

GEOTECHNISCHER BERICHT

Bericht-Nr. 3257G02

Projekt: Erschließung NBG Johannespaisch II in Fleringen
- Dokumentation von Hohlraumerkundungen -

Datum: 24.11.2021

Auftraggeber: Ortsgemeinde Fleringen
über:
Verbandsgemeinde Prüm
Tiergartenstraße 54
59594 Prüm

Verteiler: VG Prüm, 2-fach,
Herr Ennen, vorab per Email:
robert.ennen@vg-pruem.de

Dieser Bericht umfasst 7 Seiten und 3 Anlagen.

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einführung	3
2.	Vorhandene Unterlagen	3
3.	Ausgangssituation und durchgeführte Untersuchungen	3
4.	Ergebnisse der Kernbohrungen	4
5.	Ergebnisse der Geoelektrischen Untersuchungen	5
6.	Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen	6

Anlagen:

1	Lageplan
2.1	Einzelprofile Kernbohrungen
2.2	Fotos Kernbohrungen
3	Ergebnisbericht Geoelektrische Untersuchungen Dr. Donié Geoconsult GmbH

1. Einführung

Im Rahmen der geplanten Erschließung des Neubaugebietes Johannespaisch II wurde durch Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH ein Geotechnischer Bericht [1] vorgelegt.

Darin wird nach entsprechenden Hinweisen durch das Landesamt für Geologie und Bergbau auf potentielle Karsthohlräume hingewiesen, die ergänzende Untersuchungen erforderten.

In vorliegendem Bericht werden die Ergebnisse der weitergehenden Untersuchungen zur Hohlraumerkundung mittels geophysikalischer Messungen sowie gewerblicher Kernbohrungen dokumentiert.

2. Vorhandene Unterlagen

Der Ausarbeitung des Berichtes liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- [1] Geotechnischer Bericht 3257G01, Erschließung NBG Johannespaisch II in Fleringen, Dr. Jung + Lang Ingenieur GmbH, 01.12.2020
- [2] Auszug aus B-Plan-Verfahren mit Anhörung Dritter: Stellungnahme des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz zu potentiellen Karsthohlräumen
- [3] Höhen- und Bestandsplan, Straßenplanung NBG Johannespaisch II (Vorplanung), Maßstab M 1 : 500, Karst Ingenieure GmbH, 24.04.2020
- [4] Senkenberg-Buch 5: Geologischer Karte der Prümer Mulde, Happel, L. & Reuling, H.Th, M 1:25.000, Frankfurt am Main, 1936
Verbandsgemeinde Prüm: Geologischer Wanderungen zwischen Prüm und Schönecken, Dr. R. Werner , Frankfurt am Main
- [5] Geologische Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz, Maßstab: M 1:300.000 Landesamt für Geologie und Bergbau Mainz, 2003

3. Ausgangssituation und durchgeführte Untersuchungen

In [1] wird die oberflächennahe Untergrundsituation bis rd. 4 m dargestellt und hinsichtlich der geplanten Erschließung bewertet.

Danach sind für die Herstellung ausreichender Tragfähigkeiten in der Rohrsohle sowie im Straßenplanum, abgesehen von einem geringmächtigen Bodenaustausch und entsprechendem Einbau von Schottertragschichten, zunächst keine weiteren Maßnahmen vorgesehen, sofern keine sackungsgefährdenden Strukturen im Untergrund durch Hohlräume vorhanden sind.

Zu potentiellen Hohlräumen nimmt das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) im Rahmen des B-Plan-Verfahrens und damit verbundener Anhörung Dritter [2] wie folgt Stellung:

„Nach unseren geologischen Informationen stehen im Plangebiet oberflächennah Kalk- und Mergelsteine des Mitteldevon an. Die Kalksteinbänke können von Verkarstung betroffen sein. In diesem grundsätzlichen Sinne kann eine Gefährdung durch Geländesenkungen und Erdfälle ohne ortsbezogene Untersuchungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.“

Das im Rahmen der Baugrunderkundung für die geplante Erschließung gewählte Erkundungsverfahren mittels kleinkalibriger Bohrung ist für die Feststellung von Karsthohlräumen nur bedingt geeignet.

Somit erfolgten im Rahmen von [1] bereits erste ergänzende Untersuchungen mittels 3 Baggerschürfungen bis in ca. 3,0 m Tiefe.

Die Schürfungen ergaben keine Hinweise auf potentielle Karstbildungen wie Verformungen von Schichtverläufen und -grenzen oder Lösungsprozesse in Form kleiner Hohlräume.

Bei den Schürfungen festgestellte, aufgefüllte Erdtrichter resultieren nach Angabe des aktuellen Grundstückseigentümers nicht aus Sackungen, sondern aus Sprengkratern durch Artilleriebeschuss während des 2. Weltkrieges, die zur Bewirtschaftung der Fläche mittels Boden und Bauschutt verfüllt wurden.

Qualitative „Salzsäuretests“ an entnommenen Gesteinsproben ergaben jedoch einen hohen Kalziumcarbonatgehalt, was eine Verkarstung des vorliegenden Gesteins begünstigt.

Damit konnten die Bedenken des Landesamtes für Geologie und Bergbau nach [2] nicht entkräftet werden.

Dementsprechend wurden mit dem LGB weitergehende Untersuchungen abgestimmt und durchgeführt.

Bei den weitergehenden Untersuchungen handelt es sich um geophysikalische Erkundungen mittels geoelektrischer Widerstandsmessungen, ergänzt um insgesamt 6 gewerbliche Kernbohrungen.

4. Ergebnisse der Kernbohrungen

Zur Feststellung des allgemeinen Schichtaufbau sowie zur Kalibrierung und Überprüfung des geoelektrischen Modells (s.u.) wurden im Erschließungsbereich insgesamt 6 Kernbohrungen (DN 143) bis rd. 16 m Tiefe durchgeführt.

Die Bohrungen erfolgten im Doppelkernverfahren mit Außenverrohrung in der oberen, nicht verfestigten Bodenzone.

Die Lage der Kernbohrungen und auch Rammkernbohrungen sowie Schürfungen aus [1] sind im Lageplan in Anlage 1 dargestellt. Die Lage der Kernbohrungen wurde auf die Ergebnisse der Geoelektrischen Untersuchungen abgestimmt.

Die Ergebnisse der Kernbohrungen sind in Anlage 2.1 in Form von Bohrprofilen sowie in Anlage 2.2 als fotografische Aufnahmen der Bohrkerne dokumentiert.

Danach ergibt sich der nachfolgende Aufbau:

Unterhalb von ca. 30 – 40 cm mächtigem Oberboden wurde das devonische Festgestein erbohrt, das in der Oberzone aufgewittert und zu Lockerboden zersetzt ist (Felszersatz).

Der Felszersatz besteht aus schluffigen, schwach sandigen bis sandigen Tonen mit geringen bis hohen Kiesanteilen in Form von Kalksteinstücken. Teilweise können die Kalksteinstücke auch Steingröße annehmen.

Der Ton besitzt mehrheitlich eine steife, teilweise halbfeste Konsistenz bei feuchter Ausbildung. Nach [1] können bereichsweise ebenfalls weiche bis steife Tone vertreten sein.

Der Verwitterungszone reicht nach den Ergebnissen der Kernbohrungen bis in Tiefen von ca. 3,2 m – 4,0 m.

Darunter folgt durchgehend das Festgestein in Form des devonischen Kalksteins den sogenannten Fleringer Schichten (s.[4]).

Der Kalkstein ist in der oberen Zone meist gering bis mittelhart, zur Tiefe teilweise auch hart ausgebildet. Vielfach besitzt der Kalkstein hellgraue, teilweise runde Einschlüsse mit sehr hoher Härte.

Bereichsweise sind wenige Zentimeter dicke Bänder aus Ton mit halbfester und fester Konsistenz oder aus mürben Kalksteinstücken in toniger Matrix eingelagert.

Das Sedimentgestein ist söhlig bis flach geneigt, wobei die Schichtflächenabstände, sofern ersichtlich, als dünnplattig bis bankig anzusprechen ist.

Die Kluftflächen sind söhlig bis geneigt angelegt. Teilweise ist von einem orthogonalen Kluftsystem auszugehen.

Die Kluftflächen sind vielfach rostig belegt, was auf temporäre oder frühere Wasserführungen hindeutet. Teilweise sind in den Klüften dünne Quarzbändchen eingelagert.

Hohlräume oder Hinweise auf Verkarstungserscheinungen, ggf. in Verbindung mit zusammenhängendem Grundwasser, wurden im Zuge der Bohrungen bis zur Erkundungsendtiefe in rd. 16 m nicht festgestellt.

5. Ergebnisse der Geoelektrischen Untersuchungen

Zur großflächigen Hohlraumortung wurde eine geophysikalische Untersuchung auf dem Gelände durchgeführt.

Die Untersuchungen erfolgten durch die Dr. Donié Geo-Consult GmbH mittels einer hochauflösenden geoelektrischen Tomographie in der Konfiguration Pol-Pol.

Im vorliegenden Fall wurden spezifische Widerstandsmessungen des Untergrundes durch Sonden durchgeführt, die in einem Raster von 2,5 m x 2,5 m auf der gesamten Fläche (profilweise) angelegt waren.

In Bereichen mit signifikanten Widerstandsanomalien sind nach Festlegung durch Dr. Donié Geoconsult GmbH die bereits o.g. Kernbohrungen bis rd. 16 m Tiefe abgeteuft worden.

Die Details des Versuchsaufbaus, der Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind dem Bericht zur Hohlraumortung der Dr. Donié Geoconsult vom 04.10.2021 in Anlage 3 zu entnehmen.

Darin werden die Untersuchungsergebnisse (Kap. 6) wie folgt bewertet:

„Die geologisch-geophysikalischen Baugrunduntersuchungen habe zwar eine Reihe signifikanter Widerstandsanomalien gezeigt, die jedoch nach Durchführung einer Bohrkampagne [U6] zur Überprüfung der geophysikalischen Erkundungsdaten nicht im Zusammenhang mit markanten Karsthohlräumen stehen dürften. Vielmehr lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen Zonen innerhalb der Erschließungsflächen erkennen, innerhalb derer eher kompakteres oder tektonisch stärker beanspruchtes (geklüftetes bzw. zerlegtes) Festgestein zu erwarten ist“.

In der Schlussbemerkung des Untersuchungsberichtes (Kap. 7) wird ausgeführt, dass bis in 15 m Tiefe keine Hinweise auf größere Hohlräume vorliegen. Es wird gleichzeitig nicht ausgeschlossen, dass ehemalige Karsthohlräume mit Verwitterungsprodukten oder eingeschwemmtem Material aus höheren Schichten verfüllt wurden.

6. Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen

Zum geplanten Erschließungsgebiet „Johannespaisch“ in Fleringen wurden nach entsprechenden Hinweisen durch das Landesamt für Geologie und Bergbau neben allgemeinen Baugrunderkundungen zur Erschließung auch umfangreiche Untersuchungen bzw. Hohlraumortungen hinsichtlich potentieller Karsthohlräume durchgeführt.

Die diesbezgl. Untersuchungen erfolgten neben orientierenden Baggerschürfungen mittels geoelektrischer Widerstandsmessungen in Verbindung mit Kernbohrungen bis in eine Tiefe von rd. 16 m.

Insbesondere die Kombination aus flächendeckender geophysikalischer Messung und punktueller Erkundungen mittels Kernbohrungen wird, auch unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit der Mittel, seitens des LGB als Verfahren zur Hohlraumortung nach dem Stand der Technik anerkannt.

Dementsprechend wurden die Untersuchungen mit dem Landesamt für Geologie und Bergbau abgestimmt.

Ausweislich der Untersuchungsergebnisse liegen bis in eine Tiefe von ca. 15 m unter vorhandene Geländeoberfläche keine Hinweise auf größere Karsthohlräume vor, die eine geplante Erschließung bzw. Bebauung in größerem Umfang beeinflussen bzw. gefährden würden.

Unabhängig davon können trotz der durchgeführten Untersuchungen kleinere Hohlräume, insbesondere auch in größeren Tiefen nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Unter Inkaufnahme vorgenannten Restrisikos und damit ggf. einhergehender kleinerer Verformungen in Kanalgräben oder an der Geländeoberfläche, kann die Erschließungsmaßnahme wie geplant bzw. gemäß den Angaben in [1] durchgeführt werden.

Zur Minimierung des verbleibenden Restrisikos im Zusammenhang mit geplanten (Wohn-) Gebäuden wird vorsorglich empfohlen, diese mittels tragender, elastisch gebetteter Bodenplatten zu gründen.

Detaillierte Angaben zu geplanten Gebäudegründungen bzw. zur Bemessung tragender Bodenplatten sind im Rahmen Geotechnischer Hauptuntersuchungen für das jeweilige Gebäude zu erarbeiten.

Baubegleitend wird empfohlen, die Aushubsohlen für die geplanten Kanäle und Gebäude hinsichtlich potentieller Karsthohlräume zu überprüfen.

Der vorliegende Bericht ist dem Landesamt für Geologie und Bergbau zu übermitteln.

Trier, 24.11.2021

gesehen:

Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH
Geotechnik und Umwelt
Herzogenbuscher Straße 54
54292 Trier
Prof. Dr.-Ing. Stefan Jung

bearbeitet:


Dipl.-Geol. Joachim Schäfer

A N L A G E 0

Legende

Anlage 0: Legende

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

	SCH	Schurf
	B	Bohrung
	BK	Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
	BP	Bohrung mit Gewinnung nicht gekernter Proben
	BuP	Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben
	DPL	Rammsondierung leichte Sonde DIN 4094
	DPM	Rammsondierung mittelschwere Sonde DIN 4094
	DPH	Rammsondierung schwere Sonde DIN 4094
	BS	Sondierbohrung
	CPT	Drucksondierung nach DIN 4094
	RKS	Rammkernsondierung
	GWM	Grundwassermeßstelle

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab.1

	Grundwasser angebohrt
	Grundwasser nach Bohrende
	Ruhewasserstand
	Schichtwasser angebohrt
	Sonderprobe
	Bohrprobe (Elmer 5 l)
	Bohrprobe (Glas 0.7l)
	k.GW kein Grundwasser
	Verwachsene Bohrkernprobe

BODENARTEN

Auffüllung		A	
Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Geschiebemergel	mergelig	Mg me	
Kies	kiesig	G g	
Mudde	organisch	F o	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Steine	steinig	X x	
Ton	tonig	T t	
Torf	humos	H h	

FELSARTEN

Fels,allgemein	Z	
Fels,verwittert	Zv	
Granit	Gr	
Kalkstein	Kst	
Kongl.,Brekzie	Gst	
Mergelstein	Mst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

NEBENANTEILE

'	schwach (< 15 %)
—	stark (ca. 30-40 %)
"	sehr schwach;
=	sehr stark

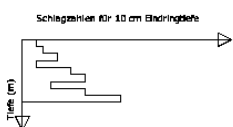
KONSISTENZ

brg		breiig	wch		weich
stf		steif	hfst		halbfest
fst		fest			

FEUCHTIGKEIT

f̄		naß
klü		klüftig
klü		stark klüftig

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094



	DPL 10	DPM 10	DPH 15
Spitzendurchmesser	3,57 cm	3,56 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	10,00 cm ²	10,00 cm ²	15,00 cm ²
Gestängeldurchmesser	2,20 cm	2,20 cm	3,20 cm
Rammkörpergewicht	10,00 kg	10,00 kg	50,00 kg
Fallhöhe	50,0 cm	26,00 cm	50,00 cm

BOHRLOCHRAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

Tiefe (cm)	0,35-0,80 Schl./30cm	offene Spitze
	5/67	
	1,55-2,00 15 Schl./30cm	geschlossene Spitze
	6/77b	

A N L A G E 1

Lageplan



In der Leimkaul

Plangrundlage
planLENZ

Bebauungsplan "Johannespaisch II" der Ortsgemeinde Fleringen
 Lageplan zum Entwässerungskonzept
 Lageplan M 1: 1.000

KARST INGENIEURE GMBH <small>STÄDTERBAU • VERKEHRSWESSEN • LANDSCHAFTPLANUNG</small>		<small>ROBERT WÖRTERBAUEN AN BRÄUEREI WEG 1 79111 KARLSRUHE FAX: 0300-9881-0 INTERNET: www.karst-ingenieure.de</small>	
Straßenplanung			
Massnahme: NBG Johannespaisch II Vorplanung			
Ortsgemeinde: Fleringen			
Stadtverwaltung: Prüm			
Planart: Höhen- und Bestandsplan			
<small>Bezeichnet: in Form</small> <small>Gezeichnet: in Form</small> <small>Geprüft: in Form</small> <small>Datum: 24.04.2020</small>	<small>Gezeichnet: in Form</small> <small>Geprüft: in Form</small> <small>Datum: 21.09.2019</small>	<small>Papierformat: 44,8 cm x 99,8 cm</small> <small>Maßstab: 1:500</small> <small>Unterlage: 2 Blatt Nr.: 1</small>	<small>Projekt-Nr.: 3257-G02</small>

Übersichtslageplan



Legende:

- KB ● = Kernbohrung
- BS ● = Rammkernbohrung
- DPH ✕ = Rammsondierung

Aufschlüsse aus G01, April 2020

Projekt:
 Baugrunduntersuchungen Fleringen,
 Erschließung Johannespaisch

Planbezeichnung:
 Lageplan

Dr. Jung + Lang
INGENIEURE
GEOTECHNIK UND UMWELT

Europaallee 17
 66113 Saarbrücken
 Tel: 0681 / 92799870
 Fax: 0681 / 92799879
 E-Mail: info@jl-ingenieure.com

Herzogenbuscher Straße 54
 54292 Trier
 Tel: 0651 / 4627863
 Fax: 0651 / 4627864
 www.jl-ingenieure.com

Unterreit 6
 76135 Karlsruhe
 Tel: 0721 / 98819007
 Fax: 0721 / 98819008

Anlage Nr.: 1

Maßstab: 1:500

Bearbeiter: Joachim Schäfer	Datum: 25.11.2021
Gezeichnet: Susanne Schirra	
Datei: 3257-G02-LP und Schnitt.dwg	
Projekt-Nr.: 3257-G02	

A N L A G E 2.1

Einzelprofile Kernbohrungen

Erläuterungen gemäß DIN EN ISO 14689

Tabelle 2 – Einaxiale Druckfestigkeit

Bezeichnung	Benennung durch Handprüfung	Einaxiale Druckfestigkeit MPa
außerordentlich gering	Mit dem Fingernagel ritzbare; Stücke der Größe von Kees können zwischen einem Finger und dem Daumen zerdrückt werden.	0,6 bis 1
sehr gering	Mit dem Fingernagel ritzbare; Stücke können durch einen kräftigen Handdruck zerbrochen, einfach mit einem Taschenmesser getritzt oder durch starke Schläge mit der Spitze eines Geologenhammers zerkrümelnd werden.	1 bis 5
gering	Dünne Platten, Ecken oder Kanten können durch Handdruck abgebrochen, mit einem Taschenmesser nur schwer getritzt, mit einem Taschenmesser einfach zerkratzt und flache Einbohrungen durch einen starken Schlag mit der Spitze eines Geologenhammers verursacht werden.	5 bis 12,5
mäßig schwach	Dünne Platten, Ecken oder Kanten können durch starken Handdruck abgebrochen und nur schwer mit einem Taschenmesser zerkratzt werden; die in der Hand gehaltene Probe kann mit einem einzigen Schlag eines Geologenhammers zerbrochen werden.	12,5 bis 25
mäßig hoch	Kann mit einem Taschenmesser nicht mehr geschmurnt oder getritzt werden; Probe kann auf einer soliden Oberfläche durch einen einzigen festen Schlag mit dem Geologenhammer zerbrochen werden.	25 bis 50
hoch	Probe benötigt mehr als einen Schlag mit dem Geologenhammer, um zu zerbrechen.	50 bis 100
sehr hoch	Probe benötigt viele Schläge mit dem Geologenhammer, um zu zerbrechen.	100 bis 250
außerordentlich hoch	Durch Schläge mit dem Geologenhammer auf die Probe lassen sich nur Splitter lösen.	mehr als 250

Tabelle 7 – Bezeichnungen zur Beschreibung des Schichtflächenabstandes (Schichtmächtigkeit)

Bezeichnung	Abstand mm
fein laminiert	kleiner als 6
grob laminiert	6 bis 20
sehr dünn	20 bis 60
dünn	60 bis 200
mittel	200 bis 600
dick	600 bis 2 000
sehr dick	größer als 2 000

Legende:

- = Oberboden
- = Felsersatz
- = Fels (Kst)
- S = Schichtung
- Klü = Klüftung

Projekt:
Baugrunduntersuchungen Fleringen,
Erschließung Johannespaich

Planbezeichnung:
Einzelprofile

Anlage Nr.: 2.1
Maßstab: 1:100

Bearbeiter: Joachim Schäfer	Datum: 02.09.2021
Gezeichnet: Susanne Schirra	
Dat.: 3257-G02-LP und Schnitt.dwg	
Projektnr.: 3257-G02	

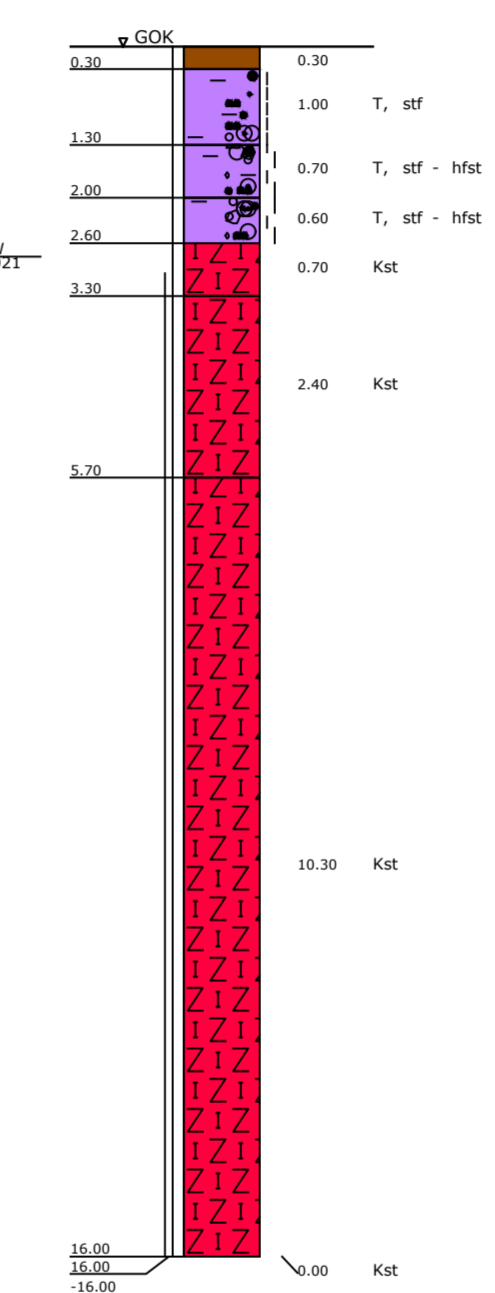
Dr. Jung + Lang
INGENIEURE
GEOTECHNIK UND UMWELT

Europallee 17
66113 Saarbrücken
Tel: 0681 / 92799870
Fax: 0681 / 92799879
E-Mail: info@jl-ingenieur.com

Herzogenbuscher Straße 54
54292 Trier
Tel: 0651 / 4627863
Fax: 0651 / 4627864

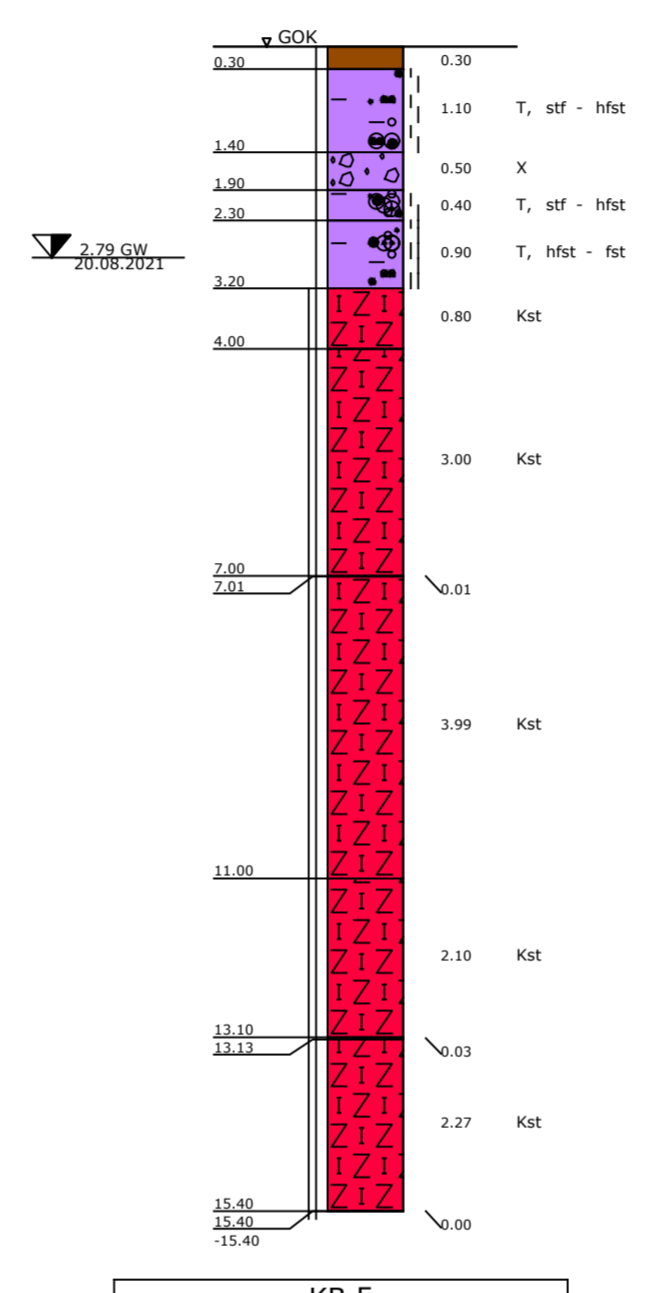
Unterretz 6
76135 Karlsruhe
Tel: 0721 / 98819007
Fax: 0721 / 98819008
www.jl-ingenieur.com

KB 6



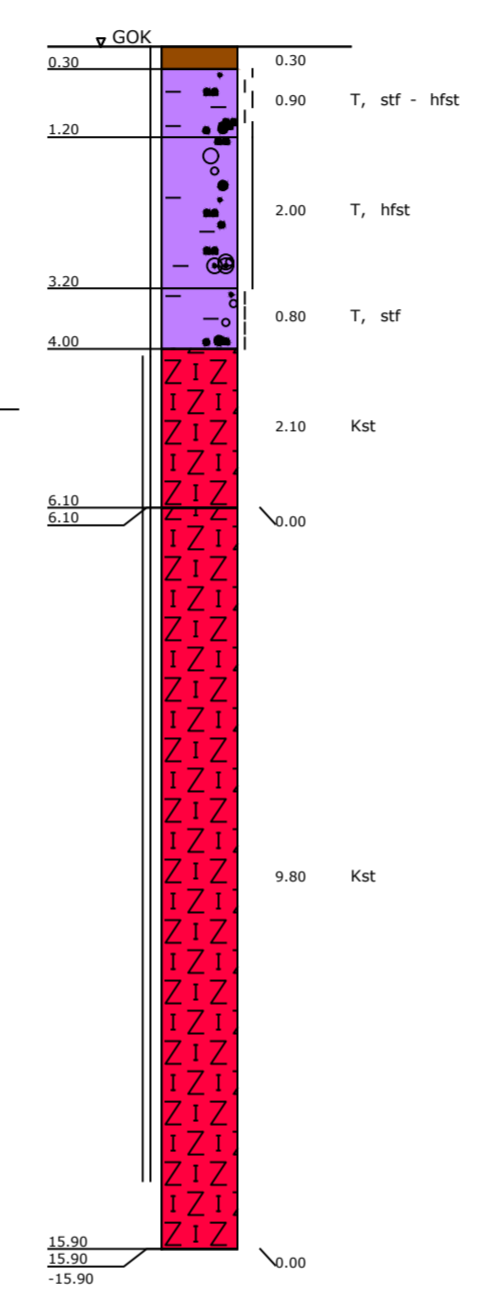
TIEFE	BODENART
0.30	Oberboden, dunkelbraun, durchwurzelt, Grünnarbe
1.30	T, u, s', g', f, stf, beigebraun, g=Kst, VZ
2.60	T, u, s', g', f, stf - hfst, beige-braun, g, x=Kst, VZ
3.30	Kst, grau, zerbrocht
5.70	Kst, grau, gering-mittelhart, S: dünnplattig -bankig, söhlig-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Klü: sehr engständig -engständig, Trennflächen teils rostig belegt
16.00	Kst, grau, gering-mittelhart, S: dünnplattig -bankig, söhlig-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Quarzähnliche Einlagerungen (rund, teils gebändert, hohe-sehr hohe Härte), Zwischenbänder bis 10cm (Ton, fst + Kst, mürbe), Klü: sehr engständig -mittelständig söhlig-geneigt

KB 5



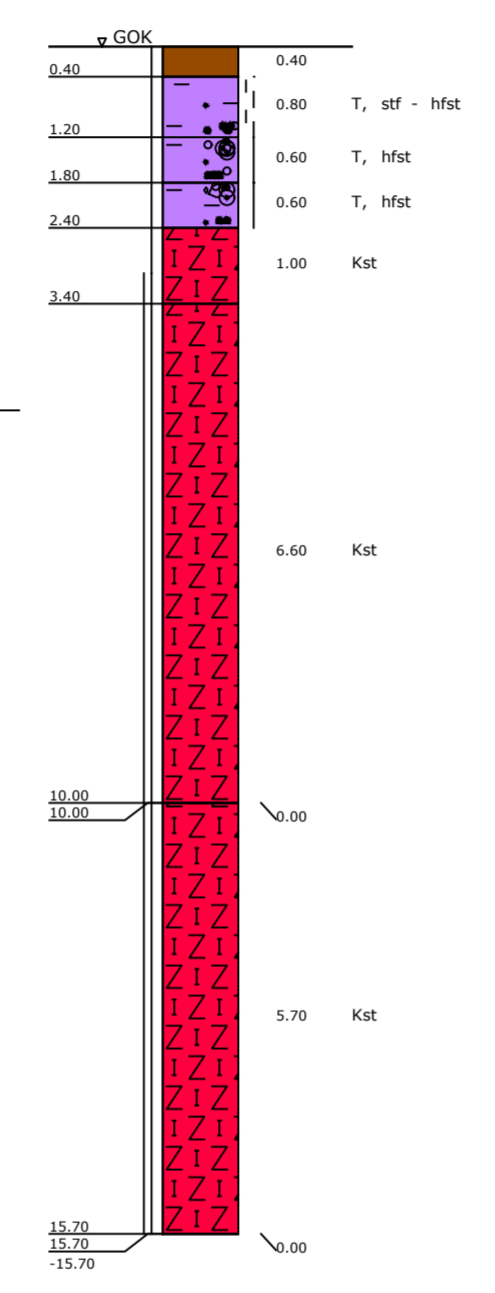
TIEFE	BODENART
0.30	Oberboden, dunkelbraun, durchwurzelt, Grünnarbe
1.40	T, u, s', g', f, stf - hfst, braun, vereinzelt x', g, x=Kst
1.90	X, f - f, beige-braun, x=Kst, ggf. zerbrocht
2.30	VZ, g-mürber Kst
3.20	Kst, grau, zerbrocht
4.00	Kst, grau, mittelhart
7.00	S: dünnplattig -plattig, söhlig, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), teils gebändert, hohe-sehr hohe Härte, mürbe Partien
11.00	Kst, grau, gering-mittelhart, S: dünnmittel - söhlig-flach, teils grobstückig, zerfallen, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte) Kst, grau, gering-mittelhart, S: dünnplattig -bankig, söhlig-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte) Kst, grau, gering-mittelhart, S: dünnplattig -plattig, Zwischenbänder bis 15cm (T, fst+Kst gestört, mürbe), hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Quarzähnliche Einlagerungen (rund, teils gebändert, hohe-sehr hohe Härte), bis 5cm (T, fst und mürber Kst), Klü: sehr engständig -mittelständig, söhlig-geneigt
15.40	Kst, grau, mittelhart -hart, S: dünnplattig -bankig, söhlig, hellgraue Einschlüsse (sehr hart), Quarzähnliche Einschlüsse (rund, teils gebändert, hohe-sehr hohe Härte), Klü: sehr engständig -mittelständig, söhlig-flach-geneigt

KB 4



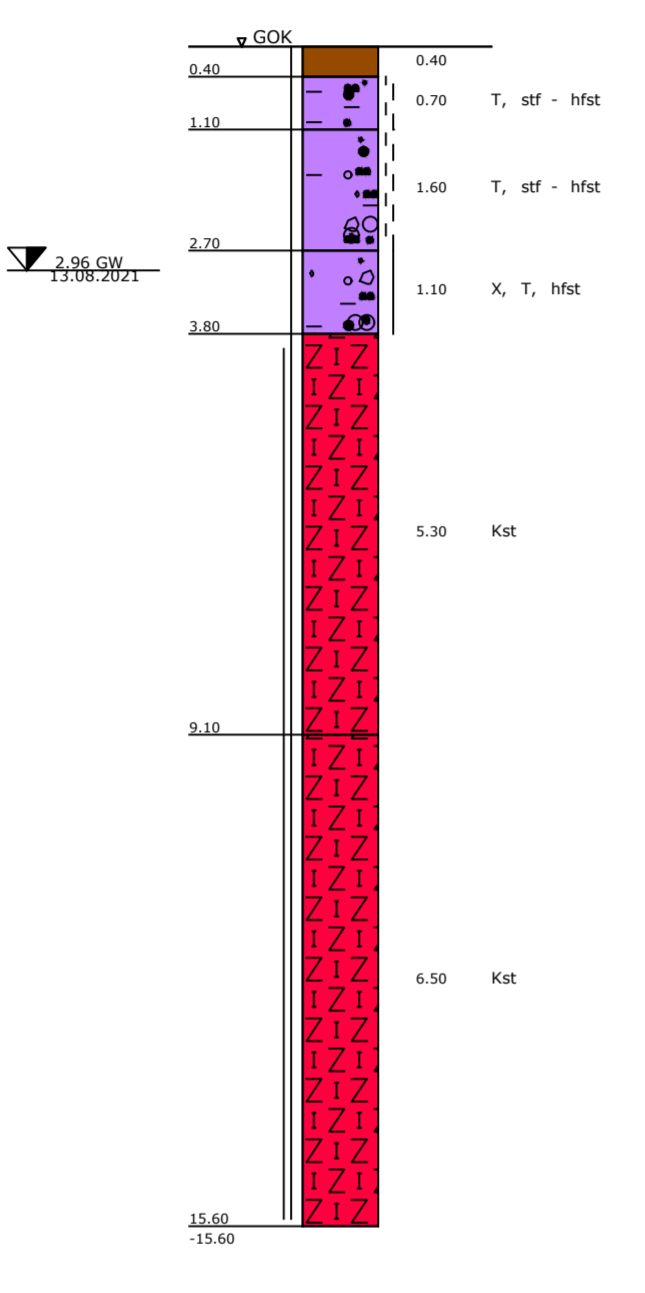
TIEFE	BODENART
0.30	Oberboden, dunkelbraun, durchwurzelt, Grünnarbe
1.20	T, u, s', g', f, stf - hfst, braun-beige
3.20	T, u, s', g', f, hfst, braun-beige, g=Kst, VZ
4.00	T, u, s', g', f, hfst, braun-beige, g, x=Kst, VZ
6.10	Kst, grau, zerbrocht, lokal dünnplattig -bankig, söhlig-flach-geneigt, hellgraue Einschlüsse (sehr hohe Härte), Quarzähnliche Einlagerungen (rund, teils gebändert, hohe-sehr hohe Härte), Klü: sehr engständig -mittelständig, lokal einstückig zerfallen, Schichtflächen rostig belegt, söhlig-geneigt
15.90	Kst, grau, gering-mittelhart, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte) nehmen mit der Tiefe deutlich zu, Quarzähnliche Einschlüsse (rund, teils gebändert, sehr hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig -rostige Belag, söhlig-geneigt

KB 1



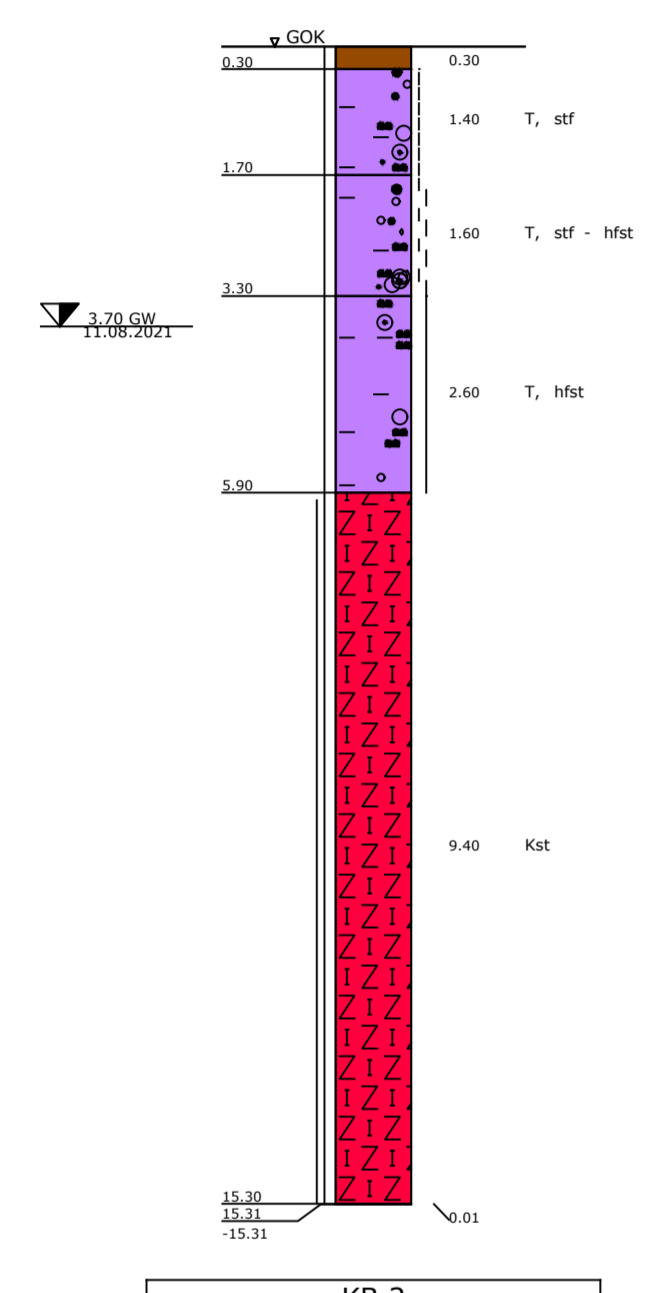
TIEFE	BODENART
0.40	Oberboden, dunkelbraun, durchwurzelt, Grünnarbe
1.20	T, u, s', g', f, stf - hfst, braun, g=Kst, VZ
1.80	T, u, s', g', f, hfst, braun-beige, g=Kst, VZ
2.40	T, u, s', g', f, hfst, braun-beige, g, x=Kst, VZ
3.40	Kst, grau, zerbrocht
10.00	Kst, grau, brüchlig-hart, S: dünnplattig-bankig, söhlig-flach-geneigt, hoher Anteil grauer Einschlüsse (sehr hart), Quarzähnliche Einlagerungen (rund, teils gebändert, sehr hohe Härte, bei 8.6m Fossil, Koralle ? Klü: sehr engständig bis weitständig, lokal einstückig zerfallen, rostiger Belag, söhlig-geneigt
15.70	Kst, grau, gering-mittelhart, S: söhlig-flach, dünnplattig -bankig, hellgraue Einschlüsse (sehr hart), Quarzähnliche Einlagerungen (rund, teils gebändert, sehr hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig -rostige Belag, söhlig-geneigt

KB 3



TIEFE	BODENART
0.40	Oberboden, f, ②, dunkelbraun, durchwurzelt, Wiese
1.10	T, u, s', g', f, stf, ①, braun, VZ
2.70	T, u, s', g', f, stf - hfst, ②, beige, braun, g, x=Kst, VZ
3.80	T, u, s', g', f, hfst, ③, X, g=Kst, VZ, grau, gering-mittelhart, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach, gering-hart, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig, teils stückig zerlegt, söhlig-geneigt
9.10	Kst, grau, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach, gering-mittelhart, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig, teils stückig zerlegt, söhlig-geneigt
15.60	Kst, grau, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach, gering-mittelhart, S: söhlig-flach, dünnplattig -bankig, hellgraue Einschlüsse (sehr hart), Quarzähnliche Einlagerungen (rund, teils gebändert, sehr hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig -rostig belegt

KB 2



TIEFE	BODENART
0.30	Oberboden, f, ②, dunkelbraun, durchwurzelt, Wiese
1.70	T, u, s', g', f, stf, ①, beige-braun, vereinzelt x', g, x=Kst, VZ
3.30	T, u, s', g', f, stf - hfst, ②, beige, braun, g, x=Kst, VZ
5.90	T, u, s', g', f, hfst, ③, X, g=Kst, VZ, grau, gering-mittelhart, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig, teils stückig zerlegt, söhlig-geneigt, Trennflächen rostig belegt
15.30	Kst, grau, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig, teils stückig zerlegt, söhlig-geneigt
15.31	Kst, grau, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig, teils stückig zerlegt, söhlig-geneigt
15.31	Kst, grau, S: dünnplattig -bankig, söhlig-flach-geneigt, hellgraue Einschlüsse (hohe Härte), Klü: sehr engständig bis mittelständig, teils stückig zerlegt, söhlig-geneigt

A N L A G E 2.2

Fotos Kernbohrungen

Fotos der Kernbohrungen

KB 1: 0,0 – 8,0 m





Fotos der Kernbohrungen

KB 1: 8,0 – 15,7 m



Fotos der Kernbohrungen

KB 2: 0,0 – 8,0 m





Fotos der Kernbohrungen

KB 2: 8,0 – 15,3 m



Fotos der Kernbohrungen

KB 3: 0,0 – 8,0 m



Fotos der Kernbohrungen

KB 3: 8,0 – 15,6 m





Fotos der Kernbohrungen

KB 4: 0,0 – 8,0 m



Fotos der Kernbohrungen

KB 4: 8,0 – 15,9 m



Fotos der Kernbohrungen

KB 5: 0,0 – 8,0 m



Tiefenbereich 7,0 – 8,0 m kein Hohlraum, sondern aufgrund eines Abstimmungsfehlers mit der Bohrfirma fehlt das entsprechende Bohrkernfoto.



Fotos der Kernbohrungen

KB 5: 8,0 – 15,9 m



Fotos der Kernbohrungen

KB 6: 0,0 – 8,0 m





Fotos der Kernbohrungen

KB 6: 8,0 – 16,0 m



A N L A G E 3

Ergebnisbericht Geoelektrische Untersuchungen Dr. Donié Geoconsult GmbH

Bericht

Hohlraumortung auf einer Erschließungsfläche in Fleringen bei Prüm

Auftraggeber: Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH
Europaallee 17
66113 Saarbrücken

Auftragnehmer: Dr. Donié Geo-Consult GmbH
Am Hang 3
D-76307 Karlsbad

Bearbeiter: M.Sc. Geophy. Dr. Anne-Sophie Reiß
B.Sc. Geol. Florian Streibel
Dipl.-Geol. Dr. Christoph Donié

04. Oktober 2021

Inhalt:

1.	Veranlassung	3
2.	Unterlagen	3
3.	Überblick	4
3.1	Untersuchungsgebiet	4
3.2	Aufgabenstellung und Untersuchungskonzept	5
4.	Geologie	7
5.	Untersuchungen	9
6.	Untersuchungsergebnisse und Fazit	10
7.	Schlussbemerkung	13

Anhang

Verfahrensbeschreibung: Geoelektrische Tomographie

Anlagen

- Anlage 1: Lageplan mit Geoelektrikprofilen
- Anlage 2.1: Geoelektrische Horizontalschnitte für die westliche Fläche auf Basis von 2D-Inversion
- Anlage 2.2: Geoelektrische Horizontalschnitte für die östliche Fläche auf Basis von 2D-Inversion
- Anlage 3: Lageplan mit Geoelektrikprofilen und vorgeschlagenen Bohransatzpunkten

1. Veranlassung

In der Gemeinde Fleringen bei Prüm ist die Erschließung des Neubaugebietes Johannespaisch II geplant. Da die projektierten Bauflächen in einem Gebiet liegen, in dem auslaugungsbedingte Hohlräume in Wechselfolgen von Kalken und Mergeln der Fleringer Schichten und daraus resultierend Auflockerungszonen in darüber liegenden Lockersedimenten mit der Gefahr möglicher Erdfälle nicht auszuschließen sind, sollte die geologische Situation im Bereich des Neubaugebietes überprüft werden.

Als Messmethode war eine hochauflösende geoelektrische Tomographie vorgesehen, die sich bei Anwendung mehrerer aufeinander abgestimmter Auswerteverfahren unter Einbeziehung der bekannten geologischen Situation, gestützt auf direkte Aufschlussresultate mehrerer im Untersuchungsgebiet abgeteuffer Aufschlussbohrungen, bei ähnlichen Fragestellungen immer wieder bewährt hat.

Im Mai 2021 beauftragte die Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH aus Saarbrücken die Dr. Donié Geo-Consult GmbH aus Karlsbad mit der Durchführung einer geologisch-geophysikalischen Erkundung der Baufläche.

2. Unterlagen

- [U1] Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH, Saarbrücken: Geotechnischer Bericht, Bericht-Nr. 3257G01, Projekt: Erschließung NBG Johannespaisch II in Fleringen, 01.12.2020
- [U2] Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH, Saarbrücken: Plan mit Befundzonen für Kampfmittel nach Geomagnetik
- [U3] Senckenberg-Buch 5: Geologische Karte der Prümer Mulde (in der Eifel), Happel, L. & Reuling, H.Th, M 1:25.000, Frankfurt am Main, 1936
- [U4] Decheniana, 117: 224-244: Bericht über die geologischen Exkursionen in der Prümer Mulde (20.5.1964) und in der Eifeler Kalkmulden-Zone (21.5.1964), Bonn, 1964
- [U5] Verbandsgemeinde Prüm: Geologische Wanderungen zwischen Prüm und Schöneck, Dr. R. Werner, Frankfurt am Main
- [U6] Dr. Jung +Lang Ingenieure Geotechnik und Umwelt: Baugrunduntersuchungen Fleringen, Erschließung Johannespaisch, Anlage 1, Lageplan, M 1:1000 und Anlage 2, Einzelprofile, M1:100, 02.09.2021

3. Überblick

3.1 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsflächen befinden sich nordwestlich und nördlich des Wohngebietes Johannespaisch I am Rand der Ortslage Fleringen, die im Süden durch die Erschließungsstraße „Johannespaisch“ begrenzt wird. Beim Untersuchungsgelände handelt es sich um eine landwirtschaftlich genutzte Wiesenfläche, die zum Zeitpunkt der Messungen recht hohen Grasbewuchs (Abbildung 1) aufwies und sich auf zwei Teilflächen von ca. 960 m² und ca. 6640 m² erstreckte. Das Gelände weist eine leichte Neigung nach Südwesten auf [U1] (Abbildung 2).



Abbildung 1 Blick von NNW nach SSE auf das auf das Messgebiet, dass im Süden durch das Wohngebiet Johannespaisch begrenzt ist.

Ende 2020 wurden bereits geotechnische Untersuchungen im Bereich der geplanten Erschließung durchgeführt [U1]. Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden dabei zwei Kleinrammbohrungen (BS 1 und BS 2) mit einer max. Tiefe von 2,2 m sowie drei Baggerschürfe (SCH I bis III) zur Überprüfung potentieller Hohlrumbildungen im Untergrund aufgrund von Karsterscheinungen bis in eine Tiefe von max. 3,0 m angelegt. Des Weiteren wurden vier Schwere Rammsondierungen nach DIN ISO 22476-2 (DPH 1 bis DPH 4) zur Feststellung der Lagerungsdichte bis in eine Tiefe von max. 2,8 m durchgeführt.



Abbildung 2 Blick von SE nach NW auf das Messgebiet, das eine leichte Neigung nach SW aufweist.

Laut geotechnischem Bericht der Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH [U1] wurde das Gebiet, in dem sich die zu untersuchenden Flächen befinden, im 2. Weltkrieg intensiv von Artillerie beschossen, weswegen sich auf der Fläche einige lokale Explosionskrater (Trichter) befinden. Nach Aussage des aktuellen Grundstücksbesitzers wurden diese Trichter für die landwirtschaftliche Nutzung verfüllt, so dass oberflächlich nahezu keine Vertiefungen mehr erkennbar sind. Lediglich der Ergebnisplan der geomagnetischen Untersuchungen zur Kampfmittelortung [U2] liefert noch Hinweise auf mögliche ehemalige Trichter.

3.2 Aufgabenstellung und Untersuchungskonzept

Ziel der geologisch-geophysikalischen Untersuchungen war es, möglicherweise vorhandene Karsthohlräume oder auf Karstphänomene zurückzuführende Schwächezonen innerhalb bzw. Auflockerungszonen oberhalb der Fleringer Schichten zu detektieren. Dazu wurde der Baugrund bis in eine Tiefe von 15 m detailliert geophysikalisch erfasst. Mit Hilfe dieser Untersuchungsbefunde sollte eine Einschätzung des Baugrunds hinsichtlich des Auftretens möglicher Erdfälle bzw. ungleichmäßiger Gebäudesetzungen ermöglicht werden.

Um einen repräsentativen Überblick über die geologische Untergrundsituation im Bereich der geplanten Baumaßnahme zu erhalten, sollten parallel verlaufende Profile im Abstand von

2,5 m über die beiden Untersuchungsflächen gelegt werden, sodass bei den gegebenen Platzverhältnissen die Baufläche vollständig erfasst werden konnte.

Als geophysikalisches Messverfahren sollte eine geoelektrische Tomographie in der Konfiguration Pol-Pol angewandt werden, die sowohl Informationen zum Schichtenaufbau als auch Hinweise auf mögliche Auflockerungszonen und Hohlräume liefern sollte.

Indikatoren für Hohlraumverdachtsstellen bei geoelektrischen Messungen

Während sich in den Widerstandsdaten der geoelektrischen Kartierungen möglicherweise vorhandene luftgefüllte Hohlräume oder Auflockerungszonen als Widerstandsmaxima zeigen, werden mit feinkörnigen Verwitterungsprodukten oder Wasser gefüllte Hohlräume in der Regel als Widerstandsminima angezeigt. Aber auch Materialwechsel bzw. Fazies-Änderungen der Gesteine können sehr deutliche Widerstandskontraste bewirken.

Ist der geologische Kontext durch Bohrungen oder Aufschlüsse in unmittelbarer Nähe zum Untersuchungsgebiet bekannt, lassen sich auf Basis der Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen und geologischer Bohr- oder Aufschlussinformationen geologische Modelle in Form von geologischen Längsschnitten erarbeiten.

Auflösung

Die Auflösung der geoelektrischen Tomographie hängt vom Messpunktabstand sowie von der Anzahl der Tiefenniveaus ab. Der im vorliegenden Projekt gewählte Elektrodenabstand von 2,5 m und eine Erkundungstiefe von bis zu ca. 15 m über insgesamt 7 Tiefenniveaus garantiert eine hohe vertikale Auflösung. Physikalisch bedingt gilt jedoch, dass die maximale Auflösung bei 80 % bis 90 % liegt. Schichten oder „Suchobjekte“ müssen eine Mächtigkeit von mindestens 10 % bis 20 % der jeweiligen Tiefe bzw. einen entsprechenden Durchmesser aufweisen, um aufgelöst werden zu können. Dies bedeutet, dass in einer Tiefe von 15 m eine Schicht oder aber auch ein Hohlraum bereits eine Mächtigkeit von > 1,5 m bis 3 m, eine gewisse laterale Ausbreitung und einen entsprechenden Widerstandskontrast aufweisen muss, um erkannt zu werden.

Die laterale Auflösung hängt zunächst vom Profilabstand ab, während der Elektrodenabstand für die Auflösung entlang eines Profils verantwortlich ist. Im vorliegenden Projekt liegt ein Messraster von 2,5 m × 2,5 m vor, das sich aus dem Elektrodenabstand von 2,5 m und einem Profilabstand von 2,5 m ergibt. Bei allen geophysikalischen Verfahren ist eine Kalibrierung der ausgewerteten Messdaten an hinreichend tiefen Aufschlussbohrungen unerlässlich (siehe Verfahrensbeschreibung im Anhang).

4. Geologie

Die Eifel ist Teil des Rheinischen Schiefergebirges, welches im Zuge der variszischen Gebirgsbildung verfaltet und verformt wurde. Das bearbeitete Gebiet befindet sich in der sogenannten Prümer Mulde, einer der Eifler Kalkmulden. In dieser Mulde liegen Gesteine des Mitteldevons bis tieferen Oberdevons vor.

Laut Geologischer Karte [U3] liegt das untersuchte Gebiet in den Fleringer Schichten, die mit 31 Grad bis 40 Grad nach NNW einfallen. Im Norden schließt der Schönecker Dolomit an, der den Kern einer lokalen Synklinale bildet. Seine Mächtigkeit wird auf etwa 500 Meter geschätzt [U4]. Eine modernere Einteilung [U4] unterteilt die Fleringer Schichten in die Freilingen-, Ahbach- und Loogh-Schichten und den Schönecker Dolomit in die Bolsdorf-, Kerpen-, Rodert-, Dreimühlen- und Cürten-Schichten.

Die relevanten Gesteine werden im Folgenden basierend auf den Informationen in [U5] kurz beschrieben. Die Freilingen-Schichten (etwa 25 m bis 45 m mächtig [U5]) bestehen aus einer Wechselfolge von Mergeln, Mergelkalken und mehr oder weniger spätigen Kalken. An der Basis können Horizonte mit Eisenooliten auftreten. Nach einem unscharfen Übergang in die Mergel der Ahbach-Schichten (etwa 50 m bis 70 m mächtig) folgen die Loogh-Schichten (etwa 65 m mächtig) mit ihrer Wechsellagerung von Kalken und Mergeln [U4]. Der Schönecker Dolomit bildet meist massige Bänke aus grauen bis graubraunen Dolomiten. Seltener treten andere Farbvariationen auf. Mancherorts entstehen bei dem Verwitterungsprozess hellgelbe Dolomitsande.

Die im Rahmen der geotechnischen Untersuchung durchgeführten Kleinrammbohrungen sowie schweren Rammsondierungen und Schürfungen auf der Fläche des geplanten Neubaugebietes ergaben folgende Baugrundbeschreibung [U1]:

Unterhalb der Grasnarbe befindet sich ca. 5 cm bis 40 cm mächtiger Oberboden (Homogenbereich O1). Die Schürfungen II und III schlossen unterhalb des Oberbodens Auffüllungen (Homogenbereich B1) auf, die sich im Wesentlichen aus umgelagerten Tonen mit wechselndem Sand- und Kiesanteil (schwach bis stark sandig und kiesig) zusammensetzen. Darüber hinaus wurden in Schurf II eine verlehnte Bauschuttlage aus Ziegeln und Bimsresten in teilweise Steingröße sowie Einlagerungen von Pflastersteinen aus Beton und in Schurf III in den Auffüllungen Stahlschrott gefunden. Die Bauschuttlagen sind dabei locker bis max. mitteldicht gelagert.

Unterhalb des Oberbodens bzw. der lokalen Auffüllungen folgt devonisches Festgestein (Homogenbereich X1), das laut [U1] „in der Oberzone aufgewittert und zu Lockerboden zersetzt ist (Felszersatz)“. Dieser Felszersatz setzt sich aus schwach sandigen bis sandigen Tonen mit geringen bis hohen Kiesanteilen in Form von Kalksteinstücken bis teilweise Steingröße zusammen. Die Oberkante des zusammenhängenden Festgesteins wurde weder in den Schürfungen bis max. 3 m noch in den Bohrungen angetroffen.

Im Untersuchungsgebiet wurden während der geotechnischen Baugrunduntersuchung keine Wassereintritte festgestellt. Aufgrund der wechselnden Kornzusammensetzung ist jedoch mit Schichtwasser und aufgrund der Neigung des Geländes mit einer hangparallelen Sickerwasserführung zu rechnen.

Im Nachgang der gegenständlichen geologisch-geophysikalischen Erkundung wurden zur Erfassung weiterer Informationen über den tieferen Untergrund wurden sechs Bohrungen (KB 1 bis KB 6) abgeteuft und die angetroffenen Gesteine aufgenommen [U6]. Die anschließende Beschreibung ist eine Zusammenfassung der in [U6] dargestellten Bohrungen:

Nach den bereits in den vorhergehenden Untersuchungen beschriebenen 30 cm bis 40 cm Oberboden folgt die als Felszersatz bezeichnete Tonschicht. Diese steife bis halbfeste Tonschicht kann schwach bis stark schluffige, schwach sandige und schwach kiesige bis kiesige (in KB 6 stark kiesige) Nebengemengenteile besitzen, was auch der Beschreibung der Schürfe und Rammsondierungen entspricht. In KB 1, KB 2, KB 4 und KB 6 treten lokal schwach steinige Nebengemengenteile auf. In KB 3 ist der unterste Teil der Felszersatzschicht eine Stein- und Tonschicht. In KB 5 liegt zwischen den Tonschichten eine 0,5 m mächtige Steinschicht. Die Kiese und Steine bestehen aus Kalkstein und lokal auch aus Quarzit (siehe KB 2).

In 2,4 bis 4 m Tiefe beginnt laut [U6] Kalkstein, mit hellgrauen harten Einschlüssen und quarzitähnlichen Einlagerungen, der sich bis zu den Endteufen in ca. 15 m bis 16 m Tiefe fortsetzt. Lokal treten klein- bis grobstückig zerlegte Bereiche und etwa 5 cm bis 15 cm dicke Bänder aus Ton und zerlegtem Kalk auf. Vor allem nahe der Felsoberkante, teilweise aber auch tiefer, kann der Kalkstein mürbe ausgebildet sein. Die generellen Festigkeiten variieren von sehr gering bis mäßig hoch, selten sind sie höher. Es wurden sehr dünne bis mittlere Schichtmächtigkeiten angetroffen. Vorhandene Trennflächen weisen einen rostigen Belag auf.

5. Untersuchungen

Die geophysikalische Untersuchungskampagne zur Erkundung des Untergrundes der Baufläche fand zwischen dem 26. Mai und dem 08. Juni 2021 statt.

Die geoelektrischen Messungen erfolgten mit einem Elektrodenabstand von 2,5 m entlang von 101 parallel angeordneten Messprofilen, die jeweils einen Profilverabstand von 2,5 m aufwiesen. Die Profile waren von NNW nach SSE ausgerichtet und zwischen 60 m (Profile P1 bis P17) und 85 m (Profile P18 bis P101) lang. Die angewandte Messkonfiguration war Pol-Pol. Dabei wurde die angestrebte Erkundungstiefe von 15 m jeweils im mittleren Profilverbereich erreicht. Um bereits nahe den Grundstücksgrenzen tiefereichende Informationen zu erhalten, wurden die Untersuchungsflächen nach NNW bzw. SSE um mehrere Meter verlängert. Im Bereich der größeren Erkundungsfläche waren die Profile in SSE Richtung von Bestandgrundstücken (Zäune, Hecken etc.) begrenzt. Die Lage der Messprofile ist in Anlage 1 ersichtlich.

Die geoelektrischen Messdaten wurden zunächst aufbereitet und mittels einer sog. 2D-Inversion ausgewertet. Dabei wurden die Profile P1 bis P17 auf der „östlichen Fläche“ und die Profile P18 bis P101 auf der „westlichen Fläche“ zusammengefasst. In einem weiteren Auswertungsschritt wurden für insgesamt 10 Tiefenniveaus für beide Flächen Horizontalschnitte erstellt, die die Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes zeigen.

Nach Vorliegen der Befunde von im Nachgang der Messkampagne durchgeführten Bohrungen (siehe Anlage 3) erfolgte eine Interpretation und Bewertung der geologisch-geophysikalischen Untersuchungsergebnisse.

6. Untersuchungsergebnisse und Fazit

Die Ergebnisse der ausgewerteten geophysikalischen Messdaten sind in den Anlagen 2.1 und 2.2 dargestellt. Aufgrund der hohen Anzahl an Profilen wurde auf eine Darstellung der Ergebnisse der 2D-Inversionen in Form von Längsschnitten verzichtet. Anlage 2.1 zeigt Horizontalschnitte mit der Verteilung des spezifischen Widerstandes in 10 verschiedenen Tiefenniveaus auf Basis der 2D-Inversionsergebnisse der Profile P1 bis P17 auf der „westlichen Fläche“. Anlage 2.2 zeigt entsprechend 10 Horizontalschnitte mit der Verteilung des spezifischen Widerstandes auf Basis der 2D-Inversionen der Profile P18 bis P101 auf der „östlichen Fläche“.

Zunächst muss angemerkt werden, dass kleinräumige Widerstandsanomalien innerhalb der geoelektrischen Längs- und Horizontalschnitte bei einem entsprechend hohen Widerstandskontrast trotz einer hohen Auflösung häufig größer sind, als das ursächliche Phänomen erwarten ließe. Das heißt, eine etwas größere Anomalie in geoelektrischen Längs- bzw. Horizontalschnitten nach 2D-Inversion steht nicht unbedingt für ein vergleichbar großes Untergrundphänomen. Die geoelektrischen Horizontalschnitte liefern im vorliegenden Fall nicht nur wertvolle Hinweise zur Auswahl von Bohransatzpunkten oder der Identifikation markanter tektonischer Strukturen wie z.B. Störungen, sondern sie zeigen unter Umständen auch Bereiche an, in denen aufgrund von Widerstandsanomalien mit Karsterscheinungen zu rechnen sein könnte.

Geoelektrische Horizontalschnitte für die westliche Fläche auf Basis von 2D-Inversion – Anlage 2.1

In der Anlage 2.1 sind geoelektrische Horizontalschnitte für 10 Tiefenniveaus dargestellt, die auf den Einzelbefunden der 17 Profile P1 bis P17 auf der „westlichen Fläche“ nach 2D-Inversion basieren. Hierin ist anhand der Widerstandsverteilung die Heterogenität innerhalb der Baugrundschichten sehr gut erkennbar. So gibt es insbesondere in den oberen 3,5 m generell geringere bis mittlere spezifische Widerstände, was auf in diesem Tiefenbereich vorliegende tonige Lockergesteinsschichten mit unterschiedlich hohen Anteilen an Kiesen und Steinen bzw. tonige Verwitterungsprodukte zurückzuführen ist. Im mittleren Bereich der Untersuchungsfläche zeigt sich zwischen 20 m und 40 m in N-S-Richtung auf der gesamten Breite eine Struktur mit geringen spezifischen Widerständen, die man im weitesten Sinne als mit tonigem Material verfüllte Mulde bezeichnen könnte. In deren Umgebung gibt es Bereiche mit höheren Widerständen, die als Hinweis auf eher grobkörniges Material oder Auffüllungen (möglicherweise verfüllte Bombentrichter) anzusehen sind. Die „gepunktete“ Struktur bei ca.

22,5 m in W-E-Richtung ist vermutlich auf einen Störeinfluss der Messdaten durch ein Gewitter zurückzuführen.

Ab einer Tiefe von ca. 4,9 m nehmen die Widerstandswerte stark zu und zeigen ab ca. 6,4 m Tiefe ein recht konstantes Bild. Auch hier sind die spezifischen Widerstände in der nördlichen Hälfte der Untersuchungsfläche generell niedriger als in der südlichen. Die auch bis in eine größere Tiefe zu verfolgende N-S-verlaufende Struktur bei ca. 22,5 m in W-E-Richtung ist voraussichtlich eine Folge der gestörten Messdaten (Gewitter, siehe oben). Es ist sehr gut zu erkennen, dass die Widerstandsverteilung mit zunehmender Tiefe weniger differenziert ist, was zum einen der physikalisch bedingten Auflösung geschuldet ist und zum anderen auf einen in dieser Tiefe zu erwartenden unverwitterten Fels zurückzuführen ist.

Da sich außer der oben genannten auf einen Gewittereinfluss zurückzuführenden Struktur bei PM 22,5 in W-E-Richtung keine lineamentartige Struktur in den Untersuchungsergebnissen zeigt, die als Hinweis auf eine geologische Störung und in deren Folge Spaltenbildung aufgrund von Karstprozessen zu werten wäre, sind als einzige Auffälligkeiten in dieser Fläche größere Bereiche erkennbar, die in Relation zu ihrer Umgebung kleinere spezifische Widerstände zeigen. Da diese Zonen keinen markanten Widerstandskontrast aufweisen, ist davon auszugehen, dass es sich hierbei eher um Bereiche mit einer tiefer reichenden Verwitterung handelt als um mit tonigen Verwitterungsprodukten verfüllte Hohlräume. Dennoch sind kleinräumige mit tonigen Verwitterungsprodukten verfüllte Hohlräume nicht auszuschließen.

Geoelektrische Horizontalschnitte für die östliche Fläche auf Basis von 2D-Inversion – Anlage 2.2

In der Anlage 2.2 sind analog der Anlage 2.1 ebenfalls geoelektrische Horizontalschnitte für 10 Tiefenniveaus dargestellt, die auf den Einzelbefunden der 84 Profile P18 bis P101 auf der „östlichen Fläche“ nach 2D-Inversion basieren. Analog der westlichen Fläche zeigen sich auch hier in den oberen 3,5 m über weite Strecken kleine bis mittlere spezifische Widerstände, die auf tonige Lockersedimente bzw. Verwitterungsprodukte zurückzuführen sind. Insbesondere im zentralen und lokal auch im südlichen Bereich sind in diesen Tiefenlagen auch deutlich höhere spezifische Widerstände erkennbar, was im Zusammenhang mit einem erhöhten Steinanteil oder aber gegebenenfalls einer erhöhten Auflockerung stehen dürfte. Auffällig ist auch im Südwesten der Untersuchungsfläche in diesen Tiefenlagen eine Zone mit sehr kleinen

spezifischen Widerständen, die als Fortsetzung der auf der westlichen Fläche beschriebenen muldenartigen Struktur mit erhöhtem Tonanteil anzusehen ist.

Mit zunehmender Tiefe zeigen sich recht deutlich abgrenzbare Widerstandszonen zwischen hohen bis sehr hohen und mittelhohen Werten. Den Bohrbefunden [U6] zufolge sind eher keine großräumigen Hohlräume zu erwarten. Vielmehr dürfte es sich bei den hohen bis sehr hohen Widerstandsbereichen um eher kompaktes, wenig geklüftetes Festgestein handeln, während die mittleren Widerstandsbereiche auf stärker geklüftetes bis teilweise zerlegtes Festgestein hindeuten. Speziell in den Bereichen mit mittleren Widerständen (gelbliche Farbe) sind lokale kleinräumige, auf Karstphänomene zurückzuführende Hohlräume nicht auszuschließen. Im Zusammenhang mit den Widerstandsschichten der unteren Tiefenbereiche lassen sich die in den Tiefenlagen zwischen 1 m und 3,5 m ausgewiesenen stark erhöhten Widerstandszonen (s.o.) ziemlich deutlich als Bereiche mit erhöhtem Steinanteil ansprechen. Hätte man es mit Auflockerungszonen im Zusammenhang mit in größerer Tiefe vorhandenen Karsthohlräumen zu tun, würden die durch Grund- oder Schichtwasser in den von Karstphänomenen betroffenen tieferen Bereichen eher kleinere spezifische Widerstände erwarten lassen als die tatsächlich vorhandenen Widerstände.

Fazit

Ziel der geologisch-geophysikalischen Untersuchungen war es, möglicherweise vorhandene Karsthohlräume oder auf Karstphänomene zurückzuführende Schwächezonen innerhalb bzw. Auflockerungszonen oberhalb der Fleringer Schichten zu detektieren. Dazu wurde der Baugrund bis in eine Tiefe von 15 m detailliert geophysikalisch erfasst. Mit Hilfe dieser Untersuchungsbefunde sollte eine Einschätzung des Baugrunds hinsichtlich des Auftretens möglicher Erdfälle bzw. ungleichmäßiger Gebäudesetzungen ermöglicht werden.

Die geologisch-geophysikalischen Baugrunduntersuchungen haben zwar eine Reihe signifikanter Widerstandsanomalien gezeigt, die jedoch nach Durchführung einer Bohrkampagne [U6] zur Überprüfung der geophysikalischen Erkundungsdaten nicht im Zusammenhang mit markanten Karsthohlräumen stehen dürften. Vielmehr lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen Zonen innerhalb der Erschließungsflächen erkennen, innerhalb derer eher kompakteres oder tektonisch stärker beanspruchtes (geklüftetes bzw. zerlegtes) Festgestein zu erwarten ist.

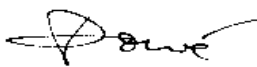
7. Schlussbemerkung

Mit Hilfe der geologisch-geophysikalischen Untersuchungen unter Einsatz von Geoelektrik, gestützt auf das Knowhow aus zahlreichen ähnlichen Kampagnen war es möglich, auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse eine Einschätzung des Baugrundes hinsichtlich möglicher Hohlräume oder Auflockerungszonen bis in eine maximale Erkundungstiefe von 15 m vorzunehmen. Nach einer Kalibrierung der Untersuchungsergebnisse an zusätzlichen Aufschlussbohrungen [U6] gibt es keine direkten Hinweise auf größere Hohlräume. Es ist jedoch anzunehmen, dass möglicherweise vorhandene ehemalige Karsthohlräume mit Verwitterungsprodukten oder eingeschwemmtem Material aus höheren Schichten verfüllt wurden. Aufgrund der unterschiedlichen Materialzusammensetzung in den oberen 3,5 m sowie der geschilderten möglicherweise vorhandenen verfüllten Karsthohlräume sind ungleichmäßige Setzungen nicht auszuschließen.

Auch wenn die in den Anlagen 2.1 und 2.2 gezeigten geophysikalischen Untersuchungsergebnisse indirekte Hinweise auf die Baugrundsituation in den unterschiedlichen Tiefenbereichen liefern, sind lokale lage- und tiefenmäßige Abweichungen von diesen Darstellungen generell möglich.

Karlsbad, den 04.10.2021

Dr. Donié Geo-Consult GmbH



Dr. Christoph Donié

Anhang: Verfahrensbeschreibungen

Geoelektrische Tomographie

Geoelektrische Tomographie nennt man Messverfahren, die die räumliche Widerstandsverteilung des Untergrundes tomographisch abbilden. Aus dieser Widerstandsverteilung lassen sich Rückschlüsse auf den Aufbau des Untergrundes ziehen. Erkundungsziele sind unter anderem:

- geologische Schichtgrenzen
- Grundwasserspiegel, Wasserwegigkeiten
- Störungszonen
- Hohlräume
- Dolinen, Klüfte, Findlinge
- vergrabene Objekte, wie Tanks, Fundamente,
- Altlasten, Deponiekörper
- Pipelines

In der Gleichstrom-Geoelektrik wird über in den Untergrund eingebrachte Stromelektroden ein elektrisches Feld erzeugt. Über Potentialelektroden werden an verschiedenen Positionen die resultierenden Potentialdifferenzen erfasst. Die Messwerte ergeben sich aus der Geometrie der jeweiligen Messanordnung und der elektrischen Feld- und damit Widerstandsverteilung im Untergrund.

Mit moderner Messtechnik, sogenannten Multielektrodenapparaturen, lassen sich große Untergrundbereiche linien- oder flächenhaft abtasten. Dabei ist die Wahl der Messkonfigurationen grundsätzlich beliebig. Unterschiedliche Konfigurationen besitzen aber unterschiedliche Vor- und Nachteile. Die Wahl der geeigneten Messkonfiguration(en) kann daher für das Ergebnis einer Messkampagne von entscheidender Bedeutung sein.

Zum Einsatz kommen u. A. die Konfigurationen „Wenner“, besonders geeignet für flächenhafte Erkundungen, „Schlumberger“, als Tiefensondierung zur Erkundung vertikaler Leitfähigkeitsunterschiede und „Pol-Dipol“ bzw. „Dipol-Dipol“ zur Erfassung lateraler Widerstandsänderungen.

Die Messdaten werden zunächst überarbeitet, um Ausreißer und fehlerhafte Messungen zu eliminieren. Mit dem korrigierten Datensatz wird dann für jedes Messprofil mittels mathematischer Inversion ein Schnitt der Widerstandsverteilung im Untergrund modelliert.

Solche Modelle besitzen allerdings eine gewisse Mehrdeutigkeit, d. h. verschiedene Untergrundmodelle können einen Satz von Messwerten erklären. Je genauer der zu untersuchende Untergrundbereich erfasst ist, d. h. je mehr Messungen an unterschiedlichen Positionen durchgeführt werden, um so präziser kann auf die tatsächliche Verteilung der Widerstände im Untergrund rückgeschlossen werden. Darüber hinaus kann die Mehrdeutigkeit der Ergebnisse durch Zusatzinformationen, z. B. Bohrprofile und geologische Karten erheblich eingeschränkt werden.

In einem zweiten Schritt wird die räumliche Widerstandsverteilung des Untergrundes geologisch interpretiert. Hierbei spielen neben der Datenqualität und dem Informationsgehalt des Widerstandsmodells auch die geowissenschaftliche Fachkenntnis und Erfahrung der Interpretierenden eine entscheidende Rolle.

Goelektrische Widerstandstiefensondierungen

Die Methode der goelektrischen Widerstandstiefensondierungen wird dem Bereich der konventionellen Goelektrik zugeordnet.

Das Ziel der goelektrischen Widerstandstiefensondierungen ist die Ermittlung der spezifischen elektrischen Widerstandsverteilung im Untergrund. Sie stellt die Grundlage für die Bestimmung der Mächtigkeit bzw. Tiefenlage einzelner geologischer Schichten unter dem Messpunkt dar.

Die elektrische Eigenschaft des „Bodens“ wird durch Anlegen eines künstlichen elektrischen Feldes an der Erdoberfläche über Messelektroden erfasst.

Mit der Vierpunktanordnung von Elektroden (Stahlspieße A, B, N und M in Abbildung A.1) wird über die Außenelektroden (Stromelektroden A und B) dem Boden ein künstlicher elektrischer Strom (I) zugeführt und die sich einstellende Potentialdifferenz über die beiden mittleren Elektroden (Potentialelektroden M und N) gemessen. Zur Ermittlung der Tiefenlage einzelner geologischer Schichten sind eine Reihe von Einzelmessungen erforderlich. Hierbei wird der

Stromelektroden-Potentialelektroden-Abstand unter Beibehaltung des Mittelpunktes von MN schrittweise so weit vergrößert, bis die gewünschte Wirkungstiefe erreicht ist.

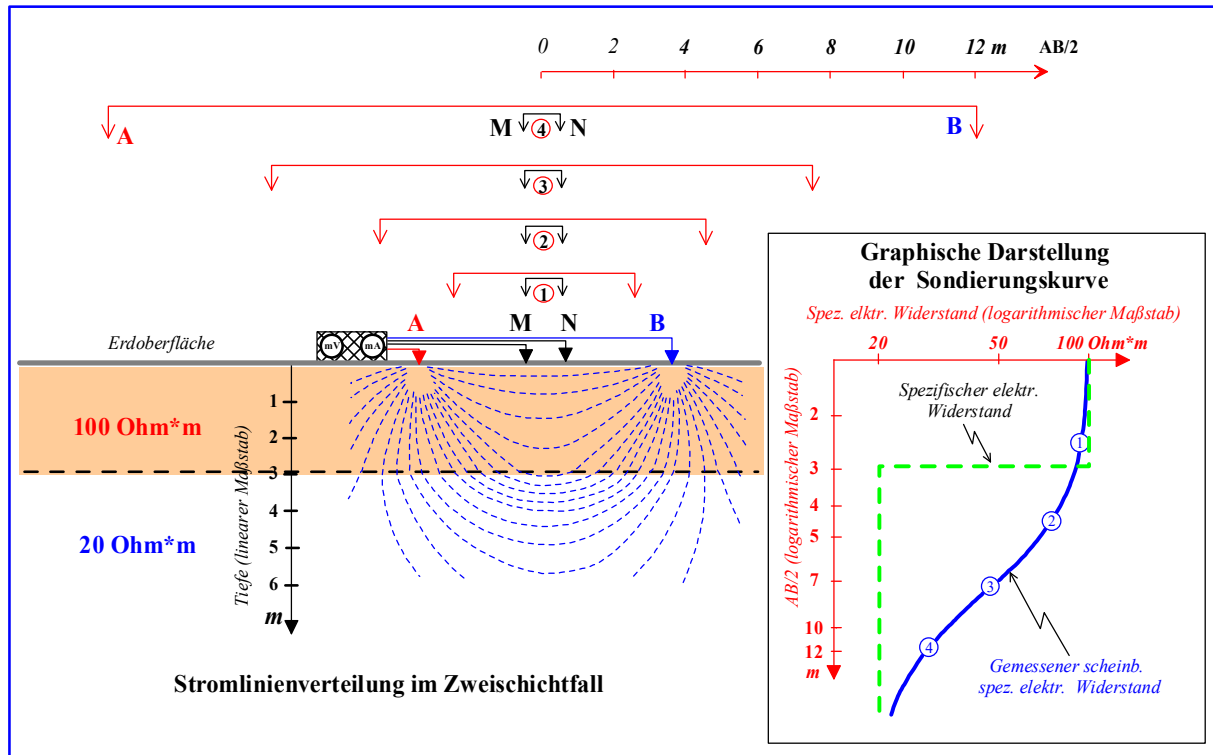


Abbildung A.1 Messprinzip der geoelektrischen Widerstandstiefensondierung.

Auf diese Weise wird der scheinbare spezifische elektrische Widerstand als Funktion der Elektroden-Abstände ($AB/2$) und somit als Funktion der Tiefe für den jeweils auf dem Profil festgelegten Messpunkt ermittelt.


Die computerunterstützte Auswertung (1D-Inversion) ergibt schließlich die Anzahl der Schichten, ihre Mächtigkeiten bzw. Tiefenlagen sowie die einzelnen spezifischen elektrischen Schichtwiderstände.

Mit den entsprechenden lokalen geologischen Kenntnissen (z.B. über Bohrungen) kann aus den Auswertungen der Einzelmessungen ein geologisches Modell entwickelt werden.

Stehen keine Bohrungen für Kalibriermessungen zur Verfügung, so erhöht sich der mittlere Fehler auf ca. 20 %. Insbesondere bei Wechselfolgen unterschiedlicher Gesteine wird dann

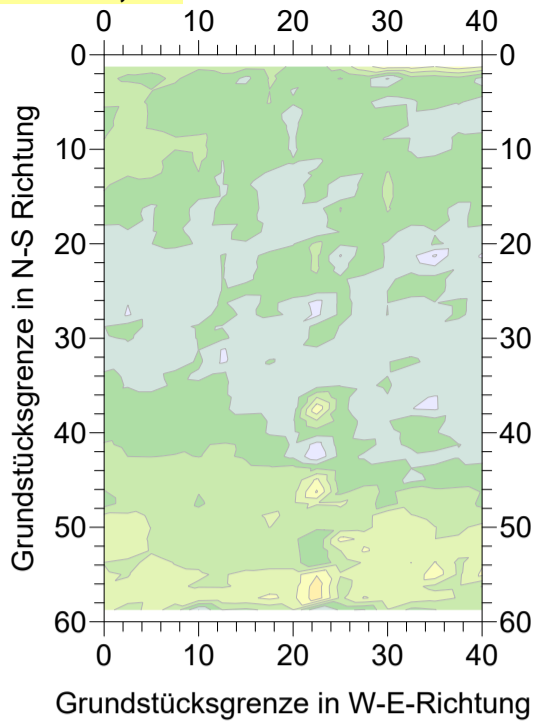
eine Zuordnung der geoelektrischen Messdaten zu den anstehenden Gesteinen außerordentlich schwierig bis unmöglich. Die laterale Auflösung hängt unmittelbar vom Elektrodenabstand ab.



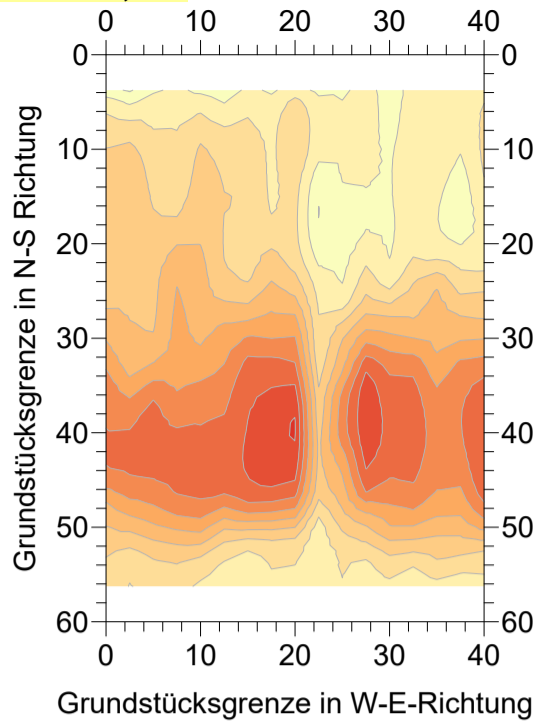
 Geoelektrikprofil (Aus Platzgründen wurde nur jedes zweite Profil markiert.)

 Dr. Donié Geo-Consult GmbH Am Hang 3, D-76307 Karlsbad Tel. : +49 7202/941680, Fax: +49 7202/941681	
Auftraggeber:	Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH Europaallee 17 66113 Saarbrücken
Projekt:	Hohlraumortung auf einer Erschließungsfläche in Fleringen bei Prüm
Planbezeichnung:	Lageplan mit Geoelektrikprofilen
Bearbeitet: Reiß	Maßstab: 1 : 1000
Geprüft: C. Donié	Datum 06.07.2021 Anlage 1

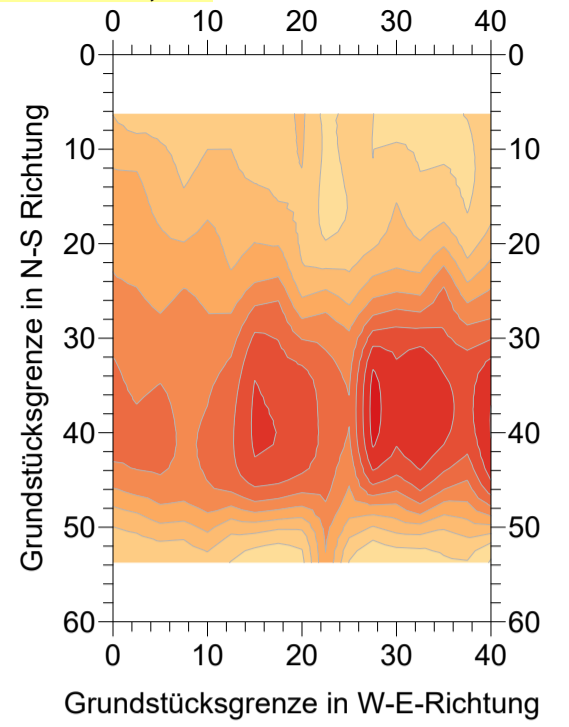
Tiefe ca. 1,0 m



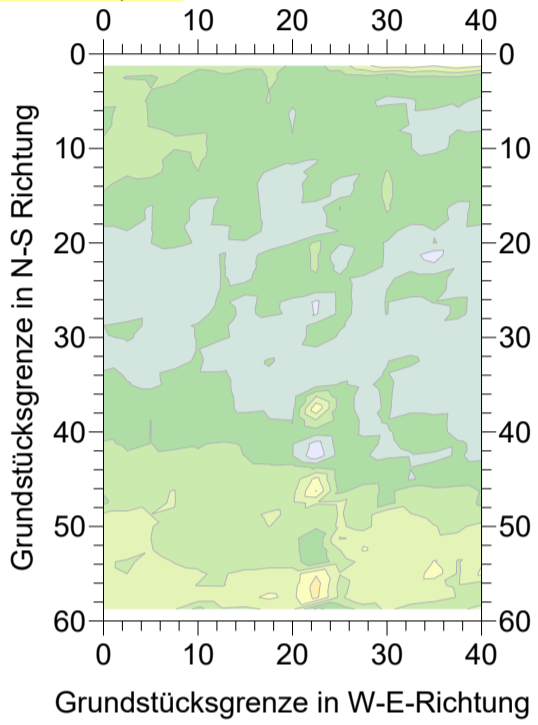
Tiefe ca. 6,4 m



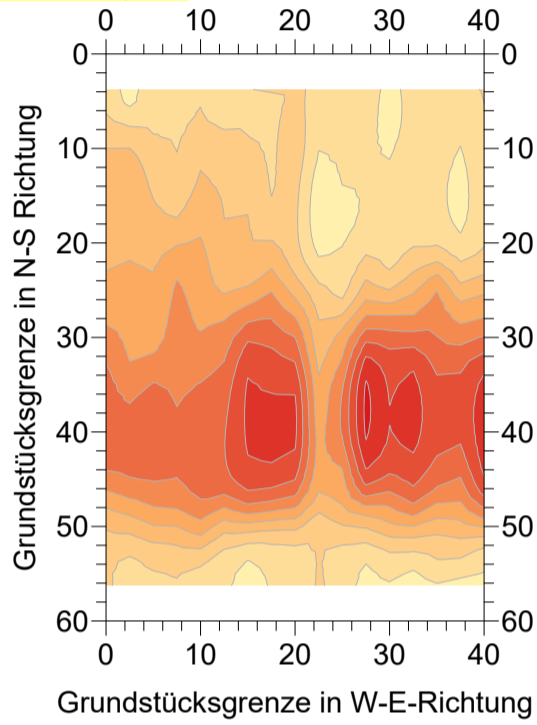
Tiefe ca. 12,0 m



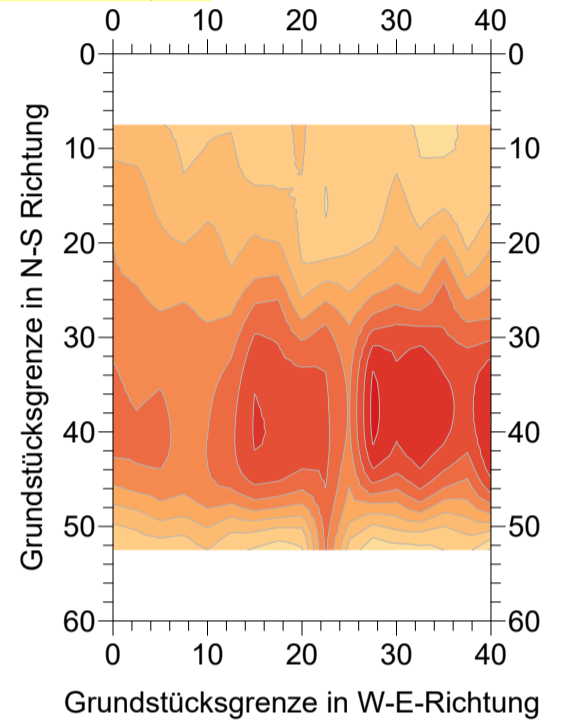
Tiefe ca. 2,2 m



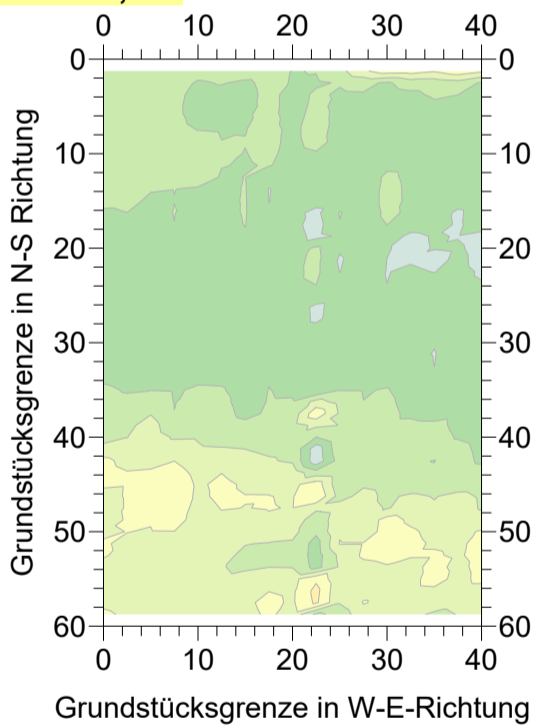
Tiefe ca. 8,1 m



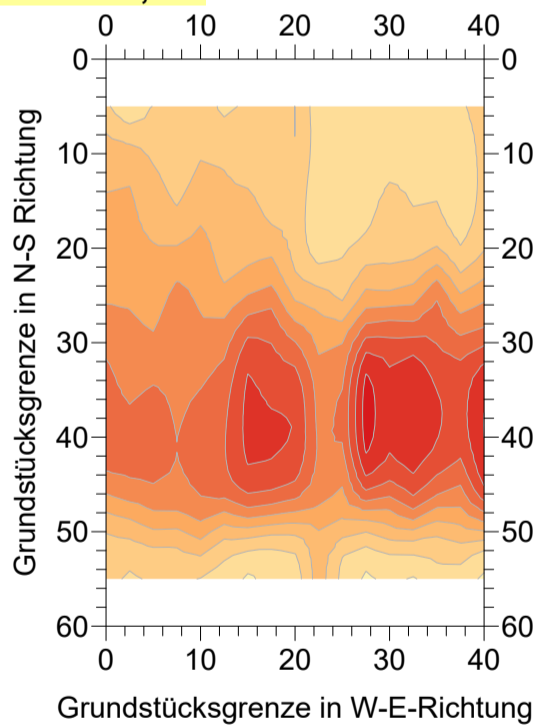
Tiefe ca. 14,3 m



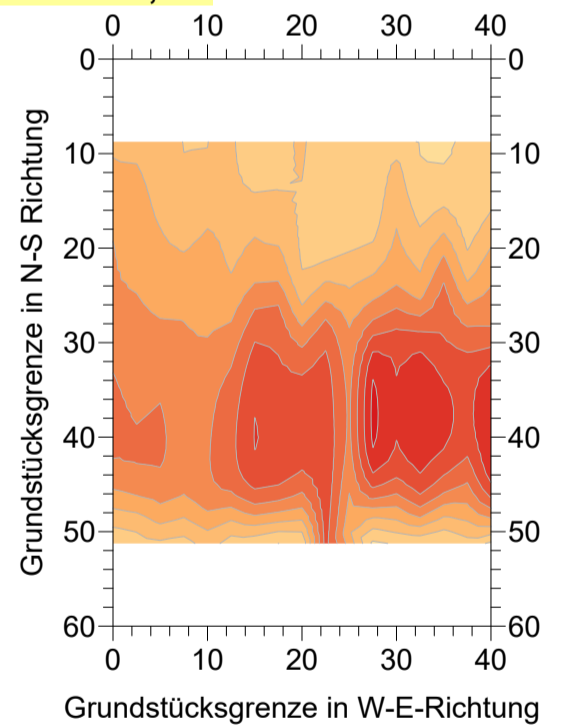
Tiefe ca. 3,5 m



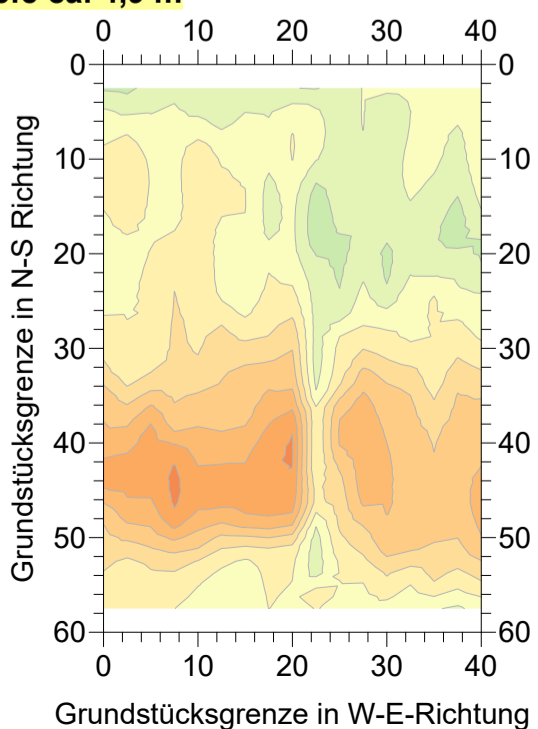
Tiefe ca. 10,0 m



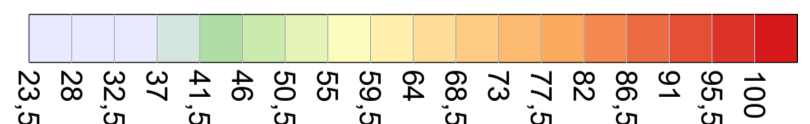
Tiefe ca. 16,7 m



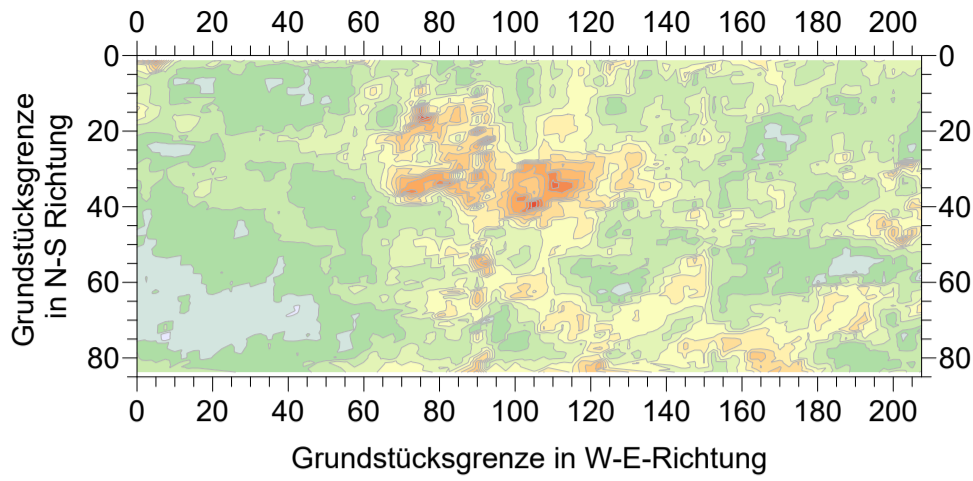
Tiefe ca. 4,9 m



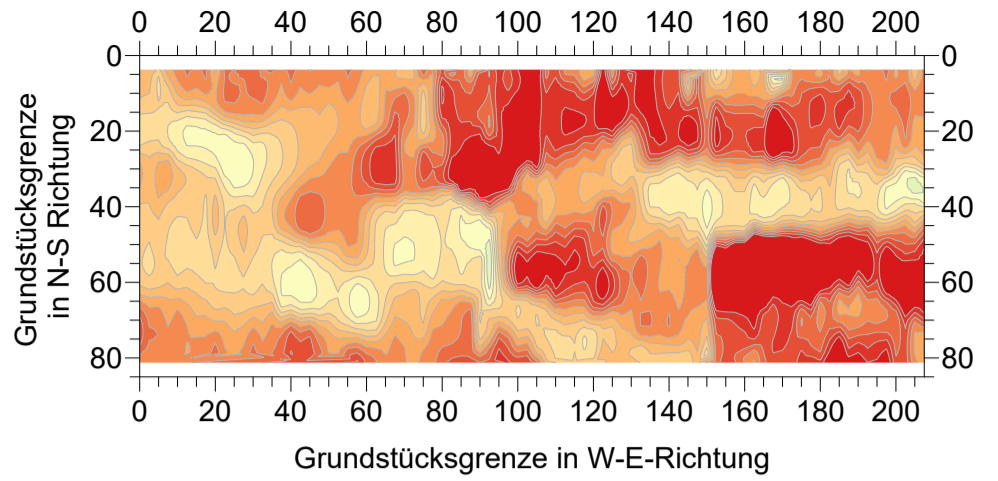
Spezifischer Widerstand (Ohm*m)



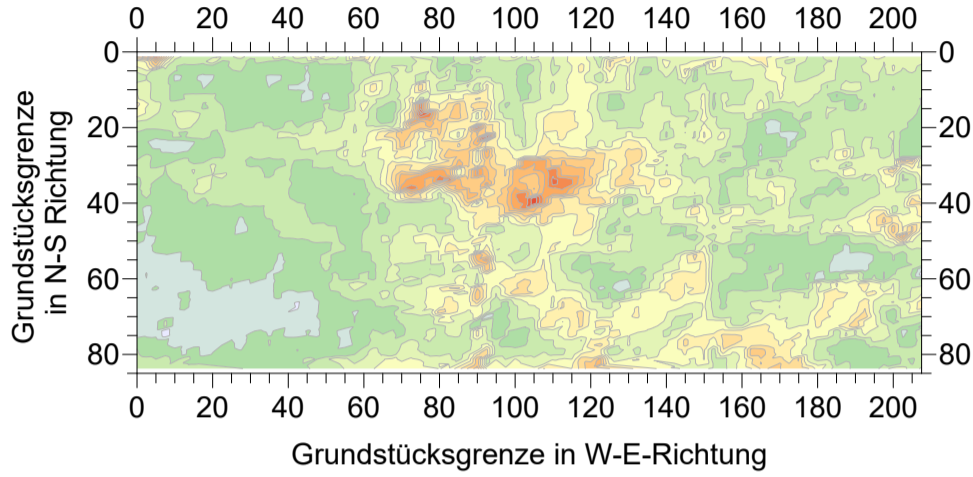
Tiefe ca. 1,0 m



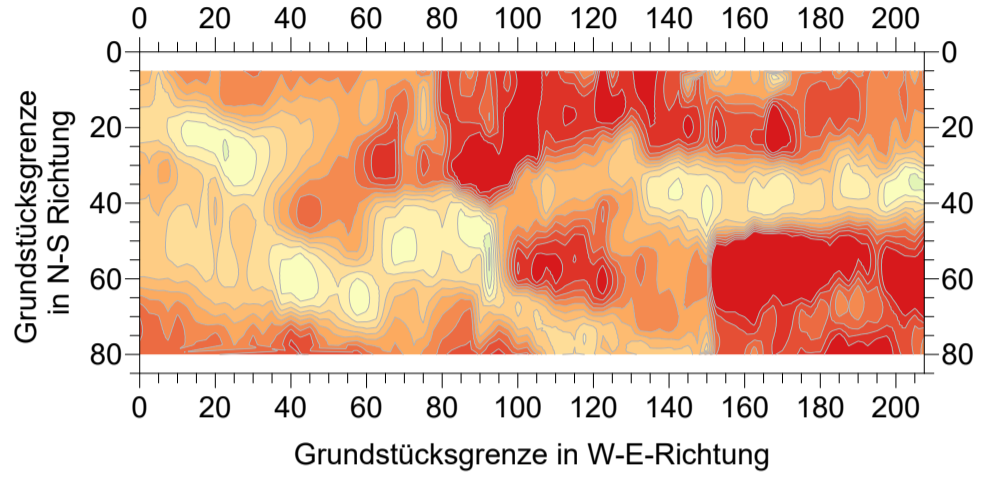
Tiefe ca. 8,1 m



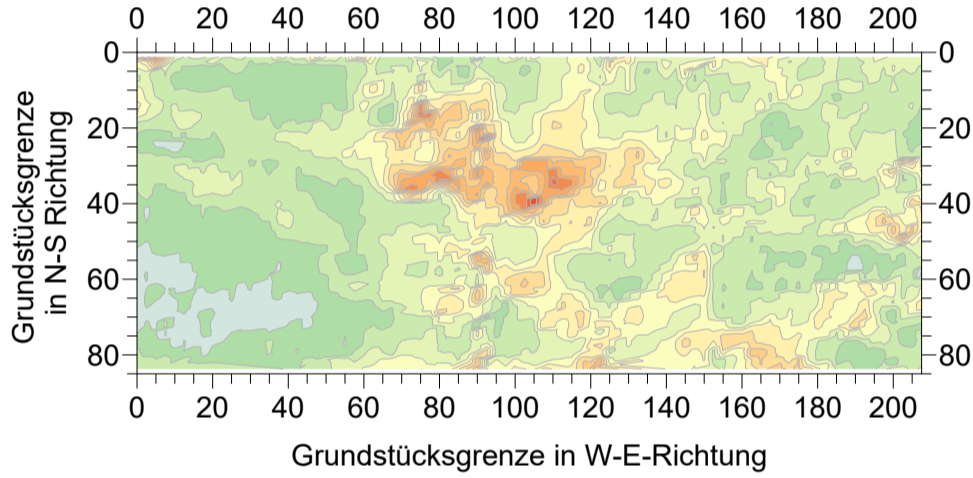
Tiefe ca. 2,2 m



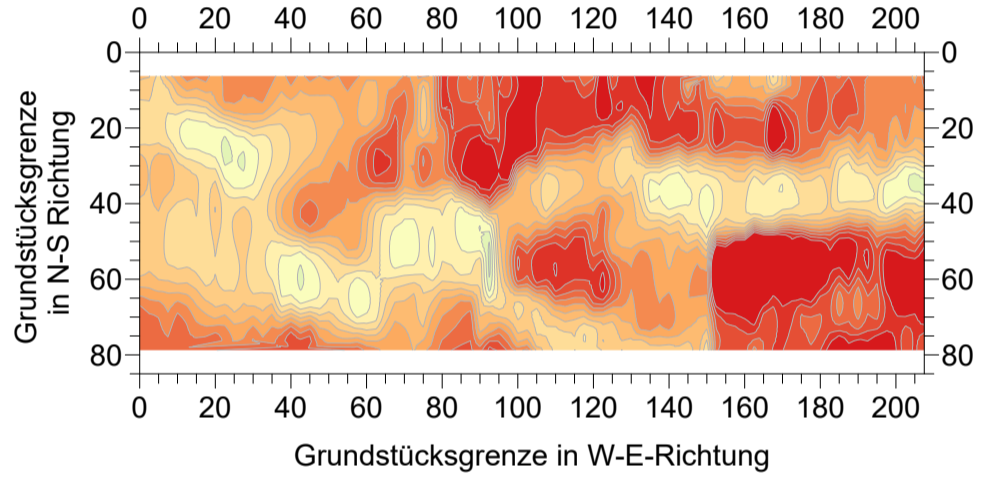
Tiefe ca. 10,0 m



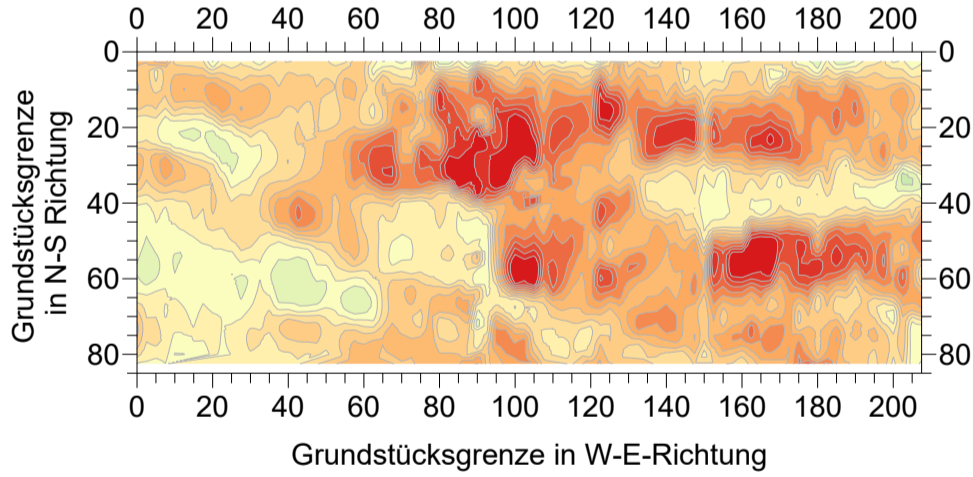
Tiefe ca. 3,5 m



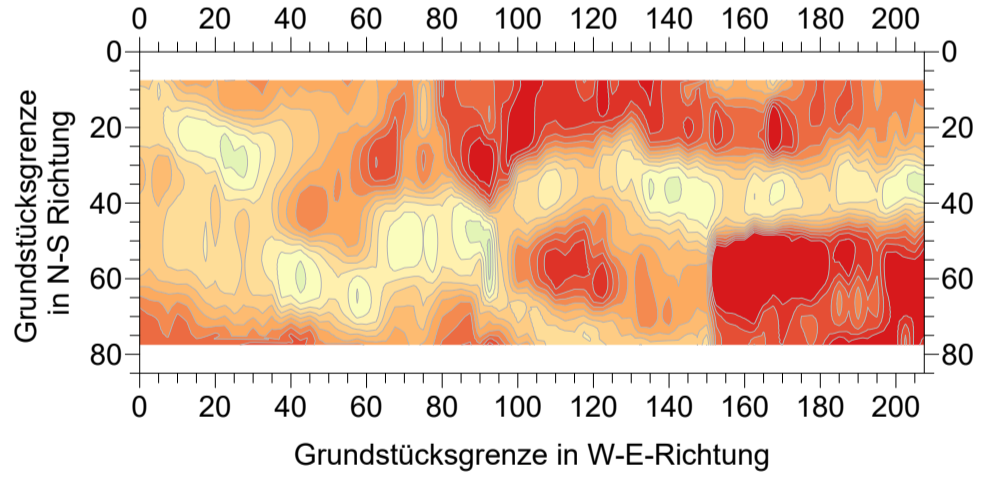
Tiefe ca. 12,0 m



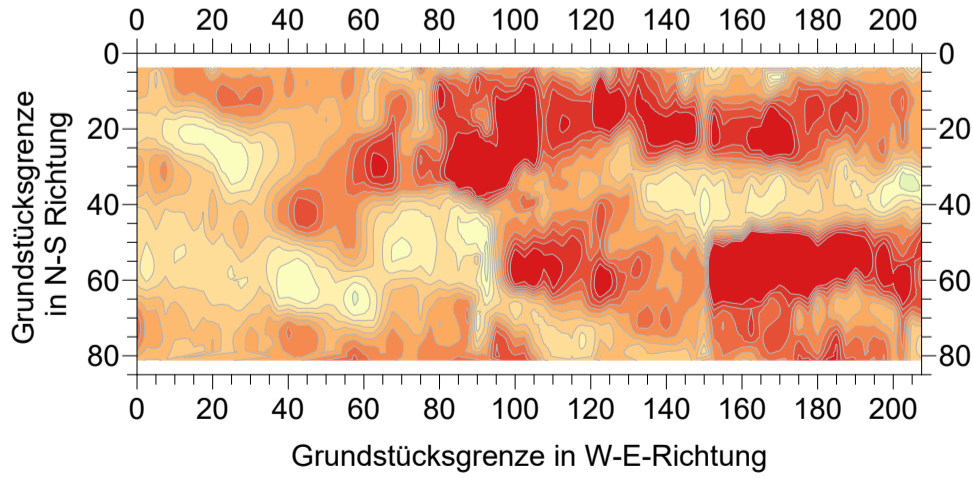
Tiefe ca. 4,9 m



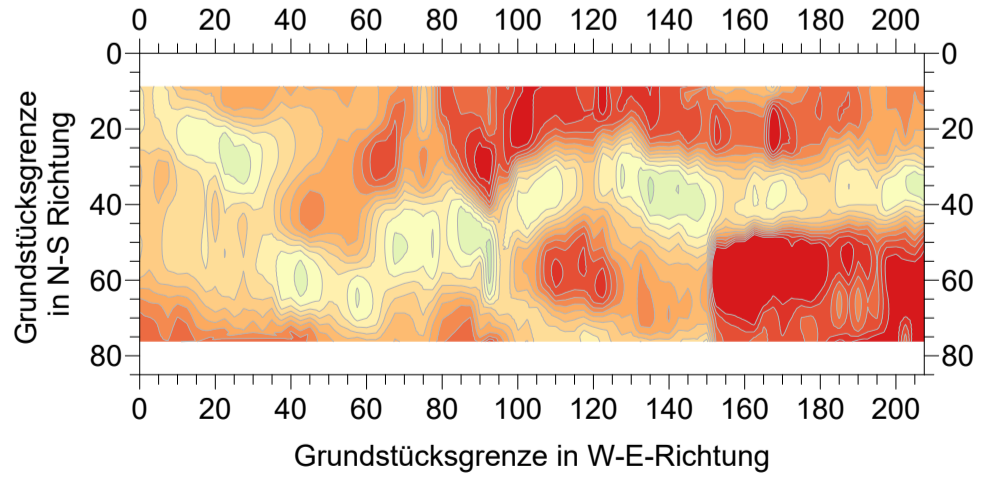
Tiefe ca. 14,3 m



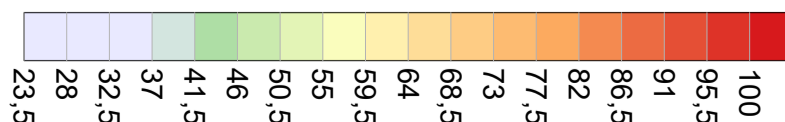
Tiefe ca. 6,4 m



Tiefe ca. 16,7 m




Spezifischer Widerstand (Ohm*m)



 Dr. Donié Geo-Consult GmbH Am Hang 3, D-76307 Karlsbad Tel. : +49 7202/941680, Fax: +49 7202/941681	
Auftraggeber:	Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH Europaallee 17 66113 Saarbrücken
Projekt:	Hohlraumortung auf einer Erschließungsfläche in Fleringen bei Prüm
Planbezeichnung:	Geoelektrische Horizontalschnitte für die östliche Fläche auf Basis von 2D-Inversionen
Bearbeitet: Reiß	Maßstab: 1 : 2000
Geprüft: C. Donié	Datum 06.07.2021 Anlage 2.2



 Dr. Donié Geo-Consult GmbH Am Hang 3, D-76307 Karlsbad Tel. : +49 7202/941680, Fax: +49 7202/941681	
Auftraggeber:	Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH Europaallee 17 66113 Saarbrücken
Projekt:	Hohlraumortung auf einer Erschließungsfläche in Fleringen bei Prüm
Planbezeichnung:	Lageplan mit Geoelektrikprofilen und vorgeschlagenen Bohransatzpunkten
Bearbeitet: Reiß	Maßstab: 1 : 1000
Geprüft: C. Donié	Datum 07.07.2021 Anlage 3