

**Geophysikalische Untersuchungen zur Klärung
der Grundwassersituation entlang der Aschach
im Randbereich des Eferdinger Beckens -
Schongebiet Hartkirchen**

Diplomarbeit

in der Studienrichtung
Angewandten Geowissenschaften
Wahlfach Geophysik
der
Montanuniversität Leoben



Ingrid Kreuzer

Betreuer:

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Erich Niesner

Dr. Günter Moser

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

Ich möchte der Oberösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft, insbesondere Herrn Christian Kneidigner für die finanzielle Unterstützung recht herzlich danken.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Dr. Günter Moser für seine bereitgestellte Hilfe und sein fachliches Wissen bei der Betreuung der Diplomarbeit, sowie für die Benützung von Ausrüstungsgegenständen, bedanken.

Den Technischen Büros Lohberger und Moser/Jaritz herzlichen Dank für die Bereitstellung der zahlreichen Daten.

Ganz besonders will ich mich bei meinen StudienkollegInnen Elisabeth Schnöll, Philipp Hartlieb, Maria Honisch und Ulli Riedl bedanken. Sie halfen freiwillig bei den aufwendigen Messungen mit und garantierten so für einen reibungslosen Messvorgang.

Zum Schluss möchte ich mich noch bei Herrn Dr. Erich Niesner bedanken, der mich während des gesamten Verlaufs der Diplomarbeit unterstützt hat.

Kurzfassung

Im Zuge der Neuabgrenzung des Schongebietes Hartkirchen wurden die Grundwasserhältnisse neu bewertet. Am Nordrand des südlichen Eferdinger Molassebeckens ergaben sich noch Kenntnisdefizite im Durchbruchtal der Aschach vom Kristallin der Böhmisches Masse ins Becken. Diese Arbeit dient zur Klärung einer potentiellen Einspeisung von Aschachwasser in den Grundwasserkörper im Gemeindegebiet Hartkirchen, Oberösterreich. Es wurden drei Multielektrodengeoelektrik (MEG) – Profile, vom Durchbruchtal zum Becken hin, über die Aschach und den Mühlbach gemessen. Weiters wurden Eigenpotential (SP) – Messungen entlang des dritten Profils und über den verfüllten Teilarm der Aschach (ehem. Mühlbach) gemacht. Alle drei MEG Profile zeigen in der obersten Einheit der Talfüllung wassergesättigte Bereiche, mit Widerstandswerten von 50 bis 150 Ohmm und Mächtigkeiten von ca. 5 m. Sie werden als Begleitströme der Aschach bzw. des Mühlbaches angesprochen. In den Profilen 1 und 2 kann die Aschach klar zum Untergrund abgegrenzt werden, d.h. das Aschachwasser dringt aufgrund der Kolmatierung nicht in den Untergrund ein. Die Talfüllung, mit Widerstandswerten von 100 – 400 Ohmm, erreicht Mächtigkeiten von bis zu 10 m. Molassesedimente (Linzer Sande, Schlier) können nur im Profil 3 eindeutig nachgewiesen werden. Das Widerstandsspektrum der Linzer Sande reicht von 100 bis 450 Ohmm, je nach Tonanteil. Der Schlier ist durch Widerstandswerte < 100 Ohmm charakterisiert. Die Molassesedimente erreichen eine Mächtigkeit von ca. 30 m. Da sich der Widerstandsbereich der Molassesedimente mit dem des Kristallins überschneidet, können sie nicht eindeutig voneinander unterschieden werden. Das Kristallin zeigt in allen drei Profilen ein weites Widerstandsspektrum von 350 bis 1700 Ohmm, je nach Grad der Verwitterung und tektonischen Beanspruchung. Aufgrund von Störungen besitzt das Kristallin ein starkes Relief. Hinweise auf eine Infiltration des Aschachwassers ins Kristallin wurden nicht festgestellt. Die SP-Messungen im Bereich der Mühlwiese zwischen Aschach und Mühlbach weisen auf eine Grundwasserströmung in der Talfüllung hin. Dies bestätigt die ersichtlichen Begleitströme in den MEG – Profilen. Die SP-Messungen über den verfüllten Bereich des Mühlbaches zeigen eindeutig eine Grundwasserströmung an. Damit konnte ein Einfließen des Aschachwassers in den verfüllten Bereich bereits bei Mittelwasserstand nachgewiesen werden.

Schlagwörter: Geophysik, elektrischer Widerstand, Eigenpotential, Eferdinger Becken, Grundwasser

Abstract

The groundwater protection zone of Hartkirchen in Upper Austria is going to be rearranged. There is a lack of knowledge at the northern edge of the Eferdinger basin, where the river Aschach flows through the Kristallin of the Bohemian Massif into the molasse basin of Eferding. These theses should give a better understanding of the groundwater situation in this area and the possible interaction of the river with the underground. Three multielectric-geolectric (MEG) profiles were measured over the Aschach and the Mühlbach. Further Spontaneous potential (SP) measurements were made along the third profile and over a filled arm of the Aschach. All three profiles show water saturated regions with 50 – 250 Ohmm and a thickness of 5 m in the upper most layer of alluvial deposits of the Aschach valley. They are accompanying groundwater flows of the Aschach and the Mühlbach. In the profiles 1 und 2 the Aschach is clearly separated from the underground, which means, that due to the clogging the river water can't get into the underground. The non-water-saturated alluvial deposits have resistivities of 100 – 400 Ohmm and a thickness of a maximum 10 m. The sediments of the Molasse (Linzer Sande, Schlier) are only recognised in the third profile. According to the amount of clay the spectrum of the resistivity reaches from 100 to 450 Ohmm. The Schlier is characterized by resistivities smaller than 100 Ohmm. The sediments of the Molasse reach to a thickness of 30 m. As the spectrums of the resistivities of the Molasse sediments and the Kristallin overlap, it is not possible to distinguish them explicitly. According to the grade of weathering and the tectonical stress, the Kristallin shows a very wide spectrum of resistivity from 350 to 1700 Ohmm. Due to a fault system it also has a distinct relief. There are no evidences of an infiltration of the Aschach riverwater into the underground. The spontaneous potential measurements along the third profile show a groundwater-flow within the alluvial deposits of the Aschach valley. This approves the accompanying groundwater flows shown in the MEG measurements. The other SP-measurements above the filled part of the Aschach show definitely a groundwater-flow. In order to that, an inflow of the river-water into this filled area of the Aschach at middle-water-level is proved.

Keywords: geophysics, electrical resistivity, spontaneous potential, Molasse-basin of Eferding, groundwater

Inhaltsverzeichnis

Erklärung	2
Danksagung	3
Kurzfassung	4
Abstract	5
Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1 Überblick	12
1.1 Problemstellung	12
1.2 Methodik	13
2 Geologischer – Hydrogeologischer Überblick	14
2.1 Geologie.....	14
2.1.1 Böhmisches Massiv.....	15
2.1.2 Molassesedimente in Oberösterreich	16
2.1.3 Quartäre Schotter – Talfüllung Aschach	18
2.2 Hydrogeologie.....	18
2.2.1 Grundwasserspiegelstände und -mächtigkeit	19
2.2.2 Pegel Pfaffing.....	20
3 Datengrundlage Schongebiet Hartkirchen	21
3.1 Abflussmessungen Aschach.....	21
3.2 Multielektrodengeoelektrik (MEG) – Messungen der Geologischen Bundeslehranstalt (GBA)	22
3.3 Pegelbohrungen.....	23
4 Theoretische Grundlagen	24
4.1 Geoelektrik.....	24
4.1.1 Das Ohm'sche Gesetz	24
4.1.2 Homogener Untergrund	25
4.1.3 Geometrischer Faktor	26
4.1.4 Elektrodenkonfigurationen	26
4.2 Multielektrodengeoelektrik (MEG).....	28
4.2.1 Messaufbau	28
4.2.2 Pseudo 2- D Inversion	30

4.2.3	1 – D Inversion nach Loke	30
4.2.4	Interpretation.....	31
4.3	Zusammenhänge Widerstand – Lithologie – Wassergehalt	32
4.3.1	Elektrische Eigenschaften von dichten, poren- und kluffreien oder absolut trockenen Gesteinen.....	33
4.3.2	Elektrische Eigenschaften von porösen bzw. geklüfteten wasserführenden Gesteinen.....	33
4.4	Spontaneous potential (SP) - Eigenpotential.....	35
4.4.1	Herkunft des Eigenpotentials	35
4.4.2	Messaufbau und Messvorrichtung	36
4.4.3	Messung und Korrektur der SP Daten	37
5	Multielektrodengeoelektrik – Messungen.....	38
5.1	Messanordnungen	38
5.2	Qualitätsprüfung der Messdaten.....	38
5.3	Farbskala-einteilung.....	40
5.4	Profil 1.....	40
5.4.1	Messergebnis.....	41
5.4.2	1-D Inversion.....	43
5.4.3	Interpretation.....	43
5.5	Profil 2.....	44
5.5.1	Messergebnis.....	44
5.5.2	1-D Inversion.....	44
5.5.3	Interpretation Profil 2.....	46
5.6	Profil 3.....	46
5.6.1	Messergebnis.....	46
5.6.2	1-D Inversion.....	47
5.7	Interpretation Profil 3.....	47
6	Spontaneous Potential SP - Messungen	49
6.1	Lage der Profile.....	49
6.2	SP_Mühlwiese	50
6.2.1	Messanordnung/Datenverarbeitung.....	50
6.2.2	Messergebnis	50
6.3	SP_Mühlbach.....	51
6.3.1	Messanordnung	52
6.3.2	Messergebnis.....	52
6.4	Interpretation der SP Ergebnisse.....	54
7	Tektonik	55
7.1	Beschreibung der Aufschlüsse	55
7.1.1	Aufschluss 1.....	55
7.1.2	Aufschluss 2.....	55
7.1.3	Aufschluss 3 bis 6.....	55

Inhaltsverzeichnis	8
7.2 Auswertung der Klufdaten.....	56
7.3 Ergebnisse der tektonischen Daten	57
8 Zusammenfassung und Diskussion der Messergebnisse.....	58
8.1 Messungen	58
8.2 Geologie.....	59
Anhang A: Multielektrodengeoelektrik - Profile GBA.....	61
Anhang B: Pegelbohrungen H2 und H3.....	62
Anhang C: Histogramm Widerstände MEG Profile 1-3.....	63
Anhang D: 1-D Inversionsergebnisse	64
Anhang E: Tektonische Daten	67
Anhang F: Lage der geologischen Schnitte und Messprofile	69
Anhang G: Längsprofile	70
Anhang H: Querprofile.....	71
Anhang I: Pegeldaten Pfaffing	72
Literaturverzeichnis	73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geologische Karte Hartkirchen und Umgebung, 1:40000 aus DORIS 2007, Land ÖO	14
Abbildung 2: Geologische Karte vom oberösterreichischem Teil der böhmischen Masse, vereinfacht nach Fuchs und Matura (1976), tektonische Unterteilung nach Thiele (1984).....	15
Abbildung 3: Stratigraphische Tabelle der Sedimente im östlichen Teil des Molassebeckens (Wagner 1998).....	17
Abbildung 5: Spannungsabfall des elektrischen Potentials V an einem Block mit dem spezifischen elektrischen Widerstand R und einem Strom I	24
Abbildung 6: Grundlegende Anordnung der Strom -und Spannungselektroden bei der geoelektrischen Messmethode (4 Punkt Anordnung)	26
Abbildung 7: Elektrodenkonfigurationen	27
Abbildung 8: Sektion der Sensitivitätsverteilung für die Wenner - Anordnung	27
Abbildung 9: Wennerkonfigurationen: alpha , beta , gamma	28
Abbildung 10: Schema des Messaufbaus und der Multielektrodengeoelektrikmessung.....	29
Abbildung 11: Dargestellt ist der spezifische Widerstand doppelt logarithmisch gegen den halben Stromelektrodenabstand. Die Symbole sind die gemessenen Daten, die durchgezogene Linie ist die berechnete Kurve. Die stufige Linie ist das Schichtmodell, welches vom Programm so berechnet wurde, dass die zugehörige berechnete Kurve gut mit den gemessenen Daten übereinstimmt. In diesem Fall wurde ein Modell mit 2 Schichten gewählt	31
Abbildung 12: Idealisiertes SP Profil and Modell für horizontale Grundwasserströmung (Reynolds 1997)	36
Abbildung 13: SP-Elektroden, Millivoltmeter und Kabel, Messvorrichtung	36
Abbildung 14: Lage der MEG-Profile, der SP-Profile, der Pegelbohrungen H2 und H3 sowie der Durchflussmessstelle A5	39
Abbildung 15: Elektroden bei Profil 2 über der Aschach.....	41
Abbildung 16: oben: MEG Profil 1 unten: Inversionsergebnisse und Interpretation	42
Abbildung 17: oben: MEG Profil 2 unten: Inversionsergebnisse und Interpretation	45
Abbildung 18: oben: MEG Profil 3 unten: Inversionsergebnisse und Interpretation	48
Abbildung 19: Lage der SP Profile im Bereich der Wehr Hilkering	49
Abbildung 20: oben: Ausschnitt des Geoelektrischen Profils 3 im Bereich der Mühlwiese zwischen der Aschach im SW und dem Mühlbach im NE (PM 80 bis PM 220); unten: SP Profile 3 und 3A zwischen PM 81 – PM 218, Surferinterpolation	50
Abbildung 21: Messwerte SP Profil 3 und 3A mit Trendkurve (links) und Differenzenbild mit Trendkurve (rechts)	51
Abbildung 22: Interpolation der SP Ergebnisse Mühlbach	Abbildung
23: Einzellinien SP 1 bis 16 Ergebnisse Mühlbach	53
Abbildung 24: Aufschlüsse 1 - 6 mit Kluffdaten als Polpunkte und dem Contourplot mit den Hauptrichtungen	56
Abbildung 25: Großkreise der Kluffflächen (gestrichelt) und der Hauptrichtungen (fett)	57
Abbildung 26: Geologischer Schnitt, 3fach überhöht.....	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Pegel­daten Pfaffing.....	20
Tabelle 3-1: Abflussmessungen Aschach	22
Tabelle 3-2: Geologische Einheiten mit deren geophysikalischen Eigenschaften	23
Tabelle 4-1: Spezifische Widerstände von Gesteinen nach Beblo (1997)	25
Tabelle 5-1: Qualität der Messwerte	40
Tabelle 7-1: Klufflächen – Haupt­richtungen	56

Abkürzungsverzeichnis

PM	Profilmeter	α_e	Oberflächenladungsdichte
U	Spannung [Volt]	d_s	Dichte der festen Matrix [g/cm ³]
I	Stromstärke [Ampere]	Q_v	Tonparameter
R	elektrischer Widerstand [Ohm]	CEC	Kationenaustauschkapazität
r	ohm'scher Widerstand [Ohm]		
L	Länge [Meter]		
A	Querschnitt [Quadratmeter]		
E	elektrisches Feld [Volt/Meter]		
J	Stromdichte [Ampere/Meter]		
$\frac{\delta U}{\delta x}$	Potentialgradient		
ΔU	Potentialdifferenz [Volt]		
A,B	Stromelektroden		
M,N	Messpotentialelektroden		
r_{AM}	Abstand Elektroden [Meter]		
R_a	scheinbarer Widerstand [Ohmm]		
k	geometrischer Faktor		
R_0	Wasserwiderstand [Ohm]		
R_w	Wasserwiderstand [Ohm]		
F	Formationsfaktor		
a, m	empirische Faktoren		
Φ	Porosität		
R_t	Gesteinswiderstand [Ohmm]		
S_w	Wassersättigung		
B	empirischer Faktor		
MEG	Multielektrodengeoelektrik		
SP	Spontaneous Potential – Eigenpotential		
GBA	Geologische Bundeslehranstalt		

1 Überblick

1.1 Problemstellung

Das bereits bestehende Schongebiet Hartkirchen, Bezirk Eferding, wird von der Oberösterreichischen Landesregierung gemeinsam mit den Ziviltechnikerbüros Lohberger & Thürriedl & Mayr bzw. Moser/Jaritz überarbeitet und erweitert. Durch Änderung der Beurteilungskriterien zum Schutz des Trinkwassers (W 72, „Schutz- und Schongebiete“ der ÖVGW 2004) sowie Änderungen der wasserwirtschaftliche Bewirtschaftung und der Ausdehnung von Siedlungs- und Gewerbe- bzw. Industriegebieten stellen sich neue Anforderungen an den Trinkwasserschutz im Eferdinger Becken. Für die Festlegung des Schongebietes ist es wichtig, die Grundwassersituation so gut wie möglich zu kennen, um das Grundwasser vor Verunreinigungen zu schützen. Das bereits bestehende Schongebiet ist nach neuesten Erkenntnissen für den zu schützenden Grundwasserkörper zu klein. Bei der Erweiterung werden alle möglichen Grundwasserzuströmgebiete mit berücksichtigt. Es ist bekannt, dass in den Randbereichen des Kristallins Wasser dem Grundwasserkörper zuströmt. Jedoch sind genaue Wasserwegigkeiten im Kluftsystem des Grundgebirges nicht geklärt. Eine potentielle Einspeisungsquelle ins Kristalline Grundgebirge ist durch die Aschach gegeben. Es wurden entlang der Aschach Durchflussmessungen durchgeführt (Lohberger a 2004). Dabei konnte ein signifikanter Verlust entlang der Messstrecke festgestellt werden. Da es keine weiterführenden Untersuchungen gab, ist nicht eindeutig geklärt, ob und wo das Wasser den Untergrund infiltriert, bzw. ob das Bachwasser eine Messstelle durch einen zugeschütteten Altarm umfließt. Der Untersuchungsbereich kann jedoch zwischen den Messpunkten Steinwänd und Hilkering eingegrenzt werden.

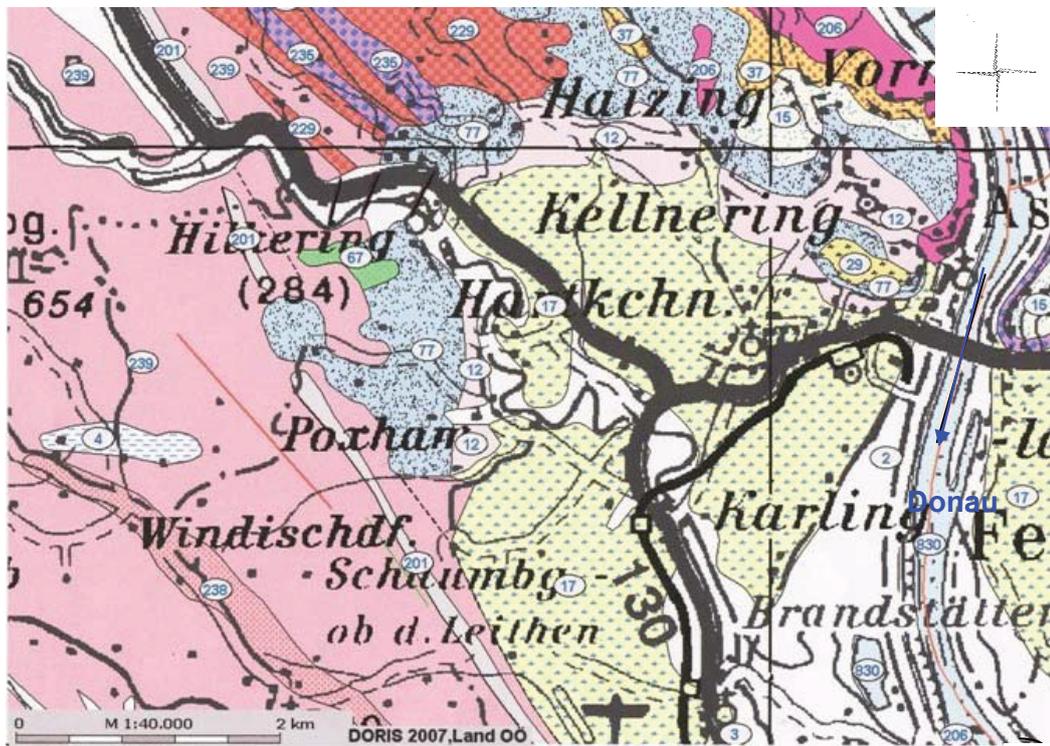
1.2 Methodik

Mit Hilfe von Geoelektrischen Messungen soll der Untergrund und vor allem die Grundwassersituation entlang der Aschach erkundet werden. Eine Widerstandskartierung mit Hilfe der Multielektrodengeoelektrik (MEG) lässt auf den Untergrundaufbau und wassergesättigte Bereiche schließen. Dies könnte Hinweise auf eine Infiltration in den Untergrund geben. Wassergesättigte Bereiche bzw. Klüfte können über die Widerstandswerte charakterisiert werden. Auch Eigenpotentiale liefern wichtige Informationen über die Wasserströmungen im Untergrund. Gemeinsam mit den bereits vorhandenen Daten und einem geologischen Modell des Untergrundes wird versucht, mögliche Infiltrationsbereiche der Aschach aufzuspüren.

2 Geologischer – Hydrogeologischer Überblick

2.1 Geologie

Im Untersuchungsgebiet treten drei verschiedene geologische Einheiten auf. Das Kristallin der Böhmisches Masse, Molassesedimente des Eferdinger Beckens und das darüber liegende Quartär. Die in der geologischen Karte (s. Abbildung 1) dargestellten Einheiten werden wie folgt zugeordnet:



		Legende Geologie			
Quartär		Austufe, Flussablagerung		Linzer Sand, Kiscellium - Egerium	Kristallines Grundgebirge
		Moor, Anmoor		Mylonit und Kataklastit in Störungszonen	
		Verwitterungslehm, Lehm überwiegend umgelagert; Würm und älter		Mauthausener Granit, Feinkorngranite i.Allg.	
		Löss und Lösslehm; an der Oberfläche vorwiegend Würm		Haibacher Granit	
		Niederterrasse		Schlierengranit	
Neogen		Jüngerer Deckenschotter, meist unter Löss/Lösslehm-Bedeckung		Diatektischer Paragneis ('homogenisierter Perlgneis')	
		Schotter in verschiedenen Höhenlagen		Metablastischer bis metatektischer Paragneis ('Perlgneis')	
		Plesching-Formation (Phosphoritsande), marin; Unteres Otnangium			

Abbildung 1: Geologische Karte Hartkirchen und Umgebung, 1:40.000 aus DORIS 2007, Land OÖ

2.1.1 Böhmisches Masse

Die Anteile des Untersuchungsgebietes an der Böhmisches Masse gehören nach Thiele (1984) zu der Mühlzone und Sauwaldzone des Südböhmischen Batholiths. Sie wird von Fuchs G (1976) auch als eigenständige Einheit des Moldanubikums namens Bavarikum angesehen. Die Mühlzone, im Norden von der Pfahlstörung, im Süden von der Donaustörung begrenzt, wird von NW-SE streichenden Grobkorngneisen und Weinsberger Graniten des Südböhmischen Batholiths (Intrusion vor ca. 330 Ma), aufgebaut. Haibacher Granite bilden konkordante, den Gneisen eingeschaltete Körper. Weiters treten Feinkorngranite und den Eisengarngranit auf, die diskordante Durchschläge bilden. Die Sauwaldzone südlich der Donaustörung besteht überwiegend aus Perlgnaisen. Das generelle Streichen ist NW- SE. Sie entstanden durch partielle Aufschmelzung von vorhandenen Paragneisen im Zuge der Intrusion des Südböhmischen Batholiths (Friedl et al. 2004). Gegen Süden hin leiten sie über zu den Schärddinger- und Peurbacher Graniten. Weiters treten Feinkorngranite in einer Reihe diskordanter, scharf begrenzter Durchschläge auf (Fuchs und Matura 1976).

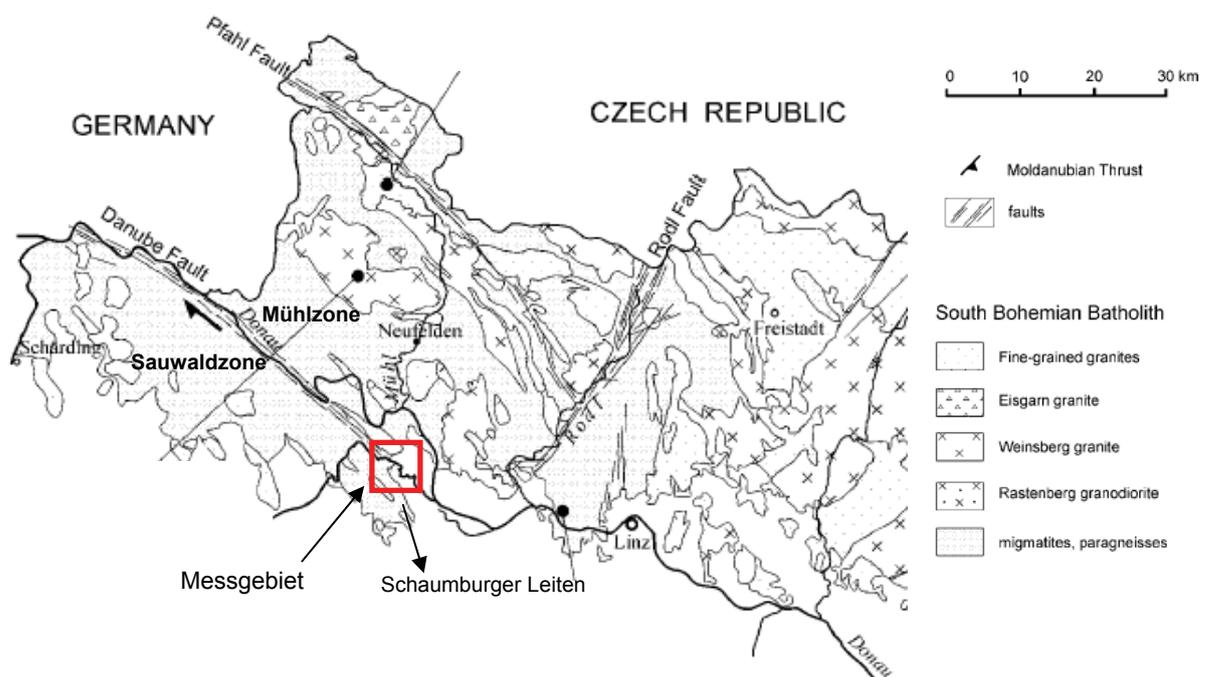


Abbildung 2: Geologische Karte vom oberösterreichischem Teil der böhmischen Masse, vereinfacht nach Fuchs und Matura (1976), tektonische Unterteilung nach Thiele (1984)

Die Donaustörung ist, genauso wie die Pfahlstörung, eine steil nach NE einfallende dextrale Seitenverschiebung. Sie streicht von NW – SE und wird als spät - variszische (ca. 287 Ma) konjugierte Scherzone interpretiert (Brandmayr et al 1995). Während der

Alpidischen Gebirgsbildung wurden diese Störungszonen wieder aktiviert (Fuchs und Matura 1976). Die Donautörung führt vom Adlerstal über das Zeilersbachtal nach Südosten und bildet in der so genannten „Schaumburger Leiten“ zwischen Puppung und Eferding, als antithetische Verwerfung mit Bruchstufen im Untergrund den freien Bruchrand der Eferdinger Bucht (Österreich. Donaukraftwerke AG 1967). Im Untersuchungsgebiet lenkt diese Störung von NW - SE zu NNW – SSE Streichen der Schaumburger Leiten über. Unter der Last des alpinen Gebirgskörpers ist der Südteil der Böhmisches Masse ab dem Eozän/Oligozän an zahlreichen Brüchen, mit nach Süden steigender Intensität, in die Tiefe gesunken. Dieser Abfall wird einerseits durch große Brüche begleitet, andererseits durch ein Netz von Kleinstörungen zerschnitten, an denen die einzelnen Schollen verschoben, verdreht, gekippt und abgesunken sind. Das Kristallin ist von einer mehr oder minder mächtigen detritären Kruste verwittertem, verlehntem oder aufgelockertem Gestein bedeckt, das aus dem Bereich des Wald – und Mühlviertels allgemein bekannt ist (Heinz et al. 1986).

2.1.2 Molassesedimente in Oberösterreich

Das Alpenvorland (Molasse) Becken zieht sich entlang des nördlichen Randes der Alpen von Genf bis nach Wien. Der südliche Teil ist von den Alpen überschoben worden. Ab der Lias (Jura) bis zum späten Miozän ist das Gebiet des Molassebeckens von drei großen Meereszyklen (Transgression und Regression) charakterisiert. Sie sind durch Riftingphasen, tektonische Aktivität und Erosion getrennt. Durch die Kollision des Alpen Orogens mit dem Südrand des Nordeuropäischen Kratons wurde das Molassebecken gebildet und zur Alpenen Vortiefe ab dem frühen Oligozän. Während des letzten Zyklus vom frühen Eozän bis heute fand die Neoalpine Orogenese statt (Wagner 1998). Die stratigraphische Tabelle von Wagner ist in der folgenden Abbildung 3 zu entnehmen.

Im Oligozän hatte das Molassebecken eine N – S Ausdehnung von ca. 250 km und war im S bis zu 3000 m tief. Es herrschte tropisches bis Subtropisches Klima mit der jeweiligen Flora und Fauna. Der tektonische aktive Südrand des Beckens war steil, wogegen der Nordrand sich sanft neigte. Am aktiven Südrand akkumulierten sich „Flyschartige“ sand - turbiditische Sedimente, die bis zu 2 km mächtige Deutenhausen, Rogatsboden und Untere/Obere Puchkirchner Formationen. Am passiven Rand hingegen lagerten sich im tieferen Milieu pelagische feinkörnige, von älteren bis jüngeren geordneten Sedimente, der Schöneck Formation, Dynow Mergel, sowie die Eggerding Formation und die Zupfing Formation bzw. Ebelsberg Formation ab (Kiscellian – Eger) (Sachsenhofer, Schulz 2006). Nördlich davon lagerten sich die Pelite der Eferdinger Formation ab.

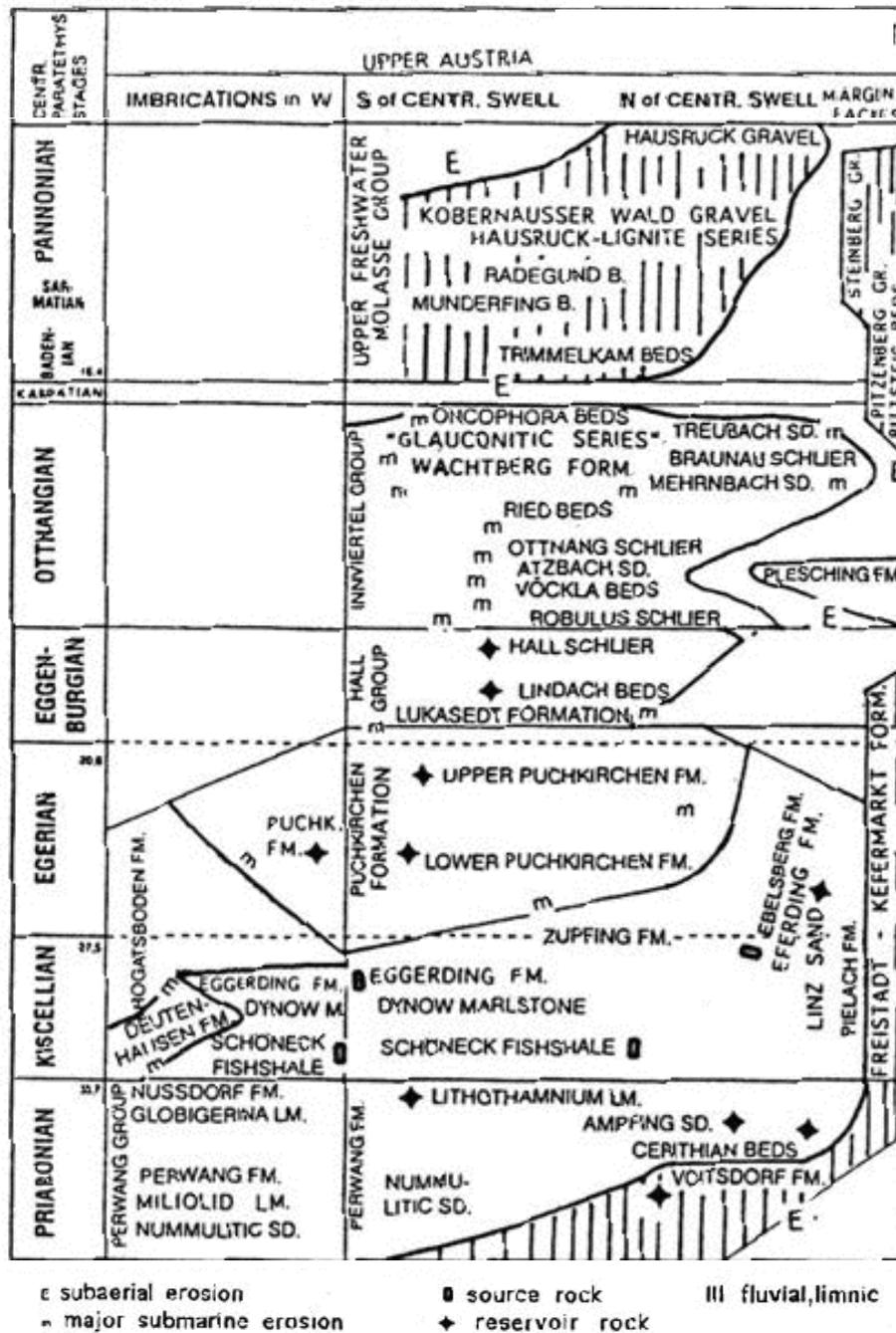


Abbildung 3: Stratigraphische Tabelle der Sedimente im östlichen Teil des Molassebeckens (Wagner 1998)

Am schmalen Küstenrand ganz im Norden des Molassebeckens wurden ab dem Kiscellian die Pelite der Pielach Formation und im Eger die Linzer Sande abgelagert. Das Material der zum Teil fast reinen Quarzsande stammt aus der Böhmischen Masse. Sie verzahnen sich beckeneinwärts mit den gleichaltrigen Tonmergeln der Eferdinger Formation (Fuchs 1980). Die Mächtigkeit der Sande ist vom Relief entlang der Störungen abhängig. In den Flusssanden und -kiesen der Freistadt-Kefermarkt Formation (über der Böhmischen Masse abgelagert) ist eine tropische bis subtropische Flora und Fauna erhalten (Steininger et al 1991).

Zu Beginn des Eggenburg erfolgte die letzte große Transgression des Meeres, weit bis in die Böhmisches Masse hinein. Es kam zur Ablagerung der Haller Serien, im Ottnang, und der Schliere der Innviertler Serie. Die Grenzen der Formationen sind durch Erosionshorizonte definiert. An der Küste werden die Phosphoritsande der Pleschnig Formation abgelagert. Am Ende des Ottnang zieht sich das Meer immer weiter zurück.

Ab dem mittleren bis späten Miozän (Karpát – Pont) kommt es zur Bildung der oberen Süßwassermolasse. Die marinen Sedimente werden erodiert und die Kanäle mit limnische und fluviatilen Sedimenten gefüllt (Trimmelkammer Schichten, Munderfinger Schichten und Radegund Schichten). Es kommt zur Ausbildung von Kohlenflözen in den Mooren (Hausruck – Lignite) und Ablagerung mächtiger Flussschotter (Kobersauerwald Schotter, Hausruckschotter) (Wagner 1998).

2.1.3 Quartäre Schotter – Talfüllung Aschach

Während der Eiszeiten hat die Donau das Eferdinger Becken gebietsweise ausgeräumt und mit Schotter- und Flussablagerungen teilweise wieder aufgefüllt. Den Molassesedimenten lagert ein bis zu 20 m mächtiger, würmeiszeitlicher Schotterkörper der Niederterrasse auf. Am Rand des Beckens sind die Linzer Sande von Lössablagerungen überlagert, die ca. 6 m mächtig werden können. Entlang der Aschach wurden Schotter und Sande (Hangschuttmaterial der Böhmisches Masse) abgelagert, die als Talfüllung bezeichnet werden.

Die Form des Durchbruchtals der Aschach aufwärts zur Steinwand lässt den Schluss zu, dass die ursprüngliche Talanlage parallel zur Donaustörung als Kerbtal erfolgte. Durch nachfolgende Hangumlagerungsprozesse und fluviatile Sedimentzufuhr im Bereich dieser Störung entwickelte sich durch Verfüllung ein Sohlkerbtal. Charakteristisch für diesen Flussabschnitt ist ein relativ breites ebenes Flussbett, das stark mit Geröll oder Hangschutt des Kristallins bzw. Felssturzmaterial durchsetzt ist (Lohberger b 2004).

2.2 Hydrogeologie

Im südlichen Eferdinger Becken ist das Grundwasser an die Niederterrasse und Ausedimente gebunden. Als relativer Stauer fungieren im Allgemeinen die Molassesedimente. Die Linzer Sande zeigen unterschiedliche Feinkornanteile und werden, je nach Tongehalt, als Stauer bzw. Grundwasserleiter angesprochen. Im Randbereich des südlichen Eferdinger Beckens ist z. T das Kristallin der Böhmisches Masse als Stauer anzusprechen.

Im südlichen Eferdinger Becken befindet sich der Grundwasserkörper unterhalb einer lehmigen Deckschicht mit teilweise hohem Tongehalt, die 0,3 bis 7 m mächtig sein kann. Den Grundwasserkörper bildet das Kies - Sand- Gemisch der Niederterrasse, welches im Mittel 10 m mächtig ist. Im südlichen Eferdinger Becken folgt eine Grundwasserrinne der Schaumburgleiten und fächert sich im Raume Eferding auf. Die Durchlässigkeiten schwanken zwischen 0,5 bis über 10 mm/s (im Mittel 3,8 mm/s) (Breiner 1978). Am Südrand der Böhmisches Masse treten innerhalb der Linzer Sande eher kleinräumig isolierte Aquifere auf, die aber lokal große Mächtigkeiten erreichen können (ARC Seiberdorf Research 2003).

Das Grundwasser wird hauptsächlich durch die Donau angereichert, weniger durch ihre Zubringer, weil diese stärker kolmatiert sind. Dazu kommen noch die Versickerung der Oberflächenwässer und Niederschläge sowie ein vermutlich sehr starker Anteil aus dem Kristallinen Grundgebirge des Mayrhofberges (Komposch 1995).

Die Aschach bricht am Nordrand durch die Böhmisches Masse ins Eferdinger Becken. Innerhalb der Talfüllung wird von einem Grundwasserbegleitstrom der Aschach ausgegangen. Im Durchbruchtal und weiter im Becken ist die Aschach aber durch eine Kolmatierung als weitgehend dicht anzusehen.

2.2.1 Grundwasserspiegelstände und -mächtigkeit

Anhand von Pegelbohrungen und weiteren Messstellen wurde der Grundwasserspiegel gemessen. An zwei im Untersuchungsgebiet gelegenen Pegelbohrungen H2 bzw. H3 ist das Grundwasser in 2,40 bzw. 2,75 m unter GOK anzutreffen und an Sande (Linzer Sande?) gebunden. Weiters liegt der Grundwasserspiegel laut Auskunft eines Grundstücksbesitzers zwischen Aschach und dem Mühlbach bei etwa 2 m unter GOK. Die Grundwassermächtigkeiten betragen dort 6,5 m bzw. 3 m. Das Grundwasser fließt dort etwa gegen SSE – SE ab.

2.2.2 Pegel Pfaffing

Das Land Oberösterreich führt regelmäßige Wasserstandsmessungen in der Aschach z.B. im Pegel Pfaffing durch. Für diese Arbeit wurden die Daten im Zeitraum vom 1.11.2004 bis 1.12.2006 heran genommen. Die wichtigsten Kenndaten sind:

Tabelle 2-1: Pegeldaten Pfaffing

Pegel Pfaffing			
Lage	Rechtswert	Hochwert	
M31	49184	357875	
Zeitraum	01.11.2004 - 01.12.2006		
Min-Wert	87	cm	04.07.2005
Max-Wert	427	cm	13.02.2005
Mittelwasser	136	cm	
MEG GBA Profil 2A	133	cm	18.08.2005
MEG Profil 1 und 2	160	cm	30/31.05.2006
MEG Profil 3/ SP Mühlwiese	106	cm	4-6.06.2006
SP Mühlbach	113	cm	1/2.08.2006

Die genauen Daten sind dem Anhang I: Pegeldaten zu entnehmen.

3 Datengrundlage Schongebiet Hartkirchen

3.1 Abflussmessungen Aschach

Zur genauen Bestimmung der Abflussmengen der Aschach wurden von DI Lohberger am 4.11.2004 bzw. am 16.11.2004 Abflussmessungen an 5 Profilen durchgeführt.

A1: Aschach Einmündung des Sandbaches

A2: Schach vor Brücke in Purgstall

A3: Aschach vor Pegel Kropfmühle

A4: Aschach bei Steinwänd

A5: Aschach in Hilkering

A6: Aschach in Pfaffing

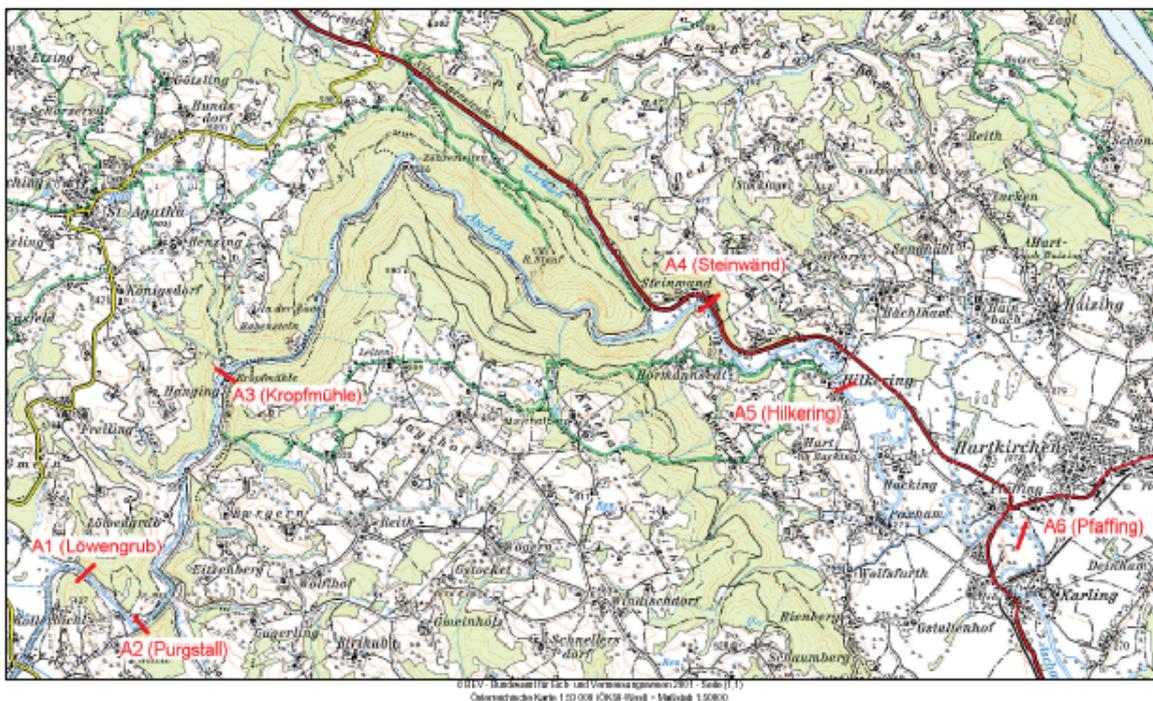


Abbildung 4: Lage der Abflussmessungen – Profile A1- A6

Die Messungen zeigen eine Reduktion der Abflussmengen bei A3 und A5. Aus den Messungen und Abschätzungen scheint dies in zwei Bereichen möglich. Am Beginn der Durchbruchstrecke (zwischen Purgstall und Kropfmühle) mit rund 160 l/s (absolut) und am Ende der Durchbruchstrecke mit rund 400 l/s.

Tabelle 3-1: Abflussmessungen Aschach

Messstelle	Einzugs- gebiet (km ²)	04.11.04		16.11.04	
		Q (l/s)	qr (l/s,km ²)	Q (l/s)	qr (l/s,km ²)
A1	288	2010	6.98	-	-
A2	288.5	1920	6.66	-	-
A3	312.5	1930	6.18		
Pegelschlag Hydro		1700	5.44	2300	7.36
A4	325	19990	6.12	2840	8.74
A5	330	?	?	2380	7.21

Im oberen Bereich besteht eine Abflussabnahme, die eventuell durch einen gewässerbegleitenden Grundwasserstrom erklärt werden kann. Ob dieser im Bereich der Durchbruchstrecke wieder der Aschach zugeführt wird oder Kluftsysteme im Kristallin speist, ist nicht erfassbar.

Es wurde versucht plausible Ursachen für diese doch deutliche Abflussreduktion zwischen Steinwänd und Hilkering zu finden. Üblicherweise ist bis zur Mittelwasserführung kaum von einer Exfiltration von Gewässern auszugehen, da bis zu dieser Wasserführung eine weitgehende Abdichtung des Bachbettes gegeben ist. Im Bereich Steinwänd wurden allerdings über einen längeren Bachabschnitt im Winter 2003/2004 Arbeiten im Gewässerbett vorgenommen, welche eine weitgehende Zerstörung der Kolmatierung mit sich gebracht haben dürfte. Dies könnte eine Klärung für die massiven Verlust sein. Der zugehörige unterirdische Abflussquerschnitt kann vorerst nicht erklärt werden.

Das Wehr in Hilkering speist heute keinen Mühlbach mehr. Das Messprofil A5 liegt im Bereich der damaligen Ausleitungsstrecke. Eine weitere mögliche Erklärung für die deutlich herabgesetzte Wassermenge der Aschach wäre somit ein Umfließen der Anlage Hilkering über stark durchlässige Bereiche im ehemaligen Mühlbach (Lohberger a 2004).

3.2 Multielektrodengeoelektrik (MEG) – Messungen der Geologischen Bundeslehranstalt (GBA)

Es wurden Messungen im März/April bzw. August 2005 mit einem geoelektrischen Multielektrodenmessgerät Sting R1 der Fa. AGI durchgeführt (Römer et al 2005). Die für diese Diplomarbeit interessanten Profile 2A und 2B befinden sich südlich der Wehranlage Hilkering. Die beiden Profile sind im Anhang A dargestellt. Das Ergebnis der GBA ist wie folgt:

Tabelle 3-2: Geologische Einheiten mit deren geophysikalischen Eigenschaften

Niederterrassenschotter	Je nach Sandanteil	50 – 200 Ohmm
Linzer/Melker Sande	unscharfer Gradient zum Schlier	100 – 2000 Ohmm
Schlier		30 – 50 Ohmm
Kristallin	je nach Ausbildung und Verwitterungsgrad	200 – 1000 Ohmm

3.3 Pegelbohrungen

Im Zuge der Überarbeitung des Schongebietes Hartkirchen wurden mehrerer Pegelbohrungen zur Erfassung der Grundwassersituation niedergebracht. Die genaue Lage ist der Abbildung 14 zu entnehmen. Die Pegelbohrungen H2 bis H3 befinden sich im Gemeindegebiet von Hartkirchen. Das Schichtenverzeichnis befindet sich im Anhang B.

4 Theoretische Grundlagen

4.1 Geoelektrik

4.1.1 Das Ohm'sche Gesetz

Fließt durch einen räumlich begrenzten Leiter ein Gleichstrom, so wird der Zusammenhang zwischen Stromstärke und Spannung durch das Ohm'sche Gesetz beschrieben. Gegeben sei ein Quader mit dem Querschnitt A und der Länge L . Ein Gleichstrom der Stärke I [Ampere] fließe in Längsrichtung durch diesen Quader. Dann beträgt die Spannung U [Volt] zwischen den Enden des Quaders:

$$U = I \times R.$$

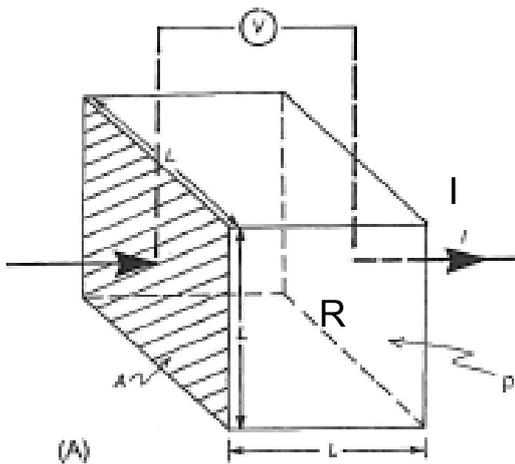


Abbildung 5: Spannungsabfall des elektrischen Potentials V an einem Block mit dem spezifischen elektrischen Widerstand R und einem Strom I

Die Größe r , der Ohm'sche Widerstand [W] ist proportional der Länge L und umgekehrt, proportional dem Querschnitt A des Leiters. Es gilt:

$$r = \frac{L}{A} \cdot R \quad [\Omega] \quad \Leftrightarrow \quad R = \frac{L}{A} \cdot r \quad [\Omega \text{m}]$$

R ist eine Materialkonstante, der spezifische elektrische Widerstand [Wm] des Leiters (Reynolds 1997). Dies kann auch alternativ in Termen des elektrischen Feldes E [V/m] und der Stromdichte J [A/m] geschrieben werden:

$$R = \frac{E}{J} \quad [\Omega \text{m}]$$

Die nachstehende Tabelle zeigt kennzeichnende Widerstände verschiedener Gesteine.

Tabelle 4-1: Spezifische Widerstände von Gesteinen nach Beblo (1997)

Gestein	spez. Widerstand [Ohmm]	Gestein	spez. Widerstand [Ohmm]
Steinsalz	$10^5 - 10^7$	Kalkstein	100 - 7000
Sand trocken	10^5	Moore	30 - 700
wassergesättigt	$1000 - 10^4$	glaziale Moränen	10 - 300
Quarzit	$3000 - 10^5$	Tonschiefer	10 - 1000
Eis	$1000 - 10^5$	Mergel	5 - 200
Granit	$300 - 3 \times 10^4$	Lehme	3 - 300
Böden sandig	150 - 7000	Ton trocken	30 - 1000
lehmig	50 - 9000	nass	1 - 30
tonig	20 - 4000	Schluff	10 - 1000

4.1.2 Homogener Untergrund

Im homogenen Untergrund breitet sich der Strom, von einer Elektrode ausgehend, radialsymmetrisch aus. Der Spannungsabfall zwischen zwei beliebigen Punkten an der Oberfläche kann als Potentialgradient ($-\frac{\delta U}{\delta x}$) beschrieben werden. Dieser ist negativ, da das Potential mit der Stromrichtung abnimmt. Linien gleicher Spannung stehen normal zu Linien gleicher Stromstärke. Die Stromdichte nimmt mit zunehmender Entfernung zur Stromquelle ab. Es ist möglich die Spannung für einen bestimmten Punkt in einer Entfernung r von der Stromquelle zu berechnen:

$$\frac{\delta U}{\delta x} = -R \cdot J = -R \frac{I}{2\pi r^2}$$

Bei Stromabfall ergibt sich eine neue Potentialverteilung die die Formel zur Berechnung der Spannung für beliebige Punkte modifiziert.

In der Geoelektrik wird vor allem mit einer Vierpunktanordnung mit zwei Stromelektroden A, B und zwei Messpotentialelektroden M, N gemessen. Für die Potentialdifferenz an den beiden Potentialelektroden gilt:

$$\Delta U = U_M - U_N = \frac{RI}{2\pi} \left\{ \left[\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right] - \left[\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right] \right\}$$

So ergibt sich der Widerstand R mit:

$$R = \frac{2\pi \Delta U}{I} = \frac{RI}{2\pi} \left\{ \left[\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right] - \left[\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right] \right\}$$

(Reynolds 1997)

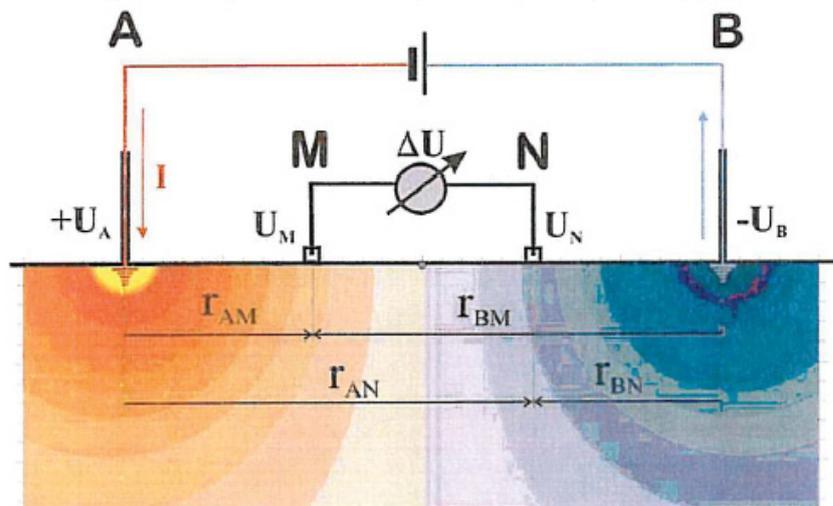


Abbildung 6: Grundlegende Anordnung der Strom- und Spannungselektroden bei der geoelektrischen Messmethode (4 Punkt Anordnung)

4.1.3 Geometrischer Faktor

Die letzte Formel setzt sich aus zwei Teilen zusammen, nämlich einem Widerstandsterm r [W] und einem Term, der die Geometrie der Elektrodenkonfiguration beschreibt und als Geometrischer Faktor k bezeichnet wird. In der Realität stimmt der Untergrund nicht mit einem homogenen Medium überein und so wird in der Geoelektrik nicht vom „wahren“ Widerstand gesprochen, sondern der Begriff scheinbare Widerstand (R_a) verwendet (Reynolds 1997):

$$R_a = k \times \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}} \text{ mit } \rightarrow k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}}\right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}}\right)}$$

4.1.4 Elektrodenkonfigurationen

Bei inhomogenem Untergrund hängt der Wert des scheinbaren Widerstandes von der Geometrie der Elektrodenanordnung ab. Der geometrische Faktor korrigiert nur den Einfluss der Elektrodenabstände auf die gemessene Spannung, führt daher eine so genannte „Normierung“ der Widerstände durch. Das charakteristische Ansprechverhalten einer Elektrodenanordnung bei einem inhomogenen Untergrund wird durch die Elektrodenkonfiguration bestimmt. Es gibt drei Hauptanordnungen

- Wenner – Anordnung
- Schlumberger – Anordnung
- Dipol– Dipol – Anordnung

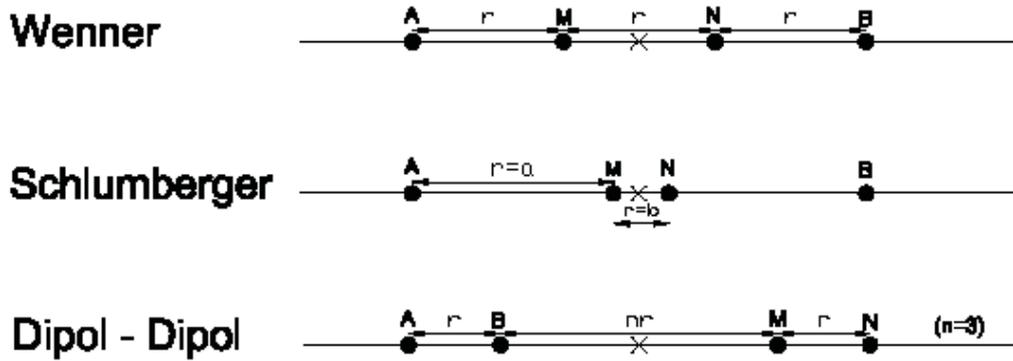


Abbildung 7: Elektrodenkonfigurationen

Jede Anordnung hat unterschiedliche Sensitivitätsbereiche insbesondere für laterale Inhomogenitäten und geneigte Schichten. Die Sensitivität einer Messung wird für jede Position im Untergrund berechnet und beschreibt, welche Auswirkungen eine Änderung des spezifischen Widerstandes auf den Messwert hat. Ist die Sensitivität aller Messungen groß, so ist es wahrscheinlich, dass der spezifische Widerstand gut bestimmt ist. Ist die Sensitivität gering, so kann der spezifische Widerstand mit einem großen Fehler behaftet sein. Für die Wenner – Anordnung, die hier explizit beschrieben wird, ergibt sich folgende Verteilungsbild der Sensitivitäten:

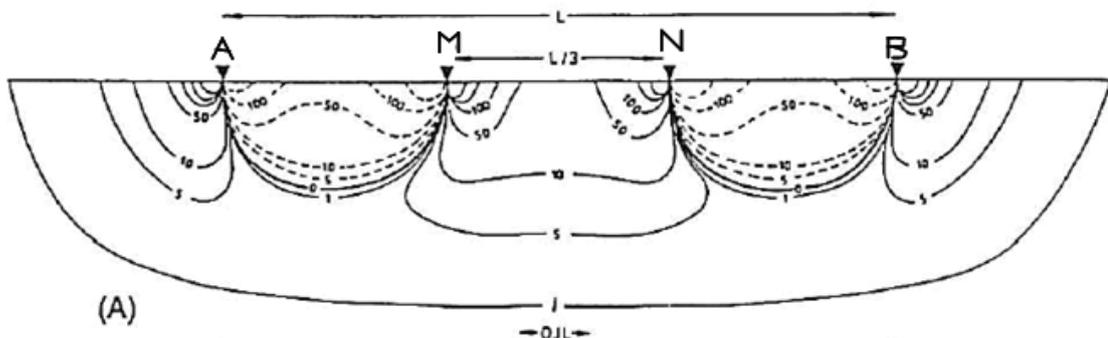


Abbildung 8: Sektion der Sensitivitätsverteilung für die Wenner - Anordnung

Die Verteilung für die Wenner – Anordnung weist auf eine hohe vertikale Auflösung für horizontale geschichtete Medien hin. Um die Qualität und Aussagekraft der Messungen über zu prüfen und die unterschiedlichen Sensitivitätsverteilungen verschiedener Elektrodenanordnungen zu verwenden, werden für die Wenner – Anordnung drei weitere Methoden eingeführt: Wenner alpha, beta und gamma (Reynolds 1997)

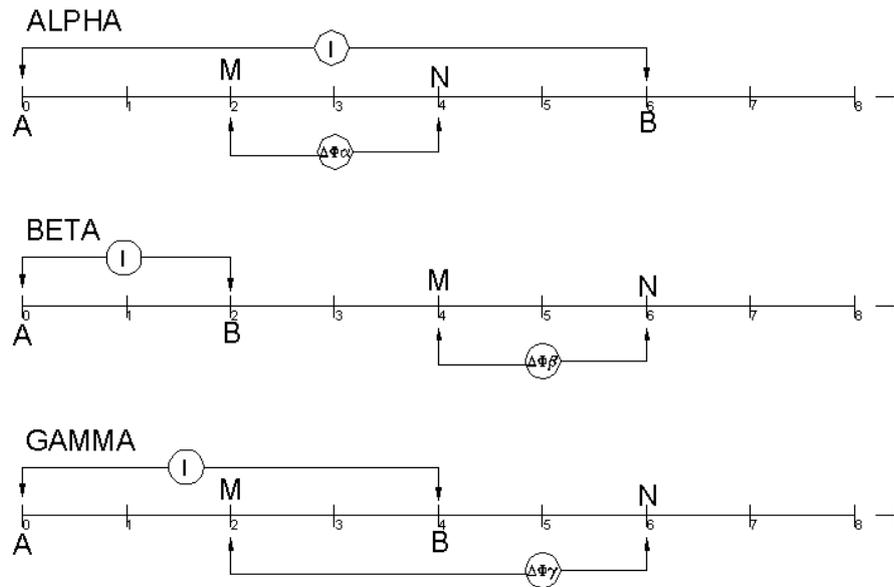


Abbildung 9: Wennerkonfigurationen: alpha , beta , gamma

Zur Qualitätskontrolle werden alle drei Konfigurationen gemessen. Im homogenen Halbraum sind die drei Werte für den scheinbaren Widerstand gleich. Jedoch im inhomogenen Halbraum unterscheiden sie sich signifikant und beinhalten so nützliche Informationen über Strukturen und Widerstandsverteilungen. Der Unterschied kommt von den unterschiedlichen Eindringtiefe des Messsignals ($b < a < g$). Die g-Anordnung wird durch den Widerstand tieferer Schichten mehr beeinflusst als die beiden anderen. So ist das Verhältnis von b/g ein Indikator für zunehmenden Widerstand ($b/g < 1$) bzw. abnehmenden Widerstand ($b/g > 1$) mit der Tiefe. Die Divergenz und Konvergenz der b - g -Scheinwiderstände entlang eines Profils, als auch die Variation des Verhältnisses b/g ist eine Maß für die laterale Inhomogenitäten. Betrachtet man die Verhältnisse über eine Sektion liefert dies auch Informationen über geometrische Strukturen im Untergrund (Acworth and Griffiths 1985).

4.2 Multielektrodengeoelektrik (MEG)

4.2.1 Messaufbau

Viele „intelligente“ Elektroden werden äquidistant entlang eines Profils platziert z.B.: 81 Elektroden in 3 m Abstand ergibt 240 m Profillänge. Sie sind mit einem Multielektrodenkabel miteinander und mit der Messvorrichtung (AGI – SWIFT) verbunden. Zum Messen werden aber immer nur 4 Elektroden verwendet, die durch ein Steuerfile ausgewählt werden. Während des Messvorganges werden die Messwerte systematisch

zunächst für den Elektrodenabstand a , dann für $2a$, $3a$... bis na registriert. Je nach Messprogramm sind auch andere Reihenfolgen möglich.

Die „intelligenten“ Elektroden mit einem Edelstahlgehäuse sind die im Inneren mit einem Relais ausgestattet mit dem es möglich ist jede Elektrode separat als Strom- bzw. auch als Spannungselektrode anzuwählen. Diese werden leitend mit Stahlspeisen verbunden, die wiederum in den Untergrund eingeschlagen bzw. gesteckt werden.

Zur Messvorrichtung gehören ein Transmitter, ein Receiver und ein Schalt - Modul, das jeweils 4 Elektroden auswählt. Die Veränderungen der Elektrodenabstände und deren Positionen erfolgt anschließend automatisch über Computersteuerung. Mit diesem Messsystem können im Vergleich zur manuellen Methode wesentlich mehr Daten in kürzerer Zeit gemessen werden, wodurch die Überdeckung im Untergrund und damit das Auflösungsvermögen steigt. Bei einem Profil mit 84 Elektroden setzten sich die Messdaten aus über 1000 Einzelmessungen zusammen, wobei jede dieser Einzelmessungen 3 bis 5 – fach gestapelt wird. Der resultierende Parameter ist der scheinbare Widerstand in Ohmm. Die Eindringtiefe hängt von der Profillänge l ab und beträgt etwa $l/5$ bis $l/3$. Die lateralen Veränderungen können durch Verschieben der Elektrodenanordnung entlang des Profils erhalten werden. Ein Schema der Messung ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

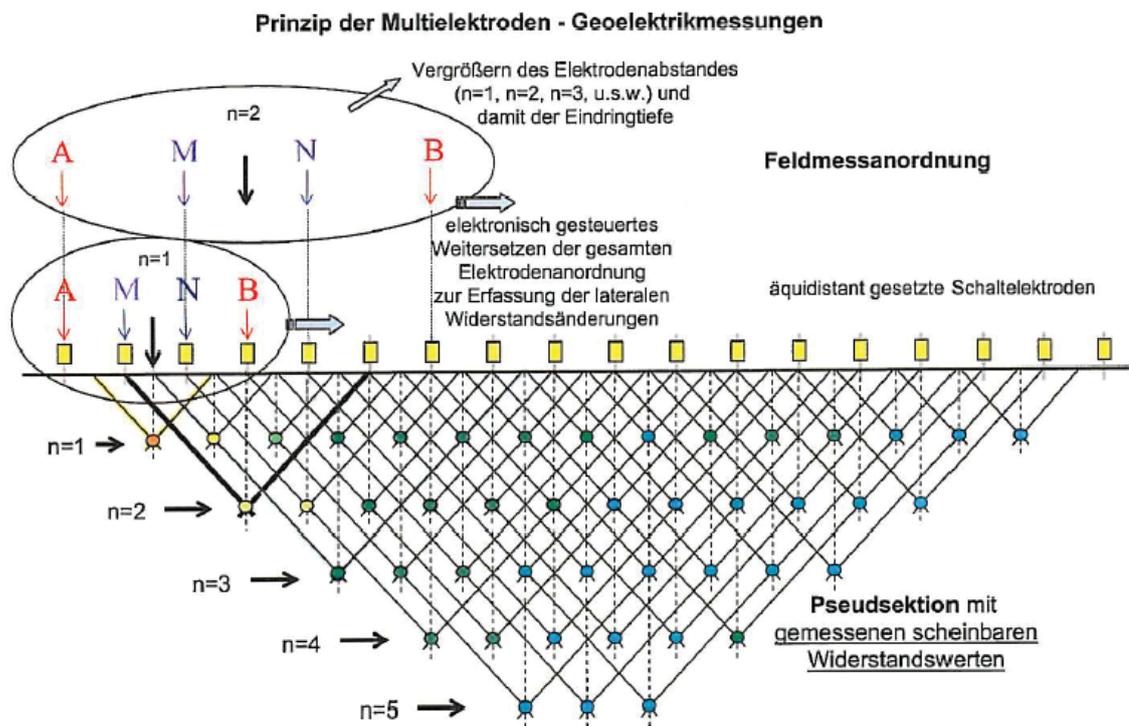


Abbildung 10: Schema des Messaufbaus und der Multielektrodengeoelektrikmessung

Die Auswertung geht von einer homogenen, tiefenabhängigen Matrix von Scheinwiderständen aus. Aus dieser wird mit Hilfe der Inversionsrechnung ein elektrisches Schichtenmodell berechnet (Niesner 1996). Bei der Inversion werden über ein iteratives mathematisches Verfahren die Parameter (Widerstände und Tiefen) so lange verändert bis die Abweichungen zwischen den theoretisch berechneten und den tatsächlich gemessenen Widerstandswerten möglichst gering sind.

4.2.2 Pseudo 2- D Inversion

Bei der Pseudo 2-D Inversion (Niesner 1990, 1996) werden die gemessenen Daten der 2 – D Pseudosektion in einzelne vertikale Linien aufgespaltet. Somit ergeben sich 1- D Sondierungskurven bei jedem einzelnen Elektrodenstandort. Diese Linien werden mit der von Zohdy (1989) entwickelten Methode der „Smooth Inversion“ invertiert und danach wieder nebeneinander als 2 – D Sektion mittels *Surfer* interpoliert. Der Inversion liegt ein kontinuierliches Modell zugrunde. Dabei wird jedem gemessenen Widerstandwert der Pseudosektion eine Schicht zugeordnet. Die Widerstandswerte werden dem kontinuierlichen Modell angepasst. Das heißt bei scharfen geologischen Schichtgrenzen ergibt sich ein kontinuierlicher Übergangsbereich.

4.2.3 1 – D Inversion nach Loke

Die 1 – D Inversion dient zur Ermittlung der Anzahl von Schichten, deren Mächtigkeiten und Widerständen in vertikaler Richtung. Dabei wird angenommen, dass der Untergrund aus horizontalen Schichten besteht. So ändert sich der Widerstand nur mit der Tiefe und nicht in horizontaler Richtung. Das Programm bestimmt automatisch ein Schichtmodell so, dass die berechneten Daten dieses Modells möglichst gut mit den gemessenen Daten übereinstimmen. Hierzu werden die Abstände AB und die Messwerte in das Programm eingegeben. Außerdem wird ein Startmodell festgelegt. Die Anzahl der Schichten richtet sich nach der Anzahl der Wendepunkte in der Kurve, die Widerstandswerte werden aus den scheinbaren Widerständen abgeschätzt.

Die Daten werden doppelt logarithmisch dargestellt. Auf der Widerstandsachse ist dies sinnvoll, weil die spezifischen Widerstände um mehrere Größenordnungen variieren können und der Unterschied zwischen 1 m und 2 m genau so deutlich sein soll, wie zwischen 100 und 2000 m. Auf der Abstandsachse entspricht die logarithmische Darstellung dem Vorgehen im Gelände. Die Darstellung des scheinbaren Widerstandes als Funktion des Abstandes AB/2 nennt man Sondierungskurve.

Die Software RES1D.EXE ist ein einfaches Inversions- und Vorwärtsmodellierungsprogramm. Da die laterale Änderung des Widerstandes nicht mit einbezogen wird, ist dies

das größte Limit des Programms. So ergeben sich Fehler im interpretierten Widerstandswert bzw. der Mächtigkeit der Schicht. Aus Informationen der 2 – D Sektion kann jedoch für einzelne Linien sichergestellt werden, dass die Voraussetzung für die 1 – D Inversion – keine laterale Änderung des Widerstandes – erfüllt ist.

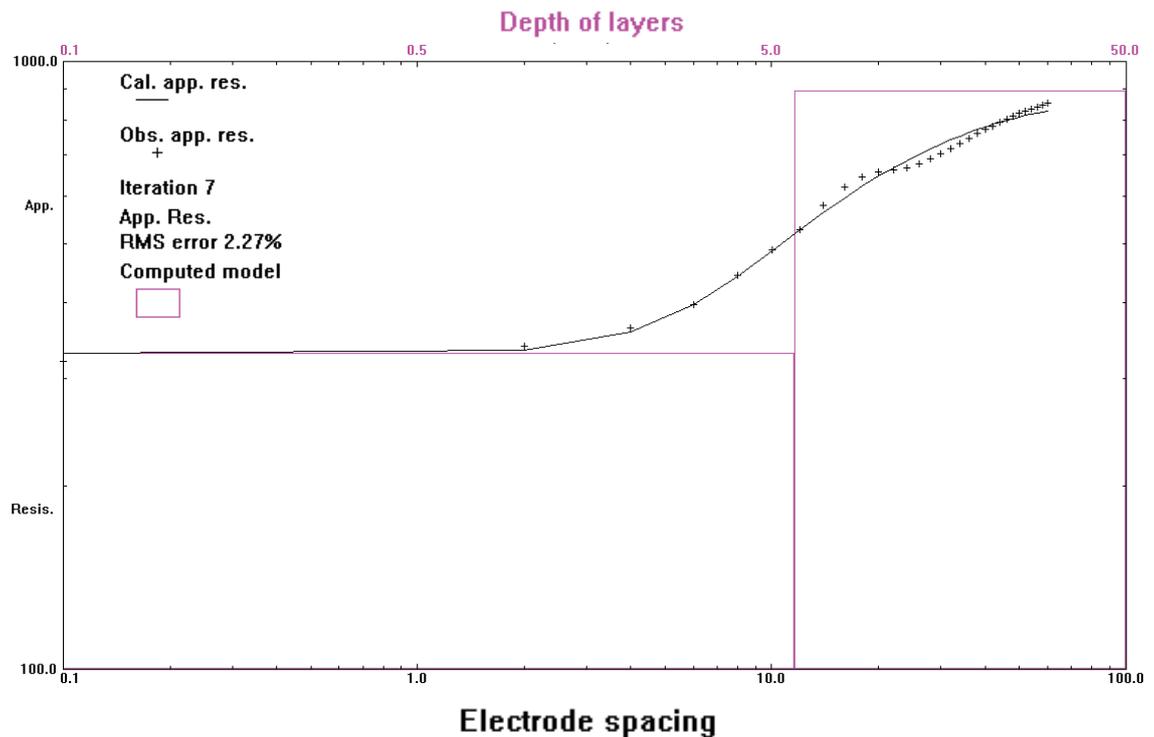


Abbildung 11: Dargestellt ist der spezifische Widerstand doppelt logarithmisch gegen den halben Stromelektrodenabstand. Die Symbole sind die gemessenen Daten, die durchgezogene Linie ist die berechnete Kurve. Die stufige Linie ist das Schichtmodell, welches vom Programm so berechnet wurde, dass die zugehörige berechnete Kurve gut mit den gemessenen Daten übereinstimmt. In diesem Fall wurde ein Modell mit 2 Schichten gewählt.

1 – D Inversionsprogramme (z.B. Loke, Resixp etc.) bieten die Möglichkeit die Anzahl der Schichten auf eine geologische realistische Anzahl zu reduzieren. Diese Reduktion birgt allerdings die Gefahr mathematisch zwar korrekte aber geologisch nicht sinnvolle Schichten zu erzeugen. Weiters gibt es auch oftmals Probleme mit der Konvergenz des mathematischen Modells.

4.2.4 Interpretation

Neben dieser rein messtechnisch erfassten Verteilung der spezifischen elektrischen Widerstände im Untergrund ist für die Lösung von ingenieurgeophysikalischen Aufgabenstellungen nahezu immer eine Zuordnung der gemessenen elektrischen Widerstände zu petrophysikalischen Parametern, wie z.B. Lithologie, Wassersättigung, etc. notwendig. Dieser Datenbearbeitungsschritt wird als „Interpretation“ der Messdaten

bezeichnet. Da dieser Vorgang oftmals nicht eindeutig ist, müssen zusätzliche Informationen herangezogen werden, um aus den mit den Messergebnissen kompatiblen Modellen, das Modell mit der größten Signifikanz zu extrahieren.

Neben allen verfügbaren Zusatzinformationen liefert dabei die Petrophysik – die Messung der physikalischen Parameter von Gesteinsproben im Labor unter verschiedenen Bedingungen – äußerst wichtige Informationen zur Interpretation der elektrischen Widerstände.

Günstig sind dabei direkte Messungen an, vor Ort entnommenen, Gesteinsproben. Falls diese nicht zur Verfügung stehen können – mit der Folge einer größeren Ungenauigkeit des Endergebnisses - werden Standardwerte aus der Literatur übernommen. Neben der Veröffentlichung der aktuellsten petrophysikalischen Messergebnisse in Zeitschriften wie *Petrophysics* wurden die umfangreichen Messergebnisse auch in mehreren Handbüchern, Schön (1996), Mavko et al. (1998) u.v.a.m. zusammengefasst.

4.3 Zusammenhänge Widerstand – Lithologie – Wassergehalt

In der

Tabelle 4-1 sind die Widerstände von verschiedenen Gesteinen aufgelistet. Magmatische und Metamorphe Gesteine haben typischerweise sehr hohe Widerstände (1000 bis 100.000 Ohmm). Sedimente, die normalerweise poröser sind und einen höheren Wassergehalt haben, zeigen im Vergleich zu den magmatischen und metamorphen Gesteinen einen deutlich niedrigeren Widerstand. Der Wert schwankt zwischen 10 und 10000 Ohmm, ist meistens aber unter 1000 Ohmm. Die unkonsolidierten Sedimente haben generell geringere Widerstandswerte zwischen 10 und 1000 Ohmm.

Allgemein gilt, dass die meisten gesteinsbildenden Minerale sehr hohe Widerstände bzw. geringe Leitfähigkeiten aufweisen. Diese Eigenschaften gelten auch für absolut trockene Gesteine. Bei porösen bzw. geklüfteten Gesteine, die wasserführend sind, entsteht aufgrund der elektrolytischen Leitfähigkeit vom Wasser und der Grenzflächenleitfähigkeit von Tonmineralen eine verbesserte Leitfähigkeit bzw. geringere Widerstände (Schön 1996). Daher wird zwischen

- dichten, poren- und kluffreien oder absolut trockenen Gesteinen und
- porösen bzw. geklüfteten wasserführenden Gesteinen

unterschieden. Allgemein gilt der Zusammenhang: mit zunehmender Porosität/Klüftigkeit steigt der Widerstand, mit zunehmenden Wassergehalt sinkt der Widerstand.

4.3.1 Elektrische Eigenschaften von dichten, poren- und kluffreien oder absolut trockenen Gesteinen

Diese Gesteine (z. B: Magmatite und Metamorphite) haben – abgesehen von erz- oder graphit - führenden Gesteinen – einen sehr hohen Widerstand (1000 bis 100.000 Ohmm). Der Widerstand ist nur abhängig von den Matriceigenschaften (Widerstände der gesteinsbildenden Minerale). Daher ergeben sich drei signifikante Beobachtungen (Schön 1996):

- Hohe absolute Widerstandswerte
- Temperaturabhängigkeit (exponentielle Abnahme des Widerstandes mit zunehmender Temperatur)
- Druckabhängigkeit (nicht lineare Abnahme des Widerstandes mit abnehmenden Druck)

4.3.2 Elektrische Eigenschaften von porösen bzw. geklüfteten wasserführenden Gesteinen

Prinzipiell werden bei diesen Gesteinen zwei Arten von Leitfähigkeiten unterschieden:

1. Elektrolytische Leitfähigkeit des Poren/Kluffluids
2. Grenzflächenleitfähigkeit der Tonminerale

Die Leitfähigkeit der Feststoffmatrix ist vernachlässigbar, außer bei Anwesenheit von Erzen oder Graphit.

Ad 1) Der Ladungstransport wird über die im Porenfluid enthaltenen Anionen und Kationen gelöster Salze realisiert. Die Geometrie der in Verbindung stehenden Poren bzw. Klüfte bestimmt den Weg und fließt in die Eigenschaften wie Porosität und Tortuosität ein (Schön 1996). So hängt der Widerstandwert hauptsächlich von der Porosität und der Salinität des Porenwassers ab. Ein einfacher Zusammenhang zwischen Widerstand und Wassersättigung zeigen die Gleichungen von Archie (Archie 1942). Sie können für tonfreie – tonarme Gesteine und Sedimente verwendet werden:

Die erste Archie - Gleichung gilt für 100% wassergesättigte Gesteine:

$$\frac{R_0}{R_w} = F = \frac{a}{\Phi^m}$$

mit R_0 als Widerstand des Gesteins bei 100%iger Wassersättigung, R_w als Wasserwiderstand, F als Formationsfaktor, Φ als Porosität, a und m sind zwei empirische Parameter. Der Parameter a gibt den Einfluss der Gesteinsmatrix auf die Spannung an, der

Parameter m wird zumeist als Zementationsgrad angesprochen. Für die meisten Gesteine ist a ca. 1 und m ca. 2.

Beträgt die Wassersättigung nicht 100%, sondern sind die Poren teilweise mit Luft oder Öl gefüllt, wird die 2. Archie Gleichung angesetzt:

$$R_t = R_w \cdot a \cdot \Phi^{-m} \cdot S_w^{-n}$$

mit R_t als Gesteinswiderstand bei teilweiser Wassersättigung, S_w als Sättigungsgrad (wassergefüllter Porenraum) und n als Sättigungskoeffizient (häufig wird $n=2$ verwendet).

Ad 2) Bei tonigen Sedimenten spielt der Widerstand der Gesteinsmatrix bei der Bestimmung des Gesamtwiderstandes des Untergrundes eine entscheidende Rolle. Die Tonminerale bilden auf Grund ihrer Kristallstruktur elektrische Doppelschichten, die aus Ionen der im Schichtwasser enthaltenen Salze aufgebaut sind. Dadurch sind sie dank der großen Ionenbeweglichkeit (Kationenaustauschkapazität CEC) in der Doppelschicht selbst sehr gute Leiter. Der Grenzflächen-Widerstand wird durch die relative Anreicherung von Kationen aus der elektrolytischen Porenlösung in der "elektrischen Doppelschicht" bestimmt. Diese reichern sich an negativ geladenen Matrixoberflächen - wie Tonmineraloberflächen - an. Diese Kationen verursachen einen zusätzlichen Stromfluss. (Borús 1999)

Es gibt viele verschiedene Modelle, die diesen Effekt berücksichtigen. Wichtig dabei sind zwei wesentliche Aspekte:

- Verschiedene Typen von Tonmineralien und deren Verteilung im Sediment (laminar, dispers)
- Verständnis der physikalischen und chemischen Phänomene an der Kornoberfläche und Grenzfläche

Als wichtigster Parameter wird bei den Berechnungen die Kationenaustauschkapazität angesehen. Waxman und Smits 1967 publizierten eine Theorie und Modell für tonige Sande. Dabei gilt die Beziehung:

$$R_0 = F \cdot R_w \cdot (1 + B \cdot Q_v \cdot R_w)^{-1}$$

Der empirische Faktor B beschreibt die Oberflächenleitfähigkeit, abhängig von der Salinität:

$$B = 3.83 \cdot \left[1 - 0.83 \cdot \exp(-0.5 / R_w) \right]$$

Der Tonparameter Q_v ist in Relation mit dem CEC:

$$Q_v = \frac{1 - \Phi}{\Phi} \cdot \frac{d_s}{100} \cdot CEC$$

mit d_s als Dichte der festen Matrix und CEC als Produkt der spezifischen Oberfläche S_m und der Oberflächenladungsdichte α_e .

4.4 Spontaneous potential (SP) - Eigenpotential

Sie SP Methode ist eine passive Methode, das heißt es werden keine künstlichen Felder benötigt. Die Methode ist einer der ältesten und einfachsten geoelektrischen Messverfahren. Es wird das natürliche Potential zwischen zwei Punkten auf der Erdoberfläche gemessen (Reynolds 1997). Die Messwerte rangieren zwischen Millivolt bis zu einen Volt und können sowohl positiv als auch negativ sein.

4.4.1 Herkunft des Eigenpotentials

Prinzipiell werden hier drei Typen von Potentialen unterschieden:

- Elektrokinetisches Potential
- Elektrochemisches Potential
- Mineralisches Potential

Für Grundwasseruntersuchungen ist das elektrokinetische Potential von grundlegender Bedeutung, teilweise auch das elektrochemische Potential. Durch das Fließen wird ein Potential erzeugt, wobei das fließende Wasser als Elektrolyte fungiert. Das Mineralische Potential ist nur bei der Erzprospektion bzw. bei technischen Einbauten wie Rohre etc. wichtig.

Der fließende Strom kann mit dem hydraulischen Gradienten und dem Elektrofiltration - Kopplungs - Koeffizienten korreliert werden. Der Koeffizient beinhaltet die physikalischen und elektrischen Eigenschaften des Elektrolyts und des Netzwerkes durch das durchflossene Medium.

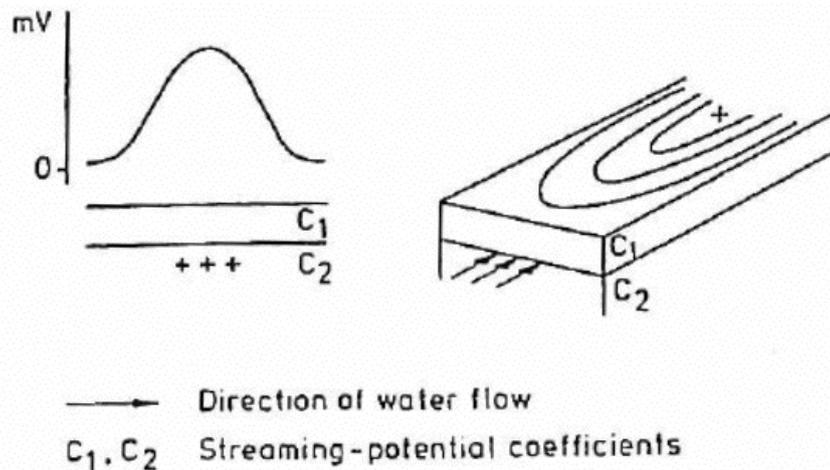


Abbildung 12: Idealisiertes SP Profil and Modell für horizontale Grundwasserströmung (Reynolds 1997)

Die Potentiale neigen in Richtung des Grundwasserstromes zuzunehmen, da die Elektrische Ladung in die Gegenrichtung fließt.

4.4.2 Messaufbau und Messvorrichtung

Die Feldausrüstung besteht aus zwei unpolarisierbaren Elektroden, einem Millivoltmeter mit hohem Eingangswiderstand („leistungsloses“ Messen) und den nötigen Kabelverbindungen. Eine unpolarisierbare Elektrode besteht aus einem Metallstab in einer gesättigten Kupfersulfatlösung (Cu in CuSO_4 – Lösung) und einem Keramikgefäß mit semipermeablem Boden, das den Kontakt zum Untergrund herstellt (s. Abbildung 13).



Abbildung 13: SP-Elektroden, Millivoltmeter und Kabel, Messvorrichtung

4.4.3 Messung und Korrektur der SP Daten

Die Messung erfolgt meist entlang von Profilen in fixen Abständen. Ausgehend von einer Basis werden die Werte aufgenommen. Nach einer Anzahl von Messwerten wird wieder auf der Basis gemessen um den Drift der Elektroden später korrigieren zu können.

5 Multielektrodengeoelektrik – Messungen

Im Zuge der Erneuerung der Bundesstraße 130 Nibelungenstraße wurde vor einigen Jahren das Bachbett der Aschach an einigen Stellen entlang der Straße verlagert. Dabei könnte es zu einer Verletzung der Kolmatierungsschicht gekommen sein und Wasser daher in den Untergrund, in Klüfte der Gneise der Böhmisches Masse versickern. Die Profile für die MEG wurden daher an diesen Stellen gelegt. Die genaue Lage der Profile ist in der Abbildung 14 dargestellt.

5.1 Messanordnungen

Die Profile wurden mit dem Messgerät Sting R1 der Fa. AGI mit einer Spannung von 400 V und Stromstärken bis 100 mA gemessen. Zur Datenkontrolle und –qualität werden Wiederholungsmessungen gemacht. Folgende Anordnungen wurden jeweils zweimal gemessen:

- Wenner alpha
- Wenner beta
- Wenner gamma

5.2 Qualitätsprüfung der Messdaten

- Stapelfehler:

Alle Messdaten, bei denen der Stapelfehler größer als 1% ist, werden bei der Auswertung nicht verwendet. Der Stapelfehler wird aus 3-5 Einzelmessungen pro Messpunkt ermittelt.

- Widerstandsverteilung:

Extrem hohe und auch sehr niedrige Widerstände, die leicht im Histogramm der Widerstände als Ausreißer erkannt werden können, werden ebenfalls ausgeschieden. Im vorliegenden Fall werden dies Grenzen bei 2 und 10000 Ω m festgelegt.

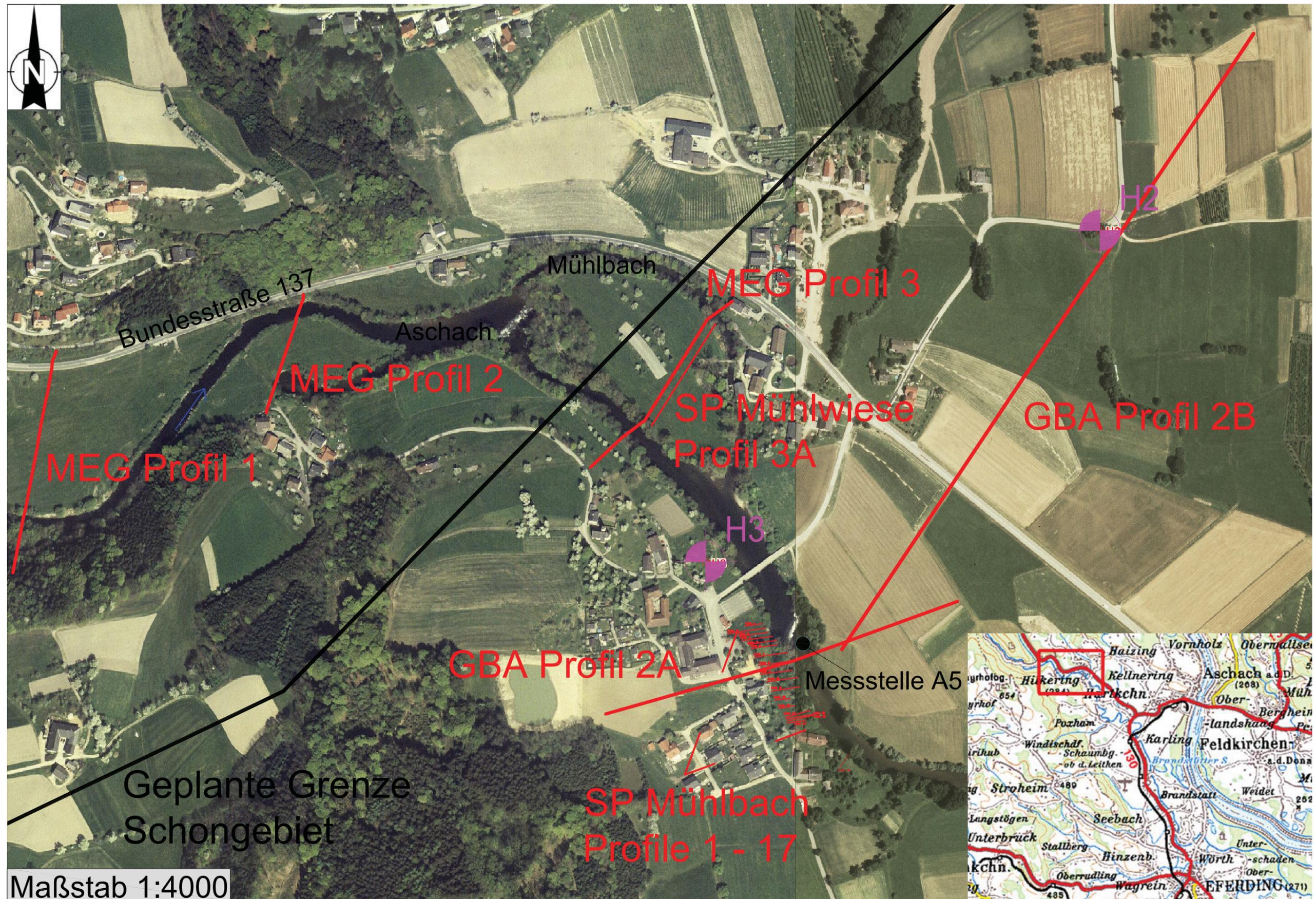


Abbildung 14: Lage der MEG-Profile, der SP-Profile, der Pegelbohrungen H2 und H3 sowie der Durchflussmessstelle A5

In der nachfolgenden Tabelle wird die Qualität der Messdaten der drei Profile dargestellt.

Tabelle 5-1: Qualität der Messwerte

	Anzahl Messwerte	Anzahl fehlerhaf- ter Messwerte	Prozent- satz
Profil 1	1134	69	6%
Profil 2	345	4	1,2 %
Profil 3	1107	3	1%

Entsprechend der Widerstandsverteilung wird die Farbskala für die graphische Darstellung festgelegt. Um verschiedene Profile vergleichen zu können, wird nur eine repräsentative Farbskala gewählt. Sie soll bereits auf mögliche lithologische Unterschiede bzw. Änderungen in der Wassersättigung hinweisen.

- Messstromstärke:

Ist der in den Untergrund eingespeiste Strom zu klein, z.B. durch schlechten Kontakt der Elektroden, so sinkt das Rauschverhältnis stark ab und die Messdaten sind mit einem immer größeren Fehler behaftet. Aus der Messerfahrung und Empfindlichkeit der geoelektrischen Apparatur kann dieser minimal notwendige Stromwert für die vorliegende Messanordnung bei 10 mA angesetzt werden. Die Qualitätsprüfung der Daten erfolgt mit einer an das Messsystem angepasster Software.

5.3 Farbskala-einteilung

Für die Einteilung der Farbskala wurden die Widerstandshistogramme der einzelnen MEG Messungen analysiert. Die Widerstandsspektren sind im Anhang C dargestellt. Die ausgeschiedenen Bereiche sind jeweils durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet.

5.4 Profil 1

Das Profil wurde am 30. Mai 2006 gemessen. Die Länge des Profils beträgt 249 m mit einem Elektrodenabstand von 3 m, NE – SW verlaufend). Es führt, von Norden nach Süden gesehen, bei Profilmeter (PM) 9 – 15 über die Bundesstraße. Während der Messung wurde das Messkabel mit einer Gummimappe geschützt. Weiters verläuft das Profil über eine Wiese bis zur Aschach bei PM 186. Über der Aschach wurden bis PM

198 drei Elektroden an ein gespanntes Seil gehängt und ins Wasser gelassen (s. Abbildung 15). Die letzten Profilmeter führten über den Aubereich der Aschach bis zum Anstieg im Wald über den anstehenden Gneis.



Abbildung 15: Elektroden bei Profil 2 über der Aschach

5.4.1 Messergebnis

In der nachfolgenden Abbildung 16 wird die Widerstandsverteilung im Untergrund des Profils 1 gezeigt. Das obere Profil nach der Pseudo 2-D Inversionsmethode nach Niesner erstellt.

Vom Profilanfang bis zu PM 80 zeigt sich ein ca. 3 m mächtiger Widerstandskörper mit Werten von 50 – 200 Ohmm. Weitere Bereiche gleicher Widerstände sind ab PM 100 bis 140 bzw. im Bereich der Aschach erkennbar. Ein weiterer Widerstandskörper mit 200 bis 400 Ohmm ist über das ganze Profil verfolgbar und 3 – 5 m mächtig. In den Bereichen PM 80 – 100 und PM 140 bis 200 reicht er bis an die Oberfläche, sowie südlich der Aschach bis zum Profilende. Ein weiterer markanter Widerstandskörper mit Werten von ca. 450 – 800 Ohmm ist klar erkenntlich. Er reicht bis zur maximale Eindringtiefe vom Profilanfang bis PM 85. Ab diesem Punkt folgt ein hochohmiger Widerstandskörper mit 800 bis 1700 Ohmm bis zum Profilende. Durch das kontinuierliche Modell erscheint über diesem hochohmigen Bereich ein mittelohmiger Übergangsbereich (400 – 800 Ohmm), der jedoch durch die Inversion, wie im nachstehenden Absatz beschrieben, nicht als eigene Schicht auszuweisen ist.

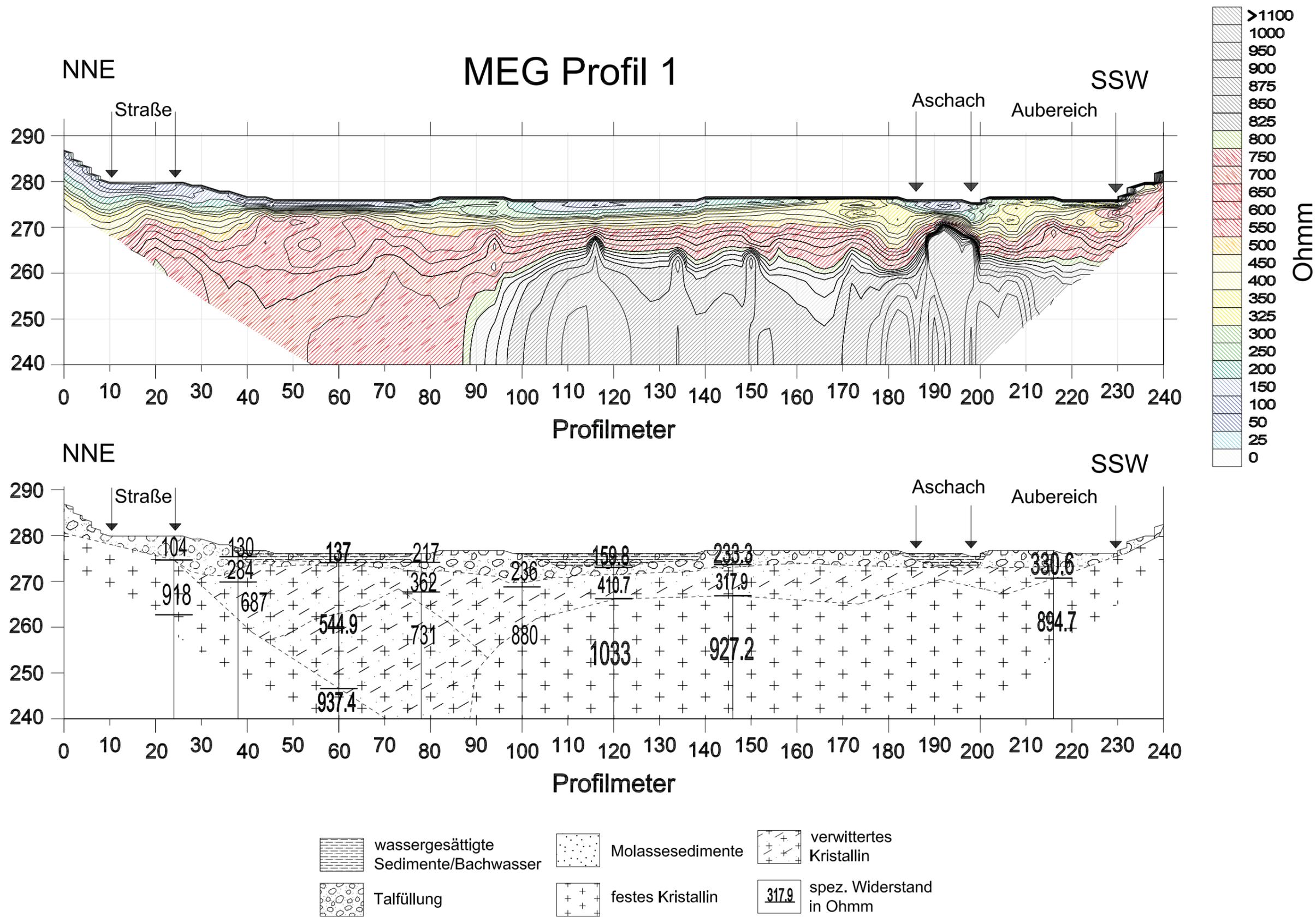


Abbildung 16: oben: Pseudo - 2 D Inversion MEG Profil 1; unten: 1 - D Inversionen und Interpretation

5.4.2 1-D Inversion

Um die genauen Widerstandswerte und Schichtmächtigkeiten zu bekommen wurden an mehreren Stellen im Profil einzelne Tiefensektionen mittels `RES1D` von LOKE invertiert. Für dieses Profil wurden Inversionen bei PM 22.5, 38, 60, 78, 100, 120, 146 und 216 durchgeführt. Um Fehler bei der Inversion zu vermeiden zeigt die nähere Umgebung bei diesen Profilen keine signifikante laterale Änderung. In der Abbildung 17 wird das Ergebnis dargestellt. Die genauen Daten sind dem Anhang D zu entnehmen. Bei der Inversion werden die Daten nicht kontinuierlich interpoliert, sondern versucht genau die Widerstandswerte und Mächtigkeiten festzulegen um auf die gemessenen Daten zu kommen. Daher ergeben sich auch Unterschiede. Jedoch spiegelt die Inversion den Trend der Modellierung wieder mit einer oberflächennahen gering mächtigen Schicht mit ca. 150 - 300 Ohmm, einer weiteren mittelohmigen Schicht mit ca. 450 Ohmm, die einer hochohmigen Schicht mit ca. 1000 Ohmm.

5.4.3 Interpretation

Die niederohmige Deckschicht 100 – 400 Ohmm entlang des gesamten Profils kann als Talfüllung mit einer maximalen Mächtigkeit von 7 m angesehen werden. In den Hangbereichen entspricht diese Schicht der obersten Humus- bzw. Hangumlagerungsdecke. Innerhalb dieser Deckschicht können die niedrigstohmigen Bereiche von 50 – 150 Ohmm als wassergefüllte Sedimente der Talfüllung bzw. Bachwasser oder aber auch als Bereich mit erhöhtem Tonanteil angesprochen werden. Im Bereich der Straße sind die niedrigen Widerstandswerte auf die anthropogene Aufschüttung im Zuge der Erneuerung der B137 zu erklären. Darunter befindet sich das Kristallin. Die mittelohmige Schicht (500 – 800 Ohmm) ab PM 90 repräsentiert die obere Verwitterungsschicht des Kristallins, die hier bis zu 10 m mächtig sein kann. Die mittleren Widerstände im Bereich von PM 10 bis 90 weisen auf eine Störungszone hin. Es könnte sich hier um einen abgerutschten Block handeln bzw. durch die Störung zerlegtes und stark verwittertes Kristallin. Bereiche ab 800 Ohmm werden hier als festes Kristallin ausgewiesen. Deutlich ist ein Relief erkennbar, das ebenfalls auf eine Störung hinweist.

Aus hydrogeologischer Sicht grenzt sich die Aschach klar ab. Es ist kein Hinweis auf eine Verbindung des Bachwassers mit dem Untergrund erkennbar. Bereiche der Talfüllung können als wasserführend angesprochen werden. Jedoch sind diese Bereiche sehr geringmächtig und lateral auf max. 40 m begrenzt. Es wird daher von keinen ergiebigen Grundwasserkörper bzw. Infiltration des Kristallins ausgegangen.

5.5 Profil 2

Das Profil wurde am 31. Mai 2006 gemessen. Die Länge des Profils beträgt 138 m mit einem Elektrodenabstand von 3 m, SW-NE verlaufend. Es verläuft von Süden nach Norden in einer Wiese zuerst vorbei an einem Seitenarm der Aschach bis PM 108. Über der Aschach waren 8 Elektroden gespannt. Danach führt das Profil ab PM 132 bis zur Bundesstraße bei PM 138.

5.5.1 Messergebnis

In der nachfolgenden Abbildung 17 wird die Widerstandsverteilung im Untergrund des Profils 2 gezeigt. Das obere Profil nach der Pseudo 2-D Inversionsmethode nach Niesner erstellt.

Das Profil zeigt einen ca. 5 m mächtigen Widerstandskörper von 50 – 200 Ohmm über der ganzen Profillänge. Nur zwischen PM 50 - 70 zeigt sich ein höherohmiger Bereich (300 Ohmm) im ersten niederohmigen Widerstandskörper mit ca. 5 m Mächtigkeit. Nach einem schmalen Übergangsbereich von 200 – 500 Ohmm folgt in einer Tiefe von ca. 10 m eine klar abgegrenzter Widerstandskörper mit Widerständen größer 550 Ohmm. Ab Pm 100 reicht ein mittelohmiger Bereich (200 – 500 Ohmm) bis zur maximalen Eindringtiefe.

5.5.2 1-D Inversion

Auch für dieses Profil 2 wurden 1-D Inversionen wie in 5.4.2 dargestellt, gemacht. Diese erfolgten bei PM 18, 40, 52, 66, 80, 100 und PM 120. Das Ergebnis ist der Abbildung 17 zu entnehmen.

Wie bereits erwähnt, kommt es bei der Inversion zu Abweichungen zwischen den exakten Widerstandswerten und Mächtigkeiten der 1D - Inversion und den stärker interpolierten und geglätteten Werten der 2D - Modellierung. Obwohl das Modell für den unteren Bereich nur Werte bis 600 Ohmm zeigt, so ergeben sich in der Inversion doch höhere Werte mit bis zu 1000 Ohmm. Die Mächtigkeiten sind aber ähnlich verlaufend. So ergibt sich laut Inversion ein Dreischichtfall mit einer oberen geringohmigen Schicht von 100 - 250 Ohmm, einer mittleren Schicht mit Werten zw. 200 bis 400 Ohmm und einer hochohmigen Schicht mit 780 - 950 Ohmm.

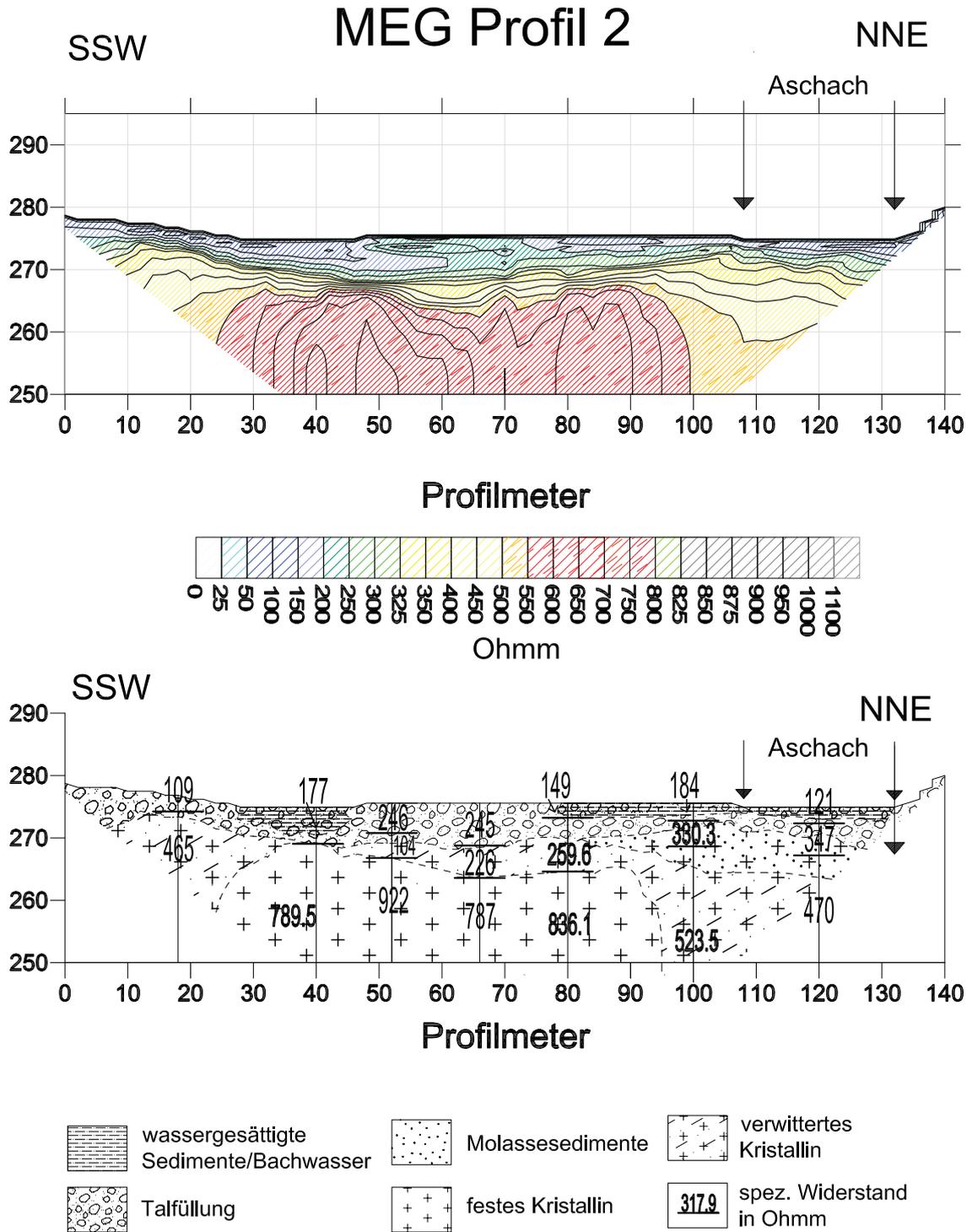


Abbildung 17: oben: Pseudo 2 - D Inversion MEG Profil 2;
 unten: 1 - D Inversionsergebnisse und Interpretation

5.5.3 Interpretation Profil 2

Der niederohmige Bereich von 50 – 300 Ohmm entspricht der Talfüllung bzw. der obersten Humusschicht in den Hangbereichen. Bereiche mit den niedrigsten Widerständen von ca. 100 Ohmm werden wie im Profil 1 wassergesättigten Bereichen bzw. Bachwasser zugeordnet. Es folgt im SW eine geringmächtige Übergangsschicht mit mittleren Widerstandswerten (300 – 700 Ohmm) die die Verwitterungsschicht des Kristalls kennzeichnet. Die hohen Widerstände (> 750 Ohmm) repräsentieren das feste Kristallin, das steil nach NW abgegrenzt ist. Hier wird eine Störung vermutet. Im NE des Profils kann unter der Talfüllung der mittelohmige Bereich (350 Ohmm) als mögliche Verfüllung von Molassesedimente (Linzer Sande) angesehen werden, die dem Kristallin auflagern. Aufgrund der ähnlichen Widerstandswerte von den Linzer Sanden und dem verwittertem Kristallin können diese jedoch nicht klar unterschieden werden.

Aus hydrogeologischer Sicht betrachtet liefert das Profil keinen Hinweis auf mögliche wasserführende Klüfte im Kristallin. In der Talfüllung lassen sich Bereiche niedrigster Widerstände feststellen, was auf eine Wasserführung hinweist. Deutlich ist am PM 30 bis 60 die Nähe zum Altarm der Aschach erkennbar. Ab PM 75 befindet sich ein weiterer wasserführender Bereich bis zur Aschach hin, der als Begleitstrom angesehen werden kann. Die Aschach selbst ist wieder klar zum Untergrund abgegrenzt.

5.6 Profil 3

Das Profil wurde am 4. Juli 2006 gemessen. Die Länge des Profils beträgt 240 m mit einem Elektrodenabstand von 3 m, SW – NE verlaufend. Bei PM 51 - 81 quert es die Aschach, wobei 9 Elektroden über die Aschach gespannt wurden. Des weitern verläuft das Profil über eine Wiese bis zum Mühlbach bei PM 216 mit weiteren 5 Elektroden über dem Mühlbach bis zu PM 234. Das Profilende befindet sich im Garten der Fam. Höglinger Rudolf (Hilkering 11, 4081 Hartkirchen).

5.6.1 Messergebnis

In der folgenden Abbildung 18 wird die Widerstandsverteilung im Untergrund des Profils 3 gezeigt. Das obere Profil nach der Pseudo 2-D Inversionsmethode nach Niesner erstellt.

Es zeigt oberflächlich ab PM 50, im Bereich der Aschach, einen nieder- bis niedrigstohmigen Widerstandskörper (50 – 200 Ohmm), der ab PM 100 von einem höherohmigen ca. 4 m mächtigen Widerstandskörper (250 – 500 Ohmm) bis PM 140 abgelöst wird. Danach folgt wieder ein nieder- bis niedrigstohmigen Widerstandskörper bis zum

Profilende, wobei der niederohmige Bereich (50 Ohmm) des Mühlbaches deutlich zu sehen ist. Darunter folgt ein ab PM 50 immer mächtiger werdender niederohmiger Widerstandskörper (50 – 200 Ohmm), der bei PM 180 mit einer Mächtigkeit von 20 m bis zur maximalen Erkundungstiefe reicht. Ein hochohmiger Widerstandskörper (250 – 700 Ohmm) verläuft oberflächlich vom Profilanfang bis zu PM 50, taucht dann in die Tiefe ab und verschwindet bei PM 165.

5.6.2 1-D Inversion

Auch für dieses Profil 3 wurden 1-D Inversionen, wie in 5.4.2 dargestellt gemacht. Diese erfolgten bei PM 22.5, 50, 102.5, 130, 149, 160, 180, 190, 210 und PM 220. Das Ergebnis ist der Abbildung 18 zu entnehmen.

Auch hier zeigt sich ein großer Unterschied in den Widerstandswerten. Das lässt sich durch die verschiedenen Methoden, wie im Punkt 5.4.2 aufgezeigt, erklären. Vom Profilanfang zum Ende taucht ein hochohmiger Körper mit ca. 1000 Ohm bei Pm 150 ab. Darüber liegt ein Bereich mit mittleren Widerstandswerten von ca. 200 - 400 Ohmm, der von der Aschach ausgehend abtaucht und ab PM 160 bis zur maximalen Erkundungstiefe reicht. Darüber befindet ab PM 100 bis PM 200 ein ca. 10 m mächtiger niederohmiger Körper mit Widerstandswerten von ca. 50 - 80 Ohmm, der wiederum von höherohmigen Schichten überlagert ist.

5.7 Interpretation Profil 3

Von Profilanfang Richtung Mühlbach erstreckt sich ein mittelohmiger bis niedrigstohmiger ca. 5 m mächtiger Körper, der als Talfüllung angesprochen werden kann. Die höheren Widerstandswerte weisen auf einen geringeren Wassergehalt bzw. höhere Grobkornanteile hin. Der niedrigohmigen Körper ab PM 160 kann als wasserführende Talfüllung angesprochen werden, die bis zum Mühlbach reicht. Die Aschach und der Mühlbach sind ebenfalls durch sehr geringe Widerstände erkennbar. Laut Aussage des Grundeigentümers befindet sich dort der Grundwasserspiegel in etwa 2 m Tiefe. Die darunter liegende Schicht, die nach NE immer an Mächtigkeit zunimmt, wird als Molassesediment angesprochen. Sie gliedert sich in zwei unterschiedliche Einheiten. Da reine Quarzsande meist höhere Widerstände (> 200 Ohmm) aufweisen, werden die Bereich mit Widerstandswerten ab 250 Ohmm den Linzer Sanden zugeordnet. Die niederohmige Schicht darüber kann als Schlier angesprochen. Der Gradient zur den Linzer Sanden ist jedoch unscharf. Die Linzer Sande lagern direkt dem Kristallin (> 700 Ohmm) auf, welches ein starkes Relief aufweist. Eine klare Abgrenzung zu den Linzer Sanden ist wie schon bei Profil 2 erwähnt nicht gegeben. Eine Störungszone befindet sich wahrscheinlich bei PM 80 und bei PM 165, wo das Kristallin steil nach NE einfällt.

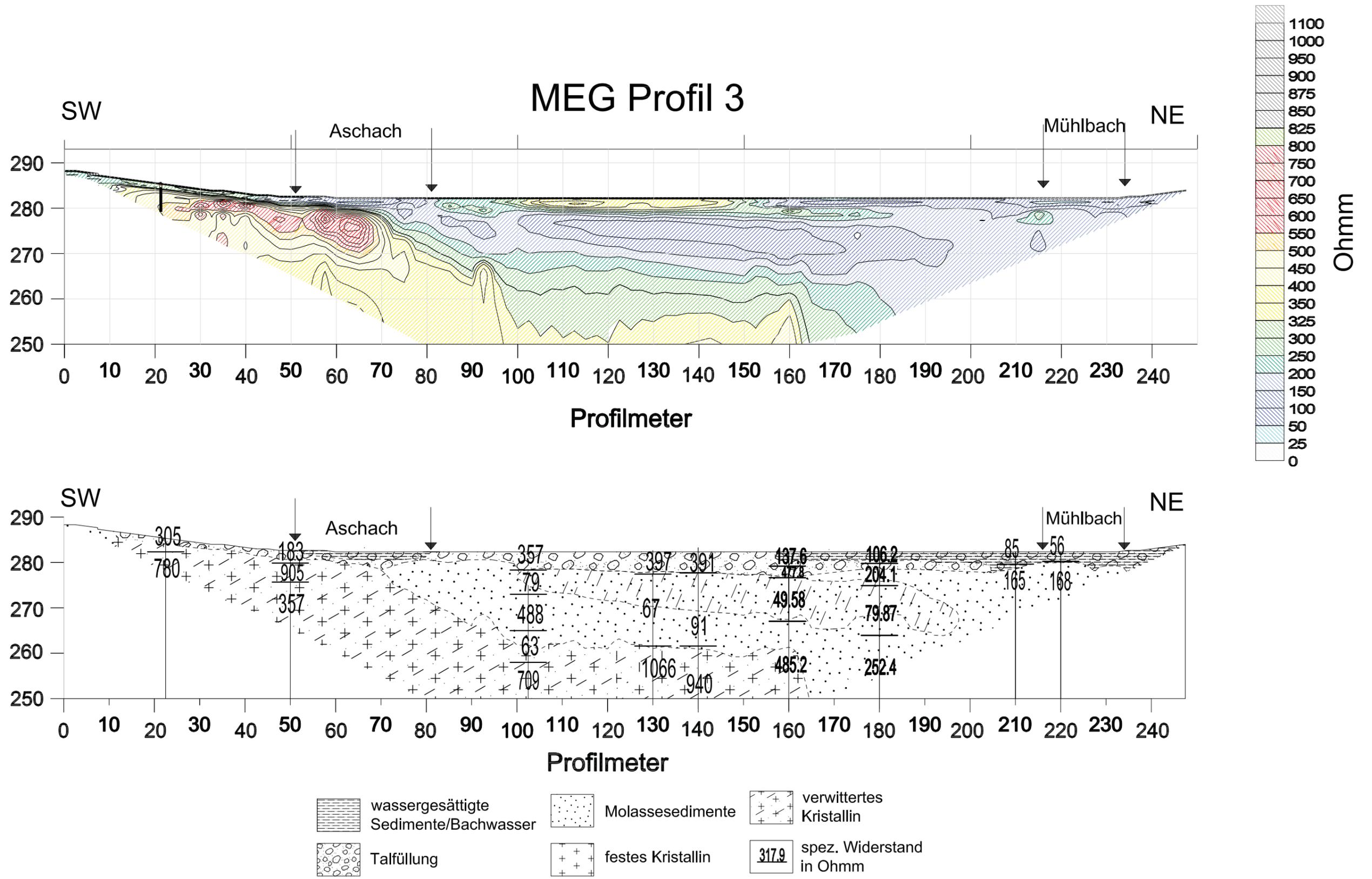


Abbildung 18: oben: Pseudo 2 - D Inversion MEG Profil 3; unten: 1 - D Inversionsergebnisse und Interpretation

6 Spontaneous Potential SP - Messungen

Um die Ergebnisse der MEG noch besser verstehen zu können wurden SP Messungen durchgeführt. Potentialunterschiede lassen auf Strömungen im Untergrund bzw. auf Permeabilitätsveränderungen schließen. Je größer der Unterschied, umso größer ist die Strömung. Flächig gesehen ergibt eine Strömung einen Übergang von negativen Messwerten zu positiven.

6.1 Lage der Profile

Da in den ersten beiden Profilen keine Andeutung auf Infiltration der Aschach ins Grundwasser zu finden war, wurde am Profil 3, sowie 10 m östlich parallel zum Profil 3 SP Messungen durchgeführt (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Weitere Messungen wurden im Bereich des Wehrs Hilkering, westlich der Aschach durchgeführt. Die Lage der Profile im Bereich des Wehrs Hilkering ist der Abbildung 19 zu entnehmen.

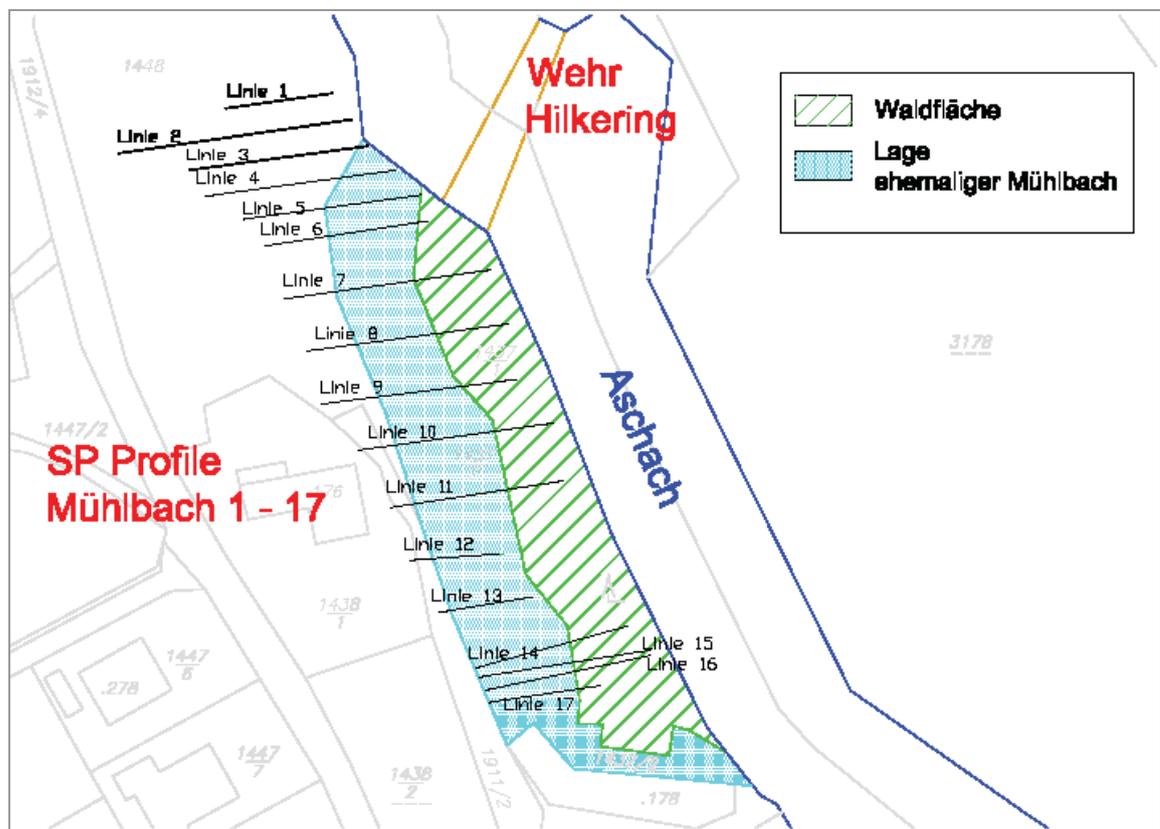


Abbildung 19: Lage der SP Profile im Bereich der Wehr Hilkering

6.2 SP_Mühlwiese

6.2.1 Messanordnung/Datenverarbeitung

Die Messung erfolgte am 6. Juli 2006 entlang des Profils 3 mit einem Messpunktabstand von 1 m. Während der Messung war es nötig mehrere Basispunkte anzulegen, die zur Korrektur der Messdaten nötig wurden. Im Bereich der Wiese wurde ein weiteres Profil 3A parallel zu Profil 3 gemessen, ebenfalls mit einem Messpunktabstand von 1 m. Die Messung wurde mit zwei nicht polarisierbaren Elektroden durchgeführt. Die Ableseung des Spannungswertes erfolgt mittels eines Voltmeters. Nach 20 m wurde eine Wiederholungsmessung an der Basis durchgeführt um den Elektrodendrift aufzuzeichnen. Die Daten wurden mittels EXCEL korrigiert.

6.2.2 Messergebnis

Die folgende Abbildung 20 zeigt das Ergebnis der SP –Messungen ab PM 81 bis 218 das mittels Surfer zwischen den beiden Profilen interpoliert ist. Darüber befindet sich der dazugehörige Ausschnitt aus dem MEG Profil 3 zwischen den PM 78 bis 222.

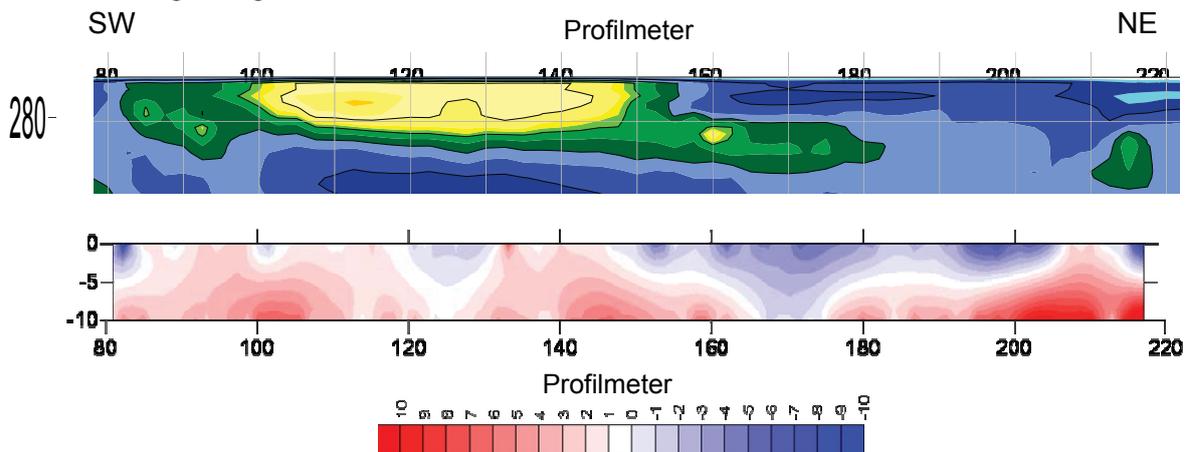
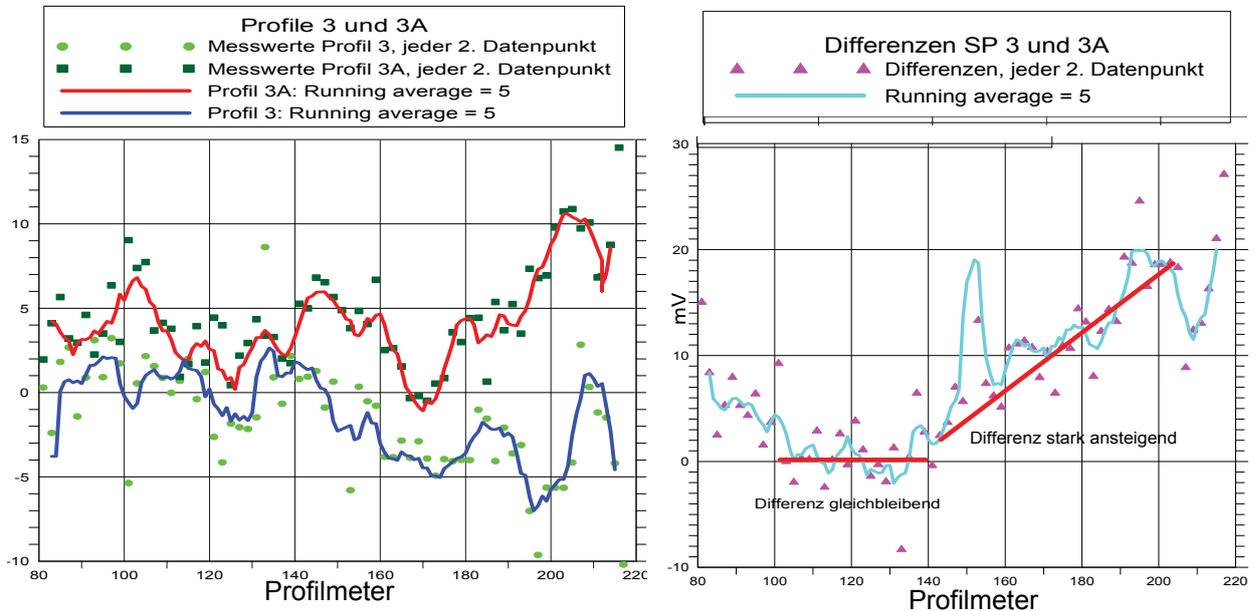


Abbildung 20: oben: Ausschnitt des Geoelektrischen Profils 3 im Bereich der Mühlwiese zwischen der Aschach im SW und dem Mühlbach im NE (PM 80 bis PM 220); unten: SP Profile 3 und 3A zwischen PM 81 – PM 218, Surferinterpolation

Die Interpolation zwischen Profil 3 und 3A zeigt einen Übergang von negativen zu positiven Messwerten, der im Bereich von PM 150 bis 200 stärker ausgeprägt ist. Dies könnte generell auf ein Strömungspotential im Untergrund hinweisen. Zur genaueren Interpretation sind jedoch die einzelnen Profile besser (s. Abbildung 21). Die beiden Messkurven verlaufen annähernd parallel und ohne große Unterschiede bis PM 140. Dieser Bereich zwischen PM 100 und 140 lässt auf schlechte Permeabilitäten schließen. Dies passt auch gut mit den der höherohmigen Zone im Widerstandsprofil über-

ein. Nur bei PM 100 und zeigt sich kurz ein unterschiedlicher Trend der sich wahrscheinlich durch lokale Änderung in den Permeabilitäten begründet. Ab PM 155 gehen die Kurven stark auseinander. Auffallend ist beim Profil 3A eine Negative Anomalie bei PM 170. Danach ist wieder eine positive Anomalie ersichtlich. Dieser Bereich kann als Zone mit besserer Permeabilitäten interpretiert werden. Besonders gut zeigt sich dies,



wenn die Differenzen der beiden Profile gegen die Profilmeter aufgetragen werden.

Abbildung 21: Messwerte SP Profil 3 und 3A mit Trendkurve (links) und Differenzenbild mit Trendkurve (rechts)

Im Differenzenbild ist besonders gut erkennbar, dass im Bereich PM 100 bis 140 fast keine Unterschied in den Potentialen herrscht und daher als Bereich mit schwacher bis keiner Strömung angesehen werden kann. Hingegen nimmt der Unterschied ab PM 140 bis PM 200 stark zu. Dies weist auf einen Bereich stärkerer Strömung hin.

6.3 SP_Mühlbach

Ein weitere Möglichkeit die geringere Abflussmessung bei dem Wehr Hilkering zu erklären, ist ein Umfließen des Wehrs und der Messstelle im ehemaligen Bachbeet des Mühlbaches. Anfang der 70er Jahre wurde der Mühlbach mit Aushubmaterial der Aschach im Zuge des Straßenbaues zugefüllt. Er zweigte kurz vor dem Wehr Hilkering von der Aschach ab, umfloss eine bewaldete Insel und mündet nach 120 m vor dem landwirtschaftlichen Gebäude wieder in die Aschach (s. Abbildung 19).

6.3.1 Messanordnung

Die Messungen erfolgten am 1 und 2. August 2006. Es wurden 17 Linien im Abstand von 10 bzw. 5 m angelegt und mit einem Messpunkt Abstand von 1 m gemessen. Die Linien verlaufen W - E jeweils westlich des ehemaligen Mühlbaches bis zur Aschach. Die Linien 5 – 14 enden im Wald, der an die Aschach angrenzt. Gemessen wurde mit zwei nicht polarisierbaren Elektroden und einem Multivoltmeter. Im Zuge der Messungen wurden 6 Basispunkte angelegt, die später in der Korrektur mittels EXCEL miteinander korreliert wurden. Nach jeder 10. Messung wurde eine Wiederholungsmessung am Basispunkt durchgeführt um den zeitlichen Drift der Elektroden aufzuzeichnen.

6.3.2 Messergebnis

In der folgenden Abbildung 22 sind die Messergebnisse als Intensitätskarte dargestellt. Die Linien 15 und 17 wurden dabei nicht verwendet, da sie nicht mit dem Basispunkt korreliert werden konnten.

Die Abbildung zeigt einen generellen Übergang von negativen zu positiven Messwerten, das grundsätzlich auf eine Strömung im Untergrund hinweist. Genau im Bereich des ehemaligen Mühlbaches gibt es größere Potentialunterschiede. Im Ausflussbereich der Aschach in den Mühlbach vor der Wehr Hilkering (Linien 3 bis 5) ist eine markante Änderung des Potentials ersichtlich, die sich mehr oder weniger stark bis im Bereich des ehemaligen Mühlbaches zu den Linien 14 und 16 fortsetzt. Besonders auffallend sind die Linien 11 bis 14, entlang denen eindeutig eine positive Anomalie über den Mühlbach auftritt.

Eine andere Darstellungsart: Mittels Grapher wurden die Linien einzeln dargestellt und ein gleitender Mittelwert über jeweils 5 Messwerten berechnet.

In den ersten Linien 1 bis 4 sind keine markanten Änderungen feststellbar (z.B: Linie 2 – violetter Graph). Ab Linie 6 (roter Graph) ist eine große positive Anomalie sichtbar, die bis zur Linie 16 verfolgbar ist. Am deutlichsten ist diese Anomalie in den Linien 11 und 14 ausgeprägt (blauer und grüner Graph). Wie bereits aus der Abbildung 22 ersichtlich kommen die positiven Anomalien genau über dem ehemaligen Verlauf des Mühlbaches zu liegen.

Der Zeitpunkt der SP - Messung wurde bei Mittelwasserführung der Aschach durchgeführt. Der genaue Wert liegt im Bereich von 119 – 138 cm (s. Anhang I).

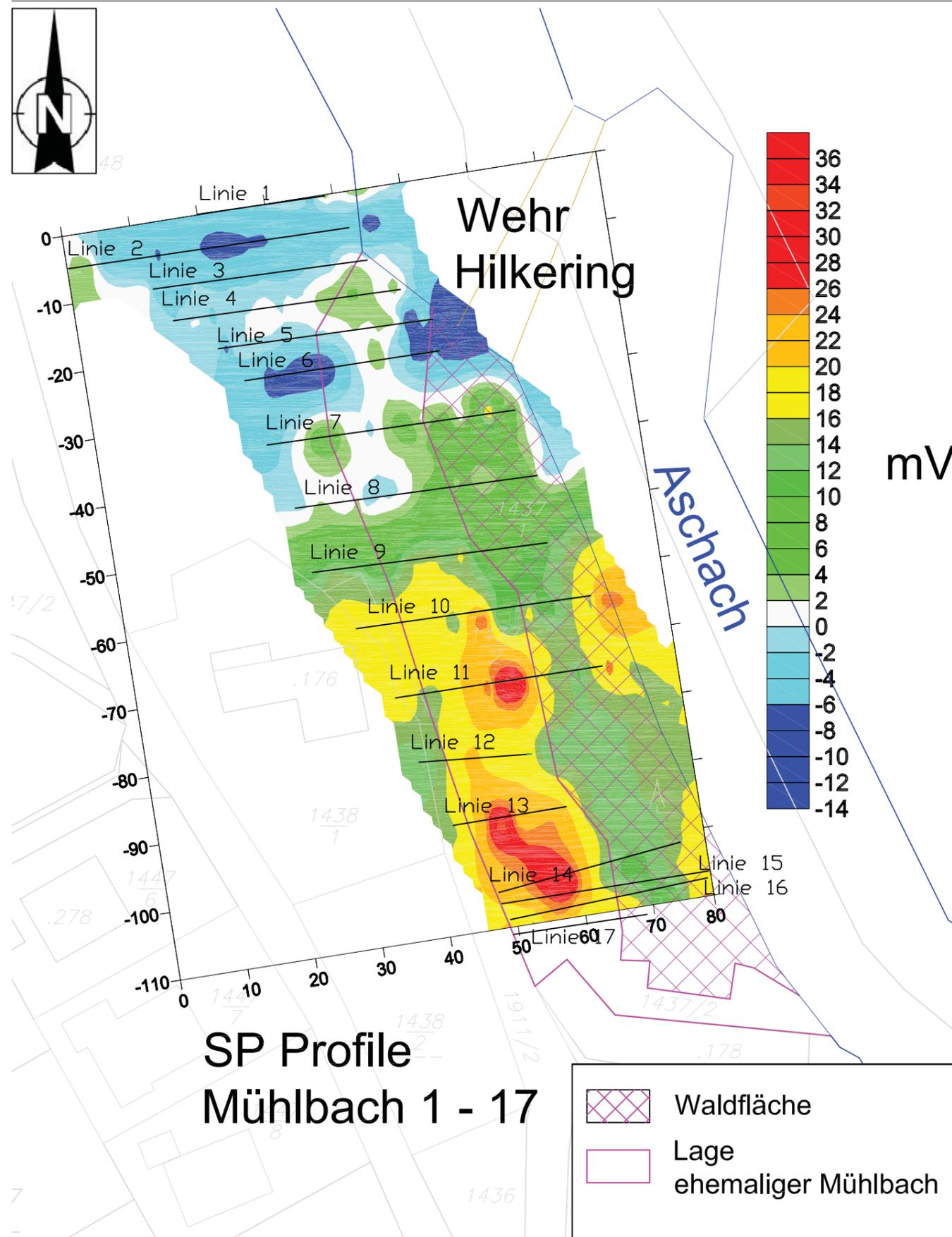


Abbildung 22: Interpolation der SP Ergebnisse Mühlbach

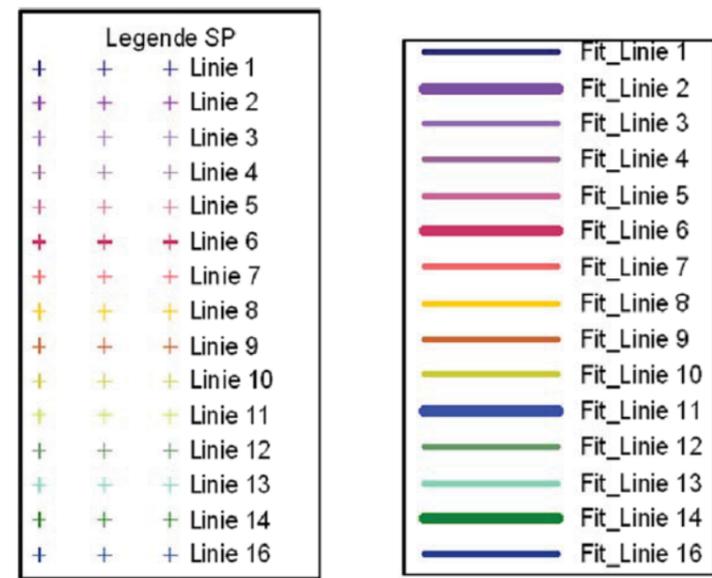
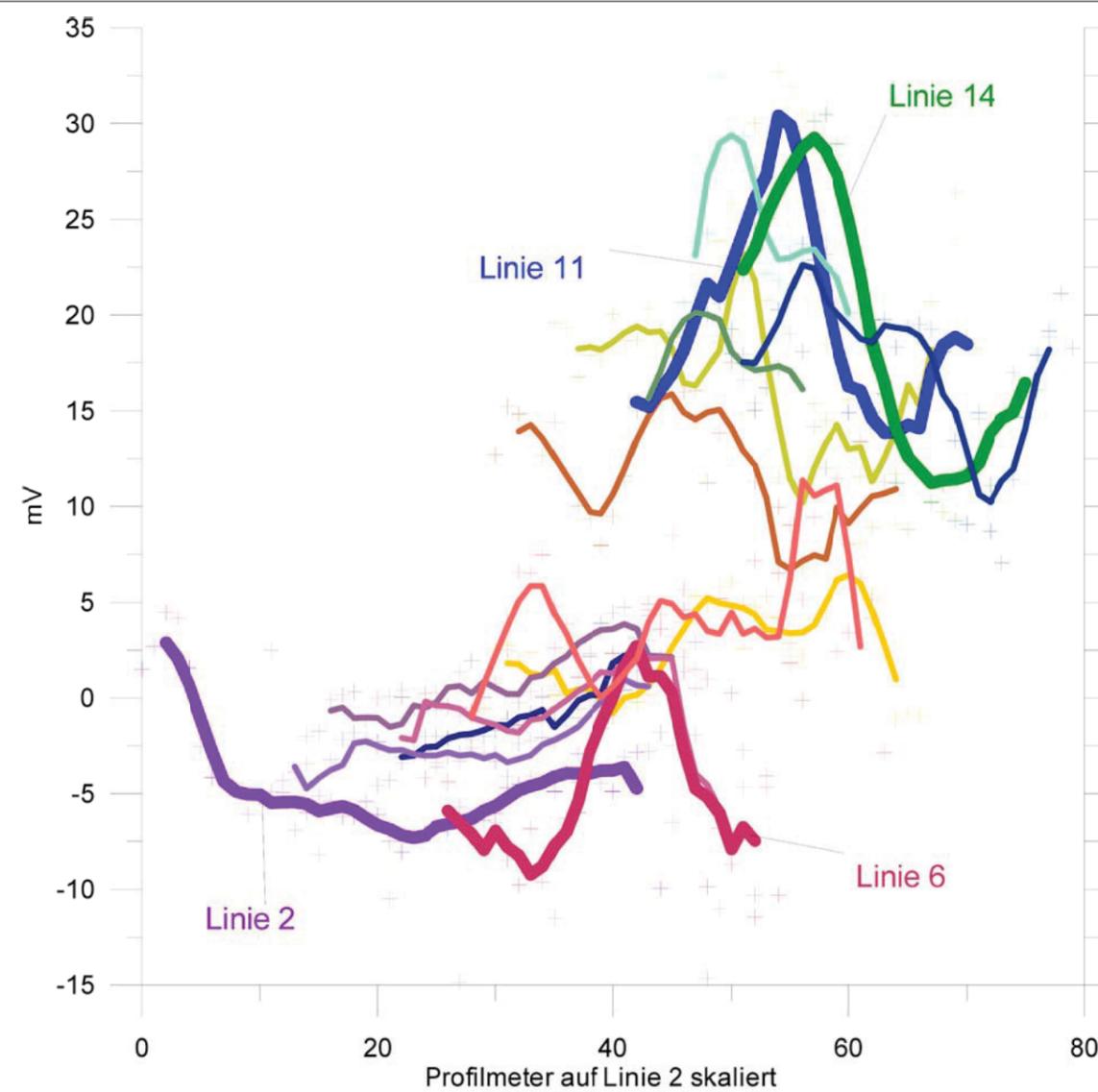


Abbildung 23: Einzellinien SP 1 bis 16 Ergebnisse Mühlbach

6.4 Interpretation der SP Ergebnisse

Im Bereich der Mühlwiese ist eine Grundwasserströmung ab PM 140 bis zum Ende des Profils festzustellen. Dies bestätigt auch die Geoelektrik, die in diesem Bereich sehr geringe Widerstände zeigt. Der höherohmige Bereich zu Beginn des Profils bis zur Mitte hin zeigt keine Strömung an, das heißt, es ist kein geschlossener Grundwasserkörper anzutreffen, der von der Aschach gespeist wird. Der wasserführende Bereich ist ein Begleitstrom des Mühlbaches.

Die Messungen über den ehemaligen Mühlbach zeigen eindeutig ein Strömungspotential im ehemaligen Bachbett des Mühlbaches. Es ist daher anzunehmen, dass bereits bei Mittelwasser der Aschach es zu einem Ausweichen des Wassers in den ehemaligen Mühlbach kommt. Dies bestätigt die Vermutung des DI Lohbergers, dass die Messstelle umflossen wird. Eine genaue Aussage über Durchflussmengen kann aufgrund der Art der Messung nicht getroffen werden.

7 Tektonik

Im Umfeld der Messungen wurden tektonische Daten der Böhmisches Masse aufgenommen, um ein Bild der Kluftrichtungen erstellen zu können. Die Lage der Aufschlüsse ist im Anhang F ersichtlich. Gemessen wurden mit einem CLAR - Kompass Klufflächen, Störungsflächen und Harnischflächen. Mittels des Programms `TECTONICS` wurden die Messwerte ausgewertet. Alle 68 aufgenommenen Daten sind dem Anhang E zu entnehmen.

7.1 Beschreibung der Aufschlüsse

Alle Aufschlüsse befinden sich in der Perlgneiszone, genau im Bereich der Donaustörung (s. Anhang F). Der Perlgneis im Allgemeinen ist stark angewittert, stark geklüftet und von kleinen Störungen durchzogen. Der erste Aufschluss liegt in einer großen Ausbuchtung neben der Bundesstraße 137. Die Aufschlüsse 2 – 6 befinden sich im Wald. Daher ist das Gestein oberflächlich noch zusätzlich vom Wurzelwerk aufgelockert worden.

7.1.1 Aufschluss 1

Dieser Aufschluss befindet sich genau in einer Störungszone, mit einer Größe von 30 m Breite und 10 m Höhe. Die Klüfte sind teilweise verfüllt mit tonigem Material. Die Kluffweiten betragen meist weniger als 1 cm. Eine genaue Bestimmung der Gesteine wurde nicht gemacht, doch ein Pegmatitgang ist klar ersichtlich. Es konnte ein Harnisch mit 30/45 und dextralem Bewegungssinn eingemessen werden. Dieser Bewegungssinn entspricht dem der Donaustörung. Laut Berechnungen mit `TECTONICS` handelt es sich um eine Aufschiebung mit Druck aus NE kommend.

7.1.2 Aufschluss 2

Der Aufschluss befindet sich hinter einer Hausmauer auf dem Grundstück GN 1959 KG Hartkirchen (Hilkering 13, 4081 Hartkirchen) mit einer Höhe von ca. 2 m und 5 m Breite. Das anstehende Kristallin ist stark angewittert und durch Klüfte (etwa alle 10 cm) zerlegt. Diese sind nur wenige mm offen und nur selten mit tonigem Material verfüllt.

7.1.3 Aufschluss 3 bis 6

Die Aufschlüsse befinden sich in den bewaldeten Hangbereichen zum Durchbruchtal. Sie sind von Bäumen überwachsen und stark angewittert. Auffällig sind die herausge-

witterten Blöcke (mehrere Meter Durchmesser) die sich entlang von kleinen Störungen und Klufflächen bewegen. Die Kluffabstände reichen von 10er cm bis zu Meter, die Öffnungsweiten der Klüfte betragen wenige mm und sind nur teilweise verfüllt.

7.2 Auswertung der Kluffdaten

Die Kluffflächen wurden ins `Tectonics` – Programm eingefügt. Mittels der Polpunkt-darstellung und berechneten Contourplots wurden Häufungsmaxima berechnet (s. Abbildung 24). Die Ergebnisse sind der nächsten Tabelle zu entnehmen. Da in allen Aufschlüssen zumindest zwei Hauptrichtung auftreten, werden sie als ein Homogenitätsbereich angesehen und daher zusammen betrachtet.

Tabelle 7-1: Kluffflächen – Hauptrichtungen

Streichen / Fallen	
1	040 / 85
2	060 / 30
3	295 / 60
4	330 / 85

Die erste und zweite Hauptrichtung streichen etwa NW – SE und fallen einmal senkrecht mit ca. 85 Grad und flach mit 30 Grad nach NE ein. Die beiden anderen Richtungen streichen im rechten Winkel dazu SW –NE und fallen mit 60 Grad nach NW bzw. fast senkrecht mit 85 Grad ein (s. Abbildung 25).

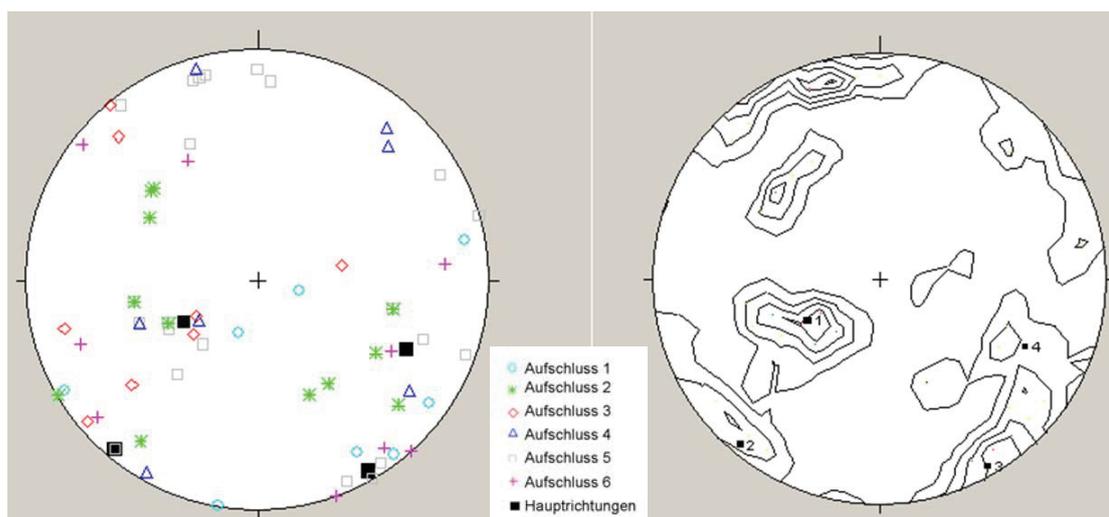


Abbildung 24: Aufschlüsse 1 - 6 mit Kluffdaten als Polpunkte und dem Contourplot mit den Hauptrichtungen

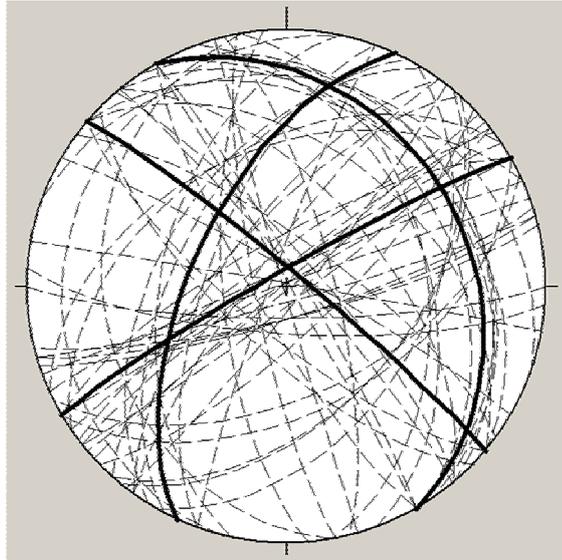


Abbildung 25: Großkreise der Klüfflächen (gestrichelt) und der Hauptrichtungen (fett)

7.3 Ergebnisse der tektonischen Daten

Es sind vier Hauptrichtungen erkennbar, die jedoch nur zwei Streichrichtungen (NW – SE und SW- NE) aufweisen und einerseits fast senkrecht und andererseits flacher mit 30 bzw. 60 Grad einfallen. Die Klüfte können im Zusammenhang mit der Donaustörung gebracht werden. Die Hauptrichtung der Störung ist NW – SE, welche sich auch in den Klüften ausgeprägt hat. Die dazu senkrecht stehenden Klüfte können ebenso zu diesem Regime stehen. Die Anzahl der aufgenommenen Daten sind aber für eine regionale Interpretation nicht signifikant.

Zur Wasserwegigkeit können, von diesen Daten ausgehend, nur schlecht Rückschlüsse gezogen werden, da immer ein Zusammenspiel der einzelnen Klüfte und Kluftschare von Bedeutung ist. Außerdem wurde in der Aufschlussbeschreibung nicht genauer auf Öffnungsweiten, Kluftabstände und Geometrie bzw. Ebenheit der Flächen eingegangen, die für eine Interpretation der Wasserwege unerlässlich sind. Für genauere Folgerungen müssten weitere Daten erhoben und interpretiert werden.

8 Zusammenfassung und Diskussion der Messergebnisse

8.1 Messungen

Alle drei MEG Profile zeigen in der obersten Einheit der Talfüllung wassergesättigte Bereiche, mit Widerstandswerten von 50 – 150 Ohmm. Im Bereich der Aschach und des Mühlbaches ist es das Bachwasser selbst, da die Elektroden im Wasser hingen. Die anderen Bereiche sind als Begleitströme der Aschach bzw. des Mühlbaches angesprochen. Sie weisen eine geringe Mächtigkeit von ca. 5 m auf. In den Profilen 1 und 2 kann die Aschach klar zum Untergrund abgegrenzt werden. Die Talfüllung, mit Widerstandswerten von 100 – 400 Ohmm, erreicht Mächtigkeiten von bis zu 10 m. Molassesedimente (Linzer Sande, Schlier) können nur im Profil 3 eindeutig nachgewiesen werden. Das Widerstandsspektrum reicht bei den Linzer Sanden von 100 – 450 Ohmm, je nach Tonanteil. Beim Schlier liegen die Widerstandswerte bei kleiner 100 Ohmm. Sie erreichen eine Mächtigkeit von ca. 30 m. Im Profil 2 könnten auch Molassesedimente unterhalb der Talfüllung lagern. Da sich der Widerstandsbereich der Molassesedimente mit dem des Kristallins überschneidet können sie jedoch nicht eindeutig voneinander unterschieden werden. Das Kristallin zeigt in allen drei Profilen ein weites Widerstandsspektrum 400 – 1700 Ohmm, je nach Grad der Verwitterung und tektonischen Beanspruchung. Deutlich ist in den Profilen ein Relief erkennbar, das durch Störungen verursacht wurde. Hinweise auf eine Infiltration des Aschachwassers ins Kristallin wurden nicht festgestellt.

Aufgrund der Überschneidung der Widerstandsspektren der einzelnen geologischen Einheiten ergeben sich Mehrdeutigkeiten bei der geologischen Zuordnung der Schichten. Die Inversionsergebnisse liefern punktuelle Schichtmächtigkeiten, doch da sie nur eindimensional gerechnet wurden, kann es aufgrund der Äquivalenz noch zu Abweichungen kommen. Zur genaueren Bestimmung würden zusätzliche Messungen wie z.B. seismische Messungen von Nutzen sein, da sich die Ausbreitungsgeschwindigkeiten vom Kristallin zu den Sedimenten sehr deutlich unterscheidet. Die Profile zeigen lokal nur drei Querschnitte über der Aschach. Es ist möglich, dass eine Infiltration an einer anderen Stelle vorliegt. Zur Klärung müssten weitere Untersuchungen mittels Geophysik (Geoelektrik und Seismik) bzw. geologischen Aufnahmen gemacht werden.

Die SP-Messungen zeigen in beiden Profilen eine Grundwasserströmung an. Das Profil 3 und 3A lässt sich gut mit der MEG-Messung korrelieren. Es können hier Bereiche

mit und ohne Grundwasser ausgedient werden. Die SP-Messungen im ehemaligen Bereich des Mühlbaches zeigen eindeutig eine Grundwasserströmung im Bereich des ehemaligen Mühlbaches an. Die Messungen zeigen auch ein Einfließen des Bachwassers in den verfüllten Mühlbach und somit Hinweise auf Parallelströmungen im Untergrund bei Mittelwasserstand der Aschach. Dies könnte eine Erklärung für das fehlende Wasser bei der Durchflussmessung sein. Genaue Durchflussmengen bzw. Grundwassermächtigkeiten können mit der SP-Methode nicht eruiert werden. Da für müssten Gesteinsproben genommen, bzw. auch ein Pumpversuch zur Ermittlung des kf-Wertes bzw. Durchflussmengen gemacht werden. Es wird daher vorgeschlagen die Durchflussmessungen im Bereich der Wehr Hilkering an einer anderen Stelle, nach der Einmündung des verschütteten Altarmes zu wiederholen.

8.2 Geologie

Um die Messergebnisse der Multielektrodengeoelektrik genauer erklären zu können, wurden im Bereich des Untersuchungsgebietes mehrere geologische Schnitte mit Hilfe der Geologischen Karte, einem digitalen Höhenmodell und den Messergebnissen erstellt. Dabei wurde auch auf die Tektonik der Donaustörung eingegangen. Als Grundlage dienten die Geologische Karte des Gebietes, sowie eine Strukturkarte der Böhmisches Masse, alle MEG - Messungen und Bohrprofile. Die geologische Karte, sowie die Profile, sind den Anhängen F-H zu entnehmen. Exemplarisch wird hier das 3-fach überhöhte Querprofil 5 (s. Abbildung 26) dargestellt. Es zeigt die fast senkrecht einfallenden Störungen im Kristallin, die sich in Form von Staffelbrüchen ins Becken fortsetzen. Darüber lagern die Molassesedimente, die bis zu 50 m mächtig werden. Sie sind noch in hohen Lagen zu finden, da im Miozän das Meer bis weit über den Kristallinrand reichte. Die Aschach folgte diesen Störungen und formte ein Kerbsohlthal, das heute mit bis zu 10 m mächtigen Hangumlagerungs- und Schuttmassen aus dem Kristallin verfüllt ist. Die Sedimente des Quartärs kommen auf den Molassesedimenten zu liegen. Ihre maximale Mächtigkeit beträgt im Untersuchungsgebiet max. 15 m. In den MEG Profilen sind diese Störungen, sowie die auflagernden Sedimente erkennbar.

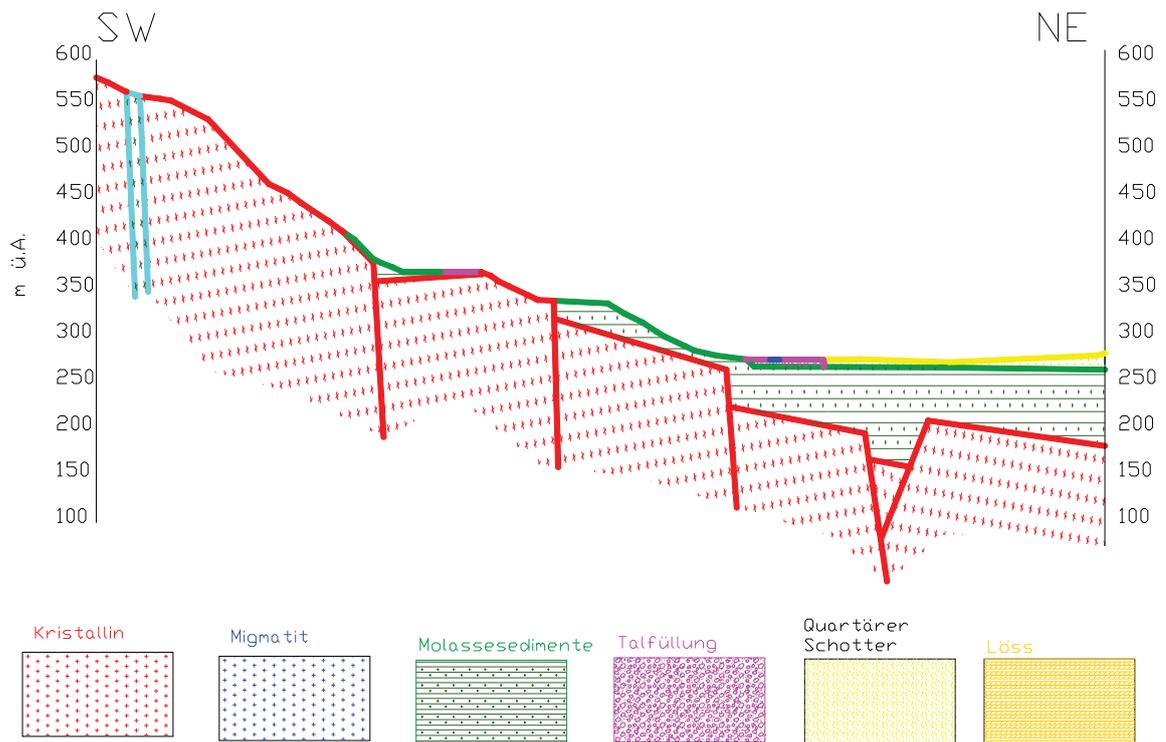
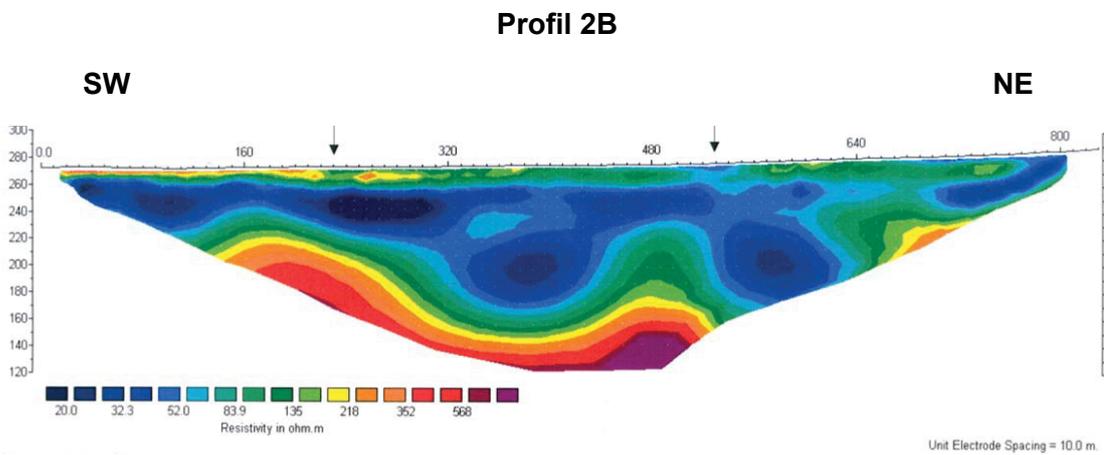
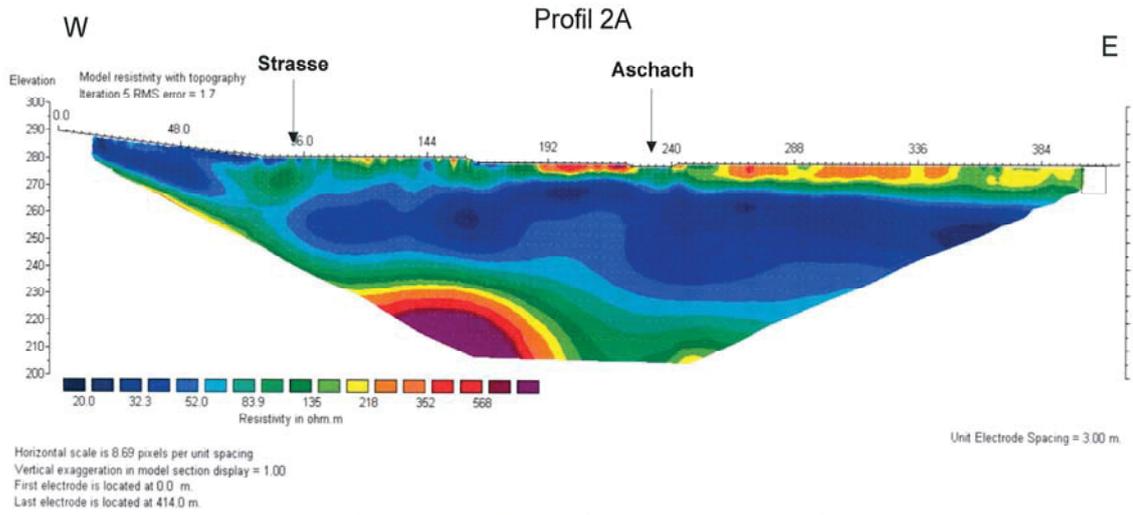


Abbildung 26: Geologischer Schnitt, 3fach überhöht

Anhang A: Multielektrodengeoelektrik - Profile GBA

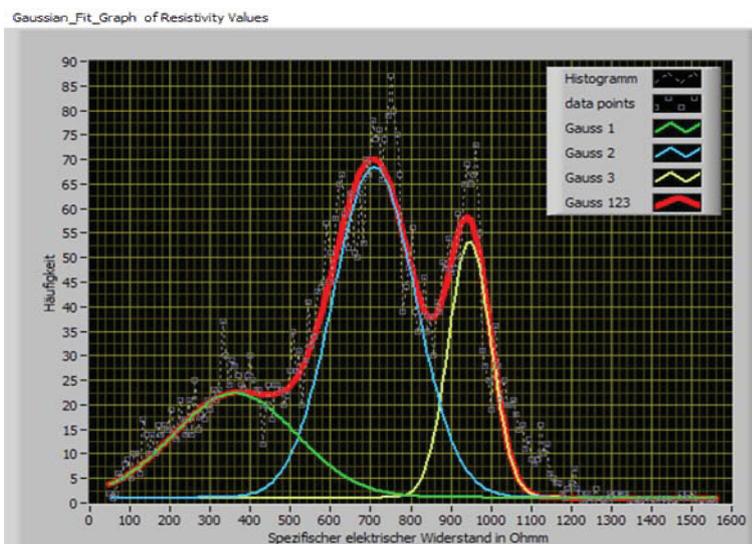


Anhang B: Pegelbohrungen H2 und H3

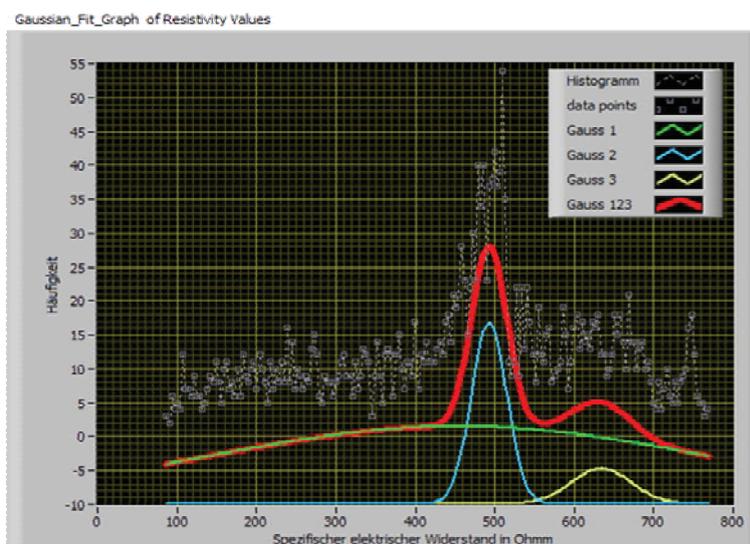
Bohrunternehmung : Ing Kuthy & Schober OHG Jaxstr.3 4020 Linz				Auftraggeber : Mat der OÖ Landesregierung Abtlg. Wasserwirtschaft/Grund-u.Trinkw. 4020 Linz, Kärntnerstr. 12				Bauvorhaben : Südliches EFERDINGER Becken GW Messstellen			Aufschluß : KB H2	
Geräteleführer : Schön				Geotech. Bearb. :				Beginn : 20.10.04		Neigung : 0,00		Maßstab 1: 100
Zeichner : Ri				begutachtet am :				Ende : 21.10.04		Richtung : 0,00		Koord :
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aufschlußart Werkzeug/Vermohnung	Tiefe ab GOK	Höhe absolut GOK: 0,00 m ü.A	Zeichnerische Darstellung				Benennung und Beschreibung der Gesteinsarten und des Gefüges (Symbol und/oder Langtext)	Proben Kerngewinn	Versuche Messungen im Aufschluß	Bohrloch- ausrüstung	Ergänzende Eintragungen durch den geotech. Bearb. Ausarbeitungen und Anmerkungen (z.B. Ergebnisse von Feld- und/oder Laborversuchen)	
			Wasser- beobachtung	Gesteins- art	Gest. zust. L K V Z	Trennflächen						
Rotationstakembohrung DN 160 mm EKR	1,00 1,70 2,00 2,40 9,20 11,00	-1,00 -1,70 -2,00 -2,40 -9,20 -11,00		M ₁ 2,40 GW 20.10.17h			Mutterboden Feinsand, braun,dicht Feinsand, kiesig, braun,lose Sand, schwach kiesig, grau-blau,lose Schluff, Sand, tonig, grau-blau,hart			+1,00 0,50 1,50 2,50 3,00 5,00 9,00 11,00 Bohrungstiefe Kies 2-3,2 mm Filterrohr DN 75 mm Summfilterrohr DN 75 mm	Sebakappe / Stahrohr Entsanden: Ruhepegel: 2,60 m ROK Oberstand: 0,87 m 10,0 l / 80 sec 2,73 m ROK 10,0 l / 16 sec 2,69 m ROK	

Bohrunternehmung : Ing Kuthy & Schober OHG Jaxstr.3 4020 Linz				Auftraggeber : Mat der OÖ Landesregierung Abtlg. Wasserwirtschaft/Grund-u.Trinkw. 4020 Linz, Kärntnerstr. 12				Bauvorhaben : Südliches EFERDINGER Becken GW Messstellen			Aufschluß : KB H3	
Geräteleführer : Schön				Geotech. Bearb. :				Beginn : 21.10.04		Neigung : 0,00		Maßstab 1: 100
Zeichner : Ri				begutachtet am :				Ende : 22.10.04		Richtung : 0,00		Koord :
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aufschlußart Werkzeug/Vermohnung	Tiefe ab GOK	Höhe absolut GOK: 0,00 m ü.A	Zeichnerische Darstellung				Benennung und Beschreibung der Gesteinsarten und des Gefüges (Symbol und/oder Langtext)	Proben Kerngewinn	Versuche Messungen im Aufschluß	Bohrloch- ausrüstung	Ergänzende Eintragungen durch den geotech. Bearb. Ausarbeitungen und Anmerkungen (z.B. Ergebnisse von Feld- und/oder Laborversuchen)	
			Wasser- beobachtung	Gesteins- art	Gest. zust. L K V Z	Trennflächen						
Rotationstakembohrung DN 160 mm EKR	1,00 1,30 2,75 3,00 5,70 6,30	-1,00 -1,30 -2,75 -3,00 -5,70 -6,30		M ₁ 2,75 GW 21.10.18h			Mutterboden Schluff, sandig, braun,steif Sand, braun,dicht Sand, schluffig, braun,dicht Schluff, sandig, tonig, grau-blau,hart			+0,70 0,50 1,50 2,50 2,30 4,30 6,30 Bohrungstiefe Kies 2-3,2 mm Filterrohr DN 75 mm Summfilterrohr DN 75 mm	Sebakappe/Schutzrohr Entsanden: Ruhepegel: 3,51 m ROK Oberstand: 0,76 m 10,0 l / 46 sec 5,88 m ROK	

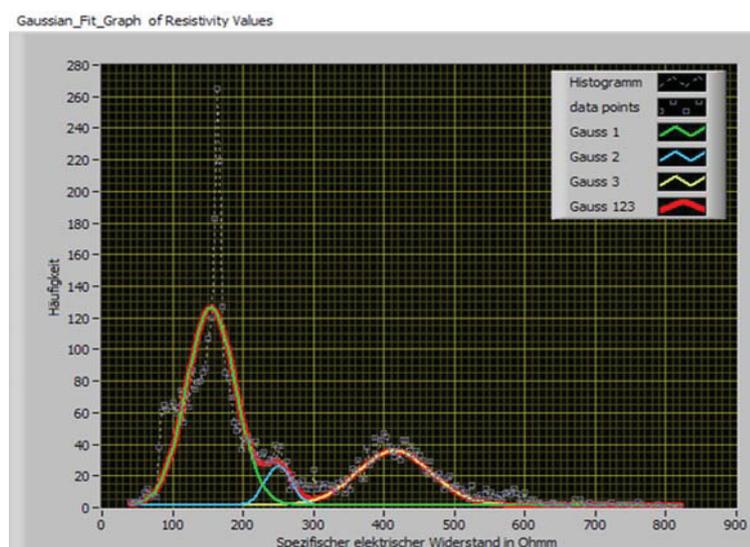
Anhang C: Histogramm Widerstände MEG Profile 1-3



MEG Profil 1



MEG Profil 2



MEG Profil 3

Anhang D: 1-D Inversionsergebnisse

Profil 1

Profilmeter 24		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	104.78	5.21
2	918.00	11.95
3	667.57	
Fehler	2.4	

Profilmeter 38		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	130.36	1.96
2	284.39	5.53
3	687.00	
Fehler	1.0	

Profilmeter 60		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	137.02	2.02
2	544.91	27.46
3	937.39	
Fehler	2.3	

Profilmeter 78		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	217.15	1.93
2	362.19	6.47
3	731.50	
Fehler	2.4	

Profilmeter 86		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	278.09	5.12
2	482.13	6.42
3	749.96	
Fehler	2.1	

Profilmeter 100		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	236.57	7.30
2	880.56	
Fehler	2.8	

Profilmeter 120		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	159.82	3.05
2	410.68	6.81
3	1033.09	
Fehler	2.1	

Profilmeter 146		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	233.31	1.40
2	317.87	5.67
3	927.19	
Fehler	2.6	

Profilmeter 216		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	330.55	5.81
2	894.74	
Fehler	2.3	

Profil 2

Profilmeter 18		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	109.05	2.64
2	464.65	
Fehler	1.6	

Profilmeter 40		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	117.11	5.95
2	789.55	
Fehler	1.8	

Profilmeter 46		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	167.29	9.99
2	983.31	
Fehler	2.2	

Profilmeter 52		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	224.30	15.17
2	1146.47	
Fehler	2.8	

Profilmeter 66		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	245.54	6.79
2	227.01	5.87
3	787.40	
Fehler	1.7	

Profilmeter 80		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	149.27	2.35
2	259.56	8.61
3	836.13	
Fehler	2.0	

Profilmeter 100		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	184.52	2.80
2	330.30	4.13
3	523.54	
Fehler	2.2	

Profilmeter 110		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	182.34	1.67
2	317.22	8.81
3	523.94	
Fehler	0.6	

Profilmeter 120		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	121.23	2.62
2	347.15	5.14
3	470.38	
Fehler	1.0	

Profil 3

Profilmeter 22.5		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	305.58	3.02
2	780.44	3.60
3	386.45	
Fehler	2.1	

Profilmeter 50		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	183.68	2.80
2	905.61	4.13
3	357.82	
Fehler	2.8	

Profilmeter 102.5		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	357.42	3.98
2	79.57	5.35
3	488.90	8.08
4	63.096	7.871
5	709.28	
Fehler	2.2	

Profilmeter 120		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	407.13	5.02
2	45.54	7.55
3	1092.24	
Fehler	2.8	

Profilmeter 130		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	397.25	4.93
2	67.76	13.25
3	1066.61	
Fehler	2.5	

Profilmeter 140		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	392.62	4.58
2	92.65	20.35
	996.87	
Fehler	3.0	

Profilmeter 160		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	137.576	3.093
2	477.76	2.54
3	49.58	9.62
4	485.23	
Fehler	2.5	

Profilmeter 180		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	106.239	2.531
2	252.37	4.97
3	85.96	11.10
4	252.44	
Fehler	1.2	

Profilmeter 190		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	117.504	3.171
2	204.07	9.04
3	79.87	11.47
4	253.44	
Fehler	2.1	

Profilmeter 210		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	85.59	2.72
2	165.13	
Fehler	2.0	

Profilmeter 220		
Schicht	Widerstand	Mächtigkeit
1	56.41	2.09
2	168.05	
Fehler	3.5	

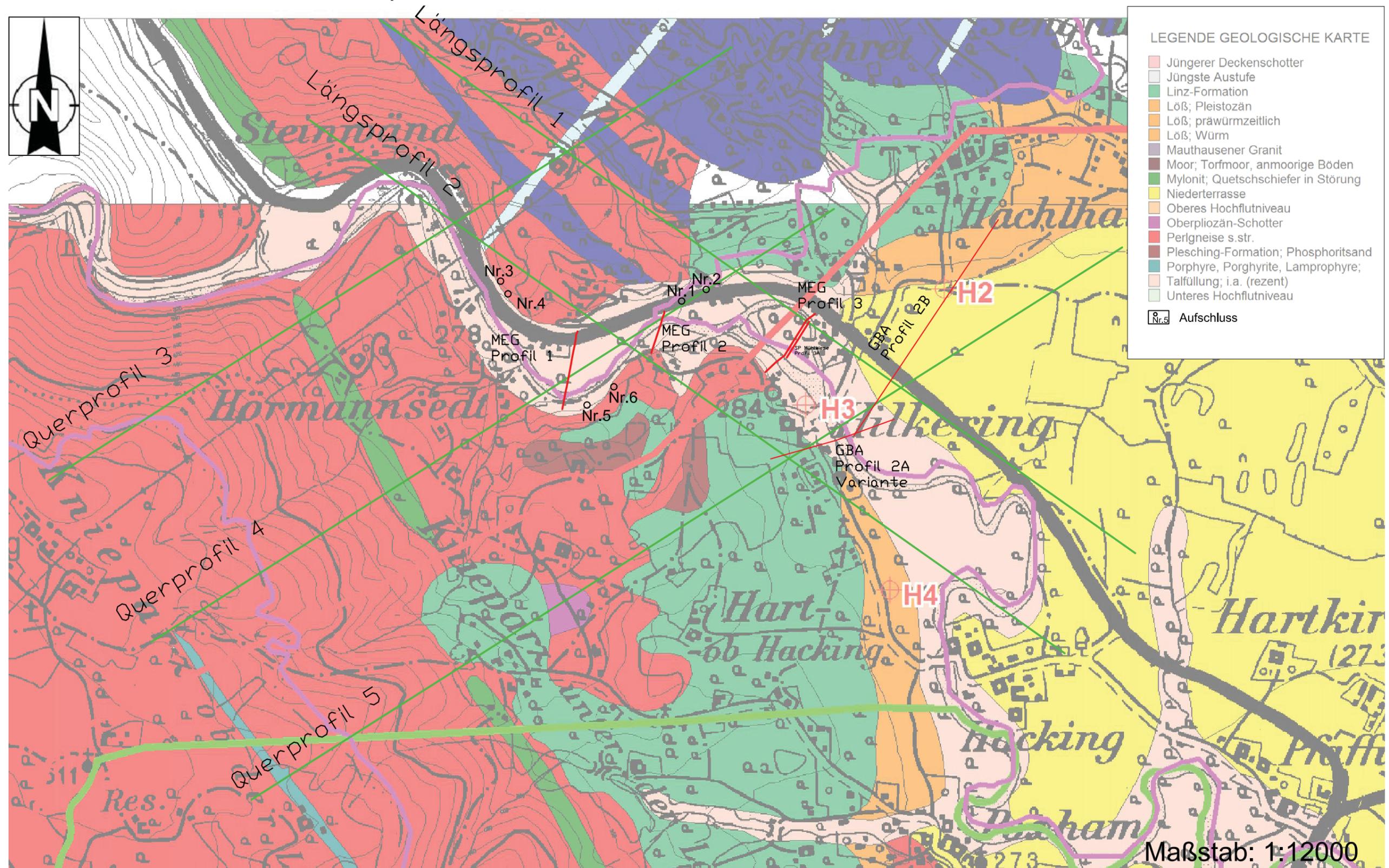
Anhang E: Tektonische Daten

Nr.	Aufschluss	Art des Gefüges	Streichen	Fallen	Bemerkungen
1	1	K	259	80	
2	1	K	20	20	stark geklüftet, Störungen verfüllt
3	1	K	306	80	
4	1	K	284	15	
5	1	K	322	85	
6	1	ST	58	55	
7	1	K	10	89	
8	1	K	60	85	
9	1	K	330	75	
10	1	Harnisch	30	45	dextral
11	1	lin Ha	46	45	
12	1	ST	266	85	Pegmatitgang
13	1	ST	8	89	
14	2	K	60	89	
15	2	K	336	45	
16	2	K	120	45	
17	2	K	312	70	
18	2	K	130	50	
19	2	K	132	50	
20	2	K	302	50	
21	2	K	326	45	
22	2	K	36	75	
23	3	K	50	85	
24	3	K	136	75	
25	3	K	60	25	
26	3	K	140	89	
27	3	K	50	60	
28	3	K	260	30	
29	3	K	76	75	
30	3	K	50	30	
31	4	K	56	25	
32	4	K	224	70	
33	4	K	164	85	
34	4	K	220	75	
35	4	K	306	70	
36	4	K	30	85	
37	4	K	70	45	
38	5	K	254	89	
39	5	K	180	80	
40	5	K	240	80	
41	5	K	184	75	
42	5	K	70	45	
43	5	K	154	55	
44	5	K	60	36	
45	5	K	164	80	
46	5	K	166	80	

47	5	K	336	85	
48	5	K	330	89	
49	5	K	326	85	
50	5	K	40	85	
51	5	K	40	45	
52	5	K	290	65	
53	5	K	290	85	
54	5	K	40	30	
55	5	K	142	85	
56	5	K	162	80	
57	5	K	282	50	
58	5	K	80	45	
59	5	SF	64	35	
60	6	K	298	55	
61	6	K	150	50	
62	6	K	318	89	
63	6	K	49	80	
64	6	K	128	85	
65	6	K	265	70	
66	6	K	323	80	
67	6	ST	70	70	
68	6	K	340	89	FALTE???

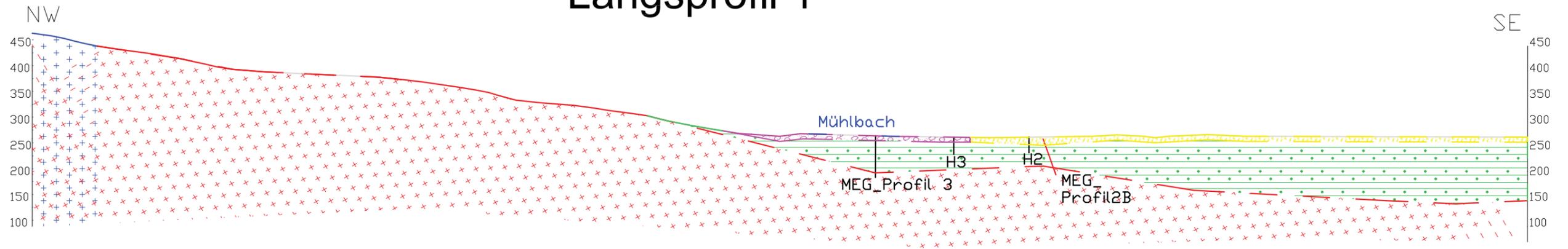
K	Kluffläche
ST	Störungsfläche
SF	Schieferungsfläche
lin HA	Linear auf dem Harnisch

Anhang F: Lage der Geologischen Schnitte, Aufschlüsse Nr. 1 - 6 und Messprofile

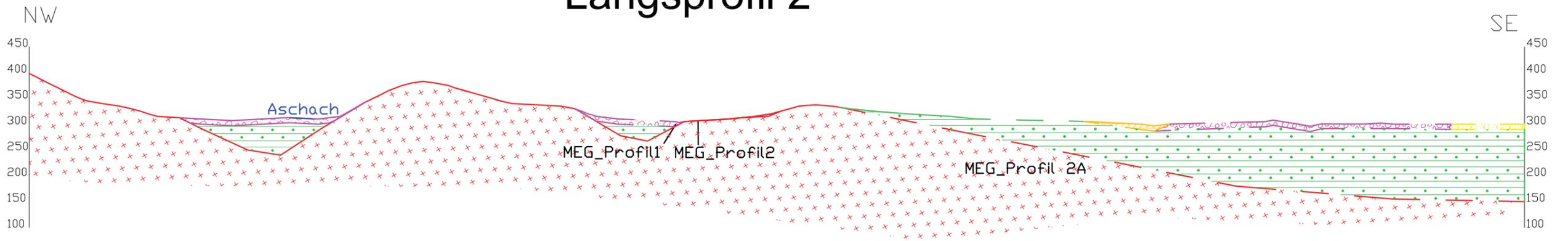


Anhang G: Längsprofile

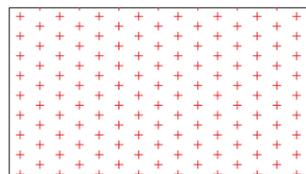
Längsprofil 1



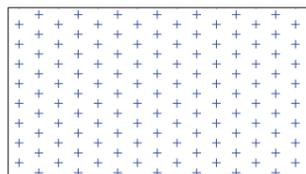
Längsprofil 2



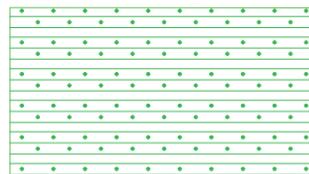
Kristallin



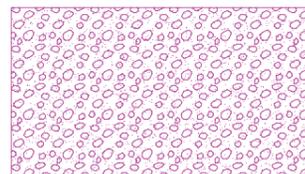
Migmatit



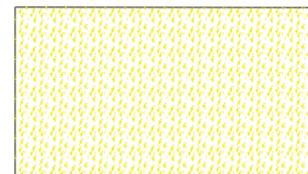
Molassesedimente



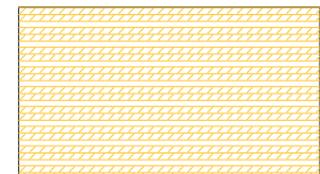
Talfüllung



Quartärer Schotter

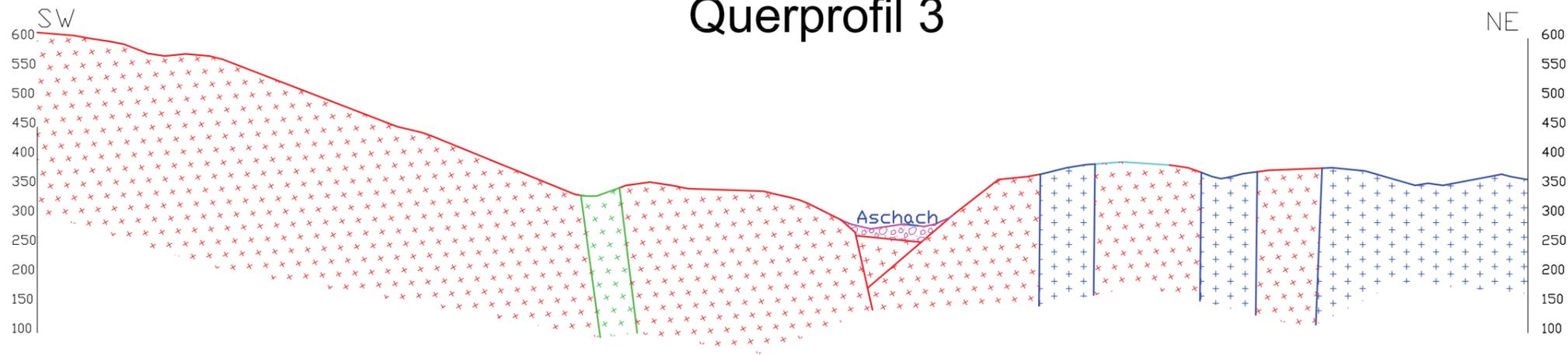


Löss

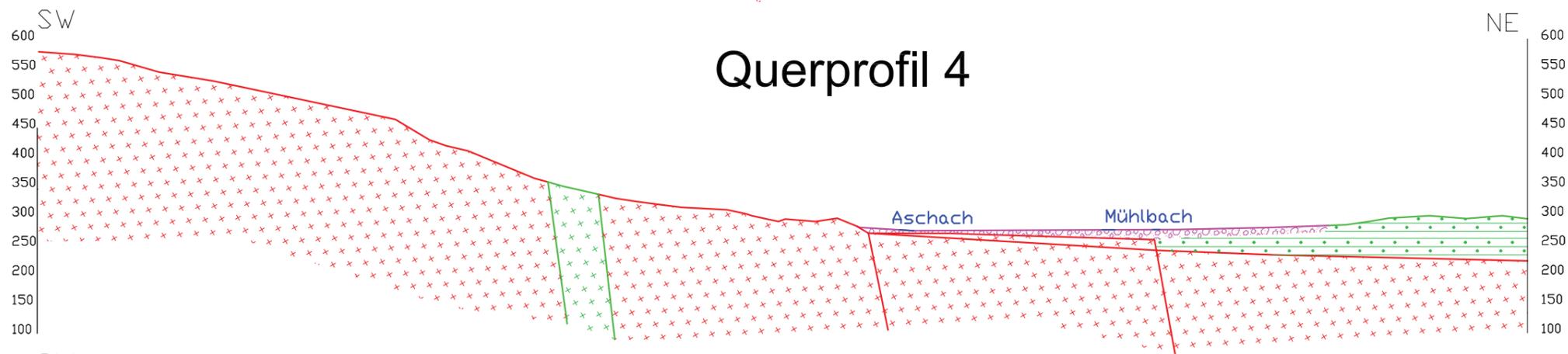


Anhang H: Querprofile

Querprofil 3



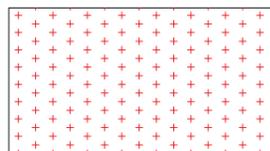
Querprofil 4



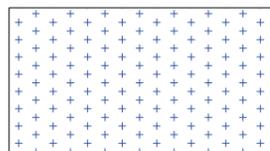
Querprofil 5



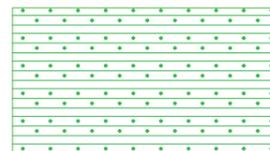
Kristallin



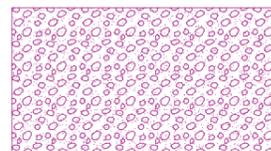
Migmatit



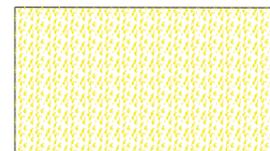
Molassesedimente



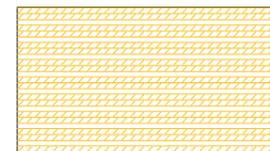
Talfüllung



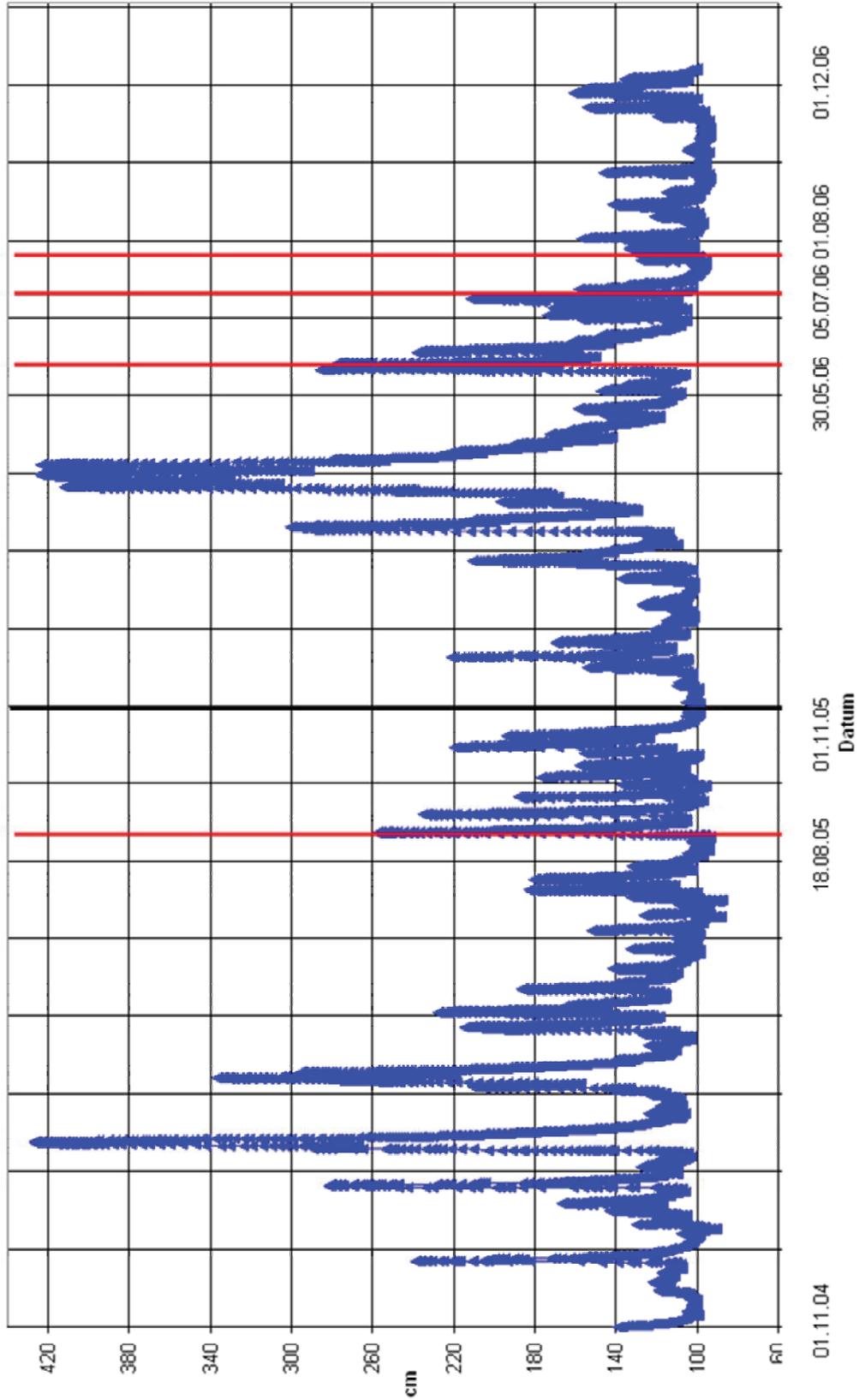
Quartären Schotter



Löss



Anhang I: Pegeldaten Pfaffing



Literaturverzeichnis

ARC Seibersdorf research (2003): Wasserwirtschaftliche Vorrangflächen gegenüber Sandabbau. Auftrg. Amt der Oö. Landesregierung, Abt. Wasserbau, Wasserwirtschaft und Hydrographie.

Acworth RI, Griffiths DH (1985): Simple data processing of tripotential apparent resistivity measurements as an aid to the interpretation of subsurface structure. *Geophysical Prospecting* 33: 861-887.

Archie GE (1942): The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Trans. Americ Inst. Mineral.Met* 146, 54-62.

Beblo M (1997): Umweltgeophysik. Ernst & Sohn-Verlag, J 20:1997:3, Berlin.

Borús H (1999): Einsatz geophysikalischer Messverfahren zur Abschätzung der hydraulischen Durchlässigkeit tonhaltiger Sedimente - ein Beitrag zum Grundwasserschutz.

Brix F, Schultz O (Hrsg) (1993): Erdöl und Ergas in Österreich. 2. Auflage, Verlag: Naturhistorisches Museum Wien und F. Berger, Horn 281-301.

Brandmayr M, Dallmeyer RD, Handler R, Wallbrecher E (1995): Conjugate shear zones in the Southern Bohemian Massif (Austria): implications for Variscan and Alpine tectonothermal activity. *Tectonophysics* 246: 97 – 116.

Breiner H (1978): Voruntersuchung Aschach-Ottensheim. Bericht über die hydrologischen und geologischen Voruntersuchungen. Siedlungswasserwirtschaftliche Regionalstudie für den Bereich der österreichischen Donaustrecke, G.Z. BM 16/78.

Finger F (1986): Die synorogenen Granitoide und Gneise des Moldanubikums im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). *Jb. Geol. B. –A* 128: Heft 3+4, 383-402.

Friedl G, Finger F, Paquette JL, von Quadt A, McNaughton NJ, Fletcher IR (2004): Pre-Variscan geological events in the Austrian part of the Bohemian Massif deduced from U-Pb zircon ages. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 93: 802-823.

Fuchs G (1976): Zur Entwicklung der südlichen Böhmisches Masse. *Jb. Geol. B. –A* 119: 43-61.

- Fuchs G** (1986): Zur Diskussion um den Deckenbau der Böhmisches Masse. Jb. Geol. B. –A 129: Heft 1, 41–49.
- Fuchs G und Matura A** (1976): Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse. Jb. Geol. B. –A 119: 1–43.
- Heinz H, Seiberl W & Brüggemann H** (1986): Geophysikalisch-geologische Untersuchungen am Südrand der Böhmisches Masse in Oberösterreich. Arch. f. Lagerst.forsch. Geol.B.-A. Band 7: 79-154
- Komposch** (1975): Geologischer Bericht und Gutachten zum Pumpversuch und Grundwasseraufschluss Schaumburgleiten-Puppinger Feld, Großraum Eferding. Amt der Oö. Landesregierung, Hydrographischer Dienst.
- Land Oberösterreich (2007)**: Doris Fachinformationen Wasser & Geologie. Geologische Karte, online im Internet: <http://doris.ooe.gv.at> (12.09.2007).
- Lohberger W a** (2004): Aktenvermerk: Grundlagenoperat Überarbeitung Schongebiet Hartkirchen, Hinzenbach, Puppung und Stroheim: Abflussmessung Aschach. Lohberger &Thürriedl & Mayr GZ 1110.
- Lohberger W b** (2004): Grundlagenoperat Überarbeitung Schongebiet Hartkirchen, Hinzenbach, Puppung und Stroheim. Bewertung der aufgearbeiteten Unterlagen sowie Darstellung der Wissensdefizite. Lohberger &Thürriedl & Mayr GZ 1110.
- Loke MH** (2003): Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Online im Internet: www.geoelectiracl.com, 12.08. 2006
- Mavko G, Mukerji T und Dvorkin J** (1998): The rock physics handbook: tools for seismic analysis of porous media. Cambridge Univ. Press.
- Niesner E** (1990): Neue Methode zur Auswertung geoelektrischer Messungen. 50.Jahrestagung d. Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Leoben.
- Niesner E** (1996): Verbesserte Pseudo 2d Inversionsmethode zur Auswertung von Multielektroden –Goelektrikmessungen mit Anwendungsbeispielen, 5. Arbeitsseminar „Hochauflösende Geoelektrik“, Bucha.
- Österr. Donaukraftwerke AG** (1967): Der Geologisch Aufbau des Eferding-Ottensheimer Beckens. Abteilung Bau Geologie Ybbs.
- Patchett JG** (1975): An investigation on shale conductivity, SPWLA Ann. Symposium, New Orleans, paper.

- Reynolds JM** (1997): An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Biley & Sons, Chichester.
- Römer A, Bieber G, Jochum B, Stotter C** (2005): Geoelektrische Messungen im Raum Hartkirchen (OÖ.) 2005. Endbericht, Geologische Bundesanstalt Fachabteilung Geophysik Wien.
- Sachsenhofer RF & Schulz HM** (2006): Architecture of Lower Oligocene source rocks in the Alpine Foreland Basin: a model for syn- and post-depositional source-rock features in the Paratethyan realm. *Petroleum Geoscience*, Vol. 12: 363-377.
- Schneider H** (1988): Die Wassererschließung – Grundlagen der Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, 3. Auflage, Essen.
- Schön J** (1996): Physical Properties of rocks: fundamentals and principles of petrophysics. Elsevier, Amsterdam.
- Steininger F, Roetzel R, Rögl F** (1991): Die tertiären Molassesedimente am Ostrand der Böhmisches Masse. In: Roetzel, R.&Nagel, D. (eds) Exkursionen im Tertiär Österreichs. Österreichisches Paläontologisha Gesellschaft, Wien, 63-141.
- Thiele O** (1984): Zum Deckenbau und Achsenplan des Moldanubikums der Südlichen Böhmisches Masse (Österreich). *Jb. Geol. B.* –A 126: Heft 4, 513-523.
- Tropper P, Deibl I, Finger F, Kaindl R** (2006): P-T-t evolution of spinel-cordierite-garnet gneisses from the Sauwald Zone (Southern Bohemian Massif, Upper Austria): is there evidence for two independent late-Variscan low-P/high-T events in the Moldanubian Unit?. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 95: 1019-1037.
- Wagner L R** (1998): Tectono-stratigraphy and hydrocarbons in the Molasse Foredeep of Salzburg, Upper and Lower Austria. In: Mascle A, Puigdefàbregas C, Luterbacher H P & Fernandes M (eds) Cenozoic Foreland Basins of Western Europe. Geological Society Special Publications, 134, 339-369
- Waxman MH, Smits LJM** (1968): Electrical conductivity in oil bearing sandstones. *Soc. Petroleum Engrg. J.*, 8, 2, 107-122.
- Zohdy AR** (1989): A new method for the interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves, *Geophysics*, 54, 245-253.