

UNTERSUCHUNGSBERICHT



Fallstudie / Scheibbs (NÖ): Geowissenschaftliche Bewertung (Geelektrik & Tonmineralogie) Grundstück Ginning 2

05. Juli 2006

Dipl. Geophys. Dr. RAINIER ARNDT (GBA-TRF)
Prof. Dr. FRANZ OTTNER (BOKU), *cand. Dipl. Ing.* DIETMAR KEUSCH (BOKU)

Inhaltsverzeichnis

1	Präambel -----	3
	1.1 Gültigkeit & Einschränkung	
	1.2 Aufgabenstellung	
	1.3 Auftraggeber & Fachreferent	
	1.4 Geologischer Rahmen	
2	Methoden -----	5
	2.1 Tonmineralogie	
	2.1.1 Korngrößenverteilung	
	2.1.2 Gesamtmineralbestand	
	2.1.3 Karbonatbestimmung nach SCHEIBLER	
	2.1.4 Tonmineralanalyse	
	2.1.5 Simultane Thermoanalyse (STA)	
	2.1.6 Wassergehalt	
	2.1.7 Atterberggrenzen	
	2.2 Geophysik	
3	Ergebnisse -----	10
	3.1 Tonmineralogie	
	3.1.1 Korngrößenanalysen:	
	3.1.2 Gesamtmineralanalysen	
	3.1.3 Tonmineralanalyse	
	3.1.4 Wassergehalte	
	3.1.5 Konsistenzgrenzen	
	3.2 Geoelektrik	
4	Diskussion -----	23
	4.1 Tonmineralogie	
	4.2 Geoelektrik	
5	Resumée -----	24

6	Literatur -----	24
	6.1 Zitate	
7	Danksagung -----	24
A	Tabellen -----	24
B	Abbildungen -----	24

Verzeichnis der Tabellen

Nr.	Titel
T – 01	Zusammenstellung der untersuchten Proben
T – 02	Auflistung der Untersuchungsmethoden
T – 03	Ergebnisse der Korngrößenanalysen (Angabe in Masse %)
T – 04	Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse
T – 05	Ergebnisse der Tonmineralanalyse, Angaben in Masse %; semiquantitativ
T – 06	Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen, Angaben in Masse %
T – 07	Ergebnisse der Bestimmung der Konsistenzgrenzen und Konsistenzzahl

Bildverzeichnis

Nr.	Titel
Titelblatt	Blick über das Messgebiet Ginning während der geoelektrischen Kampagne, Blickrichtung W nach E

Verzeichnis der Grafiken & Karten

Nr.	Titel
01	Übersichtsplan Fallstudie Scheibbs
02	Detailplan & Lage der geoelektrischen Profile
03	Kornsummenkurve Probe 7774
04	Korngrößenklassen Probe 7774
05	Kornsummenkurve Probe 7770
06	Korngrößenklasse Probe 7770
07	Kornsummenkurve Probe 7771
08	Korngrößenklasse Probe 7771
09	Diffraktogramm der Gesamtmineralverteilung von einer Schlierprobe
10	Diffraktogramm der Gesamtmineralverteilung eines oberflächennahen Tones
11	Diffraktogramm der Gesamtmineralverteilung eines Sandsteines aus KB 2
12	Diffraktogramm der Tonfraktion <2 µm aus der Schlierprobe 777
13	Diffraktogramm Tonfraktion < 2 µm einer oberflächennahen Tonprobe 7770
14	Diffraktogramm der Tonfraktion < 2µm einer Tonprobe im Übergangsbereich
15	Lageplan der geoelektrischen Profile
16	Profil 1: Invertierte Daten der Geoelektrik
17	Profil 2: Invertierte Daten der Geoelektrik
18	Profil 3: Invertierte Daten der Geoelektrik
18a	Profil 3: Varianz durch Auswertesoftware
19	Histogramm / Widerstandsverteilung
20	Profil 1 & Profil 2: Verteilung der Widerstände zur relativen Eindringtiefe
21	Profil 3: Verteilung der Widerstände zur relativen Eindringtiefe
22	Profil 3 / Detail: Schichtansprache aus 1. Ableitung
23	Profil 1: Schichtansprache aus 1. Ableitung
24	Profil 2: Schichtansprache aus 1. Ableitung
25	Profil 3: Schichtansprache aus 1. Ableitung

1 PRÄAMBEL

1.1 Gültigkeit & Einschränkung

Die Empfehlungen und Kommentare dieses Kurzberichtes sind nur für eine **interne Verwendung** innerhalb des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, Allgemeiner Baudienst, bestimmt.

1.2 Aufgabenstellung

Die Stadtgemeinde Scheibbs (NÖ) möchte auf den sog. Erdenberggründen oder GINNING Gründe die Stadtentwicklung weiterführen, cf. **Abbildung 01**. Auf nämlichen Baugrund sollen verschiedene Wohngebäude errichtet werden. Ein diesbezüglich angefertigtes geotechnisches Gutachten, MÜLLER (2005), hat zur Sicherung der bekannten Massenbewegung verschiedene Hangsicherungsmaßnahmen empfohlen. Zur Detailerkundung wurde auch eine mineralogische und geophysikalische Grundaufnahme empfohlen. Im Rahmen des oben genannten Forschungsprojektes wurden die empfohlenen Arbeiten implementiert. Ziel der gemeinsamen Anwendung von Tonmineralogie und Geophysik ist die Erforschung der hanglagigen Baugrundstücke. Im Rahmen des Forschungsvorhaben **NC 62-2005**, „Ausarbeitung von preisgünstigen Methoden zur Untersuchung von *Bauschäden verursacht durch geogen bedingte Massenbewegungen*“ soll ein Methodenfahrplan für ähnliche Fragestellungen sein. Dieser Methodenfahrplan soll den Amtsgeologen in Nieder-/Oberösterreich bei der Bewertung und Befundnahme in ähnlichen Problemstellungen unterstützen.

1.3 Auftraggeber & Fachreferent

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Gruppe Baudirektion, Abteilung Allgemeiner Baudienst
Geologischer Dienst
Landhausplatz 1
A-3109 St. Pölten

Das Projekt steht unter der Verantwortung von Baudirektor Dr. JOACHIM SCHWEIGL. Der Teilauftrag zur Untersuchung der GINNING-Gründe, cf. **Abbildung 02**, in Scheibbs ist eine von sechs Fallstudien im Forschungsvorhaben NC 62-2005.

1.4 Geologischer Rahmen

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Grenzgebiet der Flyschzone zur Klippenzone bzw. inneralpinen Molasse der Rogatsbodenformation. Im Süden schließen die Nördlichen Kalkalpen an.

Grundsätzlich herrschen sowohl in der Molasse als auch im Flysch (Altenglbacher-Schichten, Eozän-Flysch) Tonmergel sowie \pm stark aufgelockerte und verwitterte Sandsteine bis hin zu Mürbsandsteinen vor. Diese Gesteinstypen sind stark wasserempfindlich und reagieren je nach Typus plastisch bis tixotrop, woraus sich die Anfälligkeit für Kriech- und Rutschbewegungen in Abhängigkeit der Exposition der Hänge und der herrschenden Niederschlagscharakteristik (Nordstaulage) erklärt. Ursache für diese Häufung von Massenbewegungen ist weniger die tektonische Grenze zwischen Flysch- und Molassezone für sich, als vielmehr die Lithologie der anstehenden Gesteinsabfolgen, HEIM *et al* (2003). Jedoch ist anzunehmen, dass durch die großtektonische Grenze (Aufschiebung Flysch auf Subalpine Molasse) zumindest im Stirnbereich eine Auflockerung und Entfestigung des Gesteinsverbandes erfolgt, und dadurch Massenbewegungen begünstigt werden.

2 METHODEN

2.1 Tonmineralogie

Prinzipiell findet die Tonmineralogie kaum Eingang in die klassische Baugrunduntersuchung. Jedoch bei komplexen Problemen – wie z.B. in der gegenständlicher Fallstudie – die zudem in einer tondominierten Geologie gelegen ist, stellen die Grundlagenerkenntnisse der Tonmineralogie den wichtigen Schlüssel für das Gesamtverständnis dar.

Die Proben für die vorliegenden Untersuchungen wurden aus den bestehenden Kernbohrungen KB1, KB 2 und KB 3, sowie aus den Schächten A, B, C und D entnommen. Die Entnahme der Proben aus den Kernbohrungen erfolgte am 21. November 2005 aus den gelagerten Bohrkernkisten in der Straßenmeisterei von Scheibbs. Die Schürfe A – D wurden im Mai 2006 unter der Leitung von Ziviltechniker Dipl.-Ing. Müller angefertigt und Probenmaterial für mineralische und geotechnische Untersuchungen dem IAG zur Verfügung gestellt. Die bearbeiteten Proben sind in **Tabelle T-01** aufgelistet. Im Rahmen dieser Studie wurden einige Untersuchungsmethoden an allen Proben durchgeführt, für spezielle Methoden wurden einzelne Proben nach Bedarf ausgewählt. In **Tabelle T-02** sind die an den Proben jeweils durchgeführten Untersuchungen aufgelistet.

2.1.1 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung wurde durch Kombination von Nasssiegung der Fraktion $>40\mu\text{m}$ und automatischer Sedimentationsanalyse mittels SEDIGRAPH 5000 ET der Firma Micromeritics ermittelt. 50 g der getrockneten Probe wurden in einem Becherglas mit 200 ml 10% H_2O_2 behandelt. Ziel ist die Oxidation organischer Bestandteile und eine gute Dispergierung der Probe. Nach ungefähr 24 Stunden Reaktionszeit wurde das unverbrauchte Peroxid im Wasserbad abgeraucht, anschließend mit Ultraschall behandelt und mit einem Siebsatz von 2 mm, 630 μm , 200 μm , 63 μm und 40 μm gesiebt. Die Grobfraktionen wurden bei 105 Grad C getrocknet und in Massenprozent der Einwaage angegeben. Der Anteil $<40\mu\text{m}$ wurde im Wasserbad eingedickt, ein repräsentativer Teil davon entnommen, mit 0,5 ‰ Calgon versetzt und im Ultraschallbad dispergiert und im Sedigraph mittels Röntgenstrahl nach dem STOKES'schen Gesetz analysiert. Aus der Kornsummenkurve des Sedigraphs und den Siebdaten wurde die Korngrößenverteilung der Gesamtprobe ermittelt.

2.1.2 Gesamtmineralbestand

Die getrockneten und in einer Scheibeschwingmühle analysenfein vermahlene Proben wurden nach dem *backloading* Verfahren präpariert und in einem Philips Röntgendiffraktometer PW 1710 mit BRAGG BRENTANO Geometrie mittels Cu K α Strahlung (45kV, 40mA) von 2° bis 70° 2 Θ geröntgt. Aus diesen Aufnahmen wurde der qualitative Mineralbestand ermittelt.

2.1.3 Karbonatbestimmung nach SCHEIBLER

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

2.1.4 Tonmineralanalyse

Die Proben wurden mit 10 %-igem Wasserstoffperoxyd dispergiert. Nach Abklingen der Reaktion und Entfernung des überschüssigen H₂O₂ erfolgte eine 15-minütige Beschallung im Ultraschallbad. Mittels Naßsiegung wurde die 63 μ m Fraktion und aus dieser durch Sedimentation die 2 μ m Fraktion gewonnen. Anschließend erfolgte die Kationenbelegung. Jeweils 40 ml der Tonsuspension wurden mit 10 ml 4 N KCl Lösung bzw. 4 N MgCl₂ Lösung vermischt und 12 Stunden geschüttelt. Als Unterlage für die Texturpräparate dienten Keramikplättchen, auf die durch Unterdruck die Tonsuspension aufgesaugt wurde. Nach erfolgter Aufnahme im Diffraktometer kamen die Mg-belegten Proben in Ethylenglykol-Atmosphäre (zur Unterscheidung von Smektit von Vermikulit) und die K-belegten Proben in DMSO (Dimethylsulfoxid)-Atmosphäre (Unterscheidung Chlorit/Kaolinit). Nach einer weiteren Aufnahme im Diffraktometer wurden die kaliumbelegten Präparate 2 Stunden bei 550°C getempert (Unterscheidung primärer/sekundärer Chlorit). Anschließend erfolgte die Auswertung der einzelnen Tonmineralphasen nach dem gleichen Prinzip wie bei der Gesamtmineral-Bestimmung. Die Identifizierung der Minerale und Tonminerale erfolgte generell nach BRINDLEY & BROWN, 1980, und MOORE & REYNOLDS, 1997.

2.1.5 Simultane Thermoanalyse (STA)

Thermische Analyseverfahren geben zusätzliche Informationen über die Tonminerale in einer Tonprobe. Die zu untersuchenden Substanzen werden kontinuierlich erhitzt und simultan die Gewichtsveränderung (Thermogravimetrie TG) und der Wärmefluss (Differenzialkalorimetrie DSC) gemessen. Tone enthalten unterschiedliche Mengen an Hydroxylgruppen, die sich unter Temperatureinwirkung zersetzen. Es können auch beträchtliche Masseverluste auftreten, die spezifisch für verschiedene Tonminerale sind (Mackenzie, 1964). Während der Aufheizung kommt es sowohl zu endothermen als auch zu exothermen Reaktionen. Endotherme Reaktionen können bei der Abgabe von z. B. Wasser, CO₂, SO₂ etc. sowie auch bei Dehydroxilierung auftreten. Exotherme Effekte treten bei verschiedenen Umkristallisationen auf (Wilson, M.J., 1987). Die entstehenden Reaktionsprodukte können zusätzlich mittels Massenspektrometrie oder Infrarotspektroskopie gemessen und zur Interpretation herangezogen werden. Die STA-Analysen wurden mit einem Netzsch Gerät - STA 409 PC Luxx®. – durchgeführt. Für die Analyse wurden 50 mg der Probe in einen Pt-Tiegel eingewogen und in einer kontrollierten Atmosphäre mit 50 ml/min Luft und 15 ml/min N₂ bis 1000°C erhitzt. Die Erhitzungsgeschwindigkeit betrug 10°C/min.

2.1.6 Wassergehalt

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

2.1.7 Atterberggrenzen

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

2.2 Geophysik

Ziel einer geophysikalischen Messung ist es, das gesuchte Detail der Hangbewegung durch eine geophysikalische Anomalie darzustellen. Die Planung einer geophysikalischen Aufnahme geht immer von einer geologischen Modellvorstellung und den gesteinsphysikalischen Annahmen aus, nach denen sich dann die Wahl des Verfahrens und die Meßstrategie richtet, Walach&Weber (1984). Jede geophysikalische Methode wird, bedingt durch fundamentale physikalische Randbedingungen, durch vier Nebenbedingungen kontrolliert: (1) Eindringtiefe, (2) Auflösungsvermögen, (3) Signal/Rausch Abstand und (4) Kontrast der petrophysikalischen Kennwerte. Prinzipiell stellt die Geophysik eine Methodensamm-

lung dar, um zerstörungsfreie *in-situ* Untersuchungen an geologischen Strukturen durchzuführen. Eine Einbindung von geophysikalischen Erkenntnissen erfolgt bei der

- Detailplanung von Bohrpunkten *und*
- Optimierung von Bohrrastern.

In Österreich empfiehlt die ÖNORM B 4402 explizit die Geophysik als gültiges Verfahren bei Vorerkundungen¹.

Schon von McCANN & FORSTER (1990) wurde die geoelektrische Methode für Hangrutschungen empfohlen. Durch MAURITSCH&SEIBERL (1997) wurde der erfolgreiche Einsatz der Geoelektrik in Österreich unterlegt. Auch für diese Fallstudie wurde die Methode der Geoelektrik ausgewählt. Bei dieser Methode werden über Erdspeißer künstliche elektrische Felder in den Erdboden eingespeist. Der Spannungsabfall zwischen zwei Stromelektroden in einem künstlich erzeugten Gleichstromfeld wird gemessen, basierend auf dem Ohmschen Gesetz, vom Widerstand der Gesteinsschichten abhängig ist. Durch eine Abstandsvergrößerung bei den Meßelektroden können immer tiefere Schichten in den Messraum einbezogen werden (elektrische Sondierung). Wird jedoch der Boden mit einer festen Messgeometrie abgetastet, so wird immer der gleiche Halbraum bestrichen und der Widerstand in einem Schichtpaket mit konstanter Mächtigkeit ermittelt (elektrische Kartierung). Während früher noch einfache 4-Punkt Anordnungen dominierten, wird in neuerer Zeit mit so genannten Multi-Elektrodenanlagen gearbeitet. In diesem Fallbeispiel wurden Ketten mit 86 Elektroden eingesetzt um den Untergrund zu untersuchen. Die Durchführung der Messung ist z.B. auf dem Titelblatt zu erkennen. Eine genaue Darstellung der *hier* verwendeten geoelektrischen Methode findet sich z.B. in KNÖDEL *et al* (1997).

¹ ÖNORM B 4402, Seite 17, Punkt 7.6: „... Geophysikalische Verfahren eignen sich zur flächenhaften und räumlichen Erkundung in Ergänzung zu punktuellen Aufschlüssen. Je nach Fragestellung werden mehrere Verfahren in Kombination angewendet und liefern überblicksartige Ergebnisse (z.B. Schichtgrenzen, Feuchtebereiche, Moduln), deren Interpretation nur in Zusammenarbeit mit einem Geophysiker möglich ist. Die Kalibrierung an den Ergebnissen direkter Aufschlüsse (z.B. Schlüsselbohrungen) ist grundsätzlich erforderlich. Geophysikalische Oberflächen- und Bohrlochmethoden dürfen nur durch auf diesem Gebiet fachkundige Personen ausgeführt werden. ...“

Um die punktförmigen Informationen aus vorhandenen Bohrungen zu einem flächigen Bild entwickeln zu können, wurden drei geoelektrische Profile im Untersuchungsgebiet vermessen. Die Lage dieser geoelektrischen Profile, cf. **Abbildung 15**, wurde so gewählt, dass die niedergebrachten Bohrungen KB 1 bis KB 3 in Nähe passiert bzw. direkt überstrichen wurden.

3 ERGEBNISSE

3.1 Tonmineralogie

3.1.1 Korngrößenanalysen:

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der **Tabelle T-03** zusammengefasst und in den Abbildungen 03 – 08 graphisch dargestellt. Die analysierten Proben können aufgrund der Korngrößenanalysen in drei Gruppen eingeteilt werden:

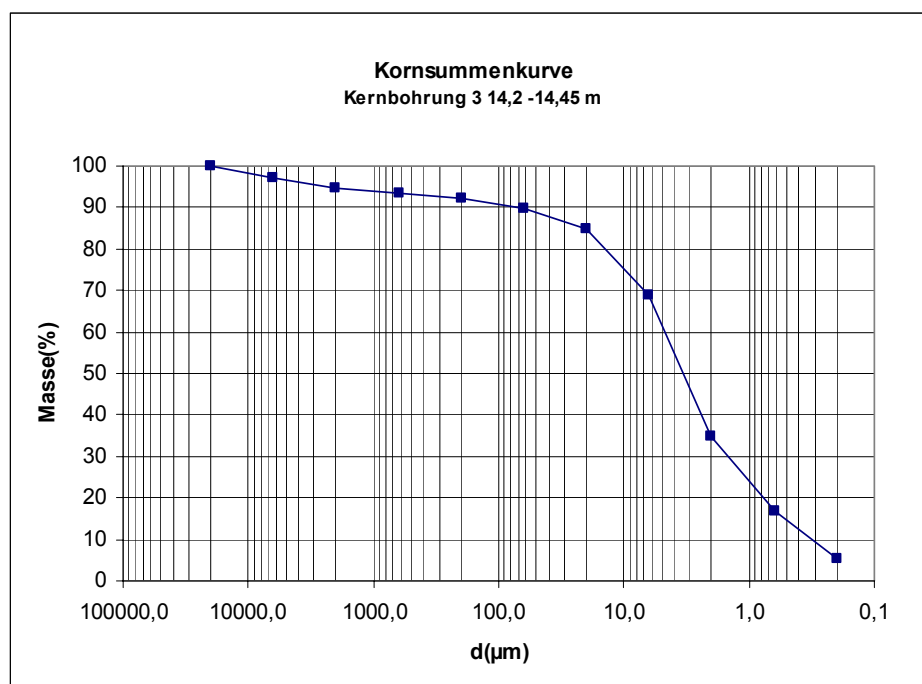


Abbildung 03:
Probe 7774

- **Schlierproben**

Aus den Kernbohrungen KB1 und KB 3 wurden aus tieferen Bereichen zwei Schlierproben (7776 und 7774) entnommen. Diese beiden Proben zeigen eine unbedeutende Verwitterung und können daher als Vergleichsmaterial für darüber liegende stärker verwittert und ungelagerte Bodenschichten herangezogen werden. Signifikant für dieses Sediment ist der hohe Schluffgehalt mit 54,9 – 66,8 Masse %. Der Tongehalt tritt etwas zurück und liegt bei 22,0 – 34,8 Masse %. Der Anteil an Sand ist gering und liegt bei den beiden untersuchten Proben zwischen 5,1 und 5,2 Masse %. Ebenfalls unbedeutend ist der Anteil an Kies an der Kornverteilung, er liegt zwischen 5,2 und 6 Masse %. Die Mediane der beiden

Schlierproben liegt bei 3,5 μm bzw. 7,5 μm (cf Tabelle T-03). **Abbildung 03** zeigt die Summenkurve. In **Abbildung 04** wird die Korngrößenklassenverteilung der Probe 7774 gezeigt. Besonders auffällig ist die schöne sigmoidale Kornsummenkurve. In **Abbildung 03** sind die Korngrößenklassen detaillierter dargestellt (Unterteilung der Klassen in grob, mittel und fein). Diese Schlierprobe zeigt ein deutliches Maximum im Feinschluffbereich mit 33,9 Masse %;

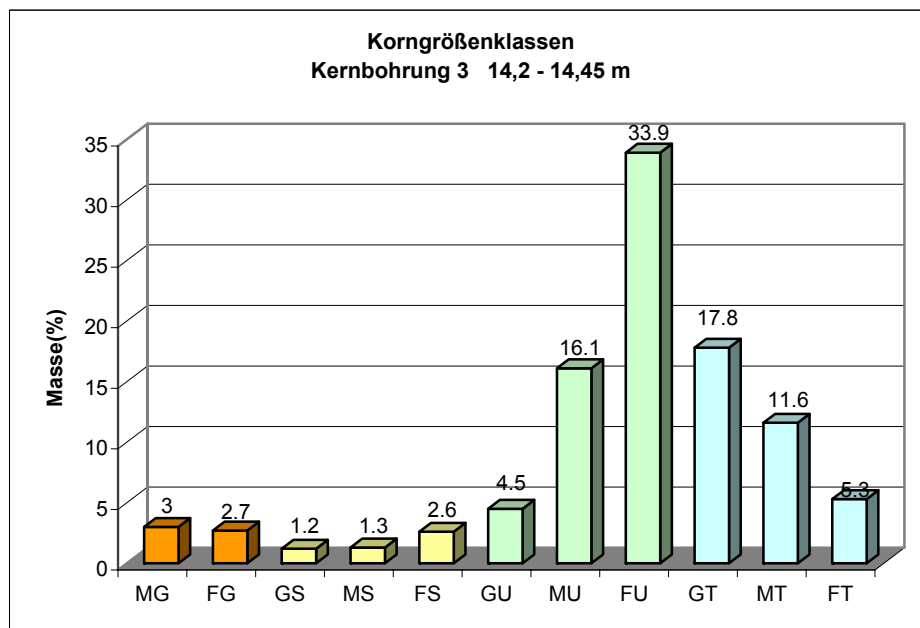


Abbildung 04:
Probe 7774

- **Oberflächennahe Tonproben**

Zwei der bearbeiteten Proben sind sehr nahe der Bodenoberfläche entnommen worden (7770: KB 3 1,05 – 1,30 m und 7907: Schacht B 0,7 m). Die Proben sind durch einen sehr hohen Tonanteil charakterisiert, der zwischen 62,8 und 64,2 Masse % liegt. Der Schluffanteil tritt deutlich zurück und zeigt in diesen Proben lediglich Werte von 25,1 und 26,8 Masse %. Auffällig ist der höhere Sandgehalt mit 9,0 bzw. 12,1 Masse %. Kies ist in diesen beiden Proben nicht nachweisbar. Der Median der Proben liegt bei 0,8 bzw. 0,9 μm . Dies ist ein weiteres Charakteristikum für diese extrem feinkörnigen Tone. Auffällig ist in beiden Korngrößenverteilungen die Zweigipfeligkeit, die durch einen höheren Sandanteil bewirkt wird. Sehr nahe an diese Korngrößenverteilung kommt auch die Probe 7910:

Schacht B 1,7 m (cf. Tabelle T-03). **Abbildung 05** zeigt die Summenkurve, **Abbildung 06** die Korngrößenklassenverteilung der Probe 7770. Besonders auffällig ist die deutlich sichtbare Zweigipfeligkeit sowohl in der Kornsummenkurve als in der Korngrößenklassenverteilung. Typisch ist weiters ein hoher Tonanteil mit 62,8 Masse %, insbesondere ist der Feintonanteil, der bei 28,3 Masse % liegt, besonders erwähnenswert.

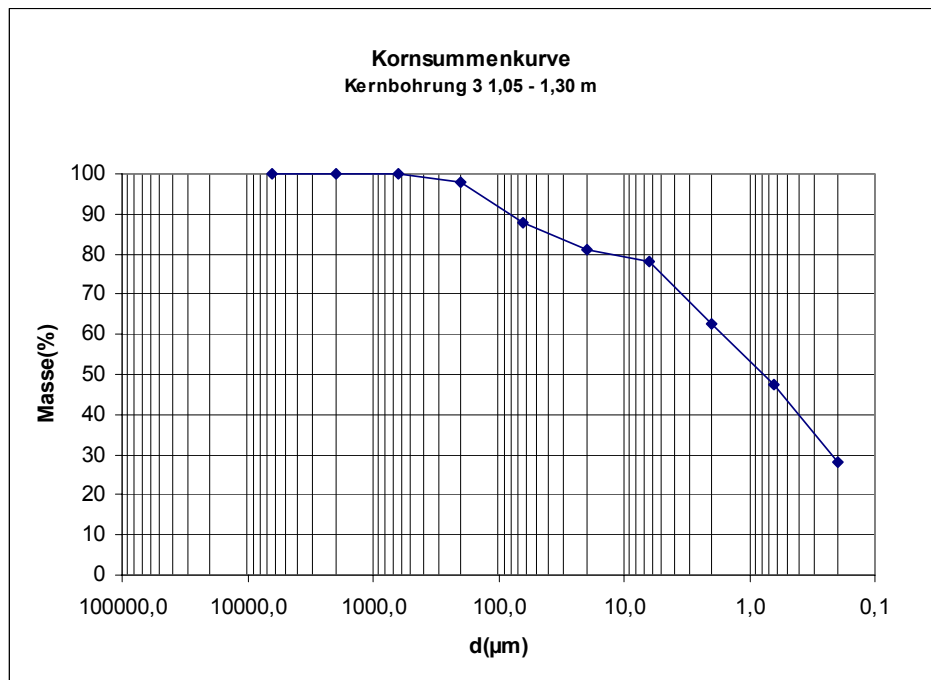


Abbildung 05:
Probe 7770

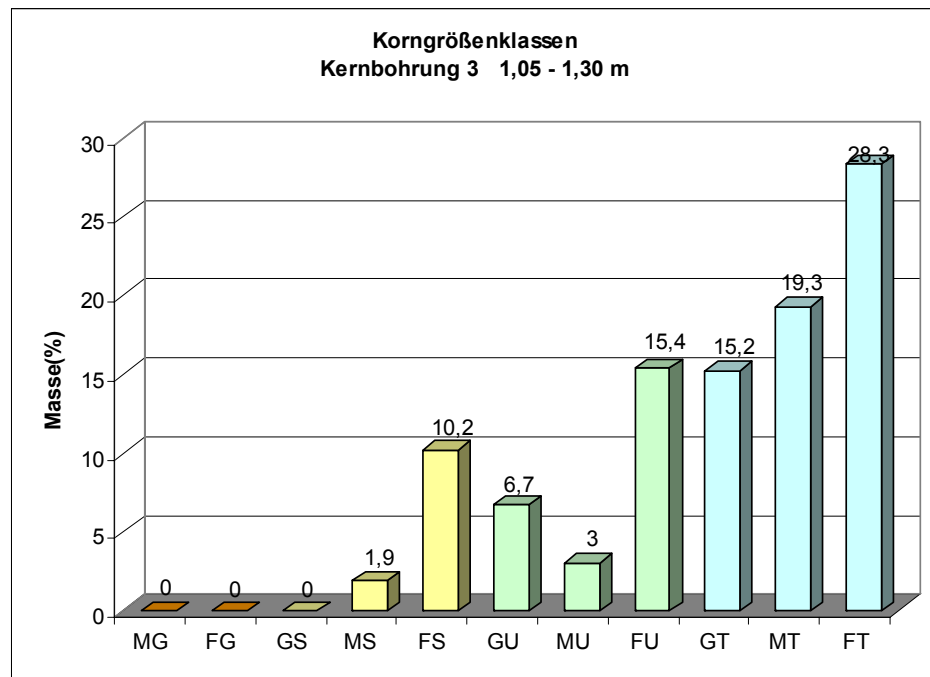


Abbildung 06:
Probe 7770

- **Tonproben des Übergangsbereichs**

Aus der Kernbohrung 3 wurden im mittleren Bereich zwei Proben entnommen (Probe 7771: 6,60 – 6,80 m und Probe 7772: 8,70 – 8,80 m). Diese Proben sind durch etwa gleiche Mengen an Ton und Schluff gekennzeichnet; z.B. Probe 7771 51,2 Masse % Schluff und 46,7 Masse % Ton. Sowohl der Sandgehalt als auch der Kiesgehalt treten stark zurück (*cf.* Tabelle 03). Die Mediane der beiden Proben liegt bei 2,5 und 2,8 μm . Diese Werte verweisen auch auf eine Zwischenstellung dieser beiden Proben. In den **Abbildungen 07** und **08** erkennt man noch sehr deutlich die Schluffdominanz, wie in den Schlierproben (*cf.* Abbildung 03 und 04). Der Feinschluffanteil der Probe 7771 beträgt 28,9 Masse %. Auffällig ist aber der gegenüber den Schlierproben doch deutlich erhöhte Tonanteil.

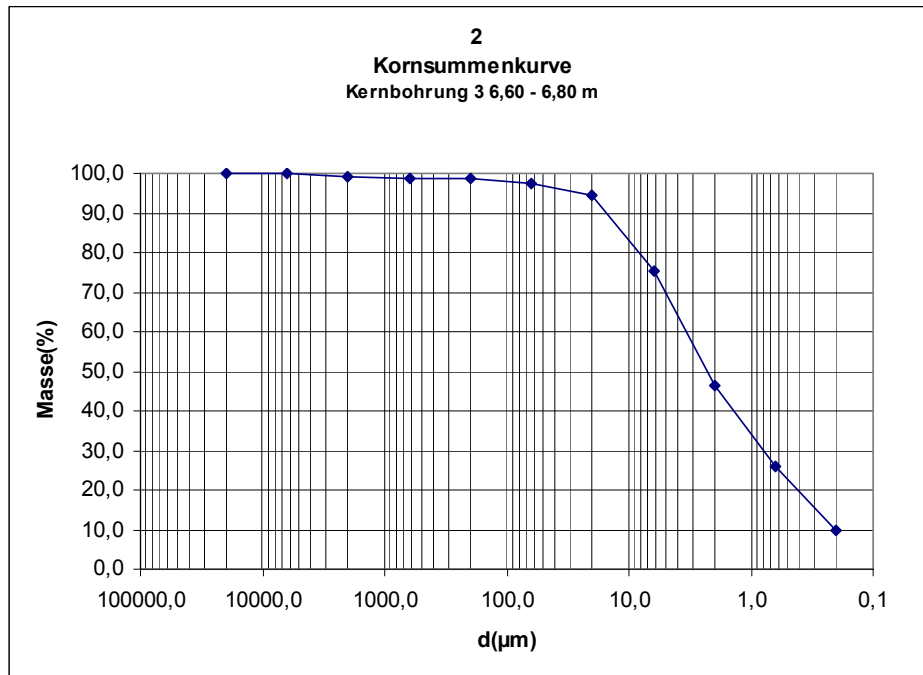


Abbildung 07:
Probe 7771

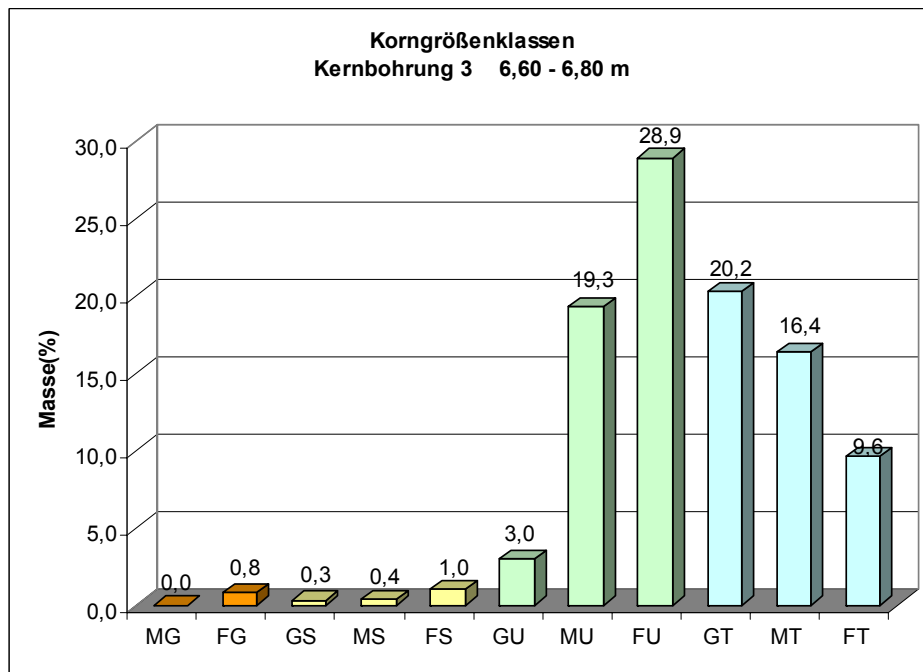


Abbildung 08
Probe 7771

3.1.2 Gesamtmineralanalysen

Die Gesteine können wieder wie bei der Korngrößenanalyse in drei verschiedene Gruppen eingeteilt werden, und durch Sand-/Schluffsteine erweitert werden.

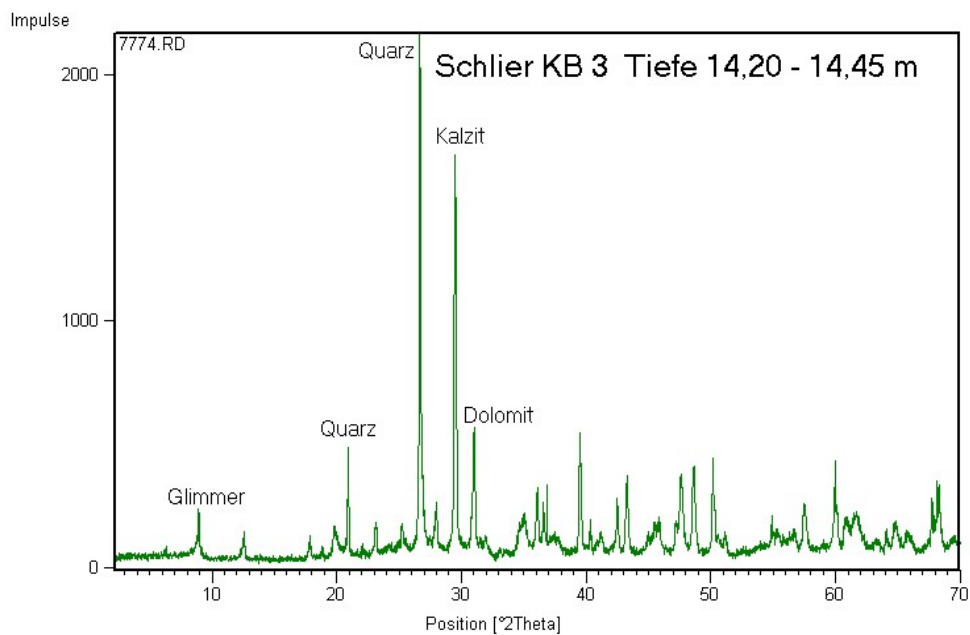


Abbildung 09:
Diffraktogramm Gesamtmineralverteilung von einer Schlierprobe

- **Schlier**
Die beiden Schlierproben 7774 und 7776 sind durch höhere Karbonatgehalte charakterisiert (31 – 34 Masse %). In diesen Proben sind mittlere Schichtsilikatmengen sowie geringere Anteile an Quarz, Plagioklas, Chlorit und Glimmer sind enthalten. Kalifeldspat und Pyrit treten in Spuren auf (cf. **Abbildung 09**).

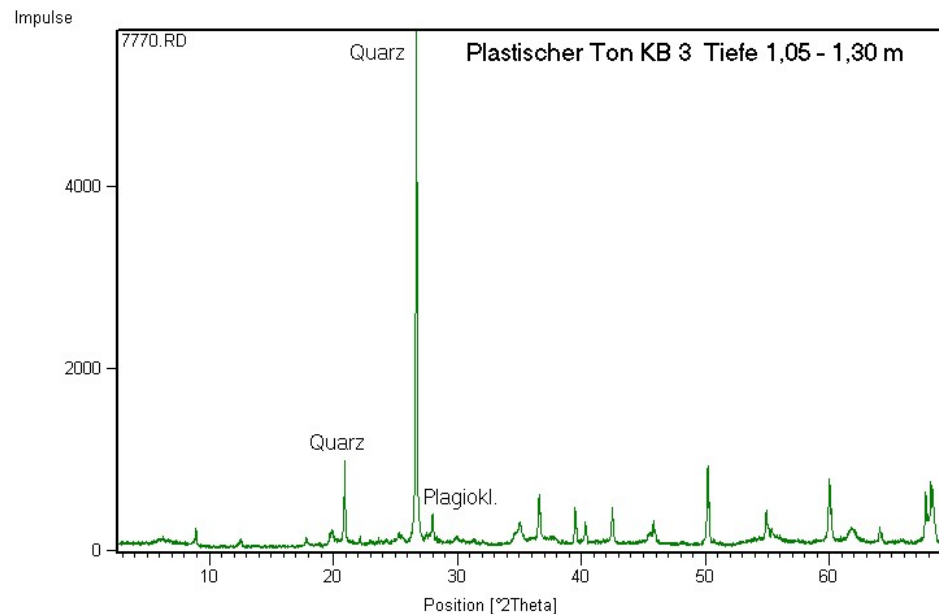


Abbildung 10:

Diffraktogramm Gesamtmineralverteilung oberflächennahen Tones

- **Tonproben oberflächennah**

Die drei Proben 7770, 7907 und 7910 fallen vor allem durch ihre Karbonatfreiheit auf. Weder Kalzit noch Dolomit sind in diesen Proben nachweisbar. Sogar in der Pulverprobe ist ein breiter 14 Å-Reflex zu erkennen, der auf stark quellbare Tonminerale hinweist. Quarz ist in diesen Proben etwas angereichert (cf. **Abbildung 10**).

- **Tonproben im Übergangsbereich**

In diese Gruppe gehören die 7771 und 7772 sowie einige Proben aus den Schächten A – D, 7905, 7906, 7908, 7909 und 7912. Diese Gruppe ist durch mittlere Karbonatgehalte (14 – 33 Masse %) gekennzeichnet. Sie liegen damit im Bereich des unverwitterten Schliers bzw. zeigen deutliche Abnahme der Karbonatmengen durch Verwitterung. Die weiteren mineralischen Bestandteile wechseln je nach Tiefenlage der Proben.

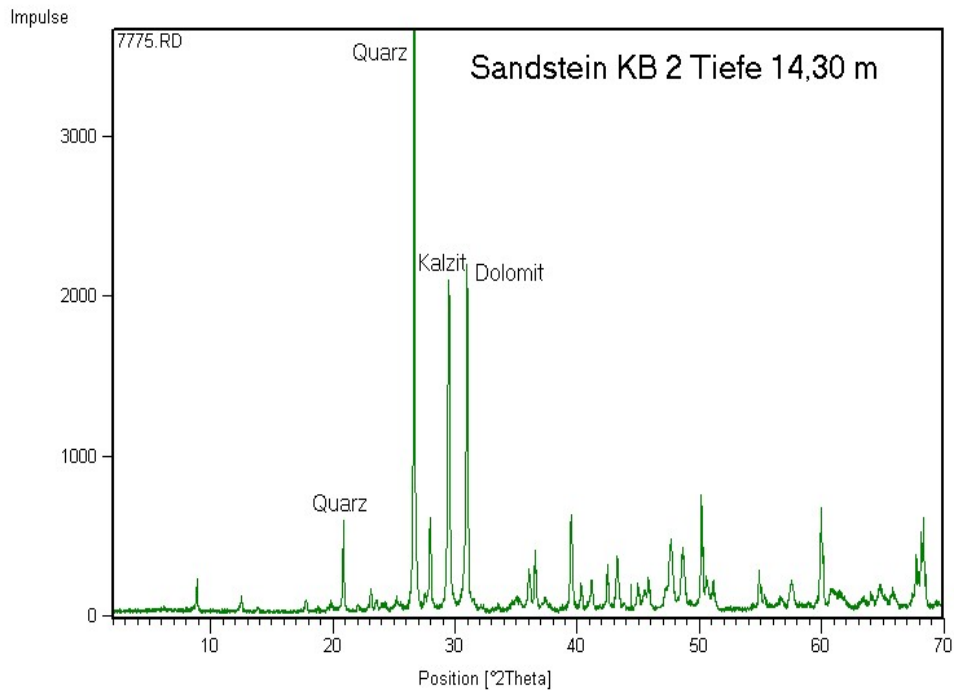


Abbildung 11.

Diffraktogramm der Gesamtmineralverteilung eines Sandsteines aus KB 2

- **Sandsteine/Schluffsteine**

Zu dieser Gruppe gehören 7773, 7775, 7911 und 7913. Deren Karbonatgehalt kann Werte bis 55 Masse % annehmen. Bei den Sandsteinen mit den höchsten Karbonatgehalten (7773 und 7775) sind auch höhere Anteile an Plagioklas nachweisbar, wogegen bei Zurücktreten der Karbonatminerale auch der Plagioklasanteil etwas abnimmt. Das ist ein Hinweis auf Einsetzen der Verwitterung der Sandsteine in den höher liegenden Bereichen (cf. **Abbildung 11**). Einige „Härtlinge“ weisen ebenfalls höhere Karbonatgehalte auf und vermitteln den Eindruck von Teilen aus Sandsteinbänken bzw. Konkretionen. Tatsächlich handelt es sich aber meist nur um diagenetisch verfestigte und laminierte etwas angewitterte Schluffsteine (7906).

3.1.3 Tonmineralanalyse

Die Ergebnisse der Tonmineralanalysen sind in der **Tabelle T-05** zusammengefasst und in den Abbildungen 12 - 14 auszugsweise graphisch dargestellt.

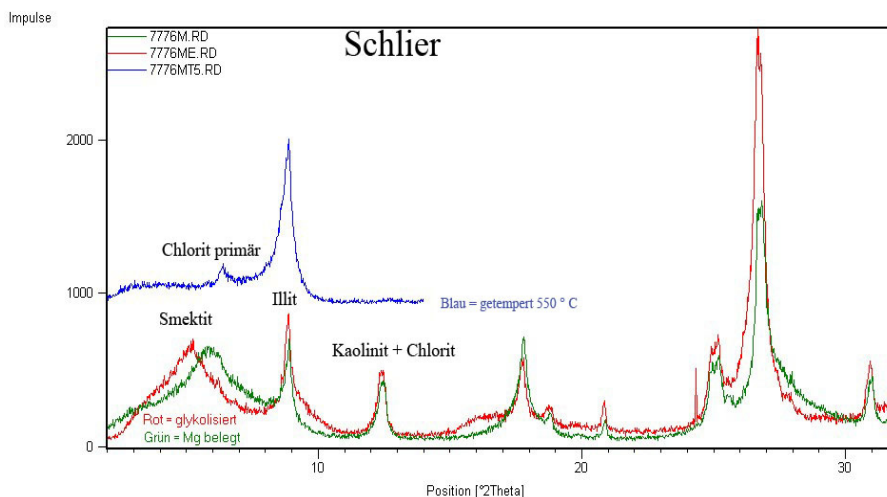
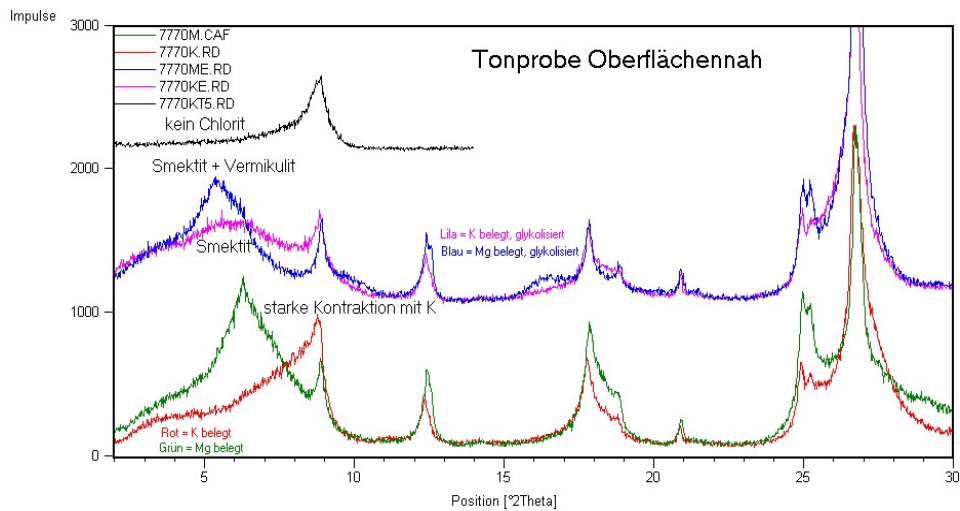


Abbildung 12.

Diffraktogramm der Tonfraktion <2 µm aus der Schlierprobe

- **Schlier**

Die beiden Schlierproben 7774 und 7776 aus der Kernbohrung 1 bzw. 3 sind auch für die tonmineralogischen Untersuchungen als Ausgangsmaterial für die Rutschkörper zu betrachten. Die Hauptmenge der Tonfraktion besteht aus Smektit und Illit mit etwas wechselnden Mengen und Verhältnissen zwischen den beiden Proben. Der Illitgehalt schwankt zwischen 36 und 45 Masse %, der Smektitgehalt liegt im Bereich von 37 – 47 Masse % (cf. Tabelle T-05 und **Abbildung 12**). Bemerkenswert ist der relativ hohe Anteil an primärem Chlorit, der zwischen 11 und 12 Masse % der Probe ausmacht. Untergeordnet treten in beiden Proben 6 Masse % Kaolinit auf. Die Ergebnisse von Schlier sind in Tabelle T-05 grün unterlegt;

**Abbildung 13**

Diffraktogramm der Tonfraktion < 2 μm einer oberflächennahen Tonprobe 7770

- **Tonproben oberflächennah**

Im Vergleich mit den Schlierproben weisen diese oberflächennahen Proben eine stark veränderte tonmineralogische Zusammensetzung auf. Der Illitgehalt ist etwa auf die Hälfte verringert und liegt im Bereich von 16 bis 20 Masse %. Eine deutliche Zunahme tritt dagegen bei den quellbaren Tonmineralen auf. Insbesondere Vermikulit ist im Bereich von 32 bis 39 Masse % nachzuweisen (*cf.* Tabelle T-05 und **Abbildung 13**). Der im Bereich von 26 bis 28 Masse % vorliegende Smektit ist bei genauerer Betrachtung nicht als reiner Smektit zu bezeichnen, sondern als unregelmäßiges Illit/Smektit Mixed Layer Mineral. Der Anteil an Smektit bzw. Smektit im Mixed Layer liegt bei etwa 50. 50 Masse %. Auffällig ist weiters eine Anreicherung von Kaolinit auf 11 bis 14 Masse %, was etwa eine Verdopplung der in den Schlierproben gefundenen Werte bedeutet. Eine weitere sehr starke Veränderungen in der tonmineralogischen Zusammensetzung sind das völlige Verschwinden des sehr verwitterungsanfälligen primären Chlorites, und eine Neubildung von sekundärem Chlorit aus den quellbaren Tonmineralen Smektit und Vermikulit (*cf.* Tabelle T 05 und Abbildung 13). Dieser Vorgang ist typisch für entkalkte Tone, bei denen niedrigere pH Werte auftreten und die zur Einlagerung von Al-Brücken in die Schichtzwischenräume neigen;

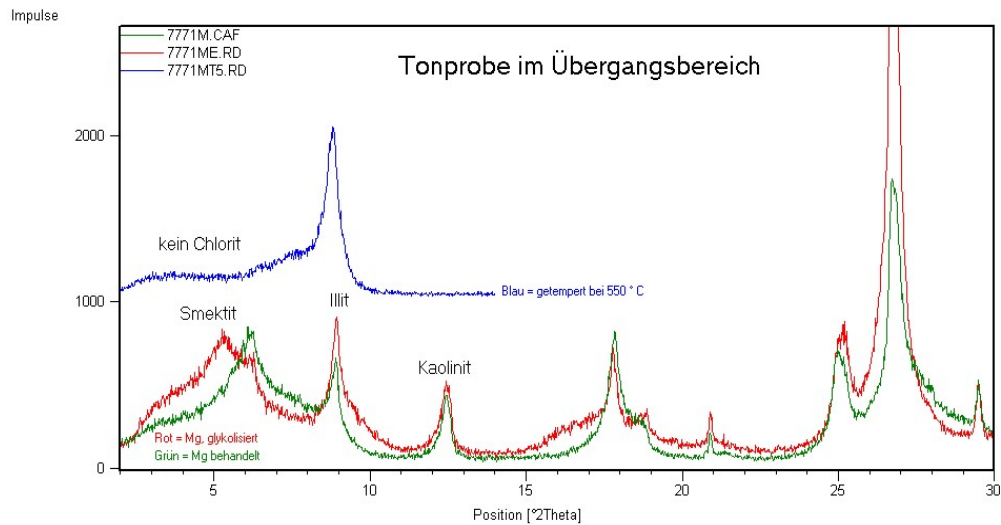


Abbildung 14

Diffraktogramm der Tonfraktion < 2µm einer Tonprobe im Übergangsbereich

- **Tonproben im Übergangsbereich**

Eine Mittelstellung bezüglich der Umbildung der Tonminerale nehmen die Proben 7771 und 7772 aus der KB 3 ein. Es kommt zu einer leichten Erhöhung des Smektitgehaltes in der Probe 7771 auf 57 Masse %, während der Illitanteil noch nicht verändert ist. Eine Vermikulitneubildung tritt nicht auf. Der Gehalt an Kaolinit liegt im Bereich von 7 und 11 Masse %. Primärer Chlorit ist zur Gänze verwittert, eine Neubildung von sekundärem Chlorit ist ebenfalls nicht erfolgt (cf. **Abbildung 14**);

3.1.4 Wassergehalte

Die Verwendung der Proben aus der KB 1 bis KB 3 war ursprünglich im Projekt nicht vorgesehen, sodass die Probenentnahme erst etwa ein halbes Jahr später erfolgte. Die Bohrkernkerne waren ordnungsgemäß in der Straßenmeisterei Scheibbs gelagert und stellen daher wertvolle Rückstellproben für die mineralogischen Untersuchungen dar. Die Wassergehaltswerte sind aber nicht mehr als repräsentativ anzusehen. Interessant ist aber trotzdem, dass die Proben 7770 und 7771 noch immer sehr hohe Wassergehalte aufweisen. Dies ist ein Hinweis auf deren Feinkörnigkeit und die hohe Plastizität. Die Proben aus dem Schacht B wurden ordnungsgemäß entnommen und verpackt, durch eine organisatorisch unumgängliche Lagerungszeit von ca. zwei Wochen könnten aber die gemessenen We-

rte der Wassergehalte geringfügig niedriger sein als bei der ursprünglichen Entnahme.

3.1.5 Konsistenzgrenzen

Die Kenntnis der Konsistenzgrenzen und Konsistenzzahl ist für die Beurteilung von Massenbewegungen von eminenter Bedeutung. Diese Werte wurden an ausgewählten Proben ermittelt. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle T-07** ersichtlich. Die Schlierprobe 7774 der KB 3 aus einer Tiefe von 14,20 – 14,45 m weist bei einer Ausrollgrenze von 18,9 % und einer Fließgrenze von 43,3 % eine Plastizitätszahl (I_p) von 24,4 auf. Deutlich höher sind diese Werte für die oberflächennahen Proben 7770, 7907 und 7910. Die Ausrollgrenze liegt im Bereich von 17,3 % (7910) bis 20,3 % (7770), die Fließgrenze bewegt sich zwischen 51,1 % (7910) und 60,8 % (7907). Die Plastizitätszahl (I_p) liegt demnach zwischen 33,8 % (7910) und 42,1 % (7907). Die Proben des Übergangsbereiches liegen bezüglich Fließgrenze und Ausrollgrenze genau zwischen den Werten des Schliers und der oberflächennahen Proben. Somit ergibt sich für die Schlierprobe die Bezeichnung mittelplastischer Ton, halbfest. Die oberflächennahen Tone sind als weiche, ausgeprägte plastische Tone zu klassifizieren. Die Proben aus dem Übergangsbereich sind als mittelplastische Tone, steif bzw. halbfest zu klassifizieren.

3.2 Geoelektrik

Die geoelektrischen Daten wurden mit marktüblicher Software invertiert, LOKE (2004), und standardmäßig in den **Abbildungen 16, 17 und 18** dargestellt. Das Histogramm aus allen invertierten Widerständen (insgesamt 7452 Werte), **Abbildung 19**, zeigt eine relativ schmalbandige Verteilung – die spezifischen Widerstände reichen von wenigen Ohm m^{-1} bis ca. 200 Ohm m^{-1} . Werden die Widerstände gegenüber der relativen Teufe aufgetragen und mit den Erkenntnissen der Tonmineralogie verbunden, lassen sich erste Schlüsse über die geologische Grundsituation ziehen. Die gemeinsame Darstellung, **Abbildung 20**, der beiden Querprofile zeigt im oberflächennahen Bereich, Geländeoberkante (GOK) bis 3 m unter GOK, die relativ breitbandige Verteilung der invertierten Widerstände – der Verteilung im Histogramm folgend sind alle Widerstandsklassen in der obersten Schicht repräsentiert. Danach folgt bis ca. 10 m unter GOK eine geringe, aber erkennbare Zunahme der Widerstände. Im Liegenden kommt es dann zu einer relativ geringen Abnahme der Widerstandswerte. Die Tiefenverteilung des der spezifischen Widerstände im Längstprofil, **Abbildung 21**, ähnelt im oberflächennahen

Bereich dem Verteilungsschema der beiden Querprofile – relativ breitbandig in den ersten Metern verjüngt sich das Verteilungsmuster bis ca. 10 m unter GOK. Ein zweites, sehr lokales Verteilungsmaximum deutet sich zwischen 10 und 15 m unter GOK an. Eine Parallelisierung der geoelektrischen Ergebnisse mit den Erkenntnissen der Tonmineralogie unterstützt den vorgeschlagenen 3-Schicht-Fall – der stark verwitterte Oberflächenbereich (eine relativ große Breite der Widerstandsverteilung) liegt auf einem schluff-dominierenden / durchfeuchteten Horizont auf. Im Liegenden schließt sich als Grundsicht der tertiäre Schlier an. Die anfängliche Widerstandszunahme und die im Liegenden folgende Abnahme lassen sich mit dem nachgewiesenen Pyrit im Schlier erklären - der damit imprägnierte Schlier ist ein guter Leiter. Im Bereich der Schlieroberkante, wo Pyrit zu Goethit oxidiert ist, zeigt sich eine leichte Zunahme des spezifischen Widerstandes.

Eine Festlegung der Schichtunterkante aus geoelektrischen Daten ist von erheblichen Interpretationsbreiten, und somit mit möglichem Fehler behaftet, cf. z.B. CHRISTENSEN (2000). In **Abbildung 18a** ist eine weitere Quelle der Interpretationsbreiten aufgezeigt – je nach verwendeter Software werden in der Inversion verschiedene Modelle bereitgestellt. Zur Schichtansprache in gegenständlicher Fallstudie wurde aus den invertierten Daten die erste vertikale Ableitung berechnet. Dieser numerische Schritt führt zu einer „schärferen Darstellung“ des vorliegenden Datenmaterials. Im Weiteren werden Bereiche, in denen die erste Ableitung den Wert Null erreicht, als Schichtgrenzen angesprochen. Aus **Abbildung 22** lässt sich dieses für dieses Fallbeispiel eine gute Übereinstimmung zwischen dem Bohrbe- fund aus der KB 3 und der vorgestellten mineralogischen Gesamtinterpretation finden - Das Bohrprotokoll der KB 3 weist in 8.40 m unter GOK den Übergang zwischen mittelsteif-fest zu fest (unverwitterter Schlier) aus, wobei in dieser Tiefenzone auch die rote Isolinie des Ableitungswertes „Null“ positioniert ist. Aus der numerisch festgelegten Grenzsicht wird eine generalisierte Schichtansprache in der nachfolgenden Interpretation durchgeführt.

In den beiden Hangquerprofilen, cf. **Abbildungen 23** und **24** lässt sich in ca. 5 m bis 8 m unter GOK diese prognostizierte Schichtgrenze zwischen mittelfest und steif fast über die gesamte Profillänge parallelisieren. Auch im südlichen Teil des Hanglängstprofiles, cf. **Abbildung 25**, d.h. ab ca. Profilmeter +130, kann die Isolinie „Null“ der vertikalen Ableitung mit nämlicher Schichtgrenze angesprochen werden. Einige Unsicherheiten der Interpretation der geophysikalischen Sektion 3 liegen aber in der nördlichen Profilhälfte.

4 DISKUSSION

4.1 Tonmineralogie

Aufgrund der vorliegenden Analysen können die Proben des Untersuchungsgebietes in vier große Gruppen mit unterschiedlichen mineralogischen und geotechnischen Eigenschaften untergliedert werden.

- **Schlier**

Als Ausgangsmaterial für die Rutschkörper kann der Schlier in Betracht gezogen werden. Dieses Feinkornsediment wurde in drei Bohrungen KB1, KB2 und KB 3 in unterschiedlichen Tiefen angetroffen. Er ist durch die graue Farbe (Pyritgehalt) optisch eindeutig erkennbar. Die Tatsache, dass Pyrit vorhanden ist, lässt darauf schließen, dass Oxidationsvorgänge im Zuge fortgeschrittener Verwitterung diese Schichten nicht erreicht haben. Signifikant sind der hohe Schluffgehalt mit 66,8 % (Probe 7776), mittlere Tongehalte, sowie die geringen Sand- und Kiesmengen. Gesamtmineralogisch sind die höheren Karbonatgehalte (31 – 34 %) markant. Es treten sowohl Kalzit als auch Dolomitanteile auf. Tonmineralogisch sind deutliche Mengen an Illit und Smektit bemerkenswert, weiters sind deutliche Mengen an primärem Chlorit in den Proben enthalten. Geotechnisch werden diese Proben als halbfeste, mittelplastische Tone ($I_p = 24,4$) definiert.

- **Oberflächennahe Proben**

Ein völlig anderes Bild aus mineralogischer und geotechnischer Sicht ergibt sich für die oberflächennahen Proben, die aus den obersten Bereichen der Bohrungen und Schächte entnommen wurden. Infolge der sehr intensiven Verwitterung kam es zu beträchtlichen Veränderungen der Gesteinseigenschaften, der mineralogischen Zusammensetzung und der geotechnischen Kennwerte. Die Korngrößenverteilung zeigt eine beinahe lehrbuchmäßige starke Zunahme der feinsten Bestandteile der Tonfraktion infolge intensiver Verwitterungsvorgänge auf Werte bis an die 65 Masse %. Die Schluffgehalte sind in diesen Proben zugunsten der Tonfraktion deutlich verringert. Interessant ist der signifikant höhere Sandanteil in diesen Proben, der auf den ersten Blick nicht in das Verwitterungsschema des Schliers zu passen scheint. Dieser erhöhte Sandanteil ist aber durch die Einmischung von verwitterten Sandsteinanteilen logisch zu erklären. In der Gesamtmineralanalyse sind auch bei dieser Probe höhere Quarzgehalte nachweisbar. Als Folge der starken Verwitterung sind in diesen Bereichen die gesamten Karbonatminerale Kalzit und Dolomit sowie auch

Pyrit entfernt. Tonmineralogisch sind ebenfalls starke Veränderungen evident. Am auffälligsten ist die Transformierung von Illit zu Vermikulit und die deutliche Ausbildung eines unregelmäßigen Illit/Smektit Mixed Layers. Es kommt auch zu einer Anreicherung des sehr widerstandsfähigen Tonminerals Kaolinit, dessen Zunahme in vielen Verwitterungsstudien nachgewiesen wurde. Die geotechnischen Eigenschaften manifestieren sich in einem starken Anstieg der Plastizitätszahl auf Werte bis zu $I_p = 42,1$. Diese Materialien sind als weiche ausgeprägt plastische Tone zu bezeichnen.

- **Proben des Übergangsbereiches**

In diesen Bereich fallen die genauer untersuchten Proben 7771 und 7772 aus der KB 3 aus etwa 6 bis 8 m Tiefe. Diese Beispiele nehmen eine Zwischenstellung ein und umfassen einen weiten Bereich an rutschungsrelevanten Eigenschaften. Die Tonanreicherung und Schluffabnahme ist schon deutlich merkbar, aber noch nicht so ausgeprägt wie in der anderen Gruppe. Die Karbonatlösung ist unterschiedlich weit fortgeschritten, die Oxidation von Pyrit ist fast in allen Proben vollzogen, es tritt Goethit als Verwitterungsprodukt auf. Tonmineralogisch nehmen diese Proben ebenfalls eine Zwischenstellung ein. Smektit ist etwas erhöht, Illit etwas verringert und Chlorit nicht nachweisbar. Smektit ist auch hier ein Illit/Smektit Mixed Layer. Geotechnisch sind die untersuchten Beispiele in der Nähe des Ausgangsmaterials Schlier, als steife bis halbfeste mittelplastische Tone zu klassifizieren.

- **Sand/Schluffsteine**

Einige Sandsteine zeigen sehr hohe Karbonatgehalte bis 55 Masse % (7775). In diesen Proben sind auch höhere Gehalte an Quarz und Feldspäten vorhanden, ebenfalls ist Pyrit eindeutig nachweisbar (es hat somit noch keine Oxidation stattgefunden). Einige „Härtlinge“ weisen ebenfalls höhere Karbonatgehalte auf und vermitteln den Eindruck von Sandsteinbänken/Konkretionen. Tatsächlich handelt es sich aber meist nur um diagenetisch verfestigte, laminierte, etwas angewitterte Schluff/Tonsteine (7906).

4.2 Geoelektrik

MÜLLER (2005)² folgert durch Kartierung und Schürfe dass in einer Tiefe von 3 – 8 m unter GOK ein Übergang von eher weicheren Material zu steifen Ton einstellt. Dieser Befund wurde auch durch die mineralogische Modellierung unterstützt und bestätigt. Jedoch bilden die Schürfe und Bohrungen nur Stichproben aus einer Gesamtsituation. Für die Beantwortung der Kernfrage– ob diese Stichproben repräsentativ für das untersuchte Gelände sind, kann die Geophysik einen Beitrag leisten: Von einem bekannten Aufschluss kann die Kontinuität / Veränderung eines physikalischen Parameters über eine gewisse Strecke verfolgt werden. Aus diesen „geophysikalischen Indizien“ lassen sich für die geologische Situation des Untersuchungsgebietes weitere Schlussfolgerungen ziehen.

Im vorliegenden Fallbeispiel fügen sich die gewonnenen Erkenntnisse der Geophysik – von vereinzelt Interpretationsschwierigkeiten soll abgesehen werden – in das Bild des kartierenden Geologen bzw. Mineralogen ein. Seitens der Geophysik muss festgestellt werden, dass die Initialbefunde für das gesamte Baugrundstück gelten und die Wahl der Schürfe bzw. Bohrpunkte als repräsentativ angesehen werden muss.

² Seite 7, 3. Absatz von Punkt 3.8

5 RESUMÉE

Das Resumée muss unter zwei Blickwinkeln gezogen werden; und zwar (i) als Ergebnisträger für die Baugrundbewertung und (ii) als einen Beitrag zur Methodenoptimierung zur Untersuchung von Rutschhängen.

Bezüglich der Baugrundfrage muss festgestellt werden:

Die von dem Gutachten MÜLLER (2005) avisierte Rutschgefahr im nämlichen Bereich wird zur Gänze im geotechnischen, tonmineralogischen und geophysikalischen Befund bestätigt. Die Lage der geologischen Schürfe und der Kernbohrungen ist repräsentativ für das gesamte Untersuchungsgebiet. Die Baugrundbeurteilung im Gutachten MÜLLER (2005) ist stimmig mit den tonmineralogischen und geophysikalischen Ergebnissen. Die im Gutachten gezogen Schlüsse und gestellten Forderung werden zur vollen Gänze seitens der tonmineralogischen und geophysikalischen Erkenntnisse gestützt.

Bezüglich der Methodenoptimierung im gegensächlichen Projekt gilt:

Die Kombination einer tonmineralogischen Ansprache mit einer nachgeschalteten geophysikalischen Kampagne stellt den richtigen Lösungsansatz dar. Eine detaillierte und umfassende Materialansprache ist für die Klärung der vorliegenden komplexen geologischen Situation notwendig. In einem solchen Verfahren bildet die Geophysik eine Brücke zwischen den punktförmigen Detailaufnahmen und den notwendigen flächigen Interpretationen. Die Auswahl der Geoelektrik erfolgte in diesem Beispiel unter methodischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Für Rutschhänge, deren Ursache in quellfähigen Tonen zu suchen ist, wird eine Kombination von tonmineralogischen und geophysikalischen Untersuchungen strengstens empfohlen.

Bei vorliegen einer solchen komplexen Geologie kann jedoch der amtseitig vorgehene finanzielle Rahmen für Voruntersuchungen nicht eingehalten werden. Allein die notwendigen Bohrungen werden das vorgegebene Budget überziehen.

6 LITERATUR

6.1 Zitate

- ANONYMUS, 1992: Applied Geophysics Code of Practice, Part I-III, Vibration Parameters [*Loseblatt*] 92.1.SIS 31, [vom] 15.01.1992, UFG, Paris
- BRINDLEY, G.W. & BROWN, G., 1980: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification. - Mineralogical Society, 495, London.
- CHRISTENSEN, N. B., 2000: Difficulties in determining electrical anisotropy in surface investigations - Geophysical Prospecting, **48**, 1-19;
- HEIM, N., BIEBER, G., RÖMER, A., ARNDT, R., HÜBL, G., 2003: Ingenieurgeologische & geophysikalische Kartierung von Instabilitätszonen an der II. Wiener Hochquellenleitung Abschnitt Haberödt – Endbericht, Forschungsprojekt WA 08, Geologische Bundesanstalt, 1-102, Wien;
- KNÖDEL, K., KRUMMEL, H., LANGE, G., [*Hrsg.*] 1997: Geophysik – Springer, 1- 1063, Berlin;
- LOKE, M. H., 2004: 2-D and 3-D electrical imaging surveys – Tutorial (*Revisionsdatum 2004-06-24*), www.goelectrical.com, 1-135;
- MACKENZIE, R. C., 1964. The thermal investigation of soil clays. In: Rich, C. I. & Kunze, G. W. (eds.). Soil clay mineralogy – A symposium. The University of North Carolina Press, Raleigh, North Carolina, 200 – 244
- MAURITSCH, H. J., SEIBERL, W., 1997: Jahresbericht 1996 - ÖAW Projekt Geophysik der Erdkruste / Beiträge geophysikalischer Untersuchungsmethoden zur Früherkennung von Hanginstabilitäten - 1-60;
- MCCANN, F. M., FORSTER, A., 1990: Reconnaissance geophysical methods in landslide investigations - Engineering Geology, 29, 59-78;
- MOORE, D.M. & REYNOLDS, R. C., JR., 1997: X – Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. - Oxford Univ. Press, 378, New York
- MÜLLER, W., 2005: Bauvorhaben Scheibbs, XVI Edenberggründe – über die Erkundung, Untersuchung und Begutachtung obigen Baugrundes – Geotechnisches Gutachten, GZ 2005/64;
- ÖNORM B 4402: Erd- und Grundbau – geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke, [*Ausgabe vom*] 01.12.2003;

- ÖNORM B 4410: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung
[Ausgabe vom] April 1960
- ÖNORM B 4411: Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) Bestimmung der
Fließ- und Ausrollgrenze [Ausgabe vom] 01.12.1974
- WALACH, G., WEBER, F., 1984: Beispiele komplexer gravimetrischer und
magnetischer Untersuchungen (in) Militzer, H., Weber, F., (Hrsg.)
1984: Angewandte Geophysik, 1, Springer Verlag, 294-345, Wien
- WILSON, M.J., 1987: A handbook of determinative methods in clay mineralogy. – Verlag Blackie, 308, Glasgow and London

7 DANKSAGUNG

Das Projektteam möchte sich für die Mitarbeit von Prof. Dr. J. SCHNEIDER, Mag^a BIRGIT JOCHUM, Mag. ALEXANDER RÖMER und Mag. GERHARD BIEBER herzlich bedanken.

A TABELLEN

Tabelle 01: Zusammenstellung der untersuchten Proben

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Kurzbeschreibung
KB 1 8,0 – 11 m	7776	Grauer Schlier mit Harnischflächen
KB 2 14,3 m	7775	Grauer Sandstein
KB 3 1,05 – 1,30 m	7770	Gelbbrauner feinkörniger plastischer Ton
KB 3 6,60 – 6,80 m	7771	Gelbbrauner Ton
KB 3 8,30 – 8,50 m	7772	Gelbbrauner Ton
KB 3 8,70 – 8,80 m	7773	Grauer Sandstein
KB 3 14,20 – 14,45 m	7774	Grauer Schlier
Schacht A 1,2 m	7905	Ockerfärbig, teilweise plastisch und teilweise laminiertes Schluff/Ton
Schacht A Handstück	7906	Gelbbrauner laminiertes Schluff/Ton
Schacht B 0,7 m	7907	Gelbbrauner feinkörniger plastischer Ton
Schacht B 3,6 m	7908	Grauer Ton
Schacht B 3,8 m	7909	Gelbbrauner Ton
Schacht B 1,7 m	7910	Gelbbrauner feinkörniger plastischer Ton
Schacht C 3,7 m	7911	Grauer Sandstein
Schacht D 1,7 m	7912	Ockerfärbiger plastischer Ton
Schacht D 3,0 m	7913	Grauer Sand-/Schluffstein

Tabelle 02: Auflistung der Untersuchungsmethoden

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	WG	Atter- berg	KG	GMA	TMA
KB 1 8,0 – 11 m	7776	x	x	x	x	x
KB 2 14,3 m	7775				x	
KB 3 1,05 – 1,30 m	7770	x	x	x	x	x
KB 3 6,60 – 6,80 m	7771	x	x	x	x	x
KB 3 8,30 – 8,50 m	7772	x	x	x	x	x
KB 3 8,70 – 8,80 m	7773				x	
KB 3 14,20 – 14,45 m	7774	x	x	x	x	x
Schacht A 1,2 m	7905				x	
Schacht A Handstück	7906				x	
Schacht B 0,7 m	7907	x	x	x	x	x
Schacht B 3,6 m	7908				x	
Schacht B 3,8 m	7909				x	
Schacht B 1,7 m	7910	x	x	x	x	x
Schacht C 3,7 m	7911				x	
Schacht D 1,7 m	7912				x	
Schacht D 3,0 m	7913				x	

Tabelle 03: Ergebnisse der Korngrößenanalysen (Angabe in Masse %)

Bezeichnung	IAG Lab. Nr.	Kies	Sand	Schluff	Ton	Median [µm]
KB 1 8,0 – 11 m	7776	6,0	5,2	66,8	22,0	7,5
KB 3 1,05 – 1,30 m	7770	0	12,1	25,1	62,8	0,8
KB 3 6,60 – 6,80 m	7771	0,8	1,7	51,2	46,3	2,5
KB 3 8,30 – 8,50 m	7772	5,4	3,0	48,2	43,4	2,8
KB 3 14,20 – 14,45 m	7774	5,2	5,1	54,9	34,8	3,5
Schacht B 0,7 m	7907	0	9,0	26,8	64,2	0,9
Schacht B 1,7 m	7910	0	12,6	32,7	54,7	1,5

Tabelle 04: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Glimmer	Chlorit	∑ Schicht- Silikate	Quarz	Goethit	KFSP	Plagioklas	Kalzit Masse %	Dolomit Masse %	Pyrit
KB 1 8,0 – 11 m	7776	*	*	**	*		.	*	11	20	•
KB 2 14,3 m	7775	*	*	.	**		.	**	28	27	•
KB 3 1,05 – 1,30 m	7770	*	*	**	**		*	*			
KB 3 6,60 – 6,80 m	7771	.	.	**	*		.	*	20	9	
KB 3 8,30 – 8,50 m	7772	*	*	**	**		.	*	12	9	
KB 3 8,70 – 8,80 m	7773	.	.	.	**		*	**	31	13	•
KB 3 14,2 - 14,45 m	7774	*	*	**	*		.	*	26	8	•
Schacht A 1,2 m	7905	*	*	**	**		*	*	9	5	
Schacht A	7906	*	*	**	*		.	*	23	7	

Handstück											
Schacht B 0,7 m	7907	*	·	**	**		*	*			
Schacht B 3,6 m	7908	*	*	**	**		·	*	22	8	*
Schacht B 3,8 m	7909	*	*	*	**		·	*	23	10	
Schacht B 1,7 m	7910	*	*	**	**		*	*			
Schacht C 3,7 m	7911	*	*	*	**		·	*	25	6	*
Schacht D 1,7 m	7912	*	*	**	*		·	*	18	3	
Schacht D 3,0 m	7913	*	*	**	*		·	*	27	7	*

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

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Vermikulit	Smektit	Illit	Kaolinit	Chlorit primär	Chlorit sekund.
KB 1 8,0 – 11 m	7776		37	45	6	12	
KB 3 1,05 – 1,30 m	7770	34	28	20	12		6
KB 3 6,60 – 6,80 m	7771		57	36	7		
KB 3 8,30 – 8,50 m	7772		46	43	11		
KB 3 14,20– 14,45 m	7774		47	36	6	11	
Schacht B 0,7 m	7907	39	26	18	11		6
Schacht B 1,7 m	7910	32	28	16	14		10

Tabelle 06: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen, Angaben in Masse %

Bezeichnung	IAG Lab.Nr.	Wassergehalt	Anmerkung
KB 1 8,0 – 11 m	7776	5,7	stark ausgetrocknet
KB 3 1,05 – 1,30 m	7770	29,7	stark ausgetrocknet
KB 3 6,60 – 6,80 m	7771	33,3	stark ausgetrocknet
KB 3 8,30 – 8,50 m	7772	15,0	stark ausgetrocknet
KB 3 14,20–14,45 m	7774	9,8	stark ausgetrocknet
Schacht B 0,7 m	7907	38,7	geringfügiger Wasserverlust möglich
Schacht B 1,7 m	7910	33,6	geringfügiger Wasserverlust möglich

Tabelle 07: Ergebnisse der Bestimmung der Konsistenzgrenzen und Konsistenzzahl

Scheibbs Konsistenzgrenzen					
Zustandsgrenzen bindiger Böden (DIN 18122-1)					
ProbenNr.	Standort	natürlicher Wassergehalt w	Fließgrenze w _L	Ausrollgrenze w _p	Plastizitätszahl I _p
		in %	in %	in %	IP
7700	KB 3 01,05-01,30 m	29.7	56.6	20.3	36.3
7771	KB 3 06,60-06,80 m	23.3	39.6	18.3	21.2
7772	KB 3 08,70-08,80 m	15.0	42.0	15.3	26.7
7774	KB 3 14,20-14,45 m	9.8	43.3	18.9	24.4
7907	Schacht B - 0,7 m	38.75	60.8	18.7	42.1
7910	Schacht B -1,7 m	33.6	51.1	17.3	33.8
		Konsistenzzahl I _c	Auswertung nach Kennzahlen		
7700	KB 3 01,05-01,30 m	0,74/weich	ausgeprägt plastische Tone		
7771	KB 3 06,60-06,80 m	0,76/steif	mittelplastische Tone		
7772	KB 3 08,70-08,80 m	1,01/halbfest	mittelplastische Tone		
7774	KB 3 14,20-14,45 m	1,37/halbfest	mittelplastische Tone		
7907	Schacht B - 0,7 m	0,52/weich	ausgeprägt plastische Tone		
7910	Schacht B -1,7 m	0,51/weich	ausgeprägt plastische Tone		

B ABBILDUNGEN

Abbildung 01
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs: Übersichtsplan
Entnommen aus AMap3

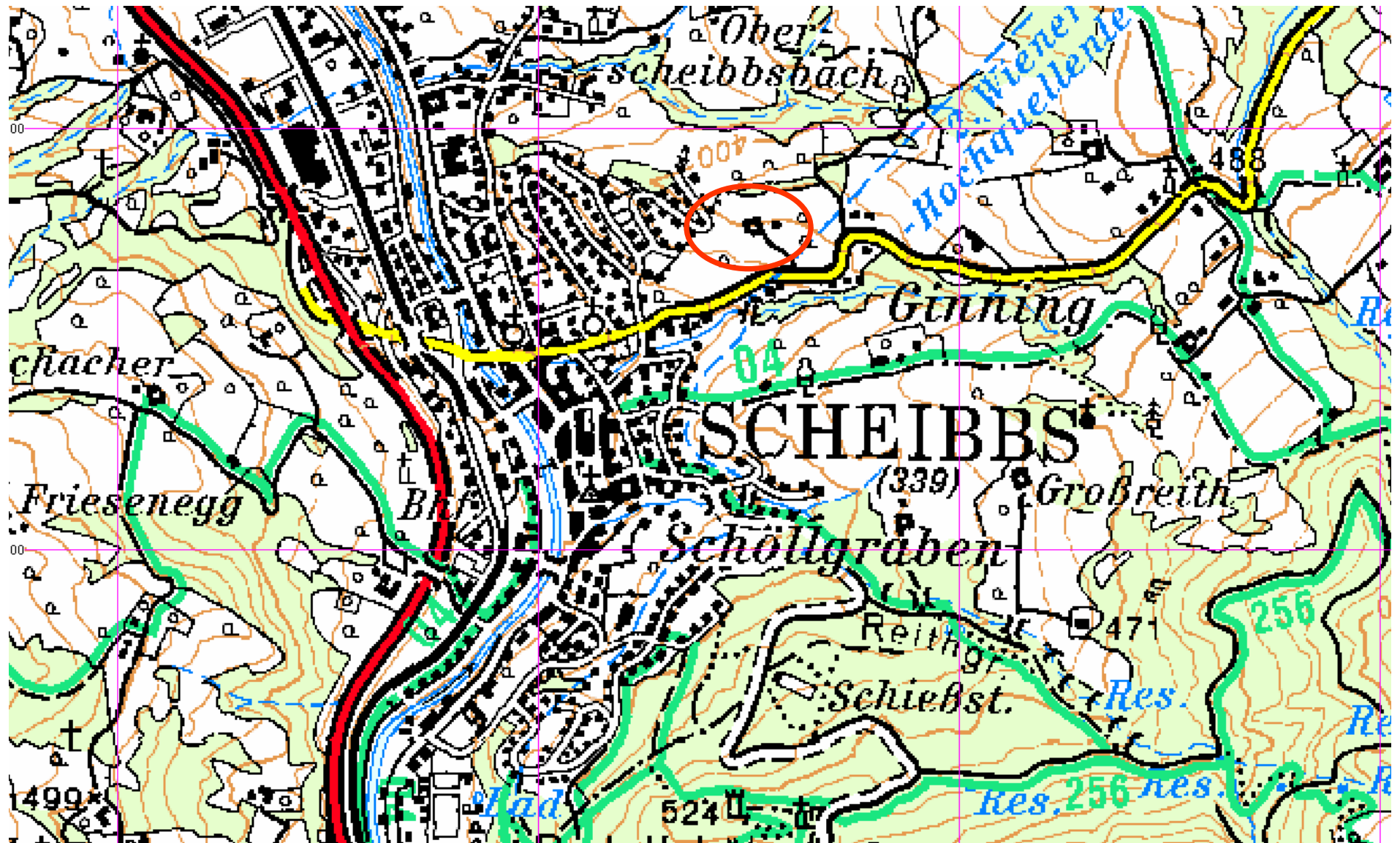
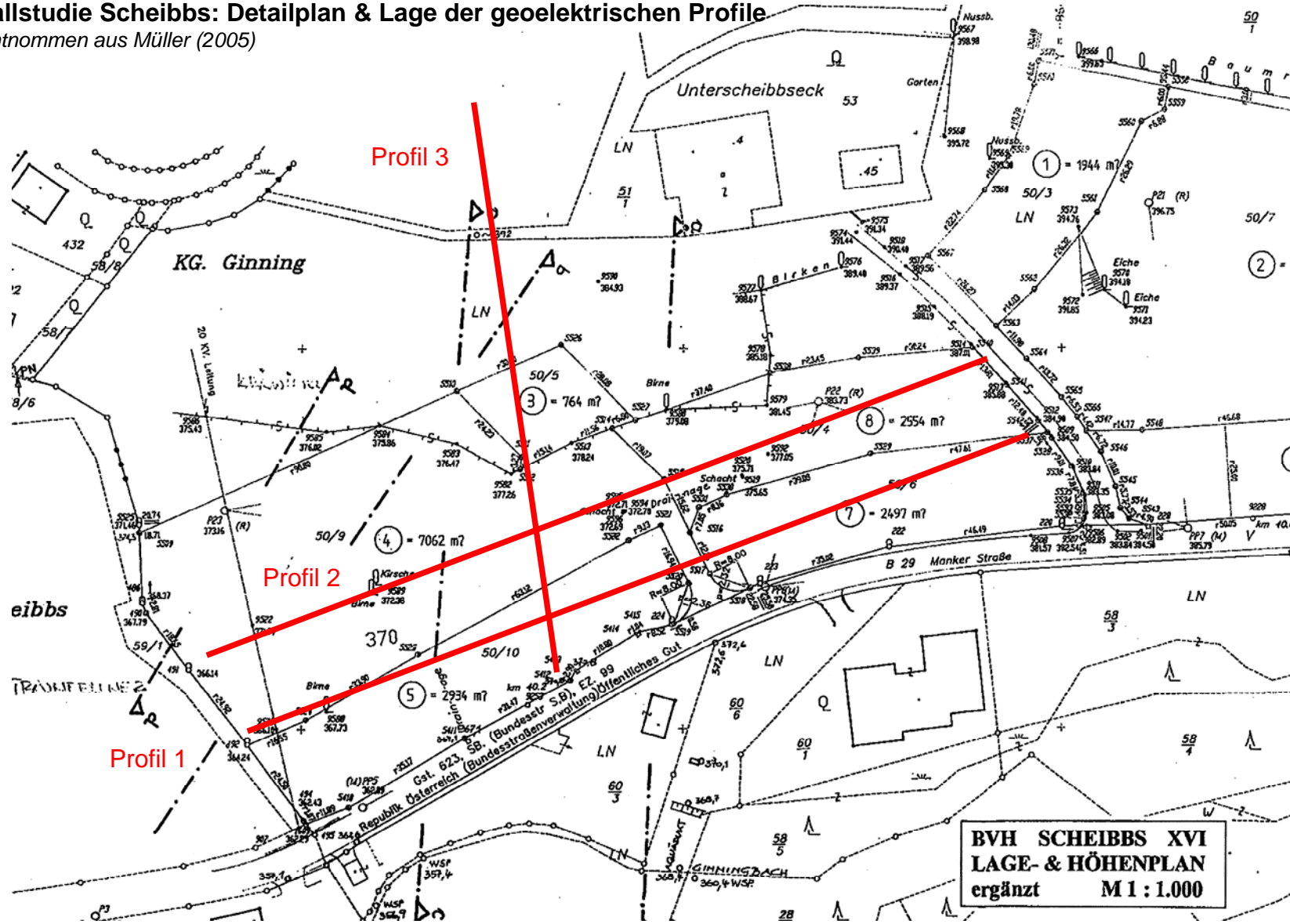


Abbildung 02
 TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs: Detailplan & Lage der geoelektrischen Profile
 Entnommen aus Müller (2005)



S

KB1

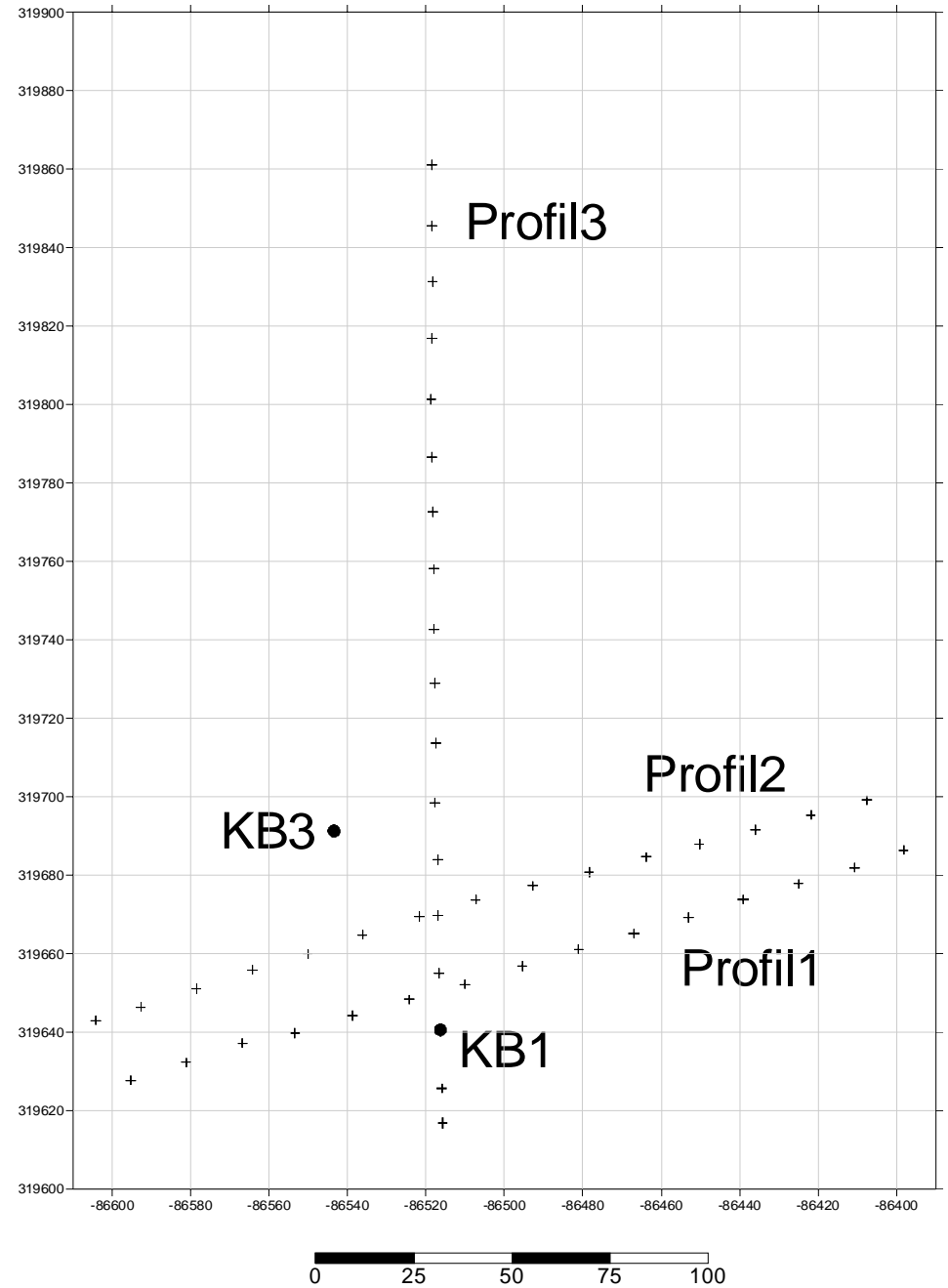
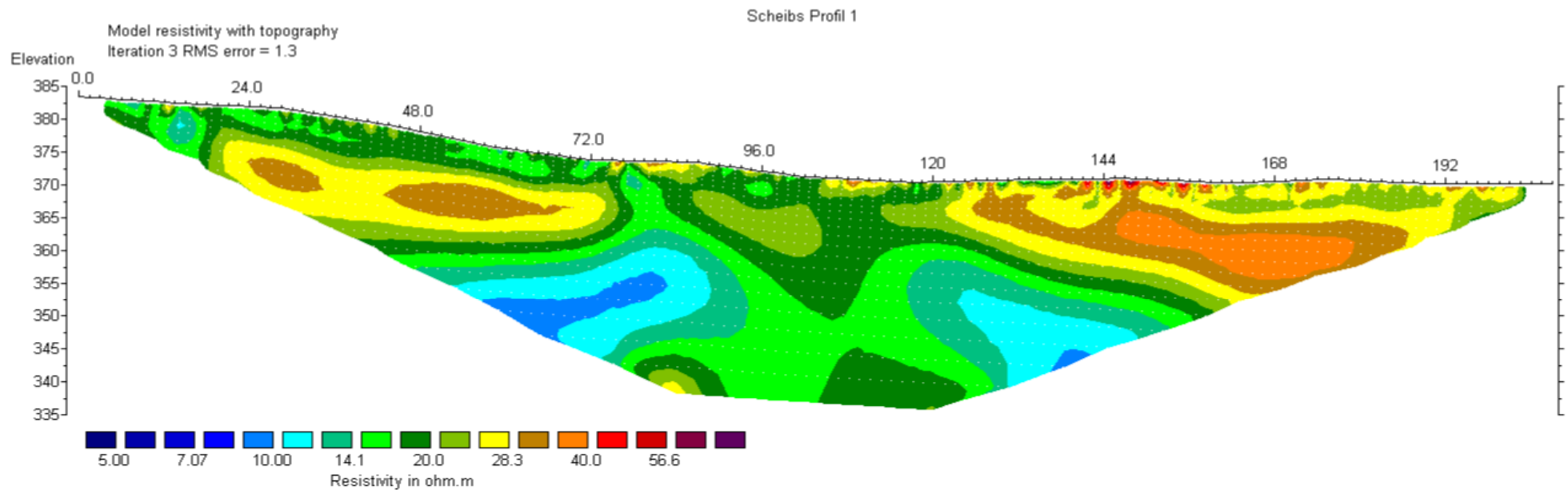


Abbildung 15
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs

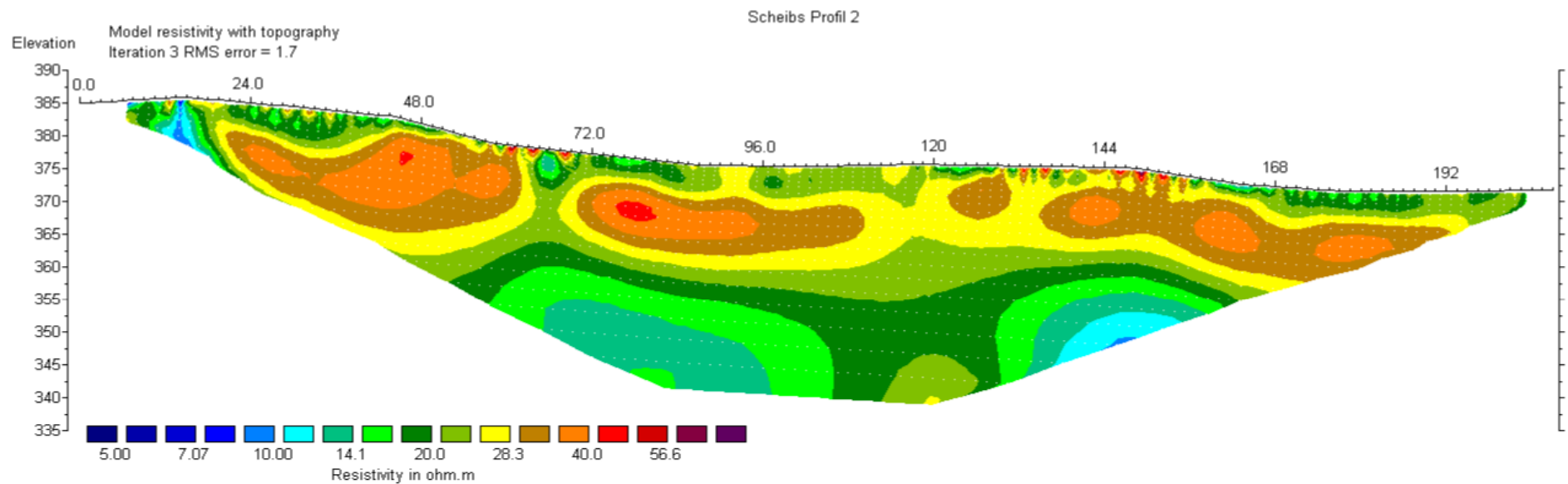
Lageplan der geoelektrischen Profile



Horizontal scale is 8.69 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 207.0 m.

Abbildung 16
 TR 408 - Projekt NÖ OÖ
 Fallstudie Scheibbs

Profil 1: Invertierte Daten der Geoelektrik



Horizontal scale is 8.69 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 207.0 m.

Abbildung 17
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs

Profil 2: Invertierte Daten der Geoelektrik

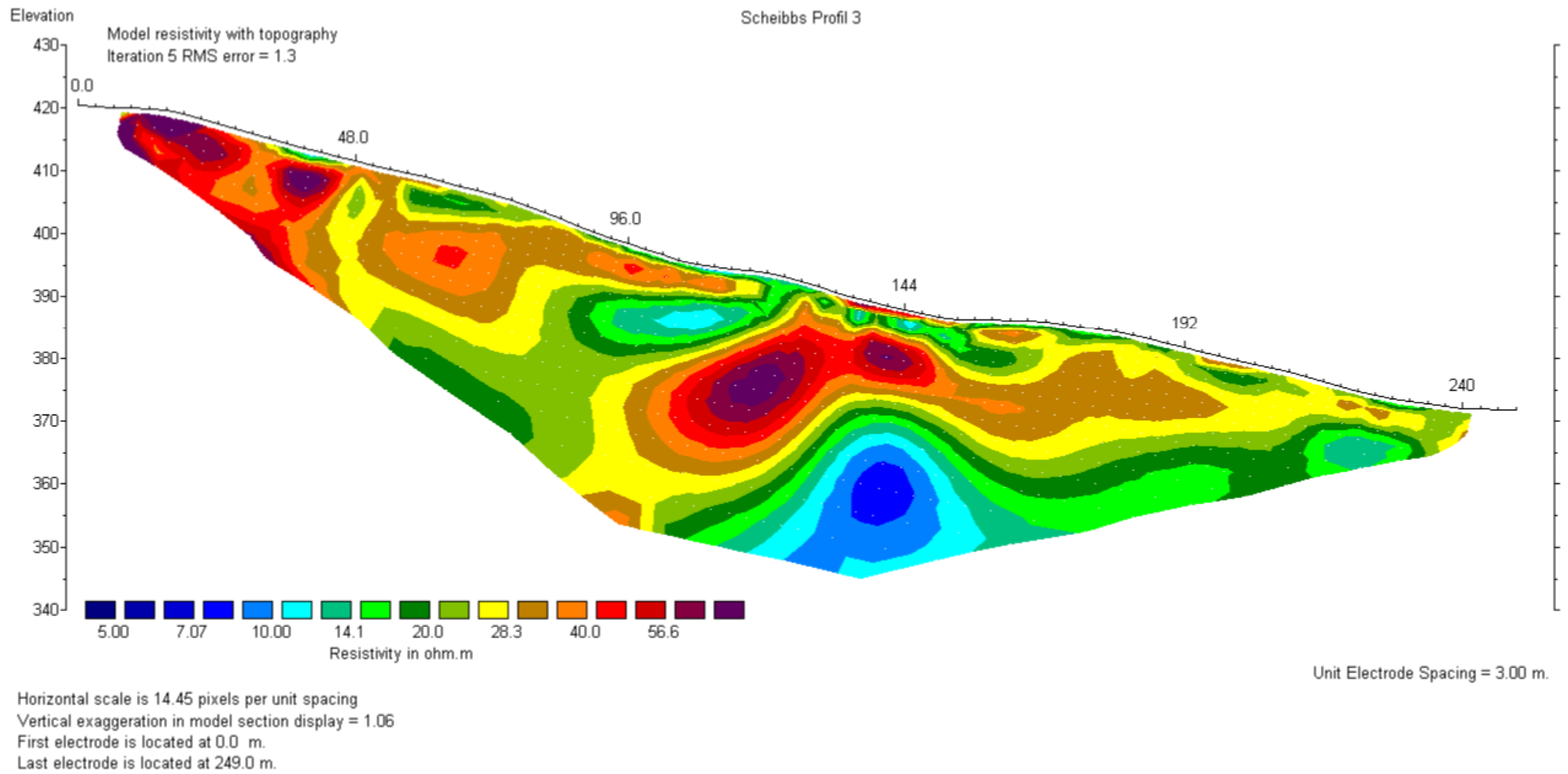


Abbildung 18
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs

Profil 3: Invertierte Daten der Geoelektrik

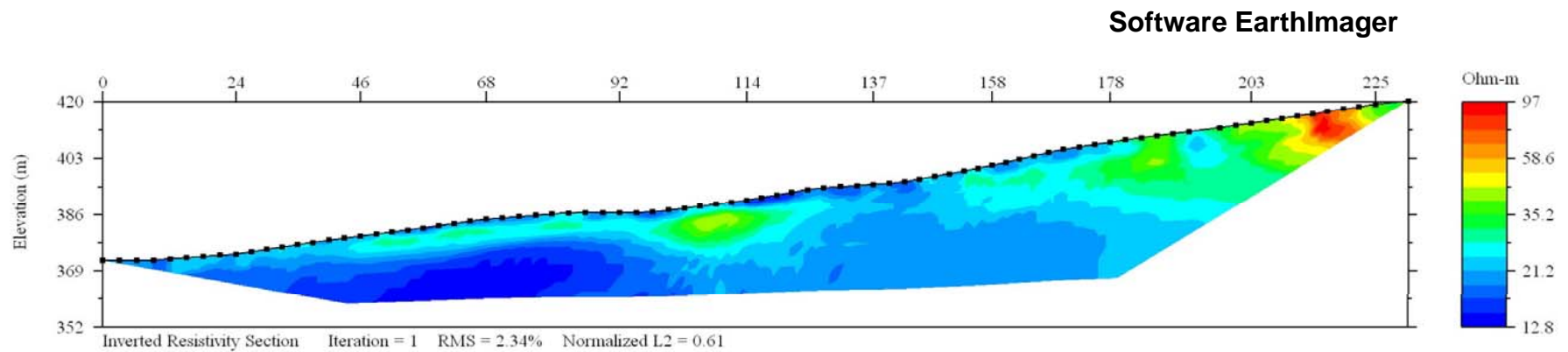
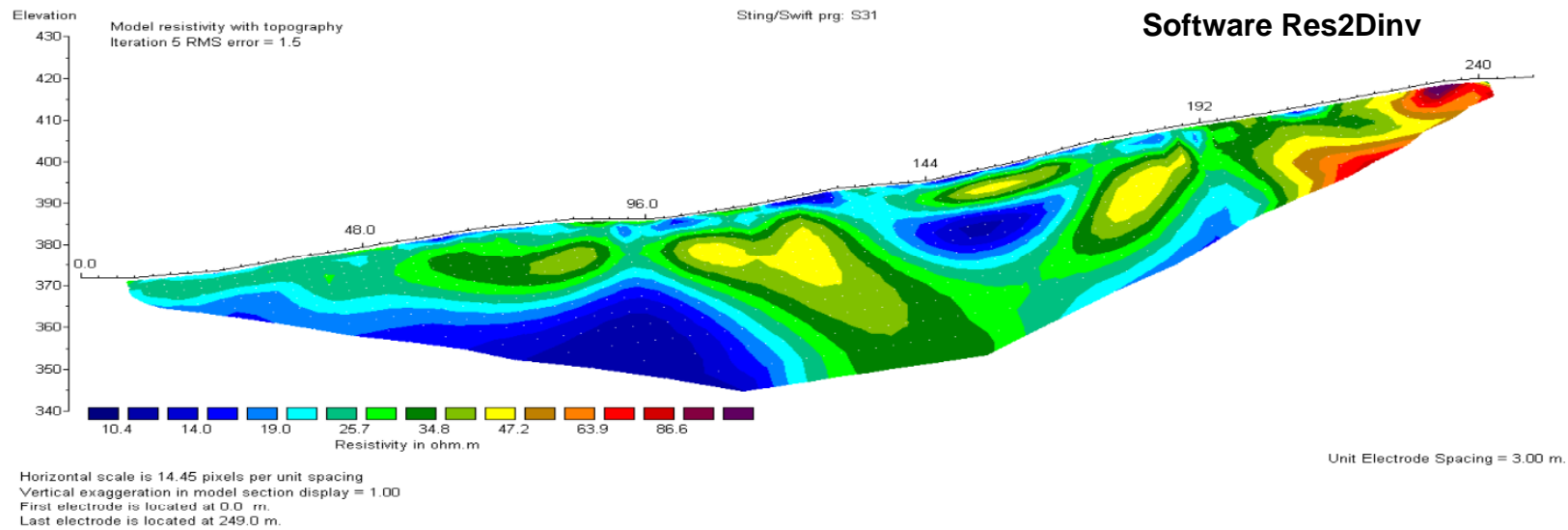


Abbildung 18a
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs

Profil 3: Varianz bedingt durch Auswertesoftware

Abbildung 20
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs)

Geoelektrik: Verteilung der Widerstände zur relativen Eindringtiefe

Profil 1 / Profil 2 / Profil 3

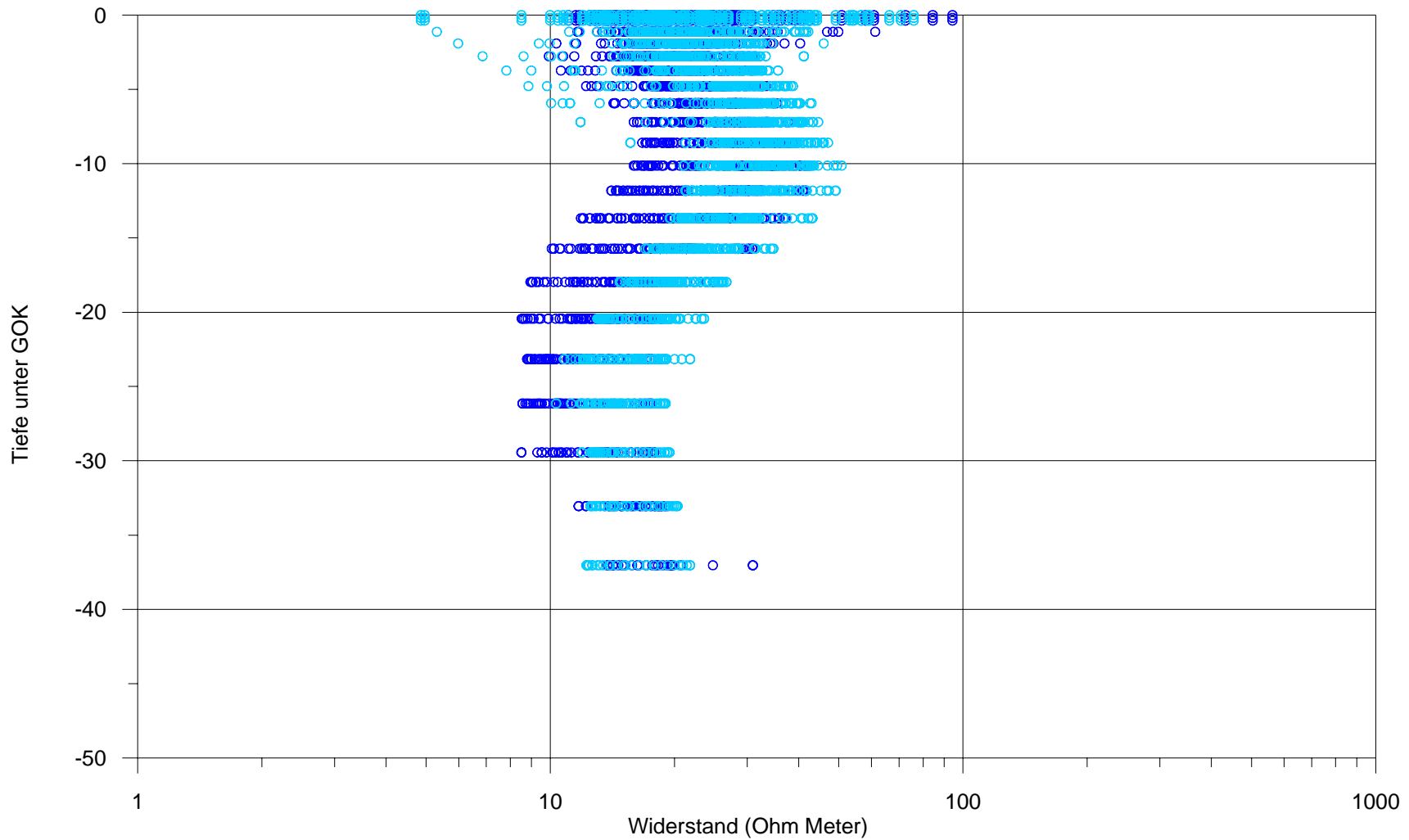


Abbildung 21
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs)

Geoelektrik: Verteilung der Widerstände zur relativen Eindringtiefe

Profil 1 / Profil 2 / Profil 3

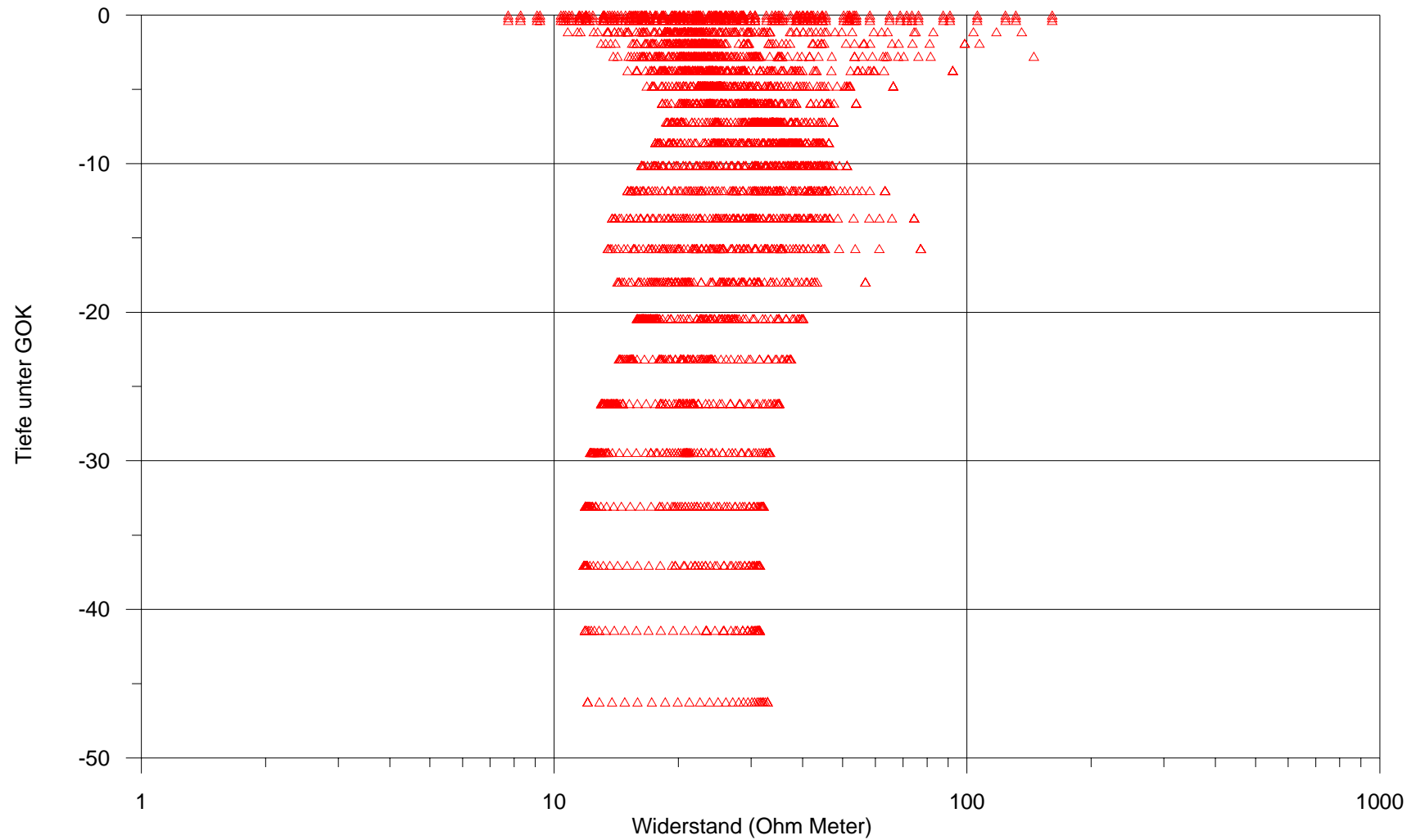


Abbildung 22
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs

Profil 3 / Detail:
Schichtansprache aus der 1. Ableitung

— 1. Ableitung = Null

— Übergang in KB 3 von mittelsteif zu fest;
entsprechend 8.40 m unter GOK

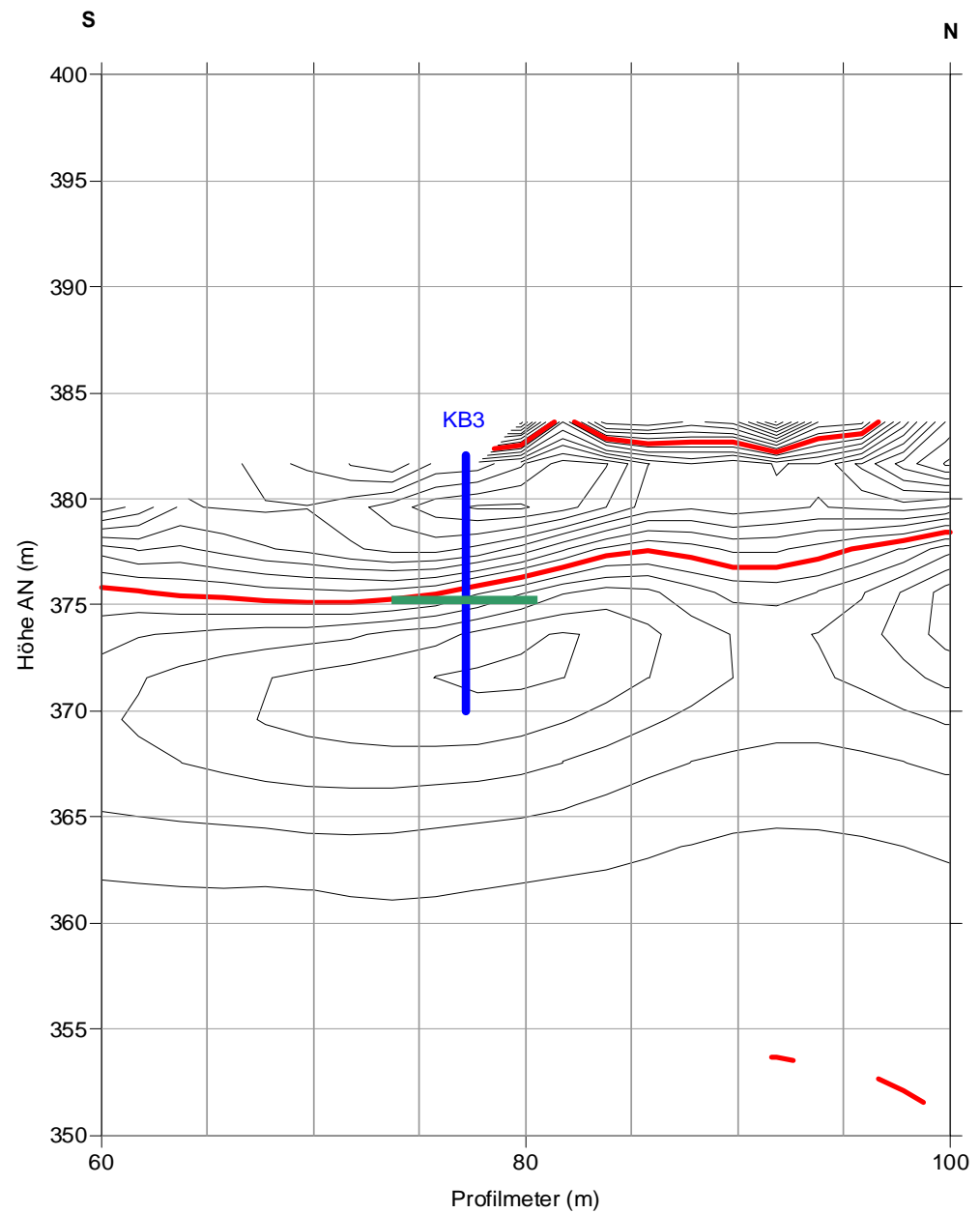


Abbildung 23
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs

Profil 1: Schichtansprache aus geoelektrischen Daten / 1. Ableitung

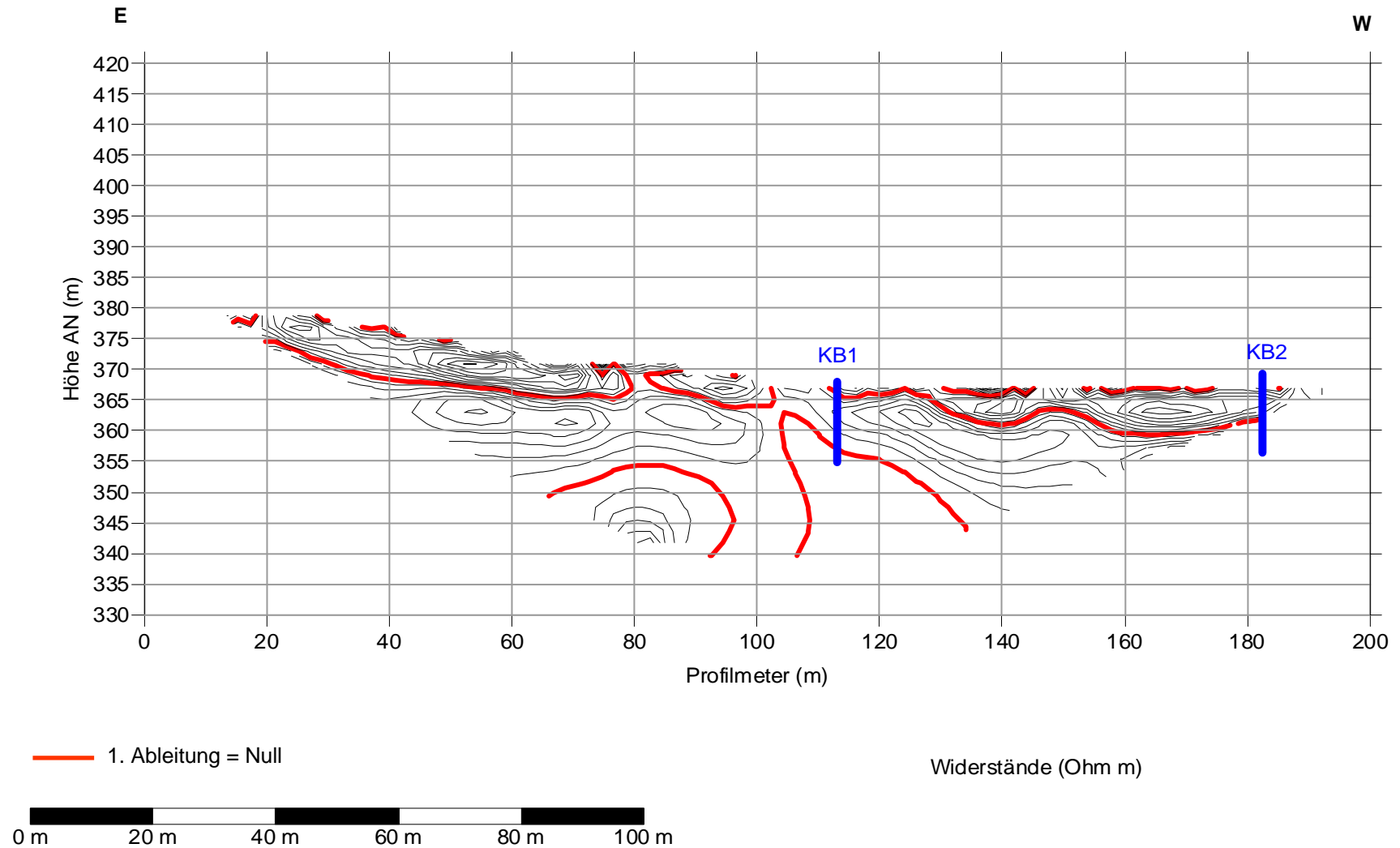
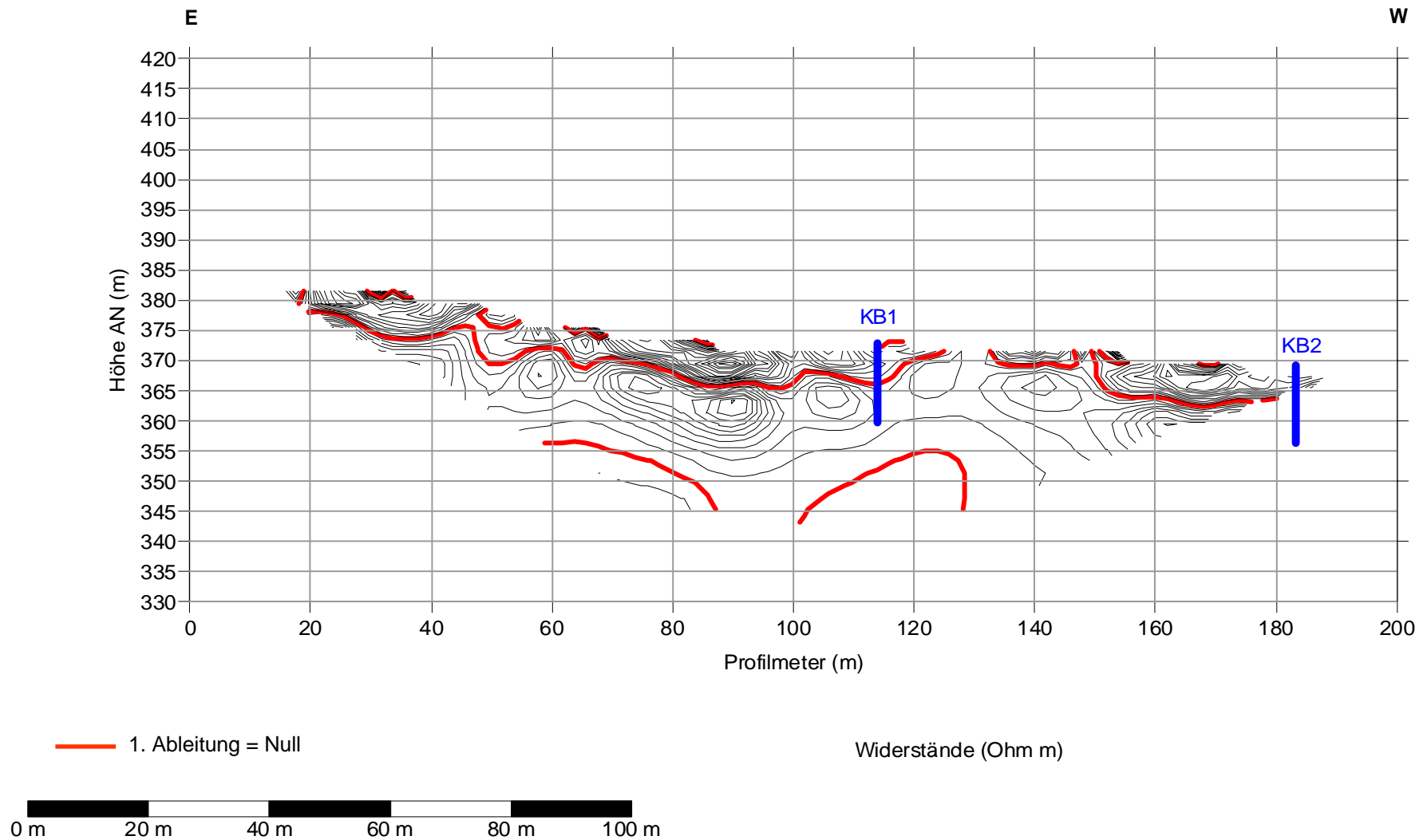


Abbildung 24
TR 408 - Projekt NÖ OÖ
Fallstudie Scheibbs

Profil 2: Schichtansprache aus geoelektrischen Daten / 1. Ableitung



Profil 3: Schichtansprache aus geoelektrischen Daten / 1. Ableitung

