



---

# Erkundungsbericht

## **Geoelektrische Erkundung Tonvorkommen "Witterschlick"**

---

Auftraggeber: SIBELCO Deutschland GmbH Sälzerstr. 20, 56235 Ransbach-Baumbach, vertreten durch Herrn Dr. Hoffmann

Datum des Auftrags: 20.04.18 auf Grundlage unseres Angebots 31-0418

Bearbeiter: Messung Dipl.-Geol. Dr. Martin Waldhör, Dipl.-Geol. Harald Scherzer  
Bericht Dipl.-Geol. Dr. Martin Waldhör

Datum der Messungen: 26. und 27.04.18

Datum Bericht: 08.05.18

Bericht-Nr.: TG962/18

Anzahl der Seiten: 12

Anlagen: Anlage 1, 2A, 2B, 3, CD-ROM



## **Inhalt**

1	Aufgabenstellung .....	3
2	Geoelektrische Tiefensondierung .....	3
2.1	Messung.....	3
2.2	Auswertung.....	5
2.3	Unsicherheiten des Verfahrens und Aussagewahrscheinlichkeit.....	5
3	Geologische Situation.....	7
4	Durchführung der Messungen.....	7
5	Auswertung und Ergebnisse .....	7
5.1	Datenbearbeitung und Planerstellung .....	7
5.2	Befunde und Diskussion .....	8
6	Zusammenfassung und weitere Vorgehensweise .....	12

## **Anlagenverzeichnis**

Anlage 1	Lageplan mit Topographie
Anlage 2A	Geoelektrische Profilschnitte
Anlage 2B	Profilschnitte mit Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Analysen
Anlage 3	Mächtigkeit der Überdeckung
Tabelle 1	Ergebnisse der Schichtgrenzenberechnung
CD-ROM	Inhalt: Bericht (pdf), CAD-Plan (dgn mit Geotiff-Dateien), QGis-Datei, Messdaten (xls)

## **Verwendete Unterlagen**

Plangrundlagen:	Digitaler Plan <i>Witterschlick_Geophysik.dxf</i> Luftbild vom Geoportal NRW ( <a href="http://www.geoportal.nrw">www.geoportal.nrw</a> ) Tabelle <i>TerranaGeophysik_BohrungenSchenkenbusch.xlsx</i> mit Schichtbeschreibungen und Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehalten
-----------------	---

## **Verwendete Software**

Datenbearbeitung und Modellierung:	MICROSOFT Excel, INTERPEX IX1D, GOLDEN SOFTWARE Surfer 15
Planerstellung:	GOLDEN SOFTWARE Surfer 15, BENTLEY Microstation v8

# 1 Aufgabenstellung

TERRANA GEOPHYSIK wurde beauftragt, in einem ca. 9 Hektar großen Gebiet bei 53347 Witterschlick eine geoelektrische Erkundung durchzuführen. Vorrangiges Ziel dabei ist die Erfassung der Mächtigkeit einer sandig-kiesigen Deckschicht über Tonen. Weiterhin sollte erkundet werden, ob die Tone anhand des elektrischen Widerstands hinsichtlich ihrer Qualität (Sandgehalt) beurteilt werden können. Es kam die Methode der geoelektrischen Tiefensondierung zum Einsatz, ausgeführt entlang von Profilen und mit kombinierter 2D+1D-Auswertung.

## 2 Geoelektrische Tiefensondierung

### 2.1 Messung

Das Prinzip der geoelektrischen Tiefensondierung ist die Messung des elektrischen Widerstandes des Untergrundes, indem über zwei Stromelektroden (ca. 50 cm lange Stahlspieße) ein Strom in den Untergrund eingespeist und zwischen zwei weiteren Elektroden die sich darauf einstellende Spannung gemessen wird (**Bild 1a**). Während die Spannungselektroden bei der Messung eines Punktes am selben Ort bleiben, wird der Abstand (die *Auslage*) zwischen den Stromelektroden sukzessive erhöht, wobei das Stromsystem tiefer in den Untergrund vordringt. Auf diese Weise erhält man die *Sondierungskurve*, eine Reihe von Messwerten aus sogenannten *scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstandswerten* (**Bild 1b**). Die Messwerte mitteln dabei über den jeweils erfassten, größeren Tiefenbereich und nehmen je nach Schichtaufbau des Untergrundes mit steigender Auslage zu- oder ab. Der gemessene Widerstandswert nimmt zu, wenn elektrisch gut leitfähige Schichten wie Tone (geringer Widerstand) von geringer leitfähigen Schichten wie z.B. Kies, Sandstein oder Fels (höherer Widerstand) unterlagert werden. Bei umgekehrter Lagerung nehmen die Messwerte mit zunehmender Auslage ab. Mehrschichtige Lagerungsverhältnisse ergeben entsprechend kompliziertere Sondierungskurven.

### MESSUNG

Messung des elektrischen Bodenwiderstandes: Mit zunehmender Auslage der Stromelektroden dringt das Stromsystem tiefer in den Untergrund ein. Die Eindringtiefe beträgt ca. 0,3-0,5 der Auslage.

Sondierungskurve: Kontinuierliche Erfassung des scheinbaren Widerstandwertes bis zur Erkundungstiefe

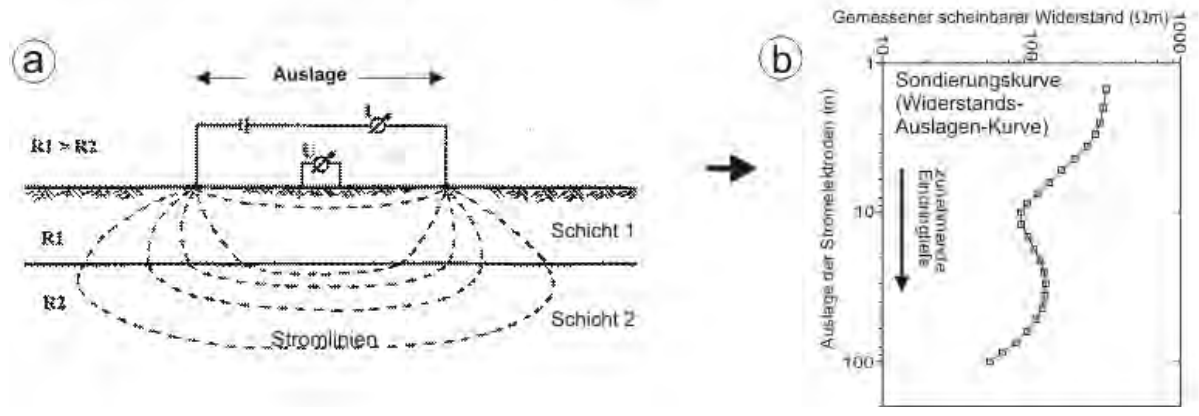


Bild 1: Links: Messanordnung der geoelektrischen Tiefensondierung. Rechts: Sondierungskurve

### AUSWERTUNG

#### (c) Schichtgrenzenberechnung

Aus der Sondierungskurve wird ein Schichtmodell berechnet mit Mächtigkeiten und spezifischen Widerständen. Die Berechnung orientiert sich an den geologisch vorhandenen Schichten. Die Schichtgrenzenberechnung dient der möglichst genauen Bestimmung von horizontalen Schichtgrenzen.

#### (d) Kontinuierliche Berechnung

Berechnung eines quasi kontinuierlichen vertikalen Widerstands-Tiefenprofils durch Vorgabe von 20 Schichten mit fester Tiefenlage, zu denen jeweils ein Widerstandswert berechnet wird. Aus den Widerstandsprofilen einzelner Tiefensondierungen werden Profilschnitte und 3D-Datenblöcke zusammengesetzt.

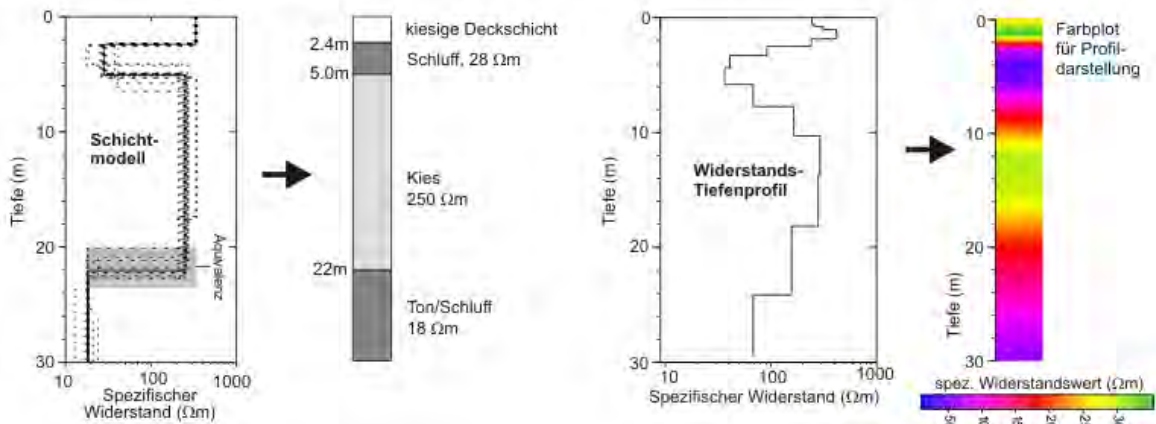


Bild 2: Auswertung der geoelektrischen Tiefensondierung

## 2.2 Auswertung

Für die Auswertung einer Sondierungskurve stehen zwei Berechnungsverfahren zur Verfügung:

- *Schichtgrenzenberechnung* (auch Schichtmodellberechnung genannt)
- *Kontinuierliche Berechnung* (Smoothmodellberechnung mit 2D-Auswertung)

Beide Methoden setzen einen (im Bereich der Auslage) horizontal geschichteten Untergrund voraus. Bei der **Schichtgrenzenberechnung (Bild 2 links)** wird eine für die Berechnung notwendige sowie geologisch sinnvolle Anzahl von Schichten vorgegeben und zu diesen eine Tiefenlage und ein spezifischer Widerstandswert berechnet. Diesen berechneten Schichten lassen sich dann im Regelfall einzelne geologische Schichten zuordnen. Da geoelektrische Felder Potentialfelder sind, ist aufgrund der Theorie eine eindeutige Lösung nicht möglich. Zu einer Sondierungskurve erhält man eine ideale Lösung, es sind aber theoretisch unendlich viele andere Lösungen denkbar (*mathematisches Äquivalenzprinzip*). Die Bandbreite der möglichen Lösungen kann jedoch durch die geologischen Rahmenbedingungen (i. w. zu erwartender Schichtaufbau) stark eingeschränkt werden. Die Schichtgrenzenberechnung und ihre Interpretation sollten daher immer an Bohrungen mit bekanntem Schichtaufbau orientiert werden.

Bei der **kontinuierlichen Berechnung (Bild 2 rechts)** werden für eine Sondierungskurve bis zu 20 Schichten mit fester Tiefenlage vorgegeben und zu jeder ein Widerstandswert berechnet. Auf diese Weise erhält man für jede Sondierungskurve ein quasi kontinuierliches, vertikales Widerstands-Tiefen-Profil. Diese werden zu Profilschnitten zusammengesetzt und farblich visualisiert. Schichtgrenzen werden erkennbar an markanten Farbveränderungen. Der Vorteil dieser Methode liegt in einer vereinheitlichten Berechnung der Sondierungskurven. Die Ergebnisse benachbarter Messpunkte können gut miteinander verglichen werden, Trends und Tendenzen wie z.B. Material- und Schichtwechsel werden erkennbar. Die kontinuierliche Auswertung wird vorzugsweise eingesetzt, wenn noch keine Bohrungen vorhanden sind sowie zur Unterstützung der Schichtgrenzenberechnung. Die Kombination beider Methoden erhöht die Verlässlichkeit des Ergebnisses.

## 2.3 Unsicherheiten des Verfahrens und Aussagewahrscheinlichkeit

Geophysikalische Messungen sind indirekte Aufschlussverfahren, die den Untergrund durch Messung von der Oberfläche aus erkunden. Geophysikalische Ergebnisse haben

aufgrund physikalisch-mathematischer Gründe<sup>1)</sup> grundsätzlich den Charakter einer Voraussage, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, d.h. innerhalb eines mehr oder weniger großen Schwankungsbereiches, zutrifft. Daher ist es nicht möglich, eine Garantie auf ermittelte Schichtmächtigkeiten und -beurteilungen zu geben. Geophysikalische Ergebnisse müssen immer mit Bohrungen verifiziert werden.

Beim Vergleich von Bohrung und Goelektrik ist zu beachten, dass die goelektrische Messung nicht wie eine Bohrung punktuell erkundet, sondern über einen Volumenbereich mittelt, dessen Erstreckung etwa der Auslage der Stromelektroden entspricht. Um beispielsweise bis zu einer Tiefe von 25 m zu erkunden, wird bei der Halben-Schlumberger-Anordnung eine Elektrodenauslage bis ca. 70 m benötigt, wobei die Messung dann über diesen Auslagenbereich mittelt. Liegen gleichmäßige Untergrundverhältnisse vor, d.h. ein horizontaler, homogener Schichtaufbau, liegt die Teufengenaugigkeit *am Einzelmesspunkt* bei etwa  $\pm 10-20\%$  der Tiefenlage einer Schichtgrenze. Über eine größere Anzahl von Messpunkten auf einer Fläche, orientiert an einer ausreichenden Anzahl repräsentativer Bohrungen, mitteln sich diese Einzelabweichungen erfahrungsgemäß größtenteils heraus. Um eine Schicht goelektrisch noch erkennen zu können, sollte sie eine Mächtigkeit von mindestens ca. 0,5 ihrer Tiefenlage (Oberkante) haben.

Laterale Inhomogenitäten (geneigte Schichtgrenzen, Materialwechsel, Topographie) erhöhen die Unsicherheit. Ist der Schichtaufbau lateral stark variabel, können das *punktueller* Bohrergebnis und das *integrale* Goelektrikergebnis erheblich von einander abweichen. In diesem Fall besitzen Bohrungen jedoch auch eine nur örtlich begrenzte Aussagekraft.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist grundsätzlich zu beachten, dass sich eine signifikante Aussage immer aus mehreren Messpunkten zusammen ergeben sollte. Einzelne Messpunkte können unter Umständen nicht repräsentativ sein.

Ein vollständiger Wissenstand um den Aufbau eines geologischen Untergrundes ist in der Praxis kaum möglich und kann andererseits auch mit einer großen Anzahl von Bohrungen kaum realisiert werden, umso weniger, je stärker der Schichtaufbau räumlich variiert. Die Aufgabe der Geophysik ist es, Bohrungen gezielt anbringen zu können und die Bereiche zwischen den Bohrungen so gut wie möglich zu erfassen. Das Ziel dabei ist die Entwicklung einer Modellvorstellung des Schichtaufbaus.

---

<sup>1)</sup> In erster Linie das Äquivalenzprinzip (Mehrdeutigkeit) für die Inversionsrechnung von Tiefensondierungskurven, weiterhin ein in unbekannter Weise lateral und vertikal variabler Untergrund (Schicht-/ Materialwechsel) innerhalb des Erfassungsbereichs.

### 3 Geologische Situation

Südlich des Erkundungsgebiets befindet sich eine ehemalige Abbaugrube für Tone. Im Gebiet sind neun Bohrungen vorhanden, an fünf davon wurden Tiefensondierungen gemessen.

Die Bohrungen zeigen gemäß Unterlagen eine sandig-kiesige Überdeckung von rund 3 bis 8 m Mächtigkeit, darunter folgen Tone. Im Liegenden ab ca. 35 - 40 m Tiefe treten Tone mit höherem Sandanteil und vereinzelt auch Sandsteine auf. Eine scharf definierbare Schichtgrenze zu einer substanziell anderen Schicht ist nach Angaben des Auftraggebers nicht vorhanden, die Grenze ist als ungefähr zu betrachten.

### 4 Durchführung der Messungen

Die geoelektrischen Tiefensondierungen wurden am 26. und 27.04.18 bei trockener, sonniger Witterung durchgeführt. Verwendet wurde ein Resistometer des Typs Syscal Junior. In der Elektrodenkonfiguration der *Halben-Schlumberger*-Anordnung wurden 24 Tiefensondierungen ausgeführt, angeordnet im Abstand von meist 55 m entlang von drei Profilen. Die Elektrodenauslagen betragen meist bis 87 m, entsprechend einer Erkundungstiefe bis über 40 m. **Anlage 1** zeigt die Messpunkte auf dem Plan.

### 5 Auswertung und Ergebnisse

#### 5.1 Datenbearbeitung und Planerstellung

Die Pläne wurden mit dem CAD-Programm *Microstation* in der beiliegenden DGN-Datei *TG962\_Sibelco-Witterschlick.dgn* erstellt<sup>2</sup>. Seitens des Auftraggebers lag der digitale Plan *Witterschlick\_Geophysik.dxf* (Koordinaten in DHDN Zone 2) vor, der unserer DGN-Datei als Referenz hinterlegt ist. In den Plan haben wir ein Luftbild des *Geoportals NRW* eingepasst. Alle graphischen Objekte liegen auf entsprechend benannten Ebenen. Die Anlagen 1 und 3 sind als Plotzusammenstellungen in der DGN-Datei enthalten.

Die Messdaten und Modelldaten sind mit Rechts- und Hochwert (DHDN Zone 2) auf der beiliegenden CD-ROM in einer Exceltabelle gespeichert.

---

<sup>2</sup> Das Datenformat DGN des CAD-Systems BENTLEY MICROSTATION kann von AUTOCAD geöffnet werden.

## 5.2 Befunde und Diskussion

Die geoelektrischen Tiefensondierungen wurden entlang von drei Profilen in Nord-Südrichtung ausgeführt.

Die Auswertung der Sondierungskurven umfasst zwei Schritte:

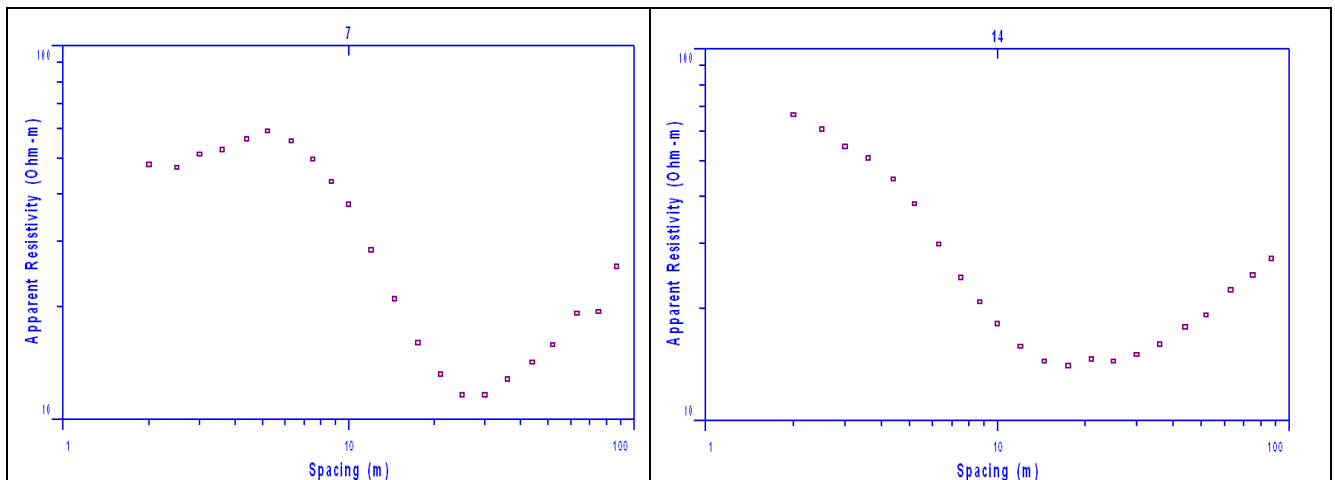
- Kontinuierliche Berechnung der Sondierungskurven zur Visualisierung der Lagerungsverhältnisse in Profilschnitten
- Schichtgrenzenberechnung der Sondierungskurven zur genaueren Erfassung von Schichtgrenzen

Die Schichtgrenzenberechnung dient der besseren Erfassung von tatsächlichen Schichtgrenzen, insbesondere bei geringem Widerstandskontrast. Ziel der Berechnung ist vorrangig die Überdeckungsmächtigkeit und, falls möglich, eine Untergrenze für die Ton-schicht.

Die Auswertung beruht grundsätzlich auf der Annahme eines horizontal geschichteten Untergrunds mit homogener Schichtzusammensetzung innerhalb des Erfassungsbereichs eines Messpunkts, was hier etwa einer Elektrodenauslage von 50-87 m entspricht. Ist der Untergrund lateral zu inhomogen, kann keine sinnvolle Schichtgrenzenberechnung erfolgen bzw. ist das Ergebnis nicht repräsentativ. Eine signifikante Aussage hinsichtlich der Schichtlagerung muss sich immer auf mehrere Messpunkte stützen. Weiterhin ist zu beachten, dass die Berechnung der Profilarbbilder auf Interpolation zwischen Datenpunkten beruht, d.h. der Annahme, dass zwischen den Messpunkten ein mehr oder weniger gleichmäßiger Übergang vorliegt. Starke laterale Material- oder Schichtwechsel dazwischen sind vom Messraster u. U. nicht erfasst worden.



**Bild 3** verdeutlicht exemplarisch die Sondierungskurven zweier Messpunkte. Die Kurven zeigen einen relativ einheitlichen Verlauf. Sie beginnen mit mittleren Werten von 50 - 100  $\Omega\text{m}$  (sandig-kiesige Überdeckung), fallen dann stark ab (elektrisch sehr gut leitfähige Tone) und steigen dann ab einer Auslage von ca. 30 m wieder etwas an. Dieser Anstieg wird von einer elektrisch wieder weniger gut leitfähigen Schicht verursacht. Es könnte sich dabei um sandigere Tonschichten handeln.



**Bild 3:** Sondierungskurven von Messpunkt 7 und 14. Spacing: Auslage = Abstand der Stromelektroden (L/2). Apparent Resistivity: gemessener Widerstandswert

Zur Berechnung der Schichtgrenzen waren in den meisten Fällen drei geoelektrische Schichten ausreichend. **Tabelle 1** in der Anlage listet die Ergebnisse der Berechnung detailliert auf.

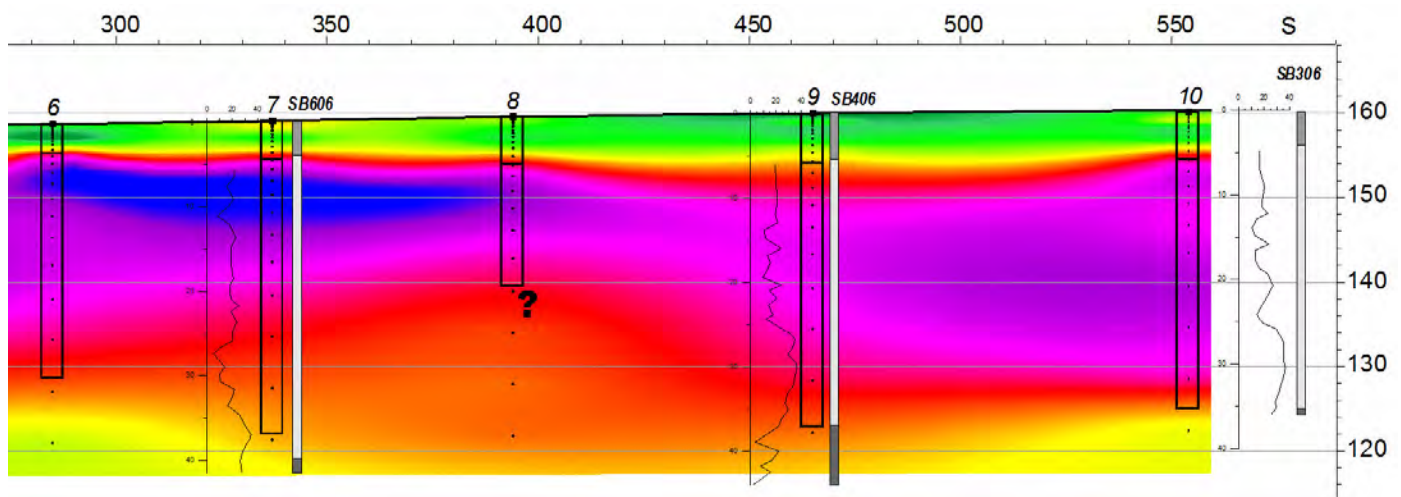
Die Überdeckung weist variable Widerstandswerte von 40 bis 180  $\Omega\text{m}$  auf (Mittelwert 93  $\Omega\text{m}$ ), was einem schluffig-tonigen Sand/Kies-Gemisch entsprechen dürfte. Die darunter folgende Tonschicht zeigt Werte von 7 bis 16  $\Omega\text{m}$  (Mittelwert 11  $\Omega\text{m}$ ). Im Liegenden treten Werte von 40 bis 190  $\Omega\text{m}$  auf bei einem Mittelwert von 88  $\Omega\text{m}$ . Diese wieder deutlich höheren Widerstandswerte lassen einen zur Tiefe hin steigenden Sandanteil vermuten.

Der Vergleich an den Bohrungen zeigt, dass die Überdeckungsmächtigkeit gut wiedergegeben wird. Die geoelektrisch ermittelte Grenze zu den Schichten im Liegenden korreliert hingegen nur ungefähr mit einer Grenze aus den Bohrungen. An vielen Messpunkten ergibt die Schichtgrenzenberechnung der Grenze in deutlich geringeren Tiefen.

Die **Anlagen 2A** und **2B** zeigen die geoelektrischen Profilschnitte. Die Tiefenlagen aus der Schichtgrenzenberechnung sind in Form von Säulen eingezeichnet, ebenso die Bohrungen.

**Bild 4** enthält einen Ausschnitt aus dem Profil 1-10. Das Widerstandsbild zeigt zuoberst einen grünen Streifen erhöhter Widerstandswerte, welcher die Überdeckung in guter Übereinstimmung mit den Bohrungen abbildet. Die darunterliegende Tonschicht weist niedrige bis sehr niedrige Widerstandswerte auf. Zur Tiefe hin zeigt das Widerstandsbild wieder einen Anstieg der Werte, der manchmal stärker (MP 6, 10), manchmal schwächer (MP 9) ausfällt. Hier dürfte sich der Einfluss einer Schicht von wieder höherem Widerstandswert bemerkbar machen.

An den Bohrungen liegen die Grenzen laut Schichtgrenzenberechnung etwa im Bereich der Bohrergebnisse (erhöhter Sandanteil im Ton), allerdings ist anzumerken, dass es sich um keine scharf definierbaren Schichtgrenzen handelt. An MP 8 beginnt der Widerstandsanstieg wesentlich früher. Dies dürfte jedoch eher von lateralen Inhomogenitäten im Untergrund verursacht sein und ist als nicht repräsentativ einzustufen, da es sich auch nur um einen einzelnen, abweichenden Messpunkt handelt.



**Bild 4:** Ausschnitt aus Profil 1-10

### Die Profile im Einzelnen:

Das westliche **Profil 18-24** weist eine größere, durchgehende Überdeckung von erhöhtem Widerstandswert (grün) von Süden bis zu MP 15 auf. Nördlich davon fällt das Gelände ab und die Überdeckung bleibt geringmächtig. Unterhalb folgt die Tonschicht mit niedrigen bis sehr niedrigen Widerstandswerten. Ab Tiefen um 30 m erfolgt wieder ein leichter Anstieg im Widerstandswert.

Ausgehend von der Bohrung SB706 / MP 24 im Süden lässt sich die Untergrenze der Tonschicht in etwa der dort erbohrten Tiefe von 37 m nach Norden bis zu MP 20 verfolgen. Das tomographische Widerstandsbild zeigt dabei einen relativ starken Anstieg des

Widerstandswerts (grünliche Farbtöne) und die Schichtgrenzenberechnung liefert eine dazu passende Untergrenze.

Ab MP 19 nach Norden liegt die Untergrenze der Tonschicht laut Widerstandsbild deutlich flacher. Die Schichtgrenzenberechnung ergibt nochmals geringere Tiefen. Somit wäre hier eine Veränderung der Tonschicht zu vermuten, gegebenenfalls hin zu erhöhten Sandgehalten.

Das mittlere **Profil 1-10** verhält sich ähnlich: Die höherohmige Deckschicht ist von MP 10 im Süden bis zum Geländeabfall an MP 3 im Norden durchgehend zu verfolgen. An MP 2 und 1 ist nur noch eine geringfügige Deckschicht von geringerem Widerstandswert zu erwarten.

Zur Tiefe hin zeigt das Widerstandsbild den Übergang zu gelblich-grünlichen Farben in ca. 30-35 m Tiefe. Die Schichtgrenzenberechnung ergibt damit übereinstimmend von MP 10 bis MP 5 eine Untergrenze in ebenfalls dieser Tiefe, mit Ausnahme von MP 8. Ab MP 4 bis MP 1 liegt die Grenze jedoch deutlich flacher im Übergang vom violetten zum roten Farbton im Widerstandsbild, so dass Widerstandsbild und Schichtgrenzenberechnung eine größere Diskrepanz aufweisen. Hier wäre gegebenenfalls ein erhöhter Sandgehalt im unteren Teil der Tonschicht zu vermuten.

Das kurze östliche **Profil 11-14** zeigt kaum Überdeckung. Auch hier steigt die Ton-Untergrenze von Süden nach Norden an.

In **Anlage 2B** ist der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt gemäß der zur Verfügung gestellten Daten als Liniengrafik auf den Profilschnitten dargestellt. Es besteht kein erkennbarer Zusammenhang mit den Widerstandsbildern.

**Anlage 3** zeigt abschließend einen Isolinienplan der Überdeckungsmächtigkeit. Die Überdeckung nimmt nach Norden bis Nord-Osten ab. Das Volumen des dargestellten Isolinienplans der Überdeckungsmächtigkeit beträgt rund 370.000 m<sup>3</sup> auf einer Fläche von rund 9,2 Hektar.

## 6 Zusammenfassung und weitere Vorgehensweise

- Auf der rund 9 Hektar großen Fläche wurden 24 geoelektrische Tiefensondierungen ausgeführt, angeordnet entlang von drei Profilen. Die Auswertung konnte an fünf Bohrungen referenziert werden.
- Die Messungen zeigen eine von Süden nach Norden/Nordosten mit der Geländehöhe abnehmende Mächtigkeit der Überdeckung. Die Untergrenze der Tonschicht wird im südlichen Bereich von tomographischem Widerstandsbild und Schichtgrenzenberechnung zutreffend wiedergegeben. Im nördlichen Teil liegt die Untergrenze laut geoelektrischem Widerstandsbild in etwas geringerer Tiefe, wobei die Schichtgrenzenberechnung nochmals deutlich geringere Tiefen ergibt.
- Ein Zusammenhang von Widerstandswert und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt ist nicht zu erkennen.

Mössingen, den 08.05.18



Dr. Martin Waldhör  
Dipl.-Geologe



Tabelle 1: Messpunkte und Ergebnisse der Schichtgrenzenberechnung

08.05.18

Koordinaten (DHDN Zone 2)				Tiefe der Untergrenzen unter GOK				Liegendes	Bemerkung
# Mess- punkt	x	y	z	Überdeckung		Tonschicht		R (Ωm)	
	Rechtswert	Hochwert	Höhe m NN	Tiefenlage UK (m)	R (Ωm)	Tiefenlage UK (m)	R (Ωm)		
1	2571488	5618242	153,0	2,7	40	18,0	9	80	
2	2571499	5618179	155,4	2,6	40	16,0	7	50	
3	2571503	5618125	157,1	2,8	65	15,0	8	70	
4	2571506	5618067	157,9	2,0	180	20,0	9	40	
5	2571510	5618010	158,2	4,8	125	32,0	10	130	
6	2571517	5617959	158,7	3,5	170	30,0	9	120	
7	2571517	5617904	159,1	4,6	65	37,0	10	115	
8	2571522	5617850	159,6	5,6	90	20,0	10	40	Ausreißer, UG Ton zu flach
9	2571543	5617778	160,0	5,8	110	37,0	16	45	
10	2571544	5617691	160,2	5,6	100	35,0	12	70	
11	2571574	5618150	154,2	2,0	60	20,0	12	75	
12	2571592	5618107	154,1	3,4	70	25,0	8	75	
13	2571604	5618056	154,0	1,6	55	28,0	10	70	
14	2571615	5617997	155,0	2,5	70	31,0	12	75	
15	2571411	5618110	158,9	4,0	115	22,0	13	190	
16	2571409	5618167	157,2	1,8	45	17,0	10	80	
17	2571403	5618218	155,4	1,5	65	20,0	10	135	
18	2571400	5618268	153,7	1,5	50	18,0	9	85	
19	2571417	5618054	160,0	4,0	165	25,0	15	125	
20	2571424	5618005	160,0	5,4	90	33,0	12	100	
21	2571424	5617945	160,1	4,8	120	32,0	12	85	
22	2571432	5617901	160,1	5,5	90	35,0	12	55	
23	2571431	5617832	160,5	5,5	150	35,0	9	75	
24	2571435	5617784	160,6	5,7	115	35,0	10	125	

Bohrungen:				Endteufe	
SB0106	5617681	2571651	159,0	4,8	37,5
SB0206	5617780	2571635	159,0	8,0	40,0
SB0306	5617683	2571545	160,0	4,8	36,5
SB0406	5617780	2571541	160,0	5,5	44,0
SB0506	5617675	2571442	161,0	5,0	40,0
SB0606	5617900	2571521	159,0	4,0	42,0
SB0706	5617782	2571432	160,0	6,5	38,5
SB0806	5617900	2571619	158,0	4,5	41,0
SB0906	5618001	2571615	158,0	3,0	41,5



Gelbe Umrandung: Erkundungsgebiet

● Messpunkt geoelektrische Tiefensondierung

● Bohrung

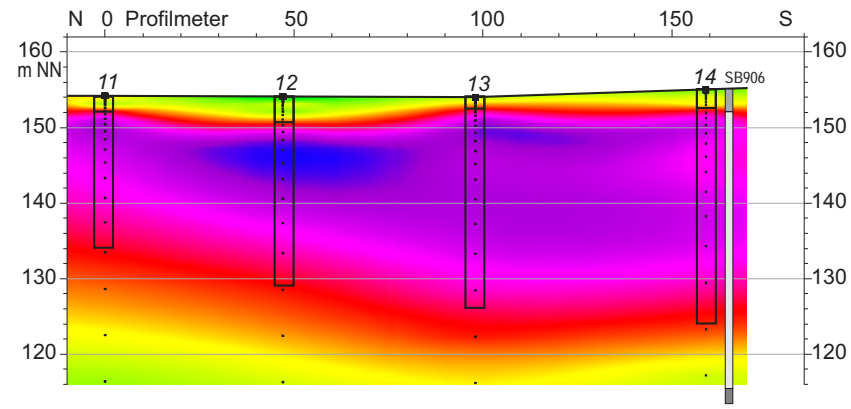
— Geoelektrischer Profilschnitt

0 100 200m

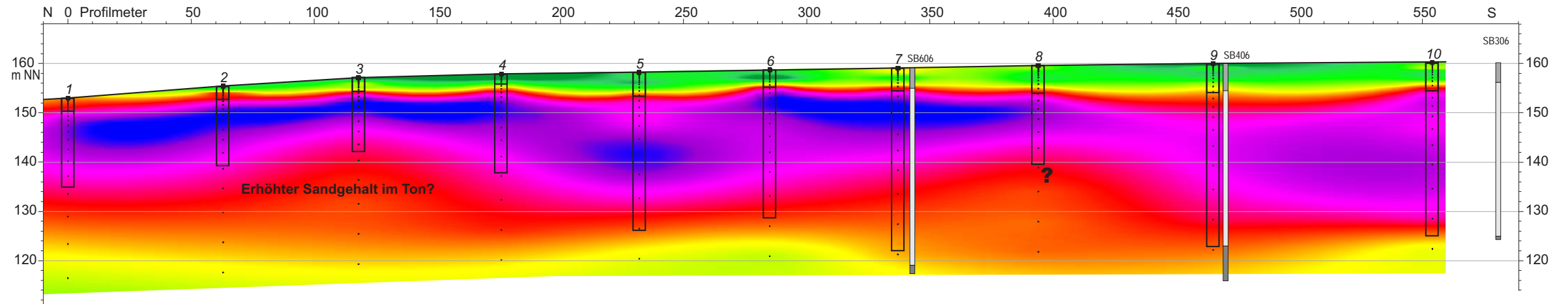
Luftbild NRW Geoportal, Koordinatensystem: DHDN Zone 2

Auftraggeber		SIBELCO Deutschland GmbH	
Projekt		Geoelektrische Erkundung "Witterschlick"	
Inhalt	Anlage-/Abb.-Nr.	Anlage 1	
Lageplan mit Topographie	Proj.-Nr.	TG962/18	Datum 08.05.18
<b>Terrana Geophysik</b> Dr. Patzelt & Partner Dipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mässingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	Bearb.	Dr. Waldhör	
	Geprieff.	Dr. Patzelt	
	Maßstab	1:4.000	Format

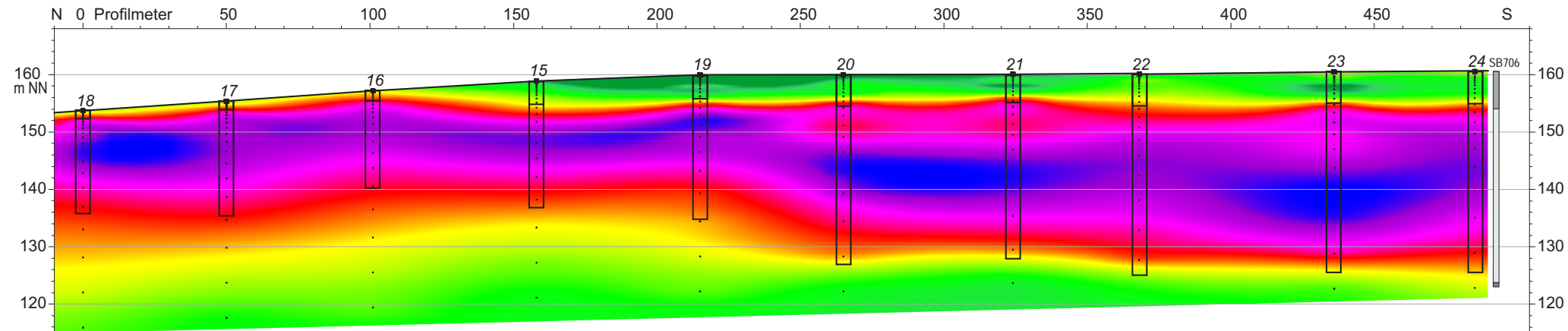
### Profil 11-14



### Profil 1-10

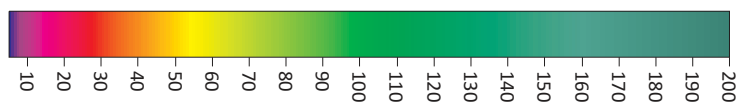


### Profil 18-24



• Datenpunkt der kontinuierlichen Berechnung

Berechneter spez. elektrischer Widerstand ( $\Omega\text{m}$ )



Säulen: Ergebnis der Schichtgrenzenberechnung

Überdeckung

Tonschicht

Bohrungen mit Überdeckung (dunkelgrau),  
Tonschicht (hellgrau),  
Liegendes (sandigere Horizonte)



Auftraggeber

**SIBELCO Deutschland GmbH**

Projekt

Geoelektrische Erkundung "Witterschlick"

Inhalt

Geoelektrische Profilschnitte

Anlage-Nr.

**Anlage 2A**

**Terrana  
Geophysik**

Dr. Patzelt & Partner  
Dipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen

Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388  
Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de

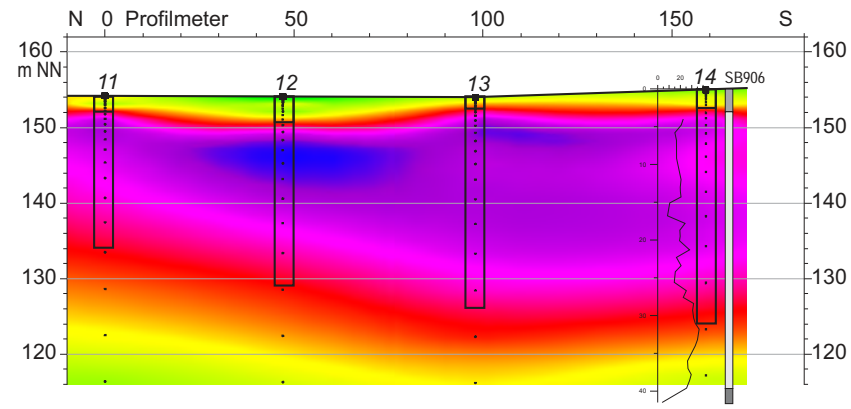
Proj.-Nr. TG962/18 08.05.18

Bearbeiter Dr. Waldhör

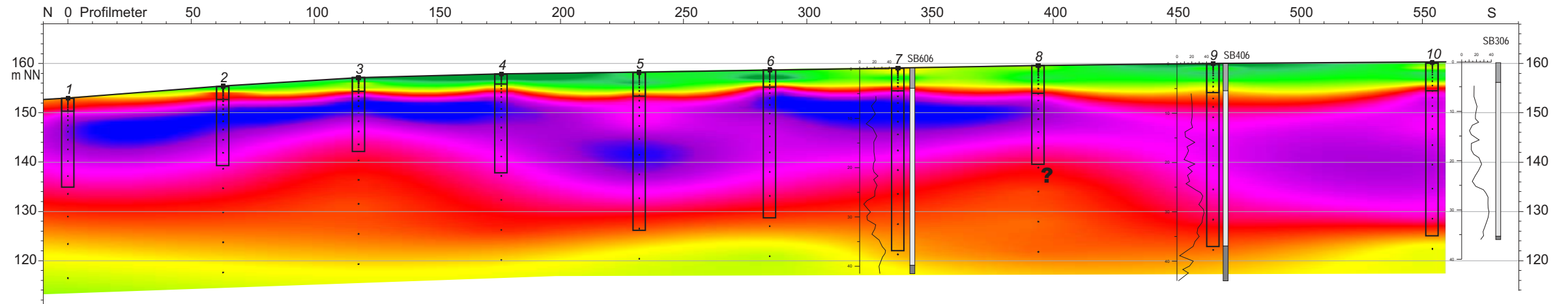
Geprüft Dr. Patzelt

Maßstab 1:500, 2-fach überhöht  
Format A3

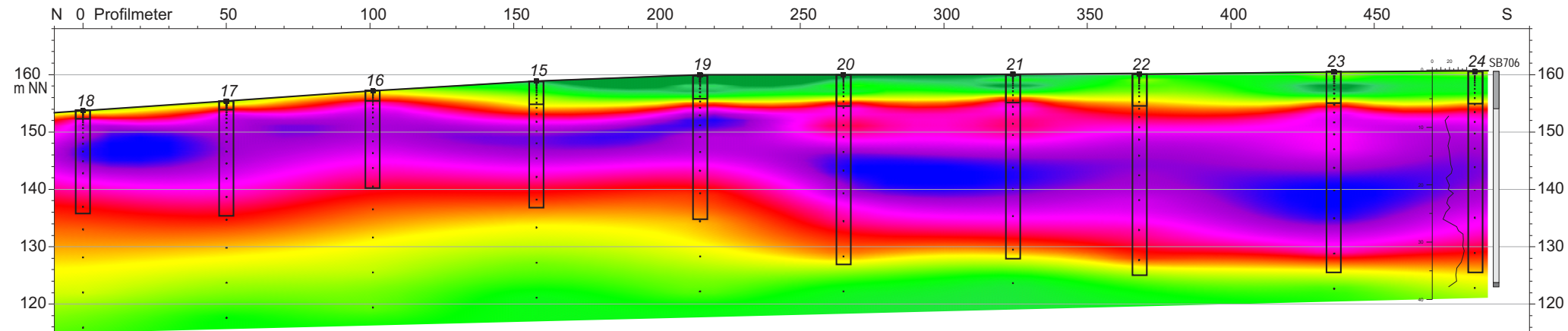
### Profil 11-14



### Profil 1-10

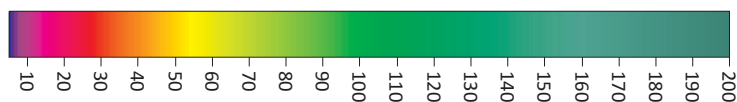


### Profil 18-24



• Datenpunkt der kontinuierlichen Berechnung

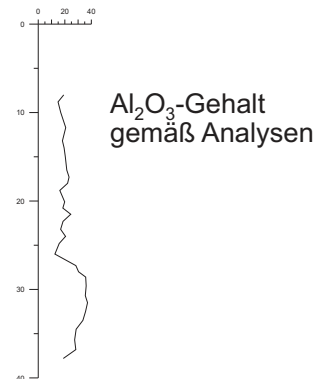
Berechneter spez. elektrischer Widerstand ( $\Omega\text{m}$ )



Säulen: Ergebnis der Schichtgrenzenberechnung

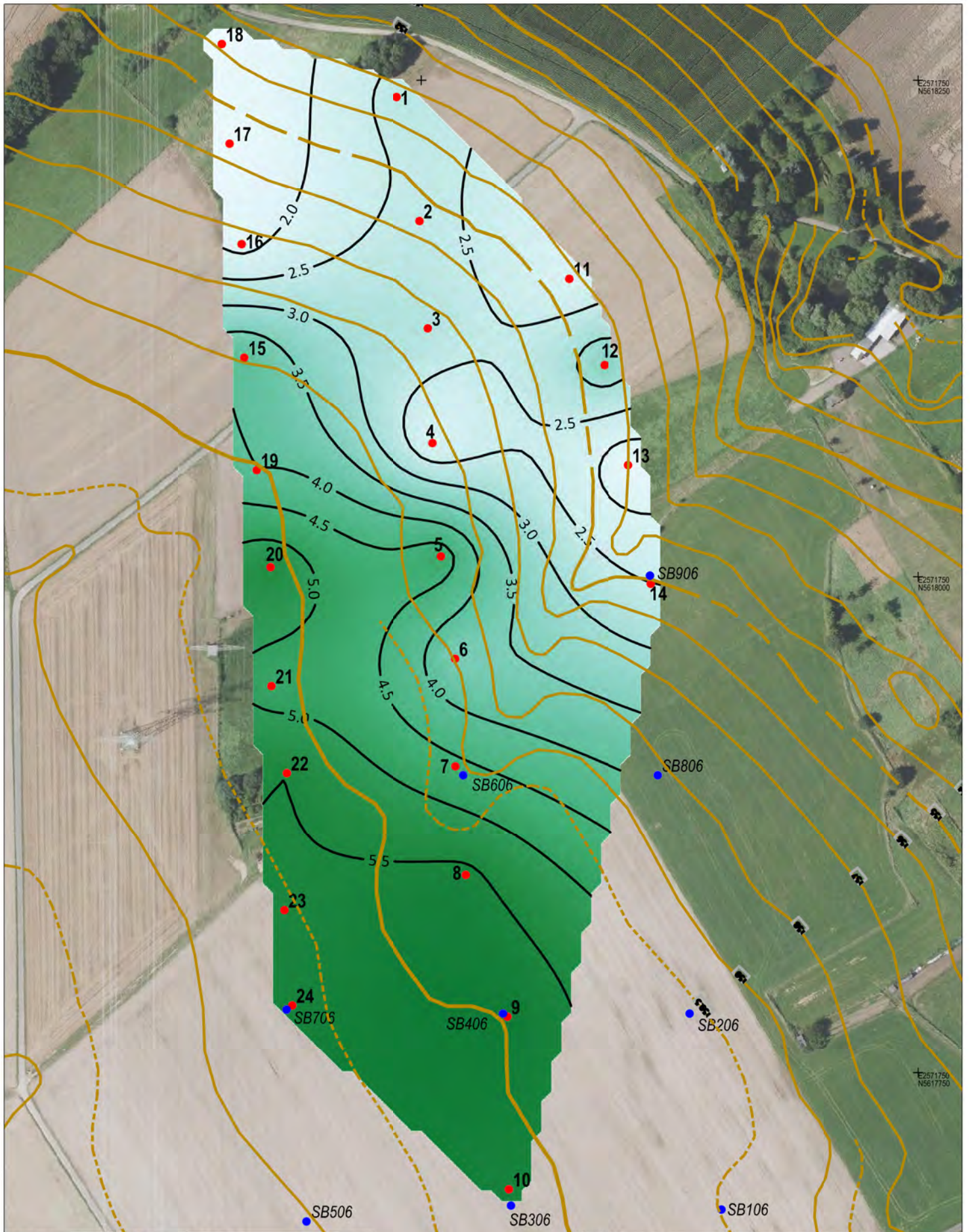
Überdeckung  
Tonschicht

Bohrungen mit Überdeckung (dunkelgrau),  
Tonschicht (hellgrau),  
Liegendes (sandigere Horizonte)

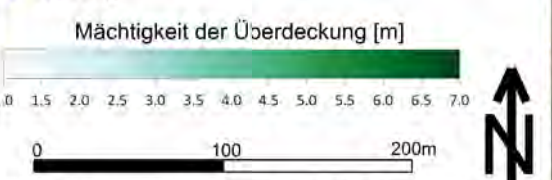


Auftraggeber <b>SIBELCO Deutschland GmbH</b>	
Projekt Geoelektrische Erkundung "Witterschlick"	
Inhalt Profilschnitte mit $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Analysen	Anlage-Nr. <b>Anlage 2B</b>
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner Dipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	Proj.-Nr. TG962/18 08.05.18
	Bearbeiter Dr. Waldhör
	Geprüft Dr. Patzelt
Maßstab 1:500, 2-fach überhöht	Format A3





- Messpunkt geoelektrische Tiefensondierung
- Bohrung



Luftbild NRW Geoportal, Koordinatensystem: DHDN Zone 2

Auftraggeber		SIBELCO Deutschland GmbH	
Projekt		Geoelektrische Erkundung "Witterschlick"	
Inhalt	Mächtigkeit der Überdeckung	Anlage-/Abb.-Nr.	Anlage 3
<b>Terrana Geophysik</b> Dr. Patzelt & Partner Dipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mässingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de		Proj.-Nr. TG962/18 Bearb. Dr. Waldhör Geprüft Dr. Patzelt	Datum 08.05.18 Format A4
Maßstab		1:2.500	