischen Methoden beschrieben: Um bei der Analyse der entnommenen Bodenproben Ergebnisse zu erhalten, welche miteinander vergleichbar sind, ist es notwendig alle entnommenen Bodenproben in denselben Reaktionszustand zu versetzen. Hierzu wird das Probegut im Labor mit Hilfe des Trockenschanks in einen absolut trockenen Zustand (atro) versetzt und eignet sich somit zur Weiterverarbeitung für bestimmte Standardanalysen. Bei der späteren Analyse der Proben sind größere Unterschiede zwischen Trockenschrank und Analyserraum hinsichtlich der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit zu vermeiden bzw. auszugleichen (Exsikkator), um verfälschte Messergebnisse zu verhindern.

Sobald dies geschehen ist, kann durch Berechnung auf den Anteil der Trockensubstanz an der ursprünglichen lufttrockenen Bodenprobe geschlossen werden. Hierzu werden die lufttrockene und die absolut trockene Probenmasse zueinander in Relation gesetzt.

Als eine weitere physikalische Methode sei an dieser Stelle die sogenannte Korngrößenanalyse erwähnt, welche die im jeweils vorliegenden Bodenmaterial enthaltenen Korngrößenfraktionen ermittelt. Anhand eines Körnungsdreiecks kann anschließend die Bodenart genau bestimmt werden. Mit Hilfe der mechanischen Siebanalyse können die größeren Gesteinskomponenten wie die Sandfraktion (0,063mm-2 mm Korngröße) und die Skelettfraktion (>2mm) ermittelt werden. Fraktionen mit einer Korngröße <0,063mm können mit der mechanischen Siebanalyse nicht mehr ermittelt werden und müssen daher in einer Flüssigkeit suspendiert werden. Anschließend kann man anhand der Fall- und Sinkgeschwindigkeiten die einzelnen Ton- und Schluff Fraktionen bestimmen. Dieser Berechnung liegt das sogenannte STOKES'sche Gesetz zugrunde. Die Trennung der einzelnen Korngrößen beruht darauf, dass die Körner in der Luft bzw. im Wasser eine gleichbleibende Sinkgeschwindigkeit entwickeln, welche umso größer ist, je schwerer das betreffende Korn ist. Diese Methode wird auch als Pipettierung bezeichnet.

Hinsichtlich der chemischen Methoden ist hier zu allererst die Bestimmung der organischen Substanz zu nennen. Die organische Substanz des Bodens, auch „Humus“ genannt, besteht aus mehreren komplexen Einzelverbindungen, hauptsächlich den Huminstoffen, welche sich aus den Fulvosäuren und Huminsäuren im Boden zusammensetzen (LESER 1975:275). Diese organische Masse des Bodens kann über mehrere Methoden (Verbrennungsmethoden, Oxidation, Glühverlust) bestimmt werden. Die gebräuchlichste Methode ist hierbei die Bestimmung über den Glühverlust und des Gesamtkohlenstoffes durch Veraschung im sogenannten „Muffelofen“ bei ca. 430°C. Hierbei verbrennt die organische Masse und CO_2 sowie H_2O können entweichen. Die Bestimmung der organischen Substanz ist mit dieser Methode allerdings nur bei kalk- und tonfreien Böden sinnvoll, da freiwerdende Kohlensäure und freigesetztes Kristallwasser die Gewichtsanteile der organischen Substanz an der Bodenprobe verfälschen würden (LESER 1977:276).

Die Bestimmung des Karbonatgehalts mit Hilfe der Scheibler- Apparatur bewirkt unter der Einwirkung von Salzsäure (HCL) die Herauslösung der im Boden enthaltenen Carbonate. Hierbei wird das bei der Zerstörung von Calcium-Carbonat (CaCO_3) entweichende CO_2 gasvolumetrisch, unter Berücksichtigung von Luftdruck und Temperatur, bestimmt (LESER 1977:280). Anschließend kann durch Berechnung auf den Kalkgehalt des Bodenmaterials geschlossen werden und die Bodenart genauer bestimmt werden.

Durch die Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens kann dessen Salzgehalt bestimmt werden. Durch die Zugabe von destilliertem Wasser liegen die wasserlöslichen Salze des Bodens in der Lösung als positiv geladene Kationen und negativ geladene Anionen vor. Mit einer Elektrode lässt sich die Leitfähigkeit genau bestimmen.

Der pH- Wert eines Bodens beschreibt den Grad der Versauerung und gibt einen ersten Hinweis auf seine Nutzbarkeit (LESER 1977:281). Mit dem pH- Wert kann man die Wasserstoffionenkonzentration im Boden ermitteln, wobei man den Boden letztendlich als basisch (pH- Wert 7,1-15) bzw. sauer (pH- Wert 0-6,9) einstuft. Bestimmen lässt sich der pH- Wert elektrometrisch in einer Bodensuspension definierter 5% -iger Calciumchlorid- Lösung bzw. destilliertem Wasser.

3.4 Verwendetes Material und Durchführung

Die Beschreibung aller Laborversuche wurde basiert auf dem Dokument von MARBACH (2011), welches den Studierenden von den Lehrveranstaltungsleitern zur Verfügung gestellt wurde und bei der Durchführung der Arbeiten als Anleitung diente.

Physikalische Methoden

Bestimmung der Trockensubstanz:

Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurde zu aller erst ca. 130,5g Bodenmaterial von der Probe S1/P7 (aus 4,2-4,3 m) auf der Analysewaage in einen trockenen, zuvor selbst gewogenen, Porzellantiegel eingewogen. Hierzu verwendete man einen Spatel, welcher eine exakte Einwaage des Bodenmaterials gewährleistete. Im Anschluss an die Einwaage wurde die Bodenprobe für 24 Stunden bei 105°C in den Trockenschrank gestellt. Im letzten Schritt wurde die getrocknete Probe zur Abkühlung unter den Exsikkator gestellt und nochmals abgewogen. Daran anschließend wurde der durchgeführte Versuch ausgewertet und berechnet, indem die Masse des absolut trockenen Materials mittels Division in Relation zur lufttrockenen Masse gesetzt wurde. Eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse ist im Kapitel 3.5 zu finden.

Korngrößenanalyse (Siebung/Pipettierung):

Die Korngrößenanalyse mittels Siebung und Pipettierung wurde an Hand der Probe S1/P7 (aus 4,2-4,3 m) durchgeführt.

Der erste Schritt bei der Korngrößenanalyse bestand darin, die Porzellanschale mit der für die Siebanalyse bestimmten Bodenprobe zu wiegen. Anschließend wurde die Bodenprobe mit Hilfe eines Mörsers und der Zugabe von Wasser zerkleinert. Im nächsten Schritt wurde die Bodenprobe in den Siebsatz hineingegeben. Der Siebsatz besteht aus insgesamt vier in der Größe verschiedenen Sieben (2mm, 0,63mm, 0,2mm, 0,063mm). Wichtig war hierbei auch das Aufstellen eines Auffanggefäßes am Abflussschlauch des Schüttelapparates, um das ausgeschwemmte Bodenmaterial aufzufangen. Die Bodenprobe wurde auf der Siebmaschine, welcher jener in Abbildung 3: Siebmaschine (CERAMIX 2007: o.S.) gleicht, jetzt 40min gerüttelt, bis sich der abschlämmbare Anteil der gesamten Korngrößenfraktion (<0,063mm, Ton und Schluff) abgesondert hatte.



Abbildung 3: Siebmaschine (CERAMIX 2007: o.S.).

Im Anschluss an die Siebung wurden die einzelnen Siebrückstände in Petrischalen überführt und auf der Analysewaage gewogen. Im nächsten Schritt wurden die Proben im Trockenschrank bei 105°C getrocknet und danach wiederum auf der Analysewaage abgewogen, um den jeweiligen Anteil der verschiedenen Korngrößen an dem gesamten Bodenmaterial bestimmen zu können.

Bei der Pipettierung bestand der erste Schritt darin, von der Bodenprobe S1/P7 ca.10g (exakt:10,2413g) zu entnehmen und einzuwiegen. Anschließend wurde die Probe in ein Becherglas mit einem Volumen von 500cm³ hineingegeben und mit 100ml 15%iger Wasserstoffperoxid- Lösung (H₂O₂) versetzt. Die Probe wurde über Nacht stehen gelassen und am nächsten Tag noch einmal aufgeköcht, bis die Bodenprobe hell erschien. Nach der Abkühlung der Probe wurde diese mit 25ml Dispergierungsmittel vermischt, in einen Glaszylinder umgefüllt und mit ca. 250ml Aqua dest.versetzt. Im nächsten Schritt wurde der verschlossene Glaszylinder manuell geschüttelt, bis eine gleichmäßige Verteilung der Probe im Glaszylinder zu erkennen war. Daran anschließend wurde die Wassertemperatur im Sedimentationsgefäß (23,3°C) gemessen. Die vorbereitete Probe wurde in jenes Sedimentationsgefäß (Schlammzylinder) überführt und mit Aqua dest. bis zur oberen Markierung aufgefüllt. Anschließend wurde das Sedimentationsgefäß in ein Pipettiergerät nach Köhn gesteckt, welches in der Abbildung 4: Pipettiergerät nach Köhn (Eigene Abbildung). zu sehen ist.



Abbildung 4: Pipettiergerät nach Köhn (Eigene Abbildung).

Die Bestimmung der Sedimentationszeiten erfolgte unter zu Hilfenahme der hierfür benötigten Umrechnungstabelle (siehe Tabelle 2: Sedimentationszeiten der Schluff- und Tonfraktionen (verändert nach Emde et al. 2000: 27)). Die Sedimentationszeiten der einzelnen Korngrößenfraktionen erstreckten sich von 24 sec über 4min 20sec, 43min 40sec bis 3h 36min 30sec. Die Entnahme der einzelnen Fraktionen erfolgte mittels Unterdruck in der Pipette (20ml). Die Eintauchtiefe der Pipette betrug bei der Entnahme der Schluffanteile 10 cm, um den Tongehalt zu ermitteln wurde sie nur 5 cm eingetaucht. Der Inhalt der Pipette wurde anschließend in zuvor abgewogene Petrischalen überführt und danach für mehrere Tage in den Trockenschrank gelegt. Nach der vollständigen Trocknung und einer kurzen Abkühlung im Exsikkator wurden die Petrischalen auf der Analysewaage auf 0,0001g abgewogen. Aus der Differenz beider Wägungen ergab konnte der Anteil der abschlämmbaren Fraktionen in der Bodenprobe berechnet werden (siehe Kap. 3.5).

Temperatur	Ton	Schluff		
	< 2µm	< 6,3 µm	< 20 µm	< 63 µm
16° C	4 h 17 min 30 s	51 min 52 s	5 min 09 s	29 s
17° C	4 h 10 min 30 s	50 min 32 s	5 min 01 s	29 s
18° C	4 h 04 min 30 s	49 min 17 s	4 min 53 s	28 s
19° C	3 h 58 min 30 s	48 min 03 s	4 min 46 s	27 s
20° C	3 h 52 min 30 s	46 min 53 s	4 min 39 s	26 s
21° C	3 h 47 min	45 min 46 s	4 min 32 s	26 s
22° C	3 h 41 min 30 s	44 min 41 s	4 min 26 s	25 s
23° C	3 h 36 min 30 s	43 min 40 s	4 min 20 s	24 s
24° C	3 h 31 min 30 s	42 min 37 s	4 min 14 s	24 s
25° C	3 h 26 min 30 s	41 min 40 s	4 min 08 s	23 s

Eintauchtiefe: Schluff = 10 cm; Ton = 5 cm

Tabelle 2: Sedimentationszeiten der Schluff- und Tonfraktionen (verändert nach Emde et al. 2000: 27).

Chemische Methoden

Bestimmung der Organischen Substanz:

Von der zur Bestimmung vorgesehenen Bodenprobe S2/P2 wurden ca. 5g entnommen und in einen Becher hineingegeben. Anschließend wurde das Gewicht des Bechers mitsamt der hinzugegebenen Bodenprobe bestimmt. Im folgenden Schritt wurde die Probe in den Muffelofen (siehe Abbildung 5: Muffelofen (Eigene Aufnahme).) hineingestellt und bei einer Temperatur von ca. 430- 450°C solange geglüht, bis die organische Substanz verbrannt ist. Nach dem Abkühlen im Exsikkator wurde die Probe nochmals gewogen und anhand der Differenz bzgl. des Gewichts der Anteil der organischen Substanz berechnet.



Abbildung 5: Muffelofen (Eigene Aufnahme).

Bestimmung des pH-Wertes:

Ca. 10g Bodenmaterial der Probe S1/P1 (aus 1,7 m) wurden in einen Plastikbecher eingewogen und mit ca. 50ml destilliertem Wasser versetzt und anschließend mit einem Magnetrührer vermischt, um das noch vorhandene grobe Material in der Probe zu zersetzen. Im nächsten Schritt wurde nach der im Voraus erfolgten notwendigen Eichung des pH- Messgerätes mit sog. Pufferlösungen die Acidität der vorliegenden Lösung bestimmt. Die Eichung wurde von dieser Gruppe allerdings nicht selbst durchgeführt, da sie von anderen Übungsteilnehmern bereits im Voraus durchgeführt worden ist. Nach der Messung wurde die Elektrode des Messgeräts mit destilliertem Wasser abgespült und in 3 M KCL-Lösung aufbewahrt.

Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit:

Auch hier wurde die Probe S1/P1 (aus 1,7 m) verwendet.

Ähnlich wie bei der zuvor erfolgten Bestimmung des pH- Wertes wurde auch bei der Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit eine Bodenprobe von 10g in einen Becher eingewogen und mit 50ml destilliertem Wasser vermischt. Anschließend wurde die Probe mit einem Magnetrührer ca. 20min verrührt. Im



Abbildung 6: Leitfähigkeits-Messgerät mit Messelektrode (Eigene Aufnahme).

weiteren Verlauf wurde die Leitfähigkeit (Einheit μS) der Lösung mit Hilfe eines Leitfähigkeits- Messgeräts, welches in der Abbildung 6: Leitfähigkeits-Messgerät mit Messelektrode (Eigene Aufnahme). zu sehen ist, durch Eintauchen der Elektrode in die Lösung bestimmt.

Carbonatbestimmung nach Scheibler:

Im ersten Schritt wurde eine halbquantitative Analyseverfahren hinsichtlich der Carbonatbestimmung durchgeführt. Hierzu wurden ca. 2g Bodenmaterial (S1/P7) mit verdünnter HCl versetzt und anhand der darauf folgenden chemischen Reaktion (starke Reaktion, nicht lang anhaltend) der Carbonatanteil bestimmt. Hieraus war ersichtlich, dass diese Bodenprobe einen relativ hohen Anteil an Carbonaten besitzt.

Um eine exakte Carbonatbestimmung nach Scheibler durchführen zu können, war im Voraus eine Eichung des Apparates notwendig. Dazu wurden etwa 0,1g (0,0988) CaCO_3 in die Scheibler- Apparatur, welche in Abbildung 7: Scheibler-Apparatur (Eigene Aufnahme) zu sehen ist, hineingegeben und anschließend mit 15%iger Salzsäure vermischt. Durch die folgende Reaktion wurde CO_2 freigesetzt und dadurch Wasser verdrängt. Währenddessen war darauf zu achten, dass der Flüssigkeitsspiegel in den beiden Röhren (Röhren in welchen die Reaktion abläuft



Abbildung 7: Scheibler-Apparatur (Eigene Aufnahme).

bzw. das Wasser verdrängt wird) mittels eines Ausgleichsventiles im Gleichgewicht gehalten wurde. Mit dem Ende der Reaktion wurde der Anteil des durch CO₂ verdrängten Wassers abgelesen und diente zur anschließenden Berechnung des Carbonatgehaltes (siehe Kap. 3.5).

3.5 Ergebnisse, Berechnungen und Diskussion

a) Bestimmung des Carbonatgehaltes:

Wie bereits in Kapitel 3.4 erwähnt, wurde bei der Bestimmung des Carbonatgehaltes der Probe S1/P7 zuerst eine sogenannte halbquantitative Carbonatbestimmung durchgeführt. Bei der hier entstandenen Reaktion zwischen Bodenprobe und Salzsäure war eine sehr starke Reaktion zu beobachten, was auf einen sehr hohen Carbonatanteil von über 10% hinweist.

Die quantitative Carbonatbestimmung nach Scheibler ergab folgende Berechnungen und Ergebnisse:

1. Berechnung:

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

$$CaCO_3 = 0,0988 [\text{g}] * 77,4[\text{ml}] * 100[\%] / (24[\text{ml}] * 0,5047[\text{g}]) = \mathbf{63,13\%}$$

2. Berechnung

$$\text{ml } CO_2 * \text{Tabellenwert} * 2,274 * 100 / \text{Einwaage in mg} = \% CaCO_3$$

$$= 77,4[\text{ml}] * 1,842 * 2,274 * 100 / 504,47[\text{mg}] = \mathbf{64,24\% CaCO_3}$$

Der Tabellenwert von 1,842 mg entspricht der Masse von 1ml CO₂ bei einer Raumtemperatur von 24°C und einem Luftdruck von 1008 Bar. Damit ergibt sich zwischen den beiden berechneten Werten eine Differenz von 1,11%. Dies kann zurückgehen auf kleinere Ungenauigkeiten bei der Einwaage, eine etwas zu geringe Menge an gelöstem Material sowie diversen Rundungsungenauigkeiten.

Berechnung des anorganischen Kohlenstoffgehaltes:

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

$$= 63,13\% CaCO_3 / 8,333$$

$$= 7,58\% \text{ anorganischer Kohlenstoffgehalt}$$

Carbonatgehalt 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

Tabelle 3: Einstufung des Carbonatgehalts (MARBACH 2011:17).

Wie aus der Tabelle 3: Einstufung des Carbonatgehalts (MARBACH 2011:17) ersichtlich ist, handelt es sich in diesem Fall extrem carbonatreichen Boden. Ein derartiges Ergebnis war auch zu erwarten, da es sich bei den Feinsedimenten um kalkhaltigen Gletscherabrieb handelt, was einen hohen Carbonatanteil erwarten ließ.

Ein stark kalkhaltiger Boden besitzt die Fähigkeit, den im Boden befindlichen Anteil an Säuren in einem gewissen Maß selbst zu regulieren und den Ph- Wert auf diese Weise konstant zwischen 8 und 6 zu halten. Ein Boden mit einem relativ hohen Karbonatgehalt ist bis zu einem bestimmten Punkt besser gegen eine drohende Versauerung geschützt, als carbonatarmer Böden.

b) Ermittlung des Anteils an organischer Substanz:

Zur Bestimmung der organischen Substanz (aus S2/P2) wurde die Methode der Veraschung angewendet, welche in Kapitel 3.4 bereits erläutert wurde. Die Berechnung erfolgt über den Glühverlust. Aus dem sich hierbei ergebenden Gewichts- bzw. Masseverlust ergibt sich schließlich der Anteil an organischer Substanz (MARBACH 2011:12).

Berechnung:

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

TS nach Glühverlust = 1,0986 [g]/5,0067 [g]*100%

Endergebnis = **21,94%**

Der Anteil an anorganischem Material beträgt demnach 21,94%; der Anteil an organischem Material liegt bei 78,06%.

Da es sich bei dieser Bodenprobe um einen Torfboden aus einem oberen Bodenhorizont handelt, ist es nicht überraschend, dass dieses Probegut einen sehr hohen Anteil an organischer Substanz enthält. Ein sehr hoher Anteil an organischer Substanz ist für Torfböden charakteristisch.

c) **Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit:**

Durch die Messung der elektrischen Leitfähigkeit (bei S1/P1) wird wie in Kapitel 3.4 beschrieben der Gesamtsalzgehalt bestimmt.

In Bezug auf die elektrische Leitfähigkeit ergab sich ein Ergebnis von 44,5 μS , was einen sehr geringen Konduktivitäts-Wert darstellt. Im Vergleich dazu weist Leitungswasser nach Angaben von Mag. Marbach in der Stadt Salzburg einen Wert von etwa 345 μS auf.

In weiterer Folge kann auch der Salzgehalt des Bodens berechnet werden:

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

$$\rightarrow 44,5 [\mu\text{S}] * 0,32 / 100 = \mathbf{0,1424\%}$$

Aufgrund des geringen Salzgehaltes, der hier vorliegenden Bodenprobe, ist eine nur schwach ausgeprägte Leitfähigkeit festzustellen.

Dieser Umstand steht in engem Zusammenhang mit der Tatsache, dass es sich beim Koppler Moor um ein Hochmoor handelt. Diese Regenmoore werden lediglich von sehr nährstoffarmem Regenwasser gespeist, woraus sich der geringe Salzgehalt ableiten lässt (LBEG 2012: o.S.). Regenwasser weist laut BAUER (2009:11) einen Leitfähigkeitswert von 5-40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf, das Wasser in der Probe konnte also in sehr geringem Maße Salz dazugewinnen.

d) Bestimmung des pH- Wertes:

Die Messung mit dem pH- Messgerät ergab einen CaCl₂- Wert von 6,22. Wie aus der nachfolgenden Tabelle 4: Einstufung der Bodenreaktion (MARBACH 2011:14). abgelesen werden kann, handelt es sich dabei um eine schwach saure Bodenprobe.

pH-Wert (CaCl₂)	Bezeichnung	pH-Wert (CaCl₂)	Bezeichnung
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	extrem alkalisch

Tabelle 4: Einstufung der Bodenreaktion (MARBACH 2011:14).

Da die Probe S1/P1 aus dem obersten Torfhorizont stammt, war ein derartiges Ergebnis zu erwarten.

Ein niedriger (schwach saurer) PH- Wert ist charakteristisch für einen Boden, welcher viele H₃O⁺- Ionen enthält und nur noch wenige Pflanzennährstoffe beinhaltet. Oftmals liegen bei einem sauren Boden auch giftige Schwermetalle wie Blei, Cadmium oder Kupfer vor, welche der Bodenfauna- und Flora schaden.

e) Bestimmung der Trockensubstanz:

Die Trockensubstanz wurde an Hand der Probe S1/P7 nach dem im Kapitel 3.4 beschriebenen Versuchsablauf bestimmt. Im lufttrockenen Zustand wies die für den Versuch verwendete Probe inklusive Schale ein Gewicht von 518,8 g, ohne das 412,0 g schwere Gefäß von 130,5 g auf. Nach der bei 105°C erfolgten 24-stündigen Trocknung und der anschließenden Abkühlung m Exsikkator betrug das absolut trockene Gewicht der Probenmasse noch 106,8 g.

Daraus ergab sich folgende Berechnung, um den Anteil des lufttrockenen Nettogewichtes an der Masse des gesamten Bodenmaterials zu erhalten:

$$106,8 \text{ g} / 130,5 \text{ g} * 100 = 78,82\%$$

Dies bedeutet, dass der Wassergehalt dieser Bodenprobe relativ gering ist, da die darüber liegenden Tonschichten ein Versickern des Wassers in größere Tiefen verhindern. Die etwas tiefer liegende Seetonschicht, aus der die Probe S1/P7 entnommen wurde, weist daher einen geringeren Wassergehalt als die etwas höher liegenden Tonschichten auf.

Diese „Isolationsschicht“ stellt ein besonderes Charakteristikum der Hochmoore dar, welche ausschließlich vom Niederschlagswasser gespeist werden.

f) Bestimmung der Korngrößen

Wie bereits erwähnt wurde zur Bestimmung der Korngrößen die Bodenprobe S1/P7 verwendet.

Die zu Beginn eingewogene absolut trockene Masse betrug 106,8 g.

Durch Addition der Gesamtmasse aus der Siebung (24,463 g) sowie der Gesamtmasse der abschlämmbaren Ton-Schluff-Fraktion ergibt sich eine Summe von 105,363 g. Somit sind während der Vorbereitung und Durchführung von Siebung und Pipettierung insgesamt 1,437 g oder 1,35% der Gesamtmasse verlorengegangen. Alle im weiteren Verlauf errechneten relativen Werte beziehen sich auf die Masse von 105,363 g, da sich der Massenverlust potentiell auf alle Kornfraktionen erstreckt. Somit ist es überdies möglich, Anteilssummen der Kornfraktionen von 100% zu bilden.

Die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebene Siebung ergab die in Tabelle 5 angeführten absoluten Ergebnisse.

<u>Siebung</u>		
Schalenummer (4 am größten)	Korngröße	Masse [g]
4	2 mm	5,487
3	0,63 mm	3,747
2	0,2 mm	3,89
1	0,063 mm	11,339
Summe		24,463

Tabelle 5: Ergebnisse der Siebanalyse (Eigene Darstellung).

Im nächsten Schritt wurde die Pipettierung nach dem bereits beschriebenen Arbeitsablauf durchgeführt.

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die konkreten Kennzahlen der Probenentnahme noch einmal angeführt. In der Spalte ganz rechts sind außerdem die Massen des in den einzelnen Schalen enthaltenen Materials nach der Trocknung im Trockenschrank angegeben, wobei die Masse der jeweiligen Schalen bereits abgezogen sind.

<u>Pipettierung</u>			
Schalenummer (4 am feinsten)	Absinkzeit (bei 23,3°C)	Korngrößen [mm]	gewogene Gewichte ohne Schalen [g]
1	24 s	<0,063	0,4507
2	4 min 20 s	<0,020	0,4261
3	43 min 40 s	<0,006	0,3368
4	3 h 36 min 30 s	<0,002	0,2155

Tabelle 6: Kennwerte der Pipettierung (Eigene Darstellung).

Die nachfolgende Tabelle 7 gibt die von der Gruppe im weiteren Verlauf berechneten Ergebnisse der Pipettierung wider. Zu beachten ist dabei, dass sich die Masse der ersten Korngrößenfraktion dadurch ergibt, dass man vom Inhalt der ersten Schale jenen der zweiten abzieht. Für die beiden nächst feineren Korngrößenklassen geht man analog vor, die Korngrößenklasse <0,002 mm entspricht allerdings dem Gewicht des in der vierten Schale enthaltenen Materials.

Die dritte Tabellenspalte spiegelt die Aufrechnung der entnommenen 20 ml Probe auf das Gesamtvolumen von 500 ml wieder. Die Multiplikation der Werte mit 7,18 in der Spalte ganz rechts in der Tabelle 7 dienen zur Aufrechnung auf die Gesamtmasse der Ton-Schluff-Fraktion von 80,9 g.

Rechengang: $80,9/11,2675=7,18$.

<u>Pipettierung</u>			
Korngrößen [mm]	Massen der Fraktionen [g]	Massen [g]*25	Gesamtmasse [g] der Fraktionen (Masse*7,18)
0,063-0,020	0,0246	0,615	4,415664522
0,020-0,006	0,0893	2,2325	16,02922121
0,006-0,002	0,1213	3,0325	21,77317506
<0,002	0,2155	5,3875	38,68193921
Summe		11,2675	80,9

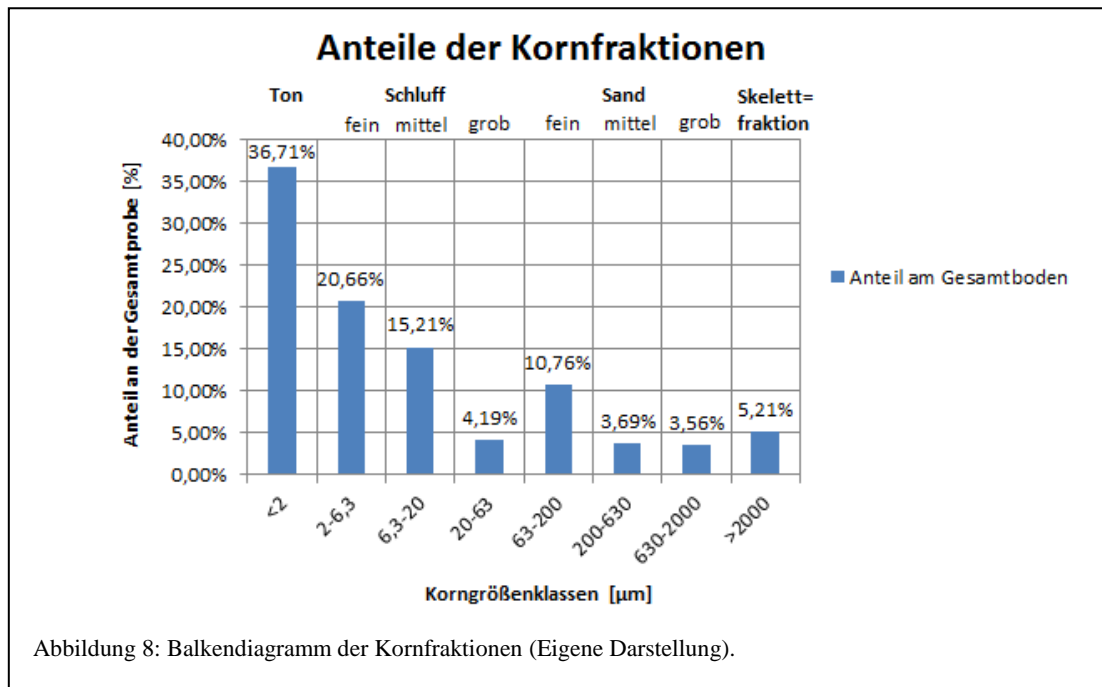
Tabelle 7: berechnete Ergebnisse der Pipettierung (Eigene Darstellung).

Wie aus der Summe der 3. Spalte der Tabelle 7 abzulesen ist, ergibt sich als berechnete Summe der Einwaage eine Masse von 11,2675 g. Dieser Wert liegt um 1,0262 g über der Masse der tatsächlichen Einwaage von 10,2413 g, was 9,1 % entspricht. Diese Abweichung kann mehrere Gründe haben.

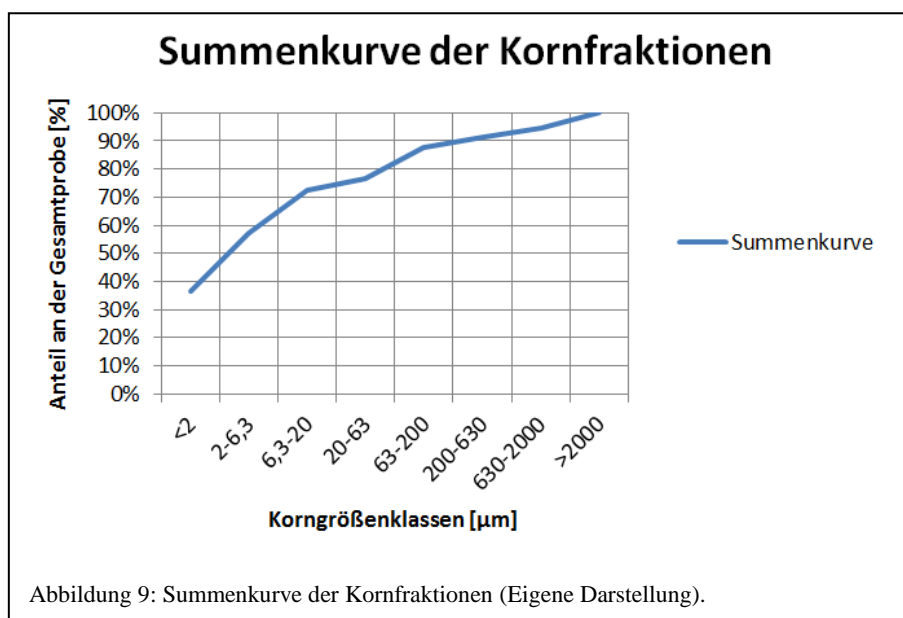
Die Zugabe der 15%igen Wasserstoffperoxid-Lösung zur Zerstörung der organischen Substanz sowie eines Dispergierungsmittels machen einen Teil davon aus. Der andere Teil des Massenüberschusses ist am ehesten in eventuellen Messfehlern begründet. So wäre es beispielsweise denkbar, dass die Eintauchtiefe der Pipette in die Suspension zu ungenau gewählt worden ist.

Im letzten Rechenschritt wurden noch die absoluten Massen der Siebung, also die Werte der 3. Spalte von Tabelle 5: Ergebnisse der Siebanalyse, sowie der Pipettierung (4. Spalte der Tabelle 7: berechnete Ergebnisse der Pipettierung durch 105,363 g, also die trockene Gesamtmasse nach Abzug der Verluste, dividiert. Daraus ergaben sich die relativen Anteile

der einzelnen Kornfraktionen, welche aus dem Balkendiagramm in Abbildung 8: Balkendiagramm der Kornfraktionen abgelesen werden können.



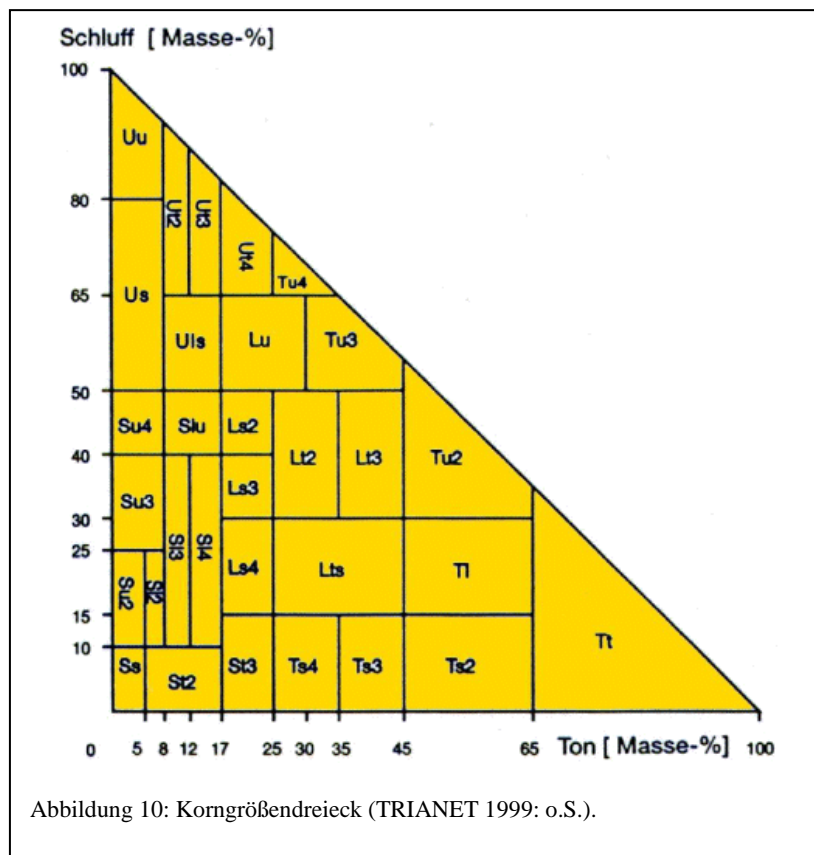
In der Abbildung 9: Summenkurve der Kornfraktionen sind dieselben Werte kumuliert in einer Summenkurve dargestellt.



Man sieht an Hand der beiden letzten Grafiken sehr deutlich, dass die drei feinsten Korngrößenklassen den Großteil aller Fraktionen ausmachen und die größeren Anteile des Bodenmaterials lediglich für einen geringen Teil verantwortlich sind.

Dieses Ergebnis ist wenig überraschend und stimmt auch mit der Erwartungshaltung der Gruppe überein, da die verwendete Bodenprobe S1/P7 bereits im Gelände als Seetonschicht identifiziert worden war.

Aufgrund der jeweiligen Anteile der Kornfraktionen im vorliegenden Bodenprofil (40,06% Schluff, 36,71% Ton und 18,01% Sand), wird die Bodenprobe hinsichtlich des Korngrößendreiecks, welches in Abbildung 10: Korngrößendreieck (TRIANET 1999: o.S.), zu sehen ist, in den Bereich des mittel- tonigen Lehms (Lt3) eingeteilt.



4. 2D Geoelektrik/geoelektrische Tomographie

4.1 2D-Geoelektrik - Messprinzip

Bei der 2D-Geoelektrik handelt es sich um eine geophysikalische Methode, welche zur Untersuchung der Erdkruste dient, indem man die Verteilung der elektrischen Widerstände im Untergrund misst.

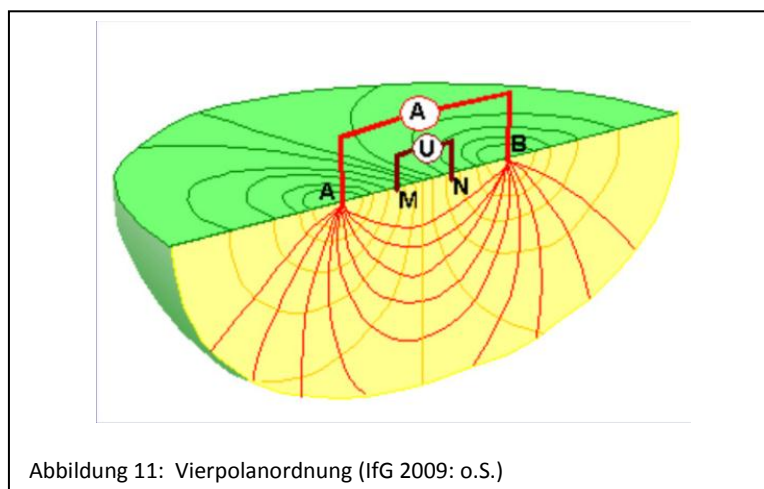
Hierfür wird eine von der Auslagelänge der Messkabel sowie der gewünschten räumlichen Auflösung abhängige Anzahl an Elektroden, beispielsweise 50, entlang eines Maßbandes in den Boden gesteckt. Diese werden dann mit einem Kabel mit dem Grundgerät der geoelektrischen Messung verbunden, wobei letzteres wiederum an einen Laptop mit der benötigten Software angeschlossen ist. Auf die im Koppler Moor benutzten Geräte, den konkreten Aufbau und die verwendete Konfiguration wird im Kapitel 4.2 eingegangen.

Grundsätzlich wird die Messung durchgeführt, indem über zwei Elektroden ein Gleichstrom in den Untergrund geleitet wird, wodurch sich im Boden ein elektrisches Feld aufbaut.

Dieses wird jedoch maßgeblich von den je nach Materie spezifischen Widerständen beeinflusst (IfG 2009: o.S.).

Hierbei gilt: „Der Widerstand ist der Kehrwert der elektrischen Leitfähigkeit und wird durch das Ohm'sche Gesetz $R=U/I$ mit der Einheit Ohm [O] definiert. Dabei ist U die Spannung, gemessen in Volt [V] und I die Stromstromstärke mit der Einheit Ampere [A]“ (FUCHS 2006 o.S.).

Somit ist das elektrische Feld nicht überall gleich stark und die dadurch auftretenden Spannungsunterschiede können an zwei sogenannten „Potentialelektroden“ gemessen werden. Diese Anordnung der Elektroden wird als „Vierpolanordnung“ bezeichnet und ist in der folgenden Abbildung 11: Vierpolanordnung (IfG 2009: o.S.) zu sehen. Dabei wird über die Elektroden A und B der Strom eingespeist und die Elektroden M und N dienen als Potentialelektroden.



Der gemessene Widerstand wird als „scheinbarer spezifischer Widerstand“ bezeichnet und stellt einen Summenwiderstand über die einzelnen spezifischen Gesteinswiderstände unterhalb der Messanordnung dar. Zu beachten ist, dass diese Messgröße auch in Abhängigkeit von der Geometrie der Messanordnung steht, auf welche im Folgenden eingegangen wird (JACOBS & MEYER 1992: 68).

Der scheinbare spezifische Widerstand ist als Mittelwert und somit mit Vorsicht zu sehen, denn bei jeder Messung wird nur ein einziger Widerstandswert gemessen, aus welchem erst der wahre Widerstand berechnet werden muss. Auf diesen Umstand wird im Kapitel 4.3 eingegangen.

Einer der großen Vorteile der Methode der Geoelektrik ist, dass Abstand und Konfiguration der Elektroden variiert werden können. Grundsätzlich gilt, dass ein großer Abstand zwischen den Elektroden im Vergleich zu einem kleineren eine höhere Eindringtiefe ermöglicht, andererseits aber eine geringere Auflösung der Messungen nach sich zieht.

Daher wird stets ein für das Ziel der Untersuchung geeignetes „Spacing“, wie der englischsprachige Fachbegriff für den Elektrodenabstand lautet, verwendet (SCHROTT & SASS 2008: 61).

Dabei liegt die Eindringtiefe, für welche als Faustregel $1/6$ der Auslagelänge angenommen werden kann, zwischen einigen Zentimetern und mehreren hundert Metern.

In Bezug auf die Messkonfiguration gibt es mehrere verschiedene Verfahren, von denen die zwei bedeutendsten, Wenner und Schlumberger, welche auch bei den Messungen im Koppler Moor zur Anwendung kamen, an dieser Stelle kurz beschrieben seien.

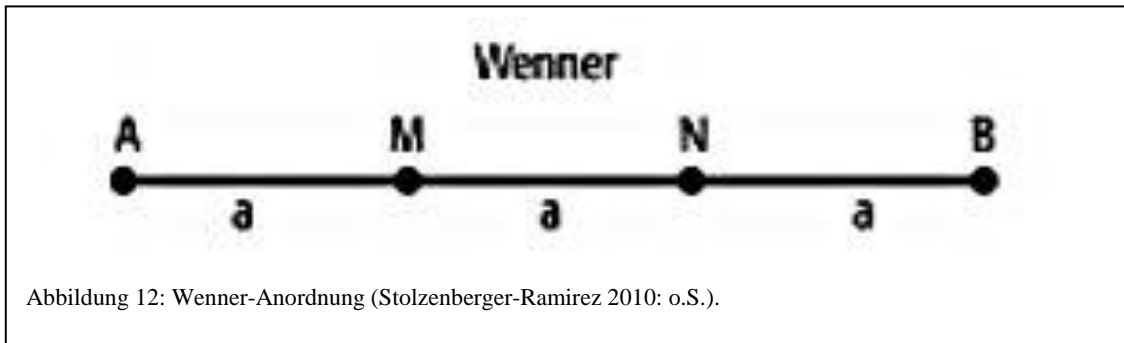
Der Ausdruck „Level“ in Zusammenhang mit einer Zuordnungsnummer bezeichnet dabei die horizontalen Schichten, in welchen die Messungen durchgeführt werden.

„Level 1“ bezeichnet dabei die oberste und gleichzeitig als erstes aufgenommene Schicht.

Da sich die Abstände zwischen den an den Messungen beteiligten Elektroden vergrößern, nimmt die Anzahl der Messungen pro Level mit zunehmender Tiefe ab.

Die Wenner-Anordnung ist in der Abbildung 12: Wenner-Anordnung (Stolzenberger-Ramirez 2010: o.S.) zu sehen. Bei jeder Messung sind vier Elektroden beteiligt, zwischen welchen der Abstand a jeweils gleich groß ist.

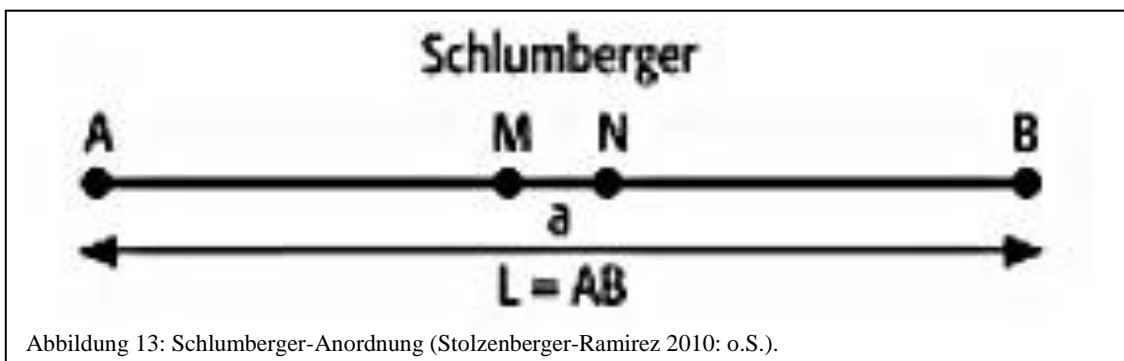
Wird bei den Messungen von einem Level auf den nächsten übergegangen, wird der Abstand a zwischen allen Elektroden in gleichem Ausmaß vergrößert, bis es auf dem letzten Level nur mehr eine einzige Messung gibt.



Zum besseren Verständnis dieser Messmethode seien hier die an den ersten drei Messlevels einer Messung mit 50 Elektroden beteiligten Elektroden angeführt.

- 1. Messung auf Level 1: 1-2-3-4 ($a=1$)
- 1. Messung auf Level 2: 1-3-5-7 ($a=2$)
- 1. Messung auf Level 3: 1-4-7-10 ($a=3$)

Auch an der Schlumberger-Anordnung, welche in der folgenden Abbildung 13: Schlumberger-Anordnung (Stolzenberger-Ramirez 2010: o.S.). zu sehen ist, sind bei jeder Messung vier Elektroden beteiligt.



Hier bleibt der Abstand zwischen den Elektroden aber nur in Form des Abstandes a zwischen den Potentialelektroden M und N konstant. Die beiden äußeren Elektroden verschieben sich hingegen mit zunehmendem Level der Messungen nach außen, bis schließlich beide Enden der Auslagelänge erreicht sind. Bei einer Messung mit 50 Elektroden ergeben sich folgende Beteiligungen:

- 1. Messung auf Level 1: 1-2-3-4
- 1. Messung auf Level 2: 1-3-4-6

Die letzte Messung bei der Schlumberger-Konfiguration weist einen größeren Abstand als bei der Wenner-Anordnung auf, nämlich 1-24-25-50, weshalb mit dem als erstes genannten Verfahren tiefer gemessen werden kann, woraus aber eine schlechtere Auflösung resultiert.

SCHROTT & SASS (2008:61) führen an, dass die Schlumberger-Methode sich gut für das Detektieren lateraler Inhomogenitäten, während das Wenner-Verfahren beim Aufspüren horizontaler Schichten von Vorteil ist.

Ein Problem bei der geoelektrischen Widerstandstomographie ist, dass einige Gesteine eine große Schwankungsbreite bezüglich der elektrischen Widerstandswerte aufweisen können und es dadurch zum Teil nicht möglich ist, direkt vom gemessenen Wert auf eine bestimmte Gesteinsart zu schließen. Von großem Vorteil ist es daher, wenn zum Untersuchungsgebiet weitere Informationen vorliegen, etwa durch Bohrungen, welche sowohl zum Vergleich als auch zur Eichung verwendet werden können (HECHT & FABBINDER 2006: 41).

4.2 Beschreibung unserer Messungen

Für die geoelektrische Tomographie wird am Fachbereich für Geographie und Geologie an der Universität Salzburg ein Gerät des Typs Geo Tom MK-RES/IP/SP des Herstellers Geolog 2000 verwendet (AG GEOMORPHOLOGIE UND UMWELTSYSTEME 2007:3).

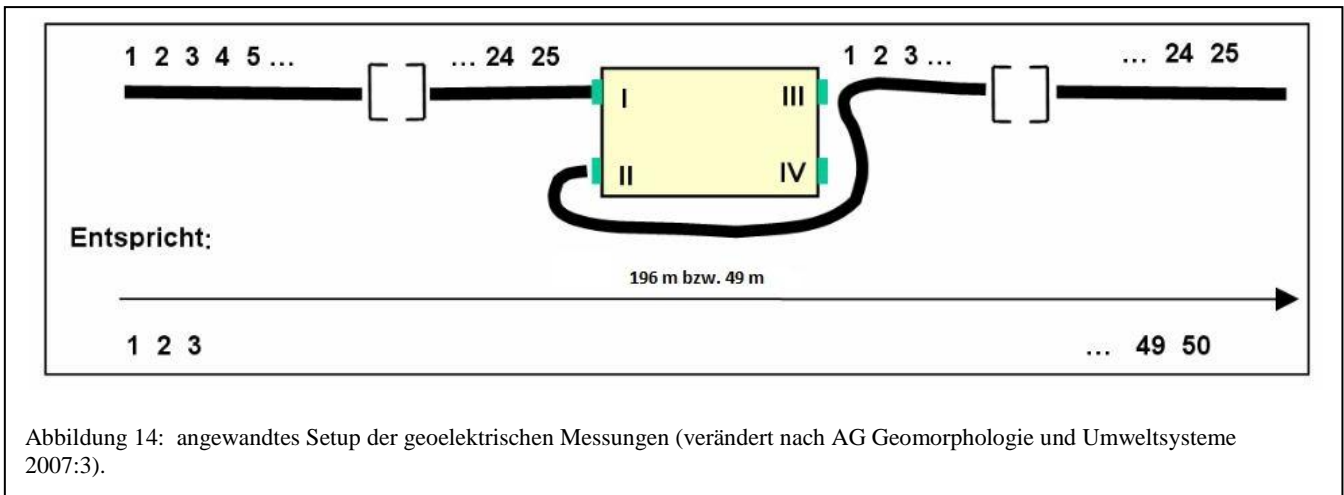
Im Koppler Moor wurden insgesamt zwei geoelektrische Messungen durchgeführt, da die an der Lehrveranstaltung teilnehmenden Studenten, wie bereits erwähnt, in zwei größere Gruppen eingeteilt worden waren.

Die Position des als erstes aufgenommenen Profils bestimmten die Lehrveranstaltungsleiter so, dass es sowohl einen Teil der Moorfläche als auch den angrenzenden Moränenwall miteinschließen würde.

Im Anschluss an eine kurze theoretische Einführung durch Dipl.-Geograf Joachim Götz erfolgte der Aufbau der Apparatur. Hierfür wurde das Geo Tom-Grundgerät an jener Stelle platziert, wo später die Rammkernsondierung durchgeführt werden sollte.

Im nächsten Schritt wurde ein Maßband entlang des aufzunehmenden Profils ausgelegt und entlang von diesem wurden die Elektroden in die Erde gesteckt.

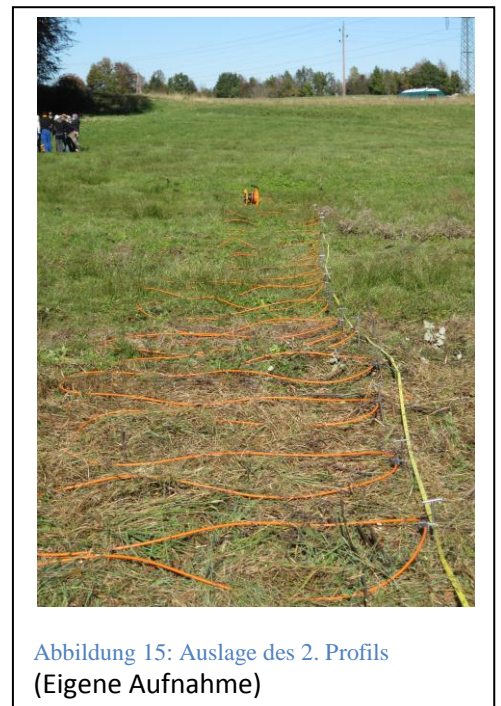
Das Modell der Konfiguration der geoelektrischen Messung ist in Abbildung 14 zu sehen. Die Angabe von 196 m bezieht sich dabei auf die Auslagelänge des ersten, jene von 49 m auf die Auslagelänge des zweiten Profils.



Die 50 zur Verfügung stehenden Elektroden wurden beim ersten Profil, da die Auslagelänge 196 m betrug, in einem Abstand von 4 m im Untergrund verankert, wodurch eine Eindringtiefe von 36,656 m erreicht werden konnte.

Bei dem zweiten Geoelektrikprofil betrug der Abstand zwischen den Elektroden lediglich 1 m. Durch die Multiplikation mit der Zahl der 49 Zwischenräume zwischen den 50 Elektroden ergibt sich somit eine Auslagelänge von 49 m. Diese Konfiguration wurde gewählt, da bei der Sondierung zuvor lediglich eine Tiefe von 5 m erreicht worden war und hier bereits das vermutlich relativ einheitliche Moränenmaterial anstand, weshalb ebenfalls nur 5 m Eindringtiefe benötigt wurden.

Die Auslage dieser Setups ist sequentiell, somit liegen die angeschlossenen Kabel nicht nebeneinander. Anschließend wurden die beiden Kabelbäume entlang des Maßbandes abgerollt und die Studenten verbanden die Elektroden mit den jeweiligen Abgriffen an den Kabeln. Beim ersten Profil erfolgte die Auslegung der Kabel gerade, bei dem zweiten in Schleifen, da nicht die gesamte Länge erforderlich war, wie in der Abbildung 15 zu sehen ist.



In einem nächsten Schritt erfolgte das Anschließen der Kabel an das Geotom-Grundgerät. Hierfür dienten die 25-poligen Stecker, welche sich an beiden Enden des Kabelbaumes befinden. Gewählt wurden die Anschlüsse mit den Nummern I und II.

Die Abgriffe der beiden Kabel, welche die Nummern 1-25 tragen, wurden, wie aus Abbildung 14 zu erkennen ist, nicht revers an die Geotom angeschlossen. Dies bedeutet, dass das Kabel 1 mit dem Abgriff Nummer 25 an den Kanal I anschließt, bei Kabel 2 ist der erste Abgriff nach der Geotom jener mit der Beschriftung 1.

Nun wurde der von den Lehrveranstaltungsleitern mitgebrachte Laptop mit Hilfe eines USB-Kabels mit der Geotom verbunden und die benötigte Erdungselektrode wurde in einer Entfernung von maximal 1 m vom Grundgerät in den Boden gesteckt und mit diesem verbunden.

Jetzt konnte die Geotom mit Hilfe des kleinen Hebels eingeschaltet und auf dem Laptop die Software GeoTom V7-13 gestartet werden (AG GEOMORPHOLOGIE UND UMWELTSYSTEME 2007:9).

Daraufhin wurden die notwendigen Einstellungen in der Software getroffen und es wurden sowohl eine Messung nach Wenner – als auch nach Schlumberger- Konfiguration durchgeführt.

Zusätzlich wurde bei der ersten geoelektrischen Messung mit Hilfe eines tragbaren GPS-Systems der Firma Trimble eine Koordinatenaufnahme von zahlreichen Punkten entlang des Geoelektrikprofils durchgeführt. Dies diente im späteren Übungsverlauf dazu, die gemessenen elektrischen Widerstandswerte in die jeweils auftretenden Reliefformen zu integrieren und so ein wesentlich anschaulicheres Ergebnis zu erhalten.

Im Gegensatz dazu wurden bei dem als zweites gemessenen Profil lediglich die Koordinaten des Anfangs- und des Endpunktes der Messung aufgenommen, da es sich um eine fast vollkommen ebene Fläche handelte, bei der keine allzu großen Unterschiede in den Oberflächenformen zu sehen waren.

Nach der Sicherung und ersten Begutachtung der Messergebnisse erfolgte der Abbau der geoelektrischen Apparatur analog zum bereits beschriebenen Aufbau.

4.3 Datenauswertung

4.3.1 Warum ist eine Auswertung überhaupt notwendig?

Warum ist eine Auswertung überhaupt notwendig: Weil die gewonnenen Daten noch Rohdaten sind, welche erst ausgewertet werden müssen. Sie sind noch voller Messfehler die erst ausgemerzt werden müssen. Hierfür gibt es mehrere mathematische Modelle und man muss das wählen, das am ehesten den gewünschten Effekt erzielt. Dies nennt man Inversionsverfahren. Der Trick dabei ist, dass die Werte, die aufgrund der Eindringtiefe in umgekehrter Pyramidenform vorliegen, nun so zusammengelegt werden, dass ein aussagekräftigen Bild zustande kommt.

4.3.2 Rohdatenaufbereitung

Rohdatenaufbereitung: Nachdem die Datenaufnahme im Gelände abgeschlossen ist, beginnt die eigentliche Arbeit: die Rohdatenaufbereitung. Hierfür wurde im Rahmen der Lehrveranstaltung die Datenaufnahmesoftware „Geotom“ verwendet. In diesem Programm bestand der wesentliche Arbeitsschritt darin, dass die fehlerhaften Messwerte, welche bei der Datenaufnahme auftreten können, aufgefunden und gelöscht wurden.

Zu erkennen waren diese fehlerhaften Werte an einem Widerstandswert, welcher sich deutlich von jenem der benachbarten Zellen unterschied. Um diesen Arbeitsschritt durchzuführen, war es notwendig, die Farbskala der Darstellung zu variieren, um auch wirklich alle „Ausreißer“ aufzufinden. Immer wenn ein fehlerhafter Messwert gefunden wurde, erfolgte seine Löschung und für diese Zelle wurde mit Hilfe der Werte der Nachbarzellen eine Interpolation durchgeführt.

Sobald die Aufbereitung der Rohdaten abgeschlossen war, erfolgte ihre Speicherung sowie der Export als „dat-file“ um mit der Auswertung der Daten fortfahren zu können.

Mithilfe des Inversionsprogramm Res2DInv wurde nun die Datenauswertung durchgeführt. Dieses Programm dient dazu, von den im Feld gemessenen scheinbaren Widerständen eine Verteilung der tatsächlichen Widerstände abzuleiten. Bei den Messungen wird nämlich für jede Zelle nur ein einziger Widerstandswert ermittelt, welcher in der Zelle genau in der Mitte liegt, was insbesondere bei einem größeren Abstand zwischen den Elektroden zu Problemen führen kann. Die Dateninversion dient hier zur Korrektur und liefert schlussendlich ein Abbild des Untergrundes. Für das Startmodell der Widerstandsverteilung wird die Verteilung der resultierenden scheinbaren Widerstände berechnet. Dieses Modell dient zum Vergleich

der Ergebnisse der Modellberechnung und der Messergebnisse und der Ermittlung der Abweichungen. Diese Abweichungen werden benützt, um das Startmodell zu modifizieren und eine bessere Übereinstimmung herzustellen. Dieser Prozess wird so lange fortgeführt, bis eine hinreichende Übereinstimmung erzielt wird.

4.3.3 Vorwärtsmodellierung vs. Inversion (Res2DInv)

Die Vorwärtsmodellierung und die Inversion stellen die beiden mathematischen Komponenten der Inversionsrechnung dar, welche, wie bereits erwähnt, zur Darstellung des tatsächlichen elektrischen Widerstands dient.

Vorwärtsmodellierung: Hierbei werden die Potentialverteilungen für ein gegebenes Modell spezifischer Widerstände bei einer spezifischen Stromeinspeisung in den Untergrund mathematisch berechnet.

Inversion: Die mittels Vorwärtsrechnung ermittelten Verteilungen werden mit den realen, im Gelände gemessenen Potentialen verglichen. Daraufhin wird das ursprüngliche Modell so angepasst, dass der Unterschied zwischen berechneten und gemessenen Werten möglichst gering ist. Die Differenzen zwischen Modellberechnung und der Messung dienen also zur Korrektur des Leitfähigkeitsmodells.

Von dem korrigierten Leitfähigkeitsmodell ausgehend werden weitere Iterationen mit anschließender Korrektur durchgeführt, um die Differenz zwischen berechneten und gemessenen Werten zu minimieren. Erst wenn bezüglich der Ungleichheit ein bestimmtes, im Voraus festgelegtes Maß erreicht worden ist, wird die Wiederholung von Vorwärtsrechnung und Inversion beendet. Ab diesem Zeitpunkt ist davon auszugehen, dass das Modell so genau ist, dass die Abweichung der Messdaten im Rahmen von Datenungenauigkeiten erklärt wird (GÖBLING 2004:16).

4.3.4 Inversionsmethoden (smoothed vs. robuste Inversion)

Grundsätzlich gibt es zwei Inversionsmethoden: Die smoothed (weiche) Inversion und die robuste Inversion. Keine davon ist besser oder schlechter. Man muss jedoch darauf achten welche der Berechnungsmethoden von Fall zu Fall ziel führender und genauer ist. Unterschiedlich können sowohl die Inversionsparameter als auch die Blockmodelleigenschaften sein. Ein Problem bei der Inversion der Daten ist oft die ungenaue Kenntnis der Messfehler.

Insbesondere können Ausreißer in den Messdaten dazu führen, dass der Inversionsprozess instabil wird und es zu keiner Übereinstimmung kommt.

Außerdem besteht die Gefahr, dass Ausreißer das Modell stark beeinflussen, und so Anomalien eingebaut werden, die in der Wirklichkeit nicht existieren.

„Robuste“ und „smoothed“ Inversion liefern unterschiedliche Ergebnisse. Stark schwankend sind die Messkategorien in ihrer Größe und Konzentration. Die „robuste“ Version liefert hier eine wesentlich höhere Bandbreite ab und wirkt nicht besonders realistisch (Bodenschichten). Die „smoothed“ Version ist deutlicher abgegrenzt und wohl eher der Wahrheit entsprechen also ziel führender für unsere Untersuchung.

Bei der „robusten“ Inversionsmethode erfolgt eine Minimierung der absoluten Differenz zwischen dem gemessenen und dem scheinbaren Widerstand. Der Unterschied zwischen diesen beiden Werten wird als „absolute error“ bezeichnet.

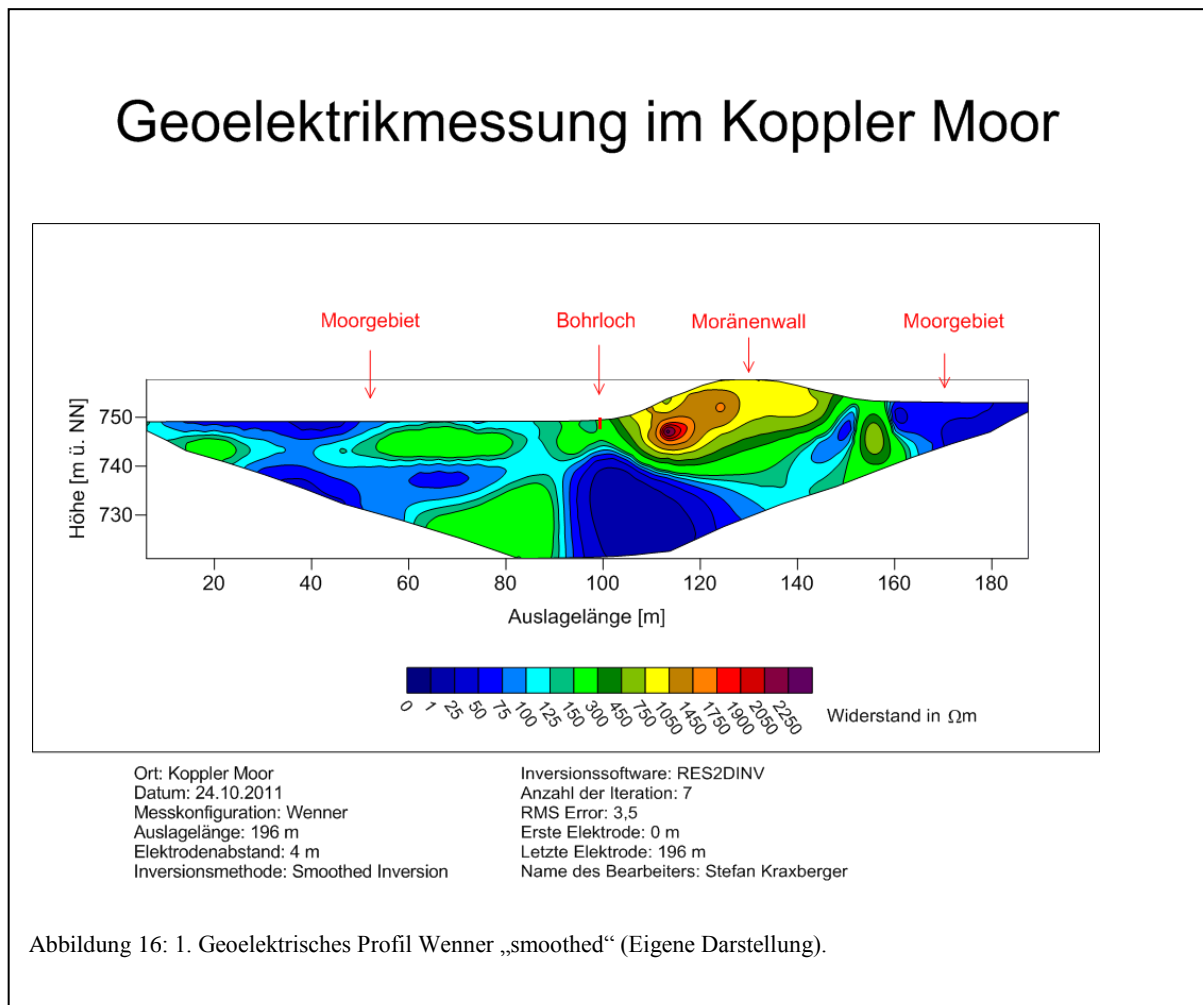
Im Gegensatz dazu wird bei der „smoothed“ Inversion die quadrierte Differenz zwischen dem gemessenen und dem scheinbaren Widerstand minimiert und als „RMS error“ angeführt.

In der Darstellung sind die Übergänge bei der „smoothed“ Inversion fließender und nicht so hart gesetzt. Dies resultiert aus der Tatsache, dass von der Software versucht wird, Ausreißer zu entfernen und benachbarte Zellen zusammenzufassen.

Ein derartiges, fließendes Untergrundmodell muss allerdings nicht immer der Wahrheit entsprechen: Es kommt darauf an welches Untergrundmaterial vorhanden ist, wie hoch die elektrische Leitfähigkeit ist und ganz entscheidend, wie hoch die Leitfähigkeitsdifferenzen sind.

4.4 Vergleich und Interpretation der Messergebnisse

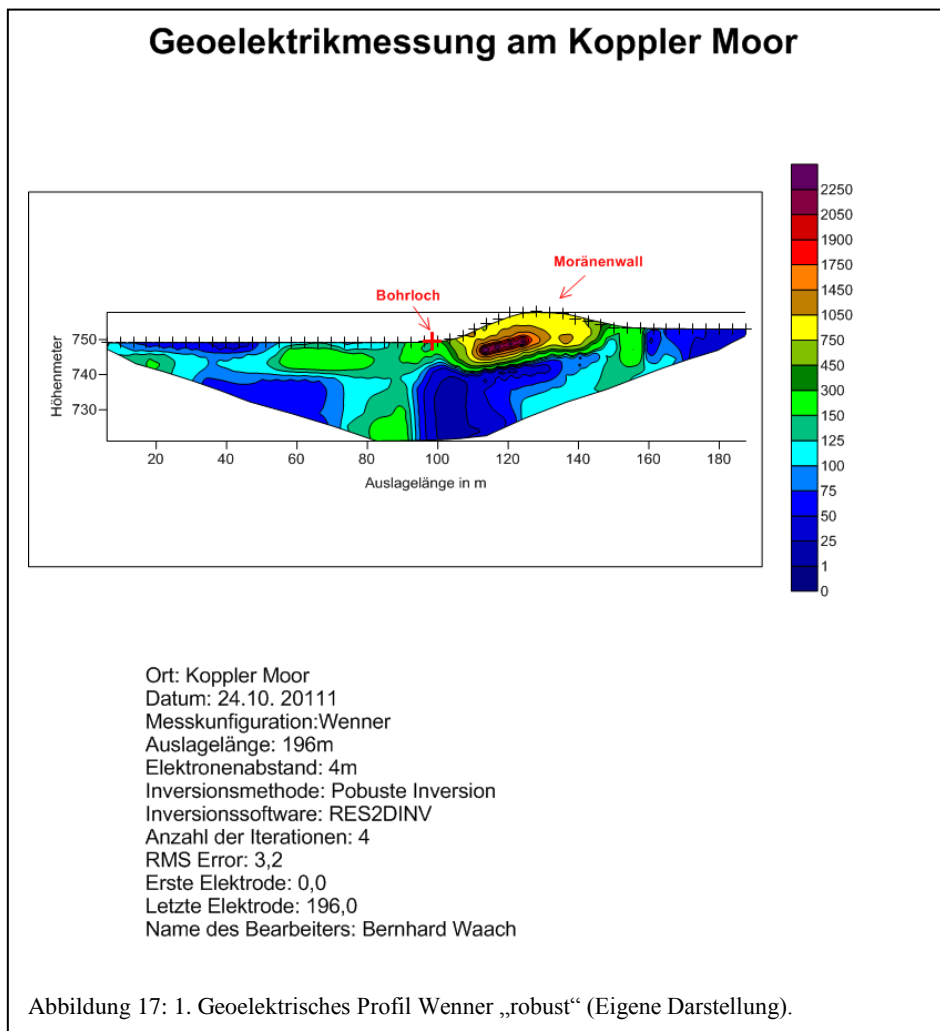
1. Geoelektrikmessung



Interpretation:

Auffallend an diesem Profil ist die Tatsache, dass es grundsätzlich eine recht starke Differenzierung hinsichtlich des elektrischen Widerstandes gibt. So weisen große Teile des Moorgebietes einen geringen Widerstand (0- max.750 Ωm) auf, der Moränenwall allerdings weist wesentlich höhere Widerstände (min. 300- >2250 Ωm) auf. Diese Erkenntnisse lassen sich jedoch nur dann gewinnen, wenn man die genaue Topographie dieses Gebietes kennt. Da das Moorgebiet sehr stark mit Wasser gesättigt ist, ist ein relativ niedriger Widerstand die logische Konsequenz. Aufgrund seiner andersartigen geologischen Beschaffenheit (glazial abgelagertes Schuttmaterial) und seines im Vergleich zum Moor niedrigeren Wassergehaltes leitet der Moränenwall den elektrischen Strom wesentlich schlechter. Charakteristisch für

dieses Profil sind die, speziell im Moorgebiet befindlichen, sich sowohl vertikal als auch horizontal über mehrere Meter erstreckenden Felder unterschiedlichen Widerstandes. Markant ist überdies, dass auch in den flacheren Teilen des Profils der Widerstand an der Oberfläche bei Annäherung an den Moränenwall zunimmt. Diese Tatsache könnte darauf zurückzuführen sein, dass Material vom Moränenwall etwa durch Erosionsprozesse in die tiefer liegenden, dem Moränenwall umgebenden, Flächen transportiert worden ist. Dadurch kam es zu einer Vermischung des Moorbodens und des Moränenmaterials, was den höheren Widerstand plausibel erscheinen lässt. Des Weiteren ist auffällig, dass der in der Abbildung 16: 1. Geoelektrisches Profil Wenner „smoothed“ (Eigene Darstellung).im linken Bildabschnitt zu sehende Bereich tiefer liegt und vermutlich in stärkerem Ausmaß von den Erosionsbewegungen betroffen ist.

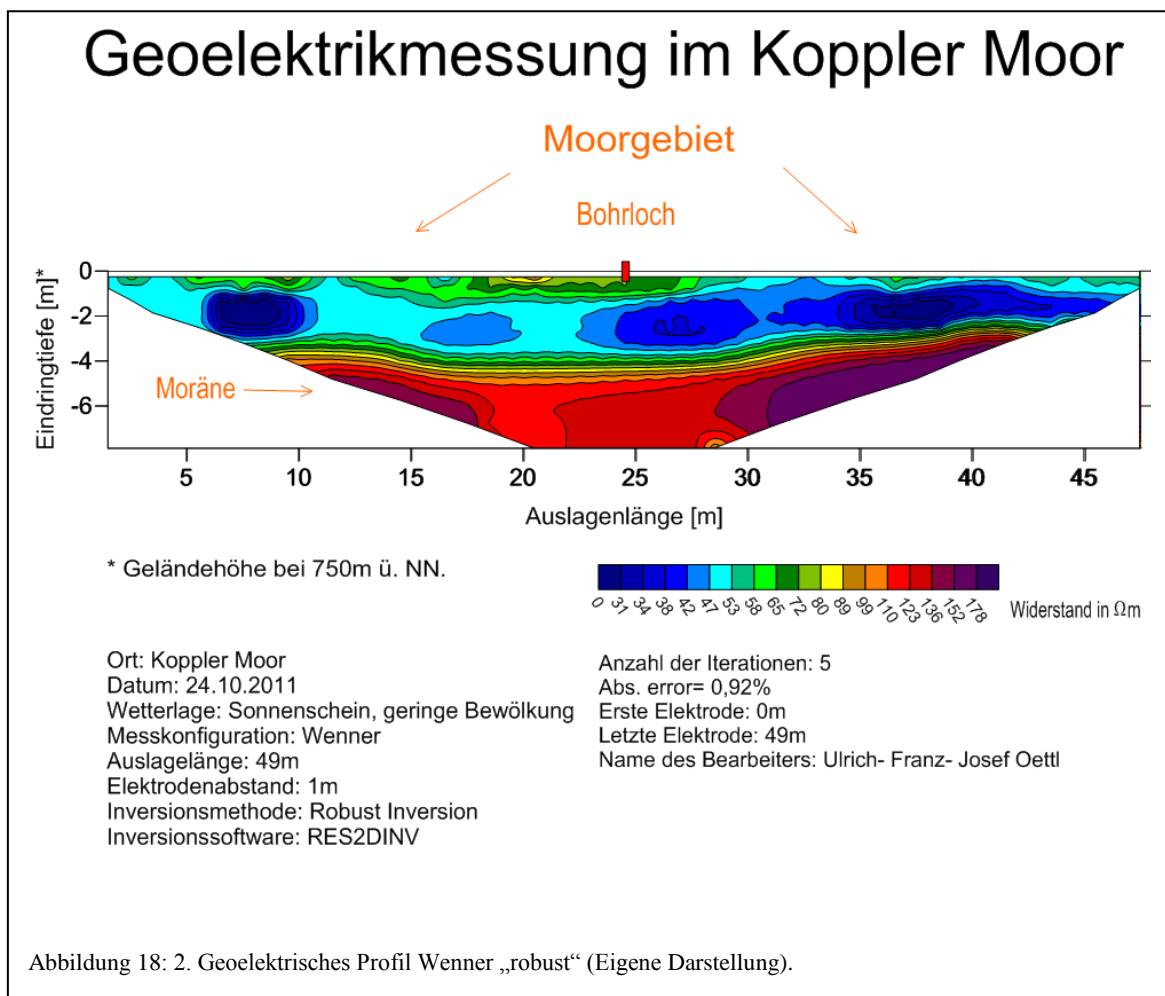


Im Unterschied zum Inversionsmodell „smoothed“ werden die einzelnen Widerstandsbereiche weniger „fließend“ voneinander abgegrenzt. Diese Darstellung macht es für den Benutzer noch schwieriger, die in der Realität vorherrschenden Widerstandsverhältnisse nachzuvollziehen.

Die in Wahrheit existierenden Übergangsbereiche werden allerdings in keiner der beiden Darstellungsweisen ausreichend gut erfasst.

Insgesamt ist es bei diesem ersten Geoelektrikprofil schwieriger als bei dem zweiten, die Ergebnisse aus der Bohrung miteinzubeziehen, da bei der Bohrung lediglich 5 m Tiefe erreicht wurden und in diesem Bereich die elektrischen Widerstandswerte keine so großen Unterschiede aufweisen.

2. Geoelektrikmessung



Interpretation:

Bei diesem zweiten Profil ist zu aller erst zu erwähnen, dass die auftretenden Widerstandswerte insgesamt wesentlich geringer sind als im vorhergehenden Profil. Dies ist in der Tatsache begründet, dass diese Messung im Gegensatz zur ersten Profilaufnahme komplett im Mooregebiet durchgeführt worden ist. Somit ergibt sich ein homogeneres Bild hinsichtlich der Widerstandverteilung, welche auf das einheitlichere Bodenmaterial zurückzuführen ist. Daher gibt es in diesem Profil lediglich horizontale Schichtungsabfolgen bzgl. des elektrischen Widerstandes. Die oberste Bodenschicht enthält aufgrund des höheren Widerstandes vermutlich weniger Wasser als der sich in der Mitte des Profils befindliche Bereich. Ab einer Tiefe von 4 Meter ist wieder eine Zunahme des elektrischen Widerstandes zu beobachten. Etwa ab einer Eindringtiefe von 5 Metern sind die in diesem Profil höchsten Widerstandswerte zu beobachten. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Rammkernsondierung, welche besagen, dass das Grundmoränenmaterial unterhalb des Moores ab etwa 4,80 Metern auftritt. Oberhalb der Moräne befinden sich mehrere schmale Schichten, welche fließend ineinander übergehen und ebenfalls bereits höhere Widerstandswerte aufweisen. Diese verhindern das Absickern des Niederschlagswassers in tiefer gelegene Schichten und wirken somit als Staukörper. Wie durch die Sondierung erwiesen, handelt es sich dabei um die untersten Seetonschichten.

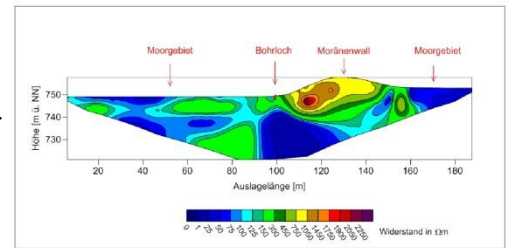
5. Ergebniskarte mit der Lage der Sondierungen und der Geoelektrik-Profile sowie einem integrierten „Surfer-Tomogramm“

Bohrungen und Geoelektrik Koppler Moor



● Bohrungen
 — ERT - Profile

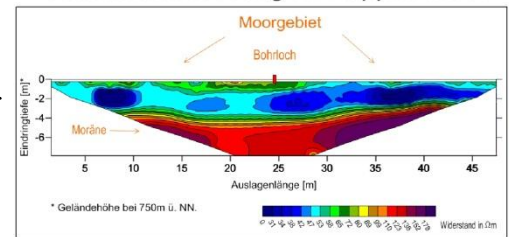
Geoelektrikmessung im Koppler Moor



Ort: Koppler Moor
 Datum: 24.10.2011
 Messkonfiguration: Wenner
 Auslagelänge: 196 m
 Elektrodenabstand: 4 m
 Inversionsmethode: Smoothed Inversion

Inversionssoftware: RES2DINV
 Anzahl der Iteration: 7
 RMS Error: 3.3
 Erste Elektrode: 0 m
 Letzte Elektrode: 196 m
 Name des Bearbeiters: Stefan Kraxberger

Geoelektrikmessung im Koppler Moor



* Geländehöhe bei 750m ü. NN.

Ort: Koppler Moor
 Datum: 24.10.2011
 Wetterlage: Sonnenschein, geringe Bewölkung
 Messkonfiguration: Wenner
 Auslagelänge: 49m
 Elektrodenabstand: 1m
 Inversionsmethode: Robust Inversion
 Inversionssoftware: RES2DINV

Anzahl der Iterationen: 5
 Abs. error: 0,92%
 Erste Elektrode: 0m
 Letzte Elektrode: 49m
 Name des Bearbeiters: Ulrich- Franz- Josef Oettl

Erstellt von: Stefan Kraxberger, Ullrich Oettl, Bernhard Waach
 Datenquelle: Universität Salzburg
 Erstelldatum: 12. 12. 2011

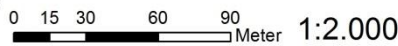


Abbildung 19: Ergebniskarte (Eigene Darstellung).

6. Fazit

Die im Rahmen der Lehrveranstaltung angewandten Methoden der physischen Geographie haben den Studenten einen differenzierten Einblick in die geomorphologische Arbeitsweise ermöglicht.

Hierbei wurde auch gut sichtbar, dass es durchaus sinnvoll ist, eine Triangulation der verschiedenen Methoden durchzuführen. So lassen sich die mit der geoelektrischen Widerstandstomographie sowie der Rammkernsondierung gewonnenen Flächenbeziehungsweise Punktinformationen miteinander verknüpfen.

Der Meinung der Gruppe zu Folge gibt die Rammkernsondierung die Bodenbeschaffenheit detailreicher wieder als das 2D-Geoelektrikprofil.

Allerdings liefert die Rammkernsondierung nur für einen relativ kleinen Bereich Informationen über das Gelände. Zur Übertragung in die Fläche macht vor allem das zweite Geoelektrikprofil viel Sinn, da sich hier die Eindringtiefen der beiden Messungen decken.

Somit lassen sich die Ergebnisse der Sondierung praktisch 1:1 in das Geoelektrikprofil übertragen und die einzelnen Schichten abgrenzen.

Bei den Untersuchungen vor, auf und hinter dem Moränenwall ist diese Möglichkeit nur begrenzt gegeben. Der Grund hierfür ist, dass eine wesentlich größere Spannweite an elektrischen Widerstandswerten auftritt und somit eine gröbere Klassenbildung von Nöten war. Als Resultat liegt das gesamte Sondierungsprofil innerhalb der 300 Ωm -Widerstandsklasse.

Grundsätzlich liefern beide Methoden für den Benutzer unterschiedliche Aussagen und sind nicht unbedingt für denselben Zweck geeignet. So ermöglicht die Sondierung beziehungsweise Auswertung der Bodenprobe im Labor, beispielsweise die pH-Wertmessung, einen genauen Einblick in die Bodenbeschaffenheit und die daraus sich ergebende optimale Nutzungsform für den Boden.

Die Geoelektrik wiederum weist beispielsweise auf die Verbreitung von Grundwasservorkommen hin, was bei einer möglichen Bebauung der Fläche von großer Bedeutung sein kann.

Aus Sicht der Gruppe wäre es eventuell sinnvoller gewesen, alle Analysen im Labor zu derselben Bodenprobe durchzuführen, was eine bessere Beschreibung und Interpretation des jeweiligen Bodenhorizontes ermöglicht hätte.

7. Literaturverzeichnis

- AG GEOMORPHOLOGIE UND UMWELTSYSTEME (2007): Arbeitsanleitung Geoelektrische Widerstandsmessung. Teil 1: Aufbau der Apparatur. Salzburg: Fachbereich Geographie und Geologie der Universität Salzburg.
- BAUER, S. (2009): Aspekte der angewandten Geologie. Salz im Wasser. <http://www.gpi.uni-kiel.de/~sb/Geohydromodelling/GHM_teaching_Dateien/Unterlagen_Aspekte_Dateien/Aspekte_SS2009_5_Salz.pdf> (Zugriff: 2012-01-06).
- BEV (Bundesamt für Eich-und Vermessungswesen) (Hrsg.)(o.J.): Austrian Map online. Österreichische Karte 1:50.000. <<http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492>> (Zugriff: 2012-01-02).
- CERAMIX (Hrsg.) (2007): Korngrößenanalyse. <http://www.ceramix-ag.de/consoleo_files/modulefiles//filebrowser/images/ceramix-bilderkorngr.png> (Zugriff: 2011-12-21).
- EMDE, K., A. SZÖCS, R. MAUCH, J. SONNBERG & A. ZAHNOW (2000⁷): Geomorphologisch – Bodenkundliches Laborpraktikum. Eine praxisorientierte Anleitung zur physikalischen und chemischen Bodenuntersuchung. <www.staff.uni-mainz.bde/emde/labor/pdf/laborskript.pdf> (Zugriff: 2011-12 11).
- FUCHS, M. (2006): Der Blick in den Untergrund. Geoelektrische Leitfähigkeit. <<http://www.staff.uni-bayreuth.de/~btg603/gof/geoelektrik.html>> (Zugriff: 2011-12 11).
- HECHT, S. & J. FABBINDER (2006): Der Blick in den Untergrund. Magnetometrie und Geoelektrische Tomographie in der Geoarchäologie. In: Geographische Rundschau 58, 4, 38-45.
- GÖBLING, K. (2004): Geoelektrische Tomographie zur Überwachung eines Tracerversuchs auf dem Testfeld Krauthausen. Diplomarbeit. <http://engl.karstenborgmann.de/Karsten_Borgmann_%28engl%29/Geophysics_files/Diplom.pdf> (Zugriff: 2011-12-21).
- IFG (Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel.) (Hrsg.)(2009): 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 11).
- JACOBS, F. & MEYER, H. (1992): Geophysik. Signale aus der Erde. Stuttgart [u.a.]: Teubner [u.a.].
- LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) (Hrsg.) (2012): Moor und Torf. <http://www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=666&article_id=590&_psmand=4>(Zugriff: 2012-01-06).
- LESER, H. (1977): Feld- und Labormethoden der Geomorphologie. Berlin, New York: Walter de Gruyter.

- MARBACH, M. (2011): Arbeitsunterlagen zur Übung „Labormethoden in der Physiogeographie“. Teil „klassische Labormethoden“. Salzburg: Fachbereich für Geographie und Geologie der Universität Salzburg.
- SCHROTT, L. & O. SASS (2008): Application of field geophysics in geomorphology. Advances and limitations exemplified by case studies. In: Geomorphology 93, 55-73.
- STOLZENBERGER-RAMIREZ, A. (2010): Gleichstromgeoelektrik.
<[http://www.geodsz.com/deu/d/ Gleichstromgeoelektrik](http://www.geodsz.com/deu/d/Gleichstromgeoelektrik)> (Zugriff: 2011-12-18).
- TRIANET (Hrsg.) (1999): Soil. Korngrößendreieck. Particle Size Diagram.
<<http://www.nibis.de/~trianet/soil/boden5.htm>> (Zugriff: 2012-01-06).
- UFZ (HELMHOLTZ ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG) (O. J.): Geophysikalische Verfahren in Kombination mit Direct Push. <http://www.ufz.de/export/data/1/19876_9_Werban.pdf> (Zugriff: 2012-01-02).