



GeoPlan

Hydrogeologisches Gutachten Nr. B2008344

**Eröffnung Kiestagebau im Marterbergholz
auf den Fl.-Nrn.: 136, 182/4 TF, 182/5, 182/9, 182/10,
184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026
Gemarkung Sandbach
Stadt Vilshofen an der Donau**

Osterhofen, den 22.04.2024



GeoPlan GmbH

Zertifiziert nach DIN EN ISO 14001:2022 und DIN EN ISO 9001:2022

Donau-Gewerbepark 5 | 94486 Osterhofen | Tel. +49 (0) 9932/95 44-0 | info@geoplan-online.de | Geschäftsführer: Rainer Gebel, Uli Weidinger, Tobias Kufner
Weitere Standorte: Burgkirchen a.d. Alz, Dingolfing, Regensburg, Rosenheim | Gerichtsstand Deggendorf HRB Nr.: 1471 | USt-IdNr.: DE 162 493 294
VR-Bank Ostbayern-Mitte eG, DE55 7429 0000 0006 1075 40, GENODEF1SR1 | VR-Bank Vilshofen, DE64 7406 2490 0007 7436 45, GENODEF1VIR



www.geoplan-online.de



Hydrogeologisches Gutachten

Vorhabensträger:



Karl Groß GmbH
Kieswerke, Spedition, Erdbewegung
Thundorfer Straße 37
94554 Moos

FON: 09938/9504-0
FAX: 09938/9504-30
E-Mail: info@gross-kieswerke.de

Entwurfsverfasser:



Ingenieurbüro Geoplan GmbH
Donau-Gewerbepark 5
94486 Osterhofen

FON: 09932/9544-0
FAX: 09932/9544-77
E-Mail: info@GeoPlan-online.de

Dieser Bericht umfasst 34 Textseiten und 8 Anlagen.
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Planungsvorhaben	1
1.2 Lage und Größe des Abbaugebietes	2
1.3 Nutzung des Planungsgebietes und des weiteren Umfeldes	3
1.4 Wiederverfüllung und Rekultivierung	3
2. Relief und Morphologie	4
3. Durchgeführte Felderkundungen	6
3.1 Aufschlussbohrungen	6
3.2 Grundwassermessstellen	6
3.3 Baggerschürfe	7
3.4 Geoelektrik	7
4. Geologie	9
4.1 Allgemeine Geologie	9
4.2 Beschreibungen der Aufschlussbohrungen B 1 bis B 3	11
4.2.1 Aufschlussbohrung B 1	11
4.2.2 Aufschlussbohrung B 2	11
4.2.3 Aufschlussbohrung B 3	12
4.3 Beschreibungen der Aufschlussbohrungen GWM 1 bis GWM 3	12
4.3.1 Aufschlussbohrung GWM 1	12
4.3.2 Aufschlussbohrung GWM 2	13
4.3.3 Aufschlussbohrung GWM 3	13
4.3.4 Anmerkung zu den Grundwassermessstellen	13
4.4 Beschreibungen der Baggerschürfe SCH 1 bis SCH 7	14
4.4.1 Baggerschurf SCH 1	14
4.4.2 Baggerschurf SCH 2	14
4.4.3 Baggerschurf SCH 3	14
4.4.4 Baggerschurf SCH 4	15
4.4.5 Baggerschurf SCH 5	15
4.4.6 Baggerschurf SCH 6	15
4.4.7 Baggerschurf SCH 7	15
4.5 Beschreibungen der Geoelektrischen Profile	16
4.5.1 Geoelektrisches Profil 1	16
4.5.2 Geoelektrisches Profil 2	17
4.5.3 Geoelektrisches Profil 3	17
5. Hydrogeologie.....	19
5.1 Grundwasserleiter und Strömungsverhältnisse	19
5.2 Grundwasserüberdeckung	21
5.3 Grundwassereinzugsgebiet und Grundwasserneubildung	21
5.4 Durchlässigkeit der verbleibenden Deckschichten	23
5.5 Ermittlung der Schutzfunktion der Deckschichten	23



6. Bewertung des Kiesabbaus hinsichtlich Hydrogeologie	26
6.1 Gräben und Quellen	26
6.2 Grundwasserneubildung	27
6.3 Abschätzung der hydrogeologischen Auswirkungen auf das GW.....	27
7. Hydrogeologische Bewertung der Standortkriterien	28
7.1 Bewertung der Geologie und Hydrogeologie am Standort	28
7.2 Wasserwirtschaftliche Bewertungskriterien	28
7.3 Gesamtbeurteilung und Einstufung des Standortes	31
8. Eigen- und Fremdüberwachung	31
8.1 Verfüllmaterial - Fremdüberwachung	31
8.2 Verfüllmaterial - Eigenüberwachung	32
8.3 Grund- bzw. Schichtwasser – Eigenüberwachung	32
8.4 Grundwassermonitoring	33
9. Abbildungsverzeichnis	35
10. Tabellenverzeichnis	36
11. Anlagen	37
12. Quellenverzeichnis	38
12.1 Informationssysteme	38
12.2 Gesetze und Verordnungen	38
13. Abkürzungsverzeichnis	39

1. Einleitung

1.1 Planungsvorhaben

Das Unternehmen Karl Groß GmbH, vertreten durch Herrn Karl-Heinz Groß, beabsichtigt die Eröffnung einer Kiesgrube. Das Planungsgebiet (Geltungsbereich) umfasst die Grundstücke mit den Fl.-Nrn.: 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 in der Gemarkung Sandbach im Marterbergholz, im Gemeindegebiet der Stadt 94474 Vilshofen an der Donau im Landkreis Passau, Regierungsbezirk Niederbayern (siehe Abbildung 1).

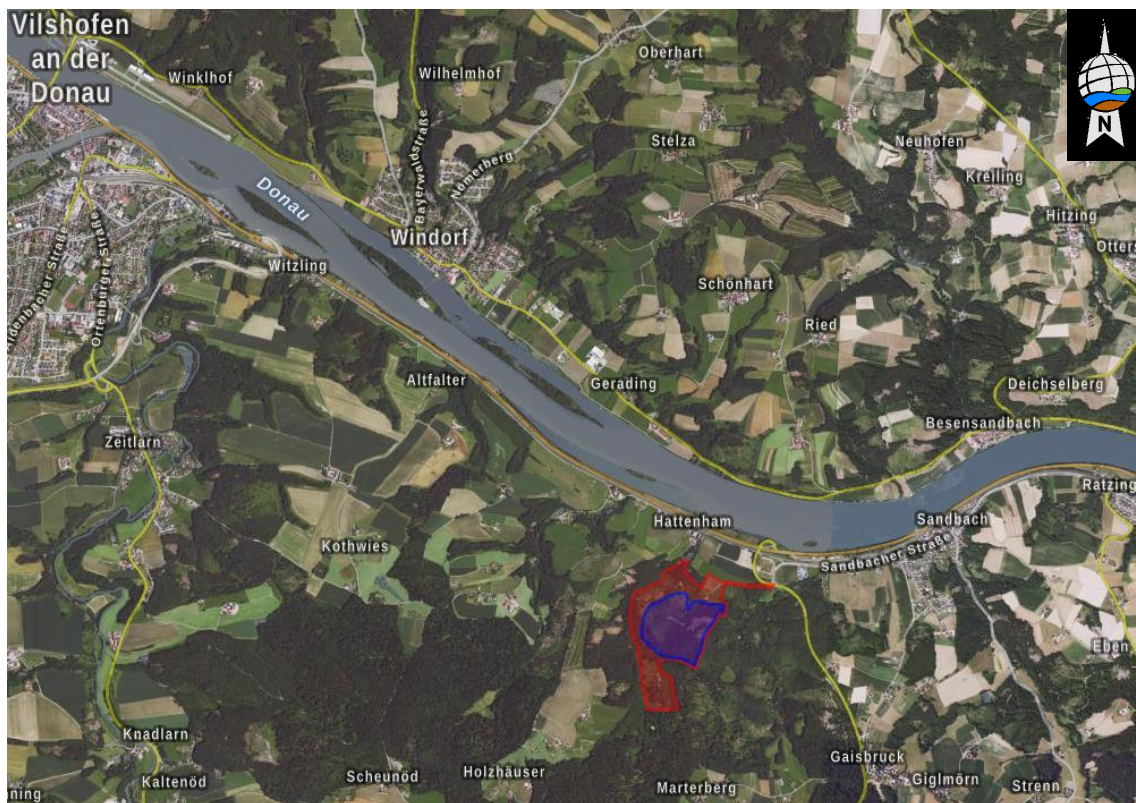


Abbildung 1: Lokation der Fl.-Nrn.: 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 mit geplantem Abbaugelände (blau) und vom Abbau unberührter Bereich (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024; unmaßstäblich

Das Ingenieurbüro Geoplan GmbH, Osterhofen, wurde im Rahmen der Gesamtplanung der vorgesehenen Maßnahme, durch das Unternehmen Karl Groß GmbH, beauftragt, die notwendigen Planunterlagen zur Genehmigung des Kiesabbaus auf den o.g. Flächen zu erstellen. Im Zuge der Genehmigungsplanung ist die Erstellung eines qualifizierten hydrogeologischen Gutachtens, gemäß den Vorgaben des Leitfadens zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen des Bayerischen Landesamt für Umwelt (Eckpunktepapier – EPP), für das betrachtete Untersuchungsgebiet erforderlich.

Die im Zusammenhang mit dem Abbau entstandene Geländeänderung soll, den anschließenden Rekultivierungsmaßnahmen entsprechend, zum Teil mit eigenem Abraum- und Aushubmaterial wiederverfüllt, im Gesamten aufgewertet und für die Folgenutzung verbessert werden.

Damit dieser Eingriff keine Verschlechterung der Qualität von Natur und Landschaft zur Folge hat, wird mit der Rekultivierung eine im Sinne des Naturschutzes gerechte Nachnutzung, als standortgerechter Laubmischwald, angestrebt.

Der geplante Kiesabbau soll oberhalb des Grundwassers im Trockenabbauverfahren stattfinden. Aufgrund der Beschaffenheit der Kiessedimente befindet sich der Abbau im Geltungsbereich des Bundesberggesetz (BBergG).

1.2 Lage und Größe des Abbaubereiches

Das Untersuchungsgebiet ist im Marterbergholz im Norden von Marterberg und ca. 2 km südwestlich von Sandbach an der Donau lokalisiert. In ca. 4,2 km Distanz befindet sich in nordwestlicher Richtung die Stadt Vilshofen an der Donau.

Die Flurnummern 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 umfassen eine Fläche von ca. 40,17 ha (Planungsgebiet). Der geplante Kiesabbau wird auf einer Fläche von ca. 17,79 ha, auf den Fl.-Nrn.: 184 (TF), 995/1, 992 (TF) und 1026 (TF) stattfinden (siehe Abbildung 2). Die Fläche der Zufahrt zum geplanten Abbaubereich beträgt ca. 0,68 ha (inklusive Böschung).

Die Abmessungen der geplanten Auskiesungsfläche betragen ca. 440 m x 450 m und die tiefste geplante Abbausohle liegt bei maximal 360,00 m ü. NN. Die exakten Dimensionen der geplanten Fläche des Kiesabbaus, werden in den Quer- und Längsschnitten, beigelegt in der Anlage 3.3 der Antragsunterlagen, deutlich.

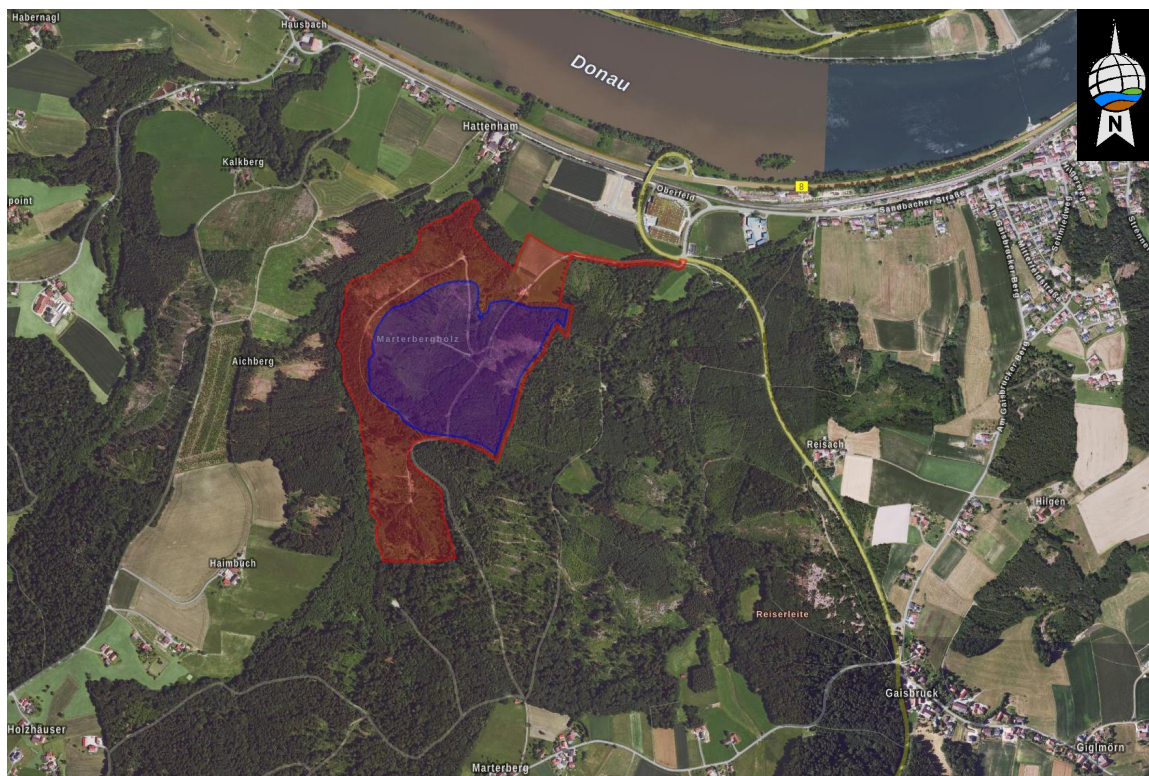


Abbildung 2: Lokation des geplanten Abbaubereiches im Marterbergholz (blau) auf den Fl.-Nrn.: 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 (rot);
Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024; unmaßstäblich

1.3 Nutzung des Planungsgebietes und des weiteren Umfeldes

Die Flurgrundstücke 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 sind, wie dem Flächennutzungsplan (*FNP*) im Rahmenbetriebsplan zu entnehmen ist, überwiegend mit forstwirtschaftlich genutztem Waldgebiet bedeckt.

Auf den umliegenden bzw. angrenzenden Flurgrundstücken sind ebenfalls forstwirtschaftlich genutzte Flächen ausgeprägt. Die nordöstlich angrenzenden Flurnummern 997 und 1025 werden als Ackerflächen genutzt.

1.4 Wiederverfüllung und Rekultivierung

Gemäß der aktuellen Planung ist durch den Auftraggeber eine vollständige Wiederverfüllung der ausgekiesten Flächen mit grubeneigenem Abraum und Fremdmaterial der Verwertungsklasse Z 0 gemäß den Vorgaben des Leitfadens zum Eckpunktepapier angestrebt. Das Vorliegen der hydrogeologischen Voraussetzungen hierfür ist am Standort allerdings noch nachzuweisen.

Auf Grund der nicht vorhandenen Einbindung der Wiederverfüllung im geplanten Endzustand in einen Grundwasserkörper, handelt es sich nach dem Wasserhaushaltsgesetz (*WHG*) im Untersuchungsgebiet um eine Trockenverfüllung.

Aus hydrogeologischer Sicht bestehen somit keine potenziellen strömungstechnischen Auswirkungen einer Rückverfüllung mit hydraulisch geringdurchlässigem in-situ- oder Fremdmaterial auf die lokalen bzw. regionalen Grundwasserströmungsverhältnisse.

Die zu ergreifenden Maßnahmen und die zu realisierende Umsetzung in Bezug auf die Endabdeckung mit einhergehender Rekultivierung sind dem Landschaftspflegerischen Begleitplanung und dem Rahmenbetriebsplan der weiteren Antragsunterlagen zu entnehmen.

2. Relief und Morphologie

Der geplante Kiesabbau ist im tertiären Hügelland Niederbayerns, welches durch Sedimenteintragung in das Molassebecken und die anschließende Auffaltung der Alpen entstanden ist, lokalisiert. Die prägenden Sedimente und Grundstrukturen sind jedoch durch das wesentlich ältere Moldanubikum entstanden, welches auch an der Basis des Untersuchungsgebietes noch aufgeschlossen ist. Charakteristisch ist neben den wechselnden Bodenverhältnissen das wellige Terrain mit einer Vielzahl von Höhenrücken (Hügel), wasserführenden Mulden und Tälern (siehe Abbildung 3).

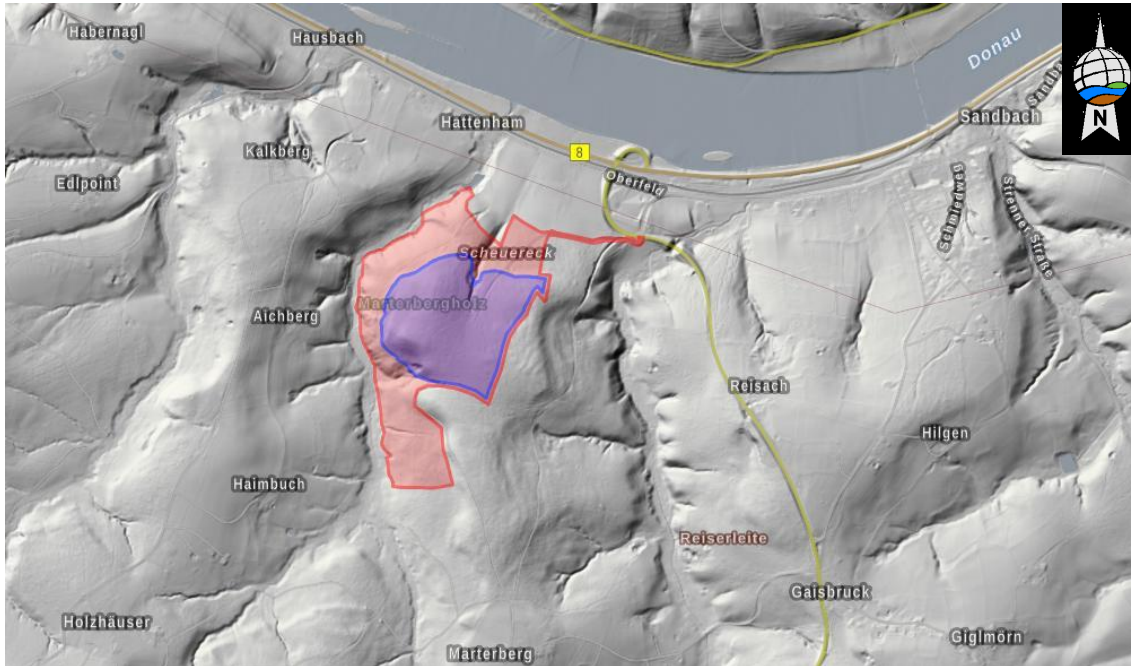


Abbildung 3: Digitales Geländemodell der Region um den Geltungsbereich (rot) und dem darin geplanten Abbaubereich (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024 - unmaßstäblich

Das Planungsgebiet liegt auf einem Nord-Süd verlaufendem Höhenrücken, bzw. Hügel und fällt nach Westen in eine Nord-Süd verlaufende Muldenstruktur ab (siehe Abbildung 4). Im Zentrum des geplanten Abbaubereiches ist eine weitere Grabenstruktur lokalisiert, die sich in Richtung Norden ausbreitet und kein Oberflächengewässer führt.

Dort befindet sich der nächstgelegene Vorfluter dieses Gebietes, der zur im Norden, in ca. 320 m Distanz, verlaufenden Donau entwässert. Gleichzeitig neigt sich der Hang nach Norden und fällt in Richtung der angrenzenden Ackerflächen auf teils bis zu 314 m NN ab.

Der Scheitelpunkt der Sattelstruktur liegt östlich vom Planungsgebiet, wodurch es in diese Richtung nicht geneigt ist. Im Süden fällt das Relief ebenfalls in Richtung der westlich gelegene Nord-Süd streichenden Muldenstruktur ab.

Durch den Abbau wird der Bergrücken und die Hangflanke zum Teil abgetragen und durch eine vollständig stattfindende Wiederverfüllung mit grubeneigenem Abraum und Fremdmaterial für die geplante Rekultivierung optimal modelliert.

Die Geländehöhe des Ursprungsgeländes im geplanten Abbaubereich beträgt zwischen ca. 360 m ü. NN bis 392 m ü. NN, was zu einer mittleren Geländehöhe von ca. 376 m ü. NN führt.

Die tiefste geplante Sohlentiefe des Kiesabbaus liegt bei maximal 360,00 m ü. NN und damit zum Teil auf dem Niveau der natürlichen Geländeoberfläche.



Abbildung 4: Digitales Geländemodell des Geltungsbereiches (rot) und dem darin geplanten Abbaubereich (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024 - unmaßstäblich

3. Durchgeführte Felderkundungen

Zur Beurteilung der geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen werden insgesamt drei Bohraufschlüsse, sieben Baggerschürfe und drei Bohrungen für Grundwassermessstellen herangezogen, welche in den betroffenen Grundstücken des geplanten Kiesgruben-Betriebsgeländes abgeteuft wurden.

Im September und Oktober 2020 wurden von der Firma Lettl Brunnenbau GmbH, aus Johanneskirchen, zur genaueren Bestimmung der Untergrundverhältnisse vor Ort sowie zur langfristigen Beobachtung der hydrogeologischen Verhältnisse, drei Aufschlussbohrungen niedergebracht und drei weitere Aufschlussbohrungen in den Flurgrundstücken 184, 992 und 1026 zu Grundwassermessstellen (GWM) ausgebaut.

Die Lage aller Ansatzpunkte der Erkundungen und Aufschlussarbeiten (Aufschlussbohrungen, Baggerschürfe, Grundwassermessstellen) sind genauso wie die Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse sowie Ausbaupläne in Anlage 4.4 der Antragsunterlagen beigefügt. Die Ansatzhöhen, Endteufen und Koordinaten sind den beiden folgenden Tabellen zu entnehmen (siehe Tabelle 1 und 2).

3.1 Aufschlussbohrungen

[Tabelle 1: Darstellung der Aufschlussbohrungen](#)

Aufschlussbohrung	Ansatzhöhe über NN in [m]	Endteufe in [m]	Endteufe über NN in [m]	Koordinaten (Rechts- & Hochwerte)
B 1	351,74	10,00	341,74	4591978 5385838
B 2	362,10	6,00	356,10	4592147 5385666
B 3	365,35	10,00	355,35	4592081 5385651

3.2 Grundwassermessstellen

[Tabelle 2: Darstellung der Grundwassermessstellen \(GWM\)](#)

GWM	Durchmesser DN	Ansatzhöhe über NN in [m]	Endteufe in [m]	Endteufe über NN in [m]	Koordinaten (Rechts- & Hochwerte)
GWM 1	DN 125	386,19	27,00	359,19	4591919 5385286
GWM 2	DN 125	370,39	14,00	356,39	4591764 5385590
GWM 3	DN 125	362,01	10,00	352,01	4592157 5385676

3.3 Baggerschürfe

Um die Ausbreitung der Kiesvorkommen im Untergrund genauer zu lokalisieren und abzugrenzen, wurden sieben Baggerschürfe niedergebracht und im Folgenden kurz zusammengefasst (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Darstellung der Baggerschürfe

Baggerschurf	Ansatzhöhe über NN in [m]	Endteufe in [m]	Endteufe über NN in [m]	Koordinaten (Rechts- & Hochwerte)
SCH 1	367,71	3,00	364,71	4592163 5385664
SCH 2	381,07	3,00	377,87	4592190 5385554
SCH 3	355,75	4,70	351,05	4591702 5385630
SCH 4	369,37	3,75	365,62	4591756 5385589
SCH 5	361,27	4,50	356,77	4591975 5385732
SCH 6	377,16	4,80	372,36	4592004 5385525
SCH 7	368,75	3,80	364,95	4592082 5385626

3.4 Geoelektrik

Im Zuge der Aufschlussarbeiten wurden, von Geophysikalische Sondierungen – Dr. Armin Rauen, mittels Geoelektrischer Tomografie genauere Betrachtungen des Untergrundaufbaues im Planungsgebiet möglich (siehe Anlage 2). Es wurden drei Messungen entlang von Messlinien durchgeführt. Dabei wurde ein definierter elektrischer Strom über Elektroden als Erdungspunkte in den Boden eingespeist und die Spannung über weitere Elektroden gemessen. Mithilfe der Stromstärke, der elektrischen Spannung und den Orten der aktiven Elektroden wird der spezifische elektrische Widerstand in Abhängigkeit von Entfernung und Tiefe ermittelt.

Der spezifische elektrische Widerstand ist dabei das Maß für die Bestimmung der Bodenarten bzw. der Gesteinstypen. Bindige Sedimente und Wasservorkommen weisen stets niedrigere Werte als trockene rollige Sedimente oder Festgestein auf. Dadurch können in diesem Fall Zonen mit Kiesvorkommen klar von bindigen Decklagen oder Linsen abgegrenzt werden. Exemplarisch ist in folgender Abbildung 5 ein solches Profil dargestellt, wobei die blauen Bereiche Kiese und Festgesteine vermuten und die orange bis gelb gefärbten Zonen auf feinkörnige Sedimente schließen lassen. Die Lage der durchgeführten Messungen und die zugehörigen Profilschnitte sind der Anlage 1 zu entnehmen.

Eine Einteilung der Locker- und Festgesteine erfolgt nach einer Zusammenstellung nach Bertold et al. (1997), Greinwald & Thierbach (1997) und Mundry (1985), in Form von Tabellenwerken. Die Beschreibung und Interpretation der Profilschnitte ist im nächsten Kapitel zu finden.

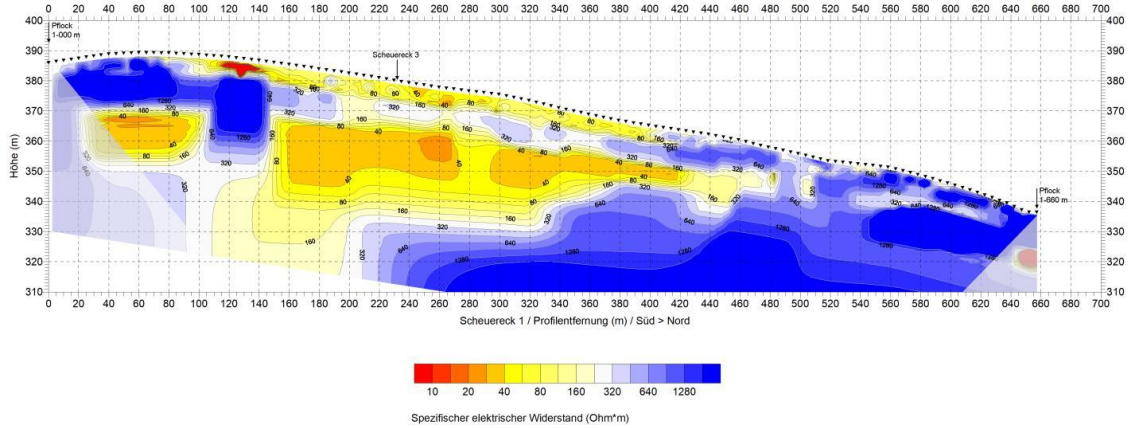


Abbildung 5: Geoelektrisches Profil / Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstandes;
 Quelle: Geophysik-Dr.Rauen - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich

Tabelle 4: Legende zum exemplarischen geoelektrischen Profil / Tiefenschnitt

Spezifischer elektrischer Widerstand in [Ω m]	Zuordnung der Widerstände zu Bodenarten
< 20	Ton
20 – 50	Schluff
> 50	Sande
> 150	Kiese
> 1000	grobe, trockene Kiese, Blöcke, Fels, Kristallin

4. Geologie

4.1 Allgemeine Geologie

Gemäß den allgemeinen vorliegenden Informationen besteht der Untergrund im Untersuchungsgebiet auf den Flurgrundstücken 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 in erster Linie aus Ablagerungen der tertiären bis quartären Flussschotter und den Überlagernden quartären Sedimenten (siehe Abbildung 6). Aufgrund der komplexen geologischen Verhältnisse wird der exemplarische Profilschnitt (Goelektrisches Profil 1) aus Kapitel 3.4 erneut verwendet, um die einzelnen Ablagerungsereignisse anschaulich darzustellen (siehe Abbildung 7).

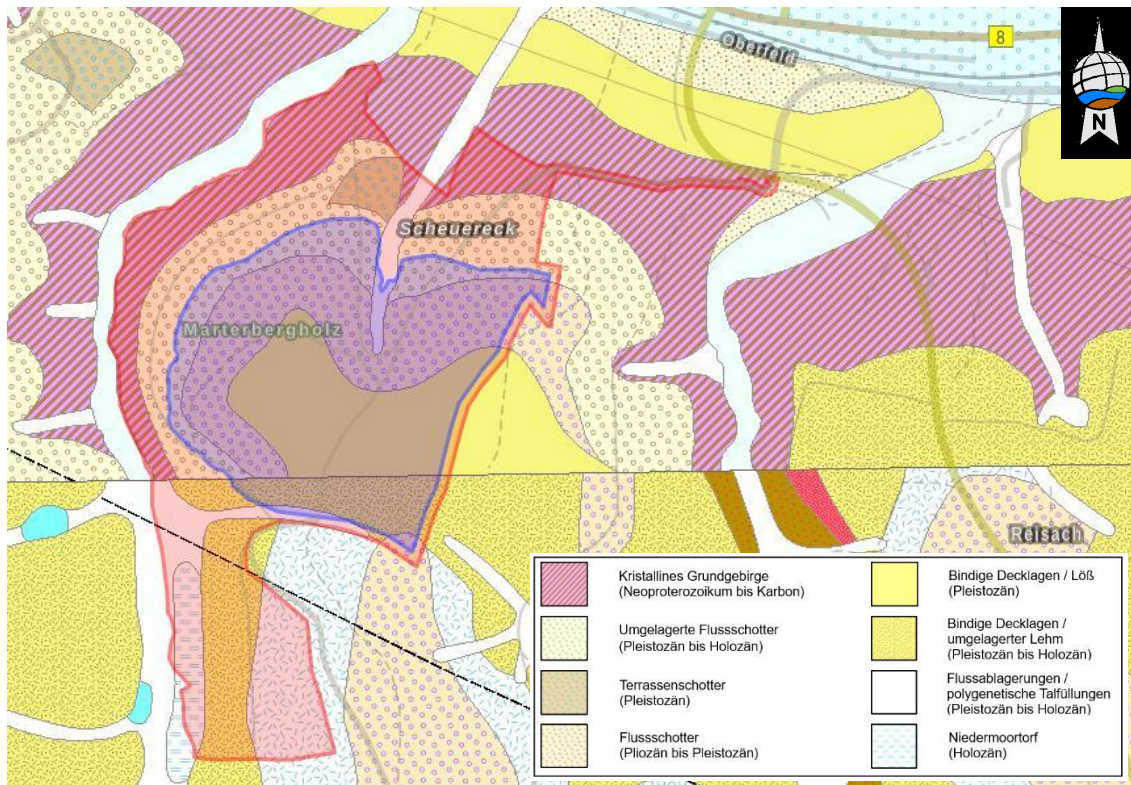


Abbildung 6: Darstellung der geologischen Verhältnisse um das Planungsgebiet (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024; unmaßstäblich

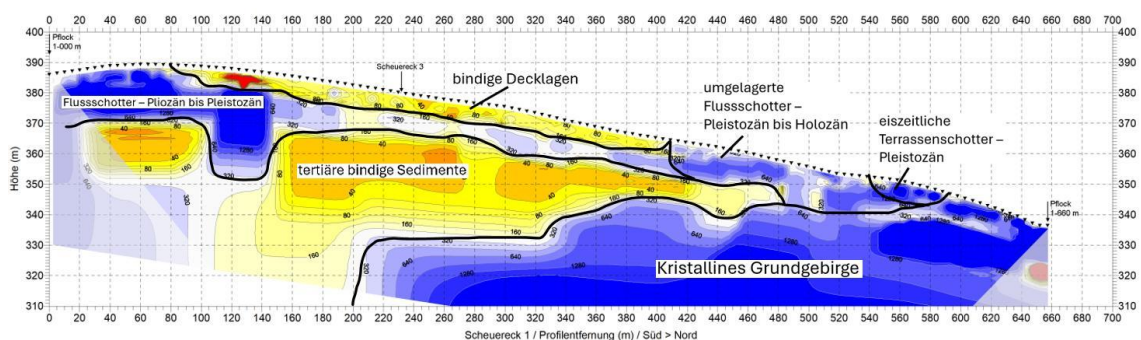


Abbildung 7: Goelektrisches Profil / Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstandes mit Abgrenzung der geologischen Ablagerungsereignisse; Quelle: Geophysik-Dr.Rauen - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich

Die Basis bilden Wechselfolgen aus Metablastischem Biotit-Plagioklas-Gneis, Metatektischem Cordierit-Sillimanit-Kalifeldspatgneis und Diatektischem Gneis und Diatexit, die in lagiger, schlieriger und massiger Gefügevariation vorliegen.

Diese Geologische-Einheit ist dem Moldanubikum und der Zeit des Neoproterozoikum bis Karbon zuzuordnen und wurde durch die Urdonau aufgeschlossen.

Es handelt sich dabei um das Kristalline Grundgebirge, welches bei der Variszischen Orogenese entstanden ist.

Überlagert bzw. angelagert wird diese Einheit aus umgelagerten Flussschottern des Pleistozän bis Holozän, die in das Quartär einzuordnen sind und aus sandigen und schluffigen Kiesen bestehen, die aus Hangablagerungen oder Abschwemmasse aus dem Bayerischen Wald entstanden sind.

Auf diesen Schottern sind teilweise jüngere eiszeitliche Terrassenschotter abgelagert, die aus wechselnd sandigen und steinigen, sowie zum Teil schwach schluffigen Kiesen aufgebaut sind (Höhere und Untere Deckenschotter). Diese Sedimente sind im Planungsgebiet und in der umliegenden Region nur als isolierte kleine Sedimentbecken / Terrassen vorhanden, da der Großteil durch die Donau erodiert wurde.

Auf den umgelagerten Flussschottern und den nicht an der Oberfläche ausstreichenden tertiären bindigen Sedimenten, sind Flussschotter, aus dem Pliozän bis Pleistozän, die dem Übergang vom Tertiär in das Quartär zuzuordnen sind, aus wechselnd sandig und steinigen Kiesen, abgelagert.

Im oberen Bereich der Sattelstruktur sind schluffige Decklagen aus dem Pleistozän bzw. Quartär aufgeschlossen. Diese Löß- bzw. Lößlehmsedimente bestehen entweder aus feinsandigem und karbonathaltigem Schluff oder aus tonigem, feinsandigem und karbonatfreiem Schluff.

Die jüngsten Sedimente sind die Bach- oder Flussablagerungen aus Sand- und Kies-sedimenten, die zum Teil durch Flusslehm oder Flussmergel bedeckt sind und deren Entstehungsgeschichte bis in die Zeit des Pleistozän bis Holozän zurückführen ist. Diese Ablagerungen sind in einer im Westen an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Rinnen, bzw. Muldenstruktur zu finden.

Aus derselben Zeit sind die polygenetischen Talfüllungen, die sich aus dem Zentrum des Untersuchungsgebietes in Richtung der im Hang verlaufenden Eintiefung in Richtung der nördlich gelegenen Donau ausbreiten. Die Talfüllungen bestehen im Wesentlichen aus Lehm, Sand und teils kiesigen Beimengungen. Außerhalb des geplanten Abbaubereiches befindet sich im Süden der Grabenstruktur eine torfige Linse.

Die in den geschützten Hang- und Talbereichen zu findende Überdeckung der Tertiärsedimente durch junge äolische bis fluviatile Ablagerungen des Pleistozäns und Holozäns (Quartär), sind oft mehrere Meter mächtig und bestehen im Wesentlichen aus Löß- und Lößlehm der letzten Würmkaltzeit.

Die geologische Entstehungsgeschichte und der Profilschnitt zeigen deutlich, dass im Untersuchungsgebiet mehrere Ablagerungs- und Erosionsereignisse stattgefunden haben, die durch Sedimentation und Erosion geprägt sind. Dadurch sind Winkeldiskordanzen bzw. Schichtlücken entstanden, die auch das wellige Terrain erklären können.

Durch unterschiedliche Verläufe und Wasserstände der Donau bildeten sich im Laufe der Zeit unterschiedliche Terrassen, die nach und nach wieder an- und überlagert wurden und somit einen stufenförmigen Aufbau entstehen ließen.

Es ist davon auszugehen, dass eine gewisse Variabilität des Niveaus der Schichtunterkante der abbauwürdigen Kiese vorliegt, welche anhand der durchgeführten Bohrungen und punktuellen Aufschlüsse nicht vollständig abgeschätzt werden kann. Zur genaueren Beurteilung der Kiesmächtigkeit kann eine auf Fl.-Nr.: 184 gelegene 35,00 m tiefe Bohrung herangezogen werden, die im BayernAtlas einzusehen ist.

In diesem Aufschluss konnte unterhalb einer 0,90 m mächtigen schluffigen Decklage ein ca. 21,00 m mächtiger Kieskörper, der den pliozänen- bis pleistozänen Flussschottern zuzuordnen ist, aufgeschlossen werden. Darunter befinden sich Sand- und karbonatische Schluffsedimente, bis hin zu Kalksandstein, die dem Entstehungsalter Tertiär bis Kreide zuzuordnen sind.

Der Übergang zwischen den hier angetroffenen Flussablagerungen des späten Tertiär bis frühem Quartär und den Ortenburger Schottern findet regional in einem fließenden Übergang statt. Generell ist davon auszugehen, dass die Unterseite der Kiesschichten, abgesehen von ggf. auftretenden Rinnenstrukturen, in Richtung Norden leicht einfällt.

Die im Rahmen dieses Berichtes, für die Einschätzung des Untergrundes, herangezogenen Bohr-, Schürf- und Geoelektrikdaten bestätigen diese generellen Annahmen überwiegend.

4.2 Beschreibungen der Aufschlussbohrungen B 1 bis B 3

4.2.1 Aufschlussbohrung B 1

Der Bohraufschluss B 1 durchteufte ab der Geländeoberkante (= 351,74 m NN) zunächst einen 0,20 m mächtigen Mutterboden, der sich als schwach toniger, sandiger und schwach humoser Schluff ansprechen lässt.

Darunter steht bis zu einer Tiefe von 0,70 m u. GOK (= 351,04 m NN) ein stark sandiger und schwach toniger Schluff mit einer halbfester Konsistenz und leichtplastischem Verhalten an.

Unterhalb dieser Schicht erfolgt der Übergang in eine schluffige und schwach tonige, Sandschicht in dichter Lagerung, welche sich bis 1,60 m u. GOK (= 350,14 m NN) erstreckt.

Von 1,60 m u. GOK bis zur Endteufe von 10,00 m u. GOK (= 341,74 m NN) folgt ein schluffiger, schwach kiesiger und schwach toniger Sand in dichter bis sehr dichter Lagerung. Dabei handelt es sich um Zersatzmaterial von Gneisen. In dieser Aufschlussbohrung B 1 wurde kein Grundwasser angetroffen.

4.2.2 Aufschlussbohrung B 2

Der Bohraufschluss B 2 durchteufte ab der Geländeoberkante (= 362,01 m NN) zunächst einen 0,35 m mächtigen Mutterboden, der sich als sandiger, schluffiger und humoser Kies ansprechen lässt.

Darunter steht bis zu einer Tiefe von 1,20 m u. GOK (= 360,81 m NN) ein sandiger und schluffiger Kies in mitteldichter bis dichter Lagerung an.

Unterhalb dieser Schicht erfolgt der Übergang in schwach sandige bis sandige Ton-schichten mit steifer Konsistenz, welche sich bis 2,00 m u. GOK (= 360,01 m NN) erstrecken.

Von 2,00 m u. GOK bis zur Endteufe von 6,00 m u. GOK (= 356,01 m NN) folgen schwach tonige bis tonige Sande in lockerer bis dichter Lagerung. In dieser Aufschlussbohrung B 2 wurde ebenfalls kein Grundwasser angetroffen.

4.2.3 Aufschlussbohrung B 3

Der Bohraufschluss B 3 durchteufte ab Geländeoberkante (= 365,35 m NN) zunächst einen 0,20 m mächtigen Mutterboden, der sich als toniger, schwach sandiger und humoser Schluff ansprechen lässt.

Darunter steht bis zu einer Tiefe von 1,25 m u. GOK (= 364,10 m NN) ein schwach sandiger und schwach kiesiger Ton mit einer weichen Konsistenz an.

Unterhalb dieser Schicht erfolgt der Übergang in ein schwach sandiges Kies-Ton-Gemisch in mitteldichter Lagerung, welches sich bis 8,80 m u. GOK (= 356,55 m NN) erstreckt.

Unterlagert wird diese Schicht von einer 0,50 m mächtigen, locker gelagerten Sandschicht, deren Unterkante auf 9,30 m u. GOK (= 356,05 m NN) liegt.

Von 9,30 m u. GOK bis zur Endteufe von 10,00 m u. GOK (= 355,35 m NN) folgt ein schwach sandiger Ton mit steifer Konsistenz. Auch in der Aufschlussbohrung B 3 wurde kein Grundwasser erkundet.

4.3 Beschreibungen der Aufschlussbohrungen GWM 1 bis GWM 3

4.3.1 Aufschlussbohrung GWM 1

Der Bohraufschluss GWM 1 durchteufte ab der Geländeoberkante (= 386,19 m NN) zunächst einen 0,20 m mächtigen Mutterboden, der sich als stark schluffiger und humoser Sand ansprechen lässt.

Darunter stehen bis in eine Tiefe von 3,00 m u. GOK (= 383,19 m NN) sandige bis stark sandige Schluffe in steifer bis halbfester Konsistenz und leichtplastischem Verhalten an.

Unterhalb dieser Schichten erfolgt der Übergang in sandige bis stark sandige, schluffige bis stark schluffige und schwach steinige bis steinige Kiese, in mitteldichter bis dichter Lagerung, welche sich bis 26,60 m u. GOK (= 360,59 m NN) erstrecken. Die untersten 1,69 m der Kiesschichten sind wassergesättigt, da der Kies von einer Ton-Sand Abfolge unterlagert wird, die wasserstauend wirkt und bei 23,91 m u. GOK (= 362,28 m NN) ein Grundwasserspiegel erkundet wurde.

Von 26,60 m u. GOK bis zur Endteufe von 27,00 m u. GOK (= 359,19 m NN) ist die soeben erwähnte Ton-Sand Wechsellagerung folgend, wobei die schluffige Sandschicht in mitteldichter Lagerung lediglich 0,10 m mächtig ist. Bei den Tonen handelt es sich um schwach schluffige und schwach sandige Sedimente mit steifer Konsistenz und mittelplastischem Verhalten.

4.3.2 Aufschlussbohrung GWM 2

Der Bohraufschluss GWM 2 durchteufte ab der Geländeoberkante (= 370,39 m NN) zunächst einen 0,15 m mächtigen Mutterboden, der sich als toniger, schwach sandiger und humoser Schluff ansprechen lässt.

Darunter steht bis in eine Tiefe von 0,80 m (= 369,59 m NN) ein stark kiesiger, toniger und sandiger Schluff mit weicher Konsistenz und leicht plastischem Verhalten an.

Unterhalb dieser Schicht erfolgt der Übergang in schwach schluffige bis stark schluffige, tonige, sandige bis stark sandige und schwach steinige Kiessedimente in dichter Lagerung, welche sich bis 7,30 m u. GOK (= 363,09 m NN) erstrecken.

Die Kiese werden von schwach bis stark schluffigen und schwach bis stark tonigen Sanden in dichter Lagerung bis in eine Tiefe von 12,90 m u. GOK (= 357,89 m NN) unterlagert. Die Sandschicht von 8,00 m u. GOK (= 362,39 m NN) bis 9,40 m u. GOK (= 360,99 m NN) enthält teils tonige Zwischenlagen.

Der Grundwasserstand wurde bei 11,71 m u. GOK (= 358,68 m NN) eingemessen, wodurch die untersten 1,19 m der Sandschicht wassergesättigt sind. Wie auch bei der GWM 1 werden die gemischtkörnigen Sedimente von einer wasserstauenden schluffigen Tonschicht mit halbfester Konsistenz und mittel- bis ausgeprägt plastischem Verhalten unterlagert. Diese Tonschicht wurde bis zur Endteufe von 14,00 m u. GOK (= 356,39 m NN) nicht durchteuft.

4.3.3 Aufschlussbohrung GWM 3

Der Bohraufschluss GWM 3 durchteufte ab der Geländeoberkante (= 362,01 m NN) zunächst einen 0,20 m mächtigen Mutter- bzw. Waldboden.

Darunter steht bis in eine Tiefe von 1,10 m u. GOK (= 360,91 m NN) ein schwach schluffiger, schwach sandiger und steiniger Kies in mitteldichter bis dichter Lagerung an.

Unterhalb dieser Schicht ist ein stark sandiger Schluff mit halbfester Konsistenz und schwach plastischem Verhalten aufgeschlossen, welcher sich bis 2,90 m u. GOK (= 359,11 m NN) erstreckt.

Von 2,90 m u. GOK bis zur Endteufe von 10,00 m u. GOK (= 352,01 m NN) ist eine Sand-Ton Wechsellagerung folgend, wobei die Sande als schluffig und tonig in lockerer bis mitteldichter Lagerung anzusprechen sind. Die bindigen Lagen sind als schwach schluffig und schwach sandig zu deklarieren und weisen eine halbfeste Konsistenz und schwache Plastizität auf.

Das Grundwasser ist bei 4,90 m u. GOK (= 357,11 m NN) oberhalb der ersten angebotenen Tonsedimente lokalisiert, wurde in der unteren Sandschicht angetroffen und ist aufgrund des Druckniveaus nach oben angestiegen. Es liegen somit leicht gespannte Grundwasserverhältnisse vor.

4.3.4 Anmerkung zu den Grundwassermessstellen

Im Zuge der Errichtung der Grundwassermessstellen wurden die Grundwasserstände in den damaligen Bohrlöchern eingemessen. Um für dieses Gutachten mit aktuellen und verlässlichen Werten zu rechnen, wurden die Grundwasserstände im November 2023 erneut eingemessen. Der höchste zu erwartende Grundwasserstand (*HZEGW*) wird hier im Planungsgebiet mit 0,50 m über den gemessenen Werten angenommen.

Es handelt sich um ein lokales Grundwasservorkommen ohne Zusammenhang mit dem Vorfluter und Hochwasserereignissen. Die Grundwasserschwankungen sind aufgrund der Länge der Sickerstrecke als relativ gering einzustufen.

Im Folgenden soll diese Thematik in Form von Tabelle 5 anschaulich dargestellt werden:

Tabelle 5: Darstellung der GW-Stände von 2020 bis 2023

GWM	GW in [m ü. NN] (Stand 2020)	GW in [m ü. NN] (Stand 2023)	HZEGW in [m ü. NN] (Stand 2023)
GWM 1	362,28	362,43	362,93
GWM 2	358,68	358,66	359,16
GWM 3	357,11	357,29	357,79

4.4 Beschreibungen der Baggerschürfe SCH 1 bis SCH 7

4.4.1 Baggerschurf SCH 1

Der Baggerschurf SCH 1 legte unterhalb einer 0,20 m mächtigen, stark kiesigen, sandigen und humosen Schluff-Mutterbodenschicht einen Kies frei. Dieser stark sandige und schluffige Kies steht bis zu einer Tiefe von 1,40 m u. GOK (= 366,31 m NN) in dichter Lagerung an.

Darunter folgt von 1,40 m u. GOK bis zur Endteufe von 3,00 m u. GOK (= 364,71 m NN) ein schwach schluffiger Sand in mitteldichter Lagerung.

4.4.2 Baggerschurf SCH 2

Der Baggerschurf SCH 2 legte unterhalb einer 0,20 m mächtigen, stark kiesigen, sandigen und humosen Schluff-Mutterbodenschicht einen Kies frei.

Dieser stark sandige und schluffige bis stark schluffige Kies steht bis zu einer Tiefe von 3,00 m u. GOK (= 378,07 m NN) in dichter Lagerung an.

Darunter folgt von 3,00 m u. GOK bis zur Endteufe von 3,20 m u. GOK (= 377,87 m NN) ein stark sandiger und schwach schluffiger bis schluffiger Kies in dichter Lagerung.

4.4.3 Baggerschurf SCH 3

Der Baggerschurf SCH 3 legte unterhalb einer 0,10 m mächtigen, schwach tonigen, sandigen und humosen Schluff-Mutterbodenschicht eine Wechsellagerung aus Schluff und Kies frei.

Dabei liegt der tonige, stark sandige und stark kiesige Schluff bis in eine Tiefe von 1,40 m u. GOK (=354,35 m NN) in weicher bis steifer Konsistenz und mittlerer Plastizität vor.

Darunter ist eine 0,40 m mächtige, stark sandige und stark schluffige Kiesschicht in dichter Lagerung bis in eine Tiefe von 1,80 m u. GOK (= 353,35 m NN) folgend.

Unterlagert wird der Kies erneut von einem Schluff, der als tonig bis stark tonig und sandig angesprochen werden kann, bis in eine Tiefe von 3,00 m u. GOK (= 352,75 m NN).

Von 3,00 m u. GOK bis zur Endteufe von 4,70 m u. GOK (= 351,05 m NN) folgt ein stark schluffiger und schwach sandiger Ton mit steifer Konsistenz und ausgeprägt plastischem Verhalten.

4.4.4 Baggerschurf SCH 4

Der Baggerschurf SCH 4 legte unterhalb einer 0,15 m mächtigen humosen Mutterbodenschicht einen Schluff frei. Dieser schwach tonige bis tonige und schwach sandige Schluff steht bis zu einer Tiefe von 1,15 m u. GOK (= 368,22 m NN) in weicher bis steifer Konsistenz und mittelplastischem Verhalten an.

Darunter folgt von 1,15 m u. GOK bis zur Endteufe von 3,75 m u. GOK (= 365,62 m NN) ein sandiger und schluffiger Kies in dichter Lagerung.

4.4.5 Baggerschurf SCH 5

Der Baggerschurf SCH 5 legte unterhalb einer 0,10 m mächtigen, schwach tonigen, sandigen, schwach kiesigen und humosen Schluff-Mutterbodenschicht einen Kies frei. Dieser stark sandige und schluffige bis stark schluffige Kies steht bis zu einer Tiefe von 1,00 m u. GOK (= 361,17 m NN) in mitteldichter Lagerung an.

Darunter folgt von 1,00 m u. GOK bis zur Endteufe von 4,50 m u. GOK (= 356,77 m NN) ein schwach schluffiger bis stark schluffiger und schwach toniger Sand in dichter Lagerung.

4.4.6 Baggerschurf SCH 6

Der Baggerschurf SCH 6 legte unterhalb einer 0,20 m mächtigen, tonigen, schwach sandigen und humosen Schluff-Mutterbodenschicht einen Schluff frei. Dieser stark tonige und schwach sandige Schluff steht bis zu einer Tiefe von 2,00 m u. GOK (= 375,16 m NN) in steifer Konsistenz und mittlerer Plastizität an.

Darunter folgt von 2,00 m u. GOK bis zur Endteufe von 4,80 m u. GOK (= 372,36 m NN) ein stark schluffiger, sandiger und stark toniger Kies in dichter Lagerung bzw. ein stark kiesiger, sandiger und stark toniger Schluff mit steifer Konsistenz und mittelplastischem Verhalten.

4.4.7 Baggerschurf SCH 7

Der Baggerschurf SCH 7 legte unterhalb einer 0,20 m mächtigen, schwach sandigen, tonigen und humosen Schluff-Mutterbodenschicht einen Schluff frei.

Dieser schwach sandige und schwach tonige Schluff steht bis zu einer Tiefe von 1,20 m u. GOK (= 367,55 m NN) in steifer Konsistenz und leichtplastischem Verhalten an.

Darunter folgt von 1,20 m u. GOK bis zur Endteufe von 3,80 m u. GOK (= 364,95 m NN) ein schluffiger und sandiger Kies in dichter Lagerung.

4.5 Beschreibungen der Geoelektrischen Profile

Für ein besseres Verständnis der nachfolgenden Beschreibungen und Interpretationen der Geoelektrischen Profile, soll die Abbildung 8 betrachtet werden. Ebenso wird an dieser Stelle auf die geologische Übersichtskarte aus Kapitel 4.1 nochmalig verwiesen (siehe erneut Abbildung 6).

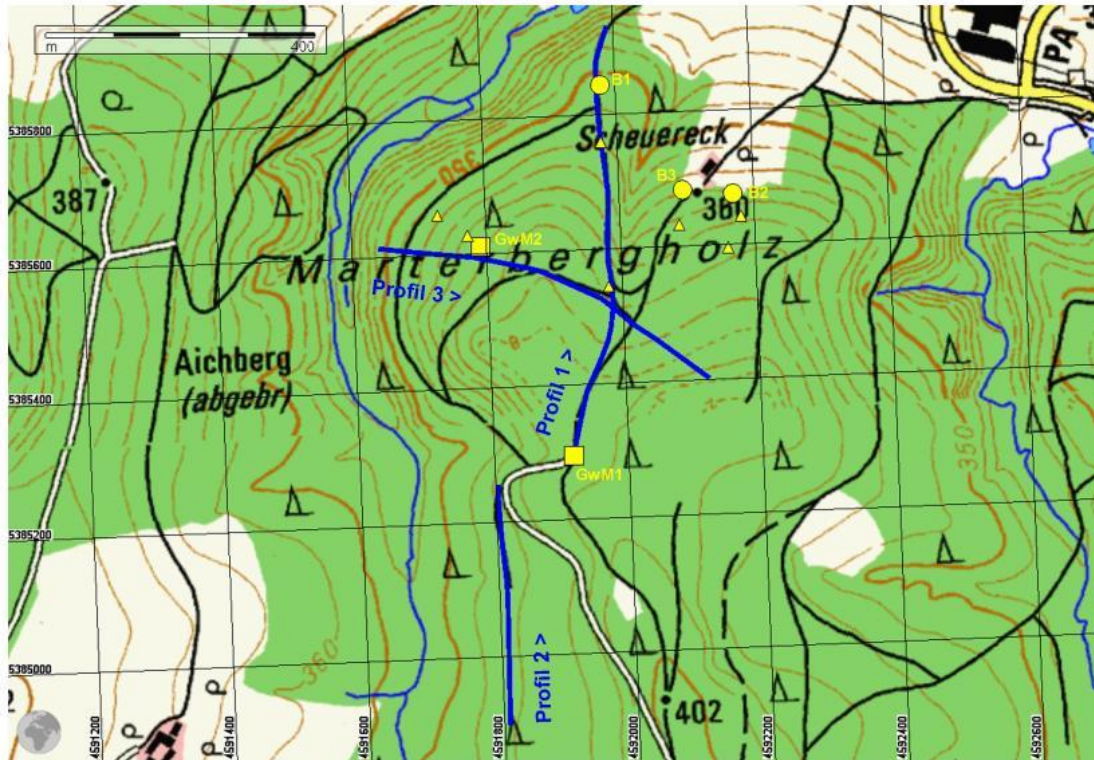


Abbildung 8: Übersichtslageplan der Geoelektrischen Profile / Tiefschnitte; Quelle: Geophysik-Dr.Rauen - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich

4.5.1 Geoelektrisches Profil 1

Das Geoelektrische Profil 1 verläuft von Süd nach Nord auf einer Länge von 660 m entlang der vorhandenen Forstwege innerhalb der Fl.-Nrn.: 184 und 1026. Es wurde ein Höhenunterschied von ca. 53 m ermittelt, wobei sich der tiefste Punkt bei 336,48 m NN im Norden und der höchst gelegene Punkt bei 389,37 m NN im Süden befindet. Der angefertigte Profilschnitt beinhaltet die Auswertung der Bohrprofile von GWM 1 (bei 0 m) und B 1 (bei 563 m) und wurde dahingehend kalibriert. Bei 232 m quert das Geoelektrische Profil 3.

In den ersten 190 Profilmetern dominieren in Oberflächennähe relativ hohe Widerstände mit mehr als 640 Ωm , was in Kombination mit den Bohrprofilen der GWM 1 auf Kiessedimente schließen lässt.

Laut Bohrung liegen diese in Tiefen von ca. 385 m NN bis ca. 360,5 m NN vor. Zwischen Profilmeter 190 und 370 sind Widerstände von kleiner 320 Ωm vorherrschend, was für eine geringmächtige Kies-Sand-Wechsellagerung und / oder einen deutlich höheren Feinkornanteil spricht.

Ab Profilmeter 390 bis zum Ende folgen hohe Widerstände in Oberflächennähe, was für ein erneutes Auftreten der Kiessedimente spricht.

Am Ort der Bohrung B 1 (bei 563 m) wurden schluffige Sande aufgeschlossen, die sich jedoch nicht mit den Darstellungen der Geoelektrik decken. Die Messwerte lassen dort vielmehr Kiese vermuten. Diese streichen ca. bis Profilmeter 600 aus, da dort der Übergang zum Fels (Kristallines Grundgebirge) lokalisiert ist.

Von 0 m bis 90 m wurden Bereiche mit relativ hohen Widerständen erkundet, bei denen es sich um Flussschotter handelt. Ab 220 m bis 660 m wurden ebenfalls Widerstände von bis zu 1.280 Ω m erreicht. Bei diesen Sedimenten, die unterhalb von 330 m NN bis 350 m NN lokalisiert sind, handelt es sich bereits um Fels, der vermutlich dem kristallinen Grundgebirge zuzuordnen ist.

4.5.2 Geoelektrisches Profil 2

Das Geoelektrische Profil 2 verläuft ebenfalls von Süd nach Nord auf einer Länge von 360 m, beginnend unterhalb der FL.-Nr.: 184/2 bis in die Nähe des Ausgangspunktes von Profil 1 auf Fl.-Nr.: 184, nahe der Forststraße. Es wurde ein Höhenunterschied von ca. 7 m ermittelt, wobei der tiefste Punkt bei 365,00 m NN bei Profilmeter 250 und der höchst gelegene Punkt bei 372,00 m NN im Norden bei Profilmeter 360 gelegen ist.

Aufgrund des Fehlens von zusätzlichen kombinierbaren Aufschlusspunkten wurde das Profil 2 in Anlehnung an Profil 1 kalibriert.

Der Profilschnitt 2 ist der kürzeste und weist einen deutlich homogeneren Untergundaufbau als die anderen beiden Profile auf. Unterhalb der Geländeoberfläche wurden Widerstände bis zu 350 Ω m gemessen, die hauptsächlich als Sande interpretiert werden können. Lediglich im Norden steigen die Messwerte auf mehr als 640 Ω m, ab ca. Profilmeter 280, an und lassen dort Kiessedimente vermuten. Es ist davon auszugehen, dass dieser Kieskörper derselbe ist, der im Süden der geoelektrischen Messung 1 erfasst wurde.

Die Sande und Kiese werden ab 360 m NN bis ca. 350 m NN von einer niederohmigen Schicht mit Widerständen von bis zu 20 Ω m unterlagert, die typisch für Schluffe und Tone sind.

4.5.3 Geoelektrisches Profil 3

Das geoelektrische Profil 3 verläuft von West nach Südost, in leicht gebogener Form, auf einer Länge von 445 m innerhalb der Fl.-Nrn.: 184 und 1026. Die Messung beginnt bei der im Westen gelegenen Hangmulde und verläuft hangaufwärts durch einen gerodeten Bereich abseits der Wege, bis anschließend ein Forstweg erreicht und schließlich Profil 1, bei Profilmeter 371, gequert wird. Es wurde ein Höhenunterschied von ca. 45 m ermittelt, wobei sich der tiefste Punkt bei 345,42 m NN im Westen und der höchst gelegene Punkt bei 390,05 m NN im Osten befindet.

Der angefertigte Profilschnitt beinhaltet die Auswertung des Bohrprofils GWM 2 (bei 155 m) und wurde dahingehend kalibriert.

Der Profilschnitt 3 zeigt zwischen 290 m und 450 m relativ niedrige Widerstände in Oberflächennähe mit ca. 80 Ω m, was für bindige Decklagen einer Grabenstruktur in Form von Schluffen und Tonen spricht. Westlich und östlich davon werden an der Oberfläche höhere Widerstände von mehr als 640 Ω m erreicht, was typisch für Kiessedimente ist.

Die Aufschlussbohrung GWM 2 zeigt zwischen ca. 370 m NN und ca. 360 m NN Kiese und Sande, was dementsprechend gut mit der geoelektrischen Messung übereinstimmt.

Die Unterkante der Kiese folgt der Topografie und steigt von Westen nach Osten von ca. 355 m NN auf 368 m NN an.

Unterhalb der Kiese sind relativ niedrige Widerstände bis ca. 20 Ω m zu verzeichnen, die auf mehrere Meter bis Zehnermeter mächtige Schluff- und Tonsedimente schließen lassen.

Ab einer Tiefe von ca. 335 m NN folgen sehr hohe Widerstände, die in Ergänzung mit der allgemein bekannten Geologie als das kristalline Grundgebirge, in Form von Gneisen, zu deuten ist.

5. Hydrogeologie

5.1 Grundwasserleiter und Strömungsverhältnisse

Als oberster Grundwasserleiter werden vorliegend die Kiese und Sande der Flussschotterablagerungen des späten Tertiärs bzw. des frühen Quartärs identifiziert. Im Allgemeinen bilden diese Sedimente einen regional begrenzten Grundwasserleiter. Im Planungsgebiet im Marterbergholz handelt sich um einen isolierten und abgegrenzten schwebenden Grundwasserkörper.

In diesen Schichten wurde auch das Grundwasservorkommen in den hier für die Bewertung des Standortes herangezogenen Bohrungen der ausgebauten Grundwassermessstellen GWM 1 bis GWM 3 angetroffen, wobei das Grundwasservorkommen im Untersuchungsgebiet nicht mit dem regional verbreiteten Grundwasserkörper der Donau verbunden ist. Es handelt sich hier um einen isolierten lokalen Grundwasserleiter, der aufgrund der topografischen und geologischen Schichtenverhältnisse entstanden ist.

Die grobkörnigen Sedimente sind gut bis mäßig wasserdurchlässig. In Anlehnung an Angaben des LfU Bayern und Erfahrungswerten wird für dieses Kiesvorkommen ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-5}$ m/s abgeleitet. Das effektive Porenvolumen in den unterschiedlich sandigen Kiesen wird mit $n_{\text{eff}} = 0,20$ bis $0,25$ eingestuft.

Als grundwasserstauende bzw. geringleitende Schicht werden die gering durchlässigen Tone und Schluffe der im Miozän abgelagerten Sedimente unterhalb der Flussschotter und die kristallinen Zersatzböden betrachtet. Es sind beide Varianten im Abbaugelände vorhanden.

Die bindigen Lagen besitzen gemäß LfU Bayern und Erfahrungswerten Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-9}$ m/s und sind somit als Aquitarde und abschnittsweise als Aquiclude einzustufen.

Die Informationen des UmweltAtlas Bayern sowie hydrogeologische Kartenwerke geben für die Planungsregion keinen Aufschluss über Grundwasservorkommen bzw. Grundwasserspiegel. Somit bleiben lediglich die Daten der errichteten Grundwassermessstellen und ein Quellaustritt, mit welchem ein Grundwassergleichenplan erstellt wurde und womit schließlich die Grundwasserfließrichtung ermittelt werden konnte (siehe Abbildung 9, bzw. Anlage 4.2 der Antragsunterlagen).

Das nach Nordwesten hin einfallende Gelände, sowie das in Richtung Süden hin ansteigende Niveau des Grundwasserstauers und die aufgeschlossenen Grundwasserstände an den GWMs deuten auf eine von Süden nach Norden gerichtete Fließrichtung hin. Zusätzlich fällt die Topografie wie bereits erwähnt nach Westen ab, was sich auch in der Fließrichtung des Grundwassers widerspiegelt und durch einen kartierten Quellaustritt bestätigt wird.

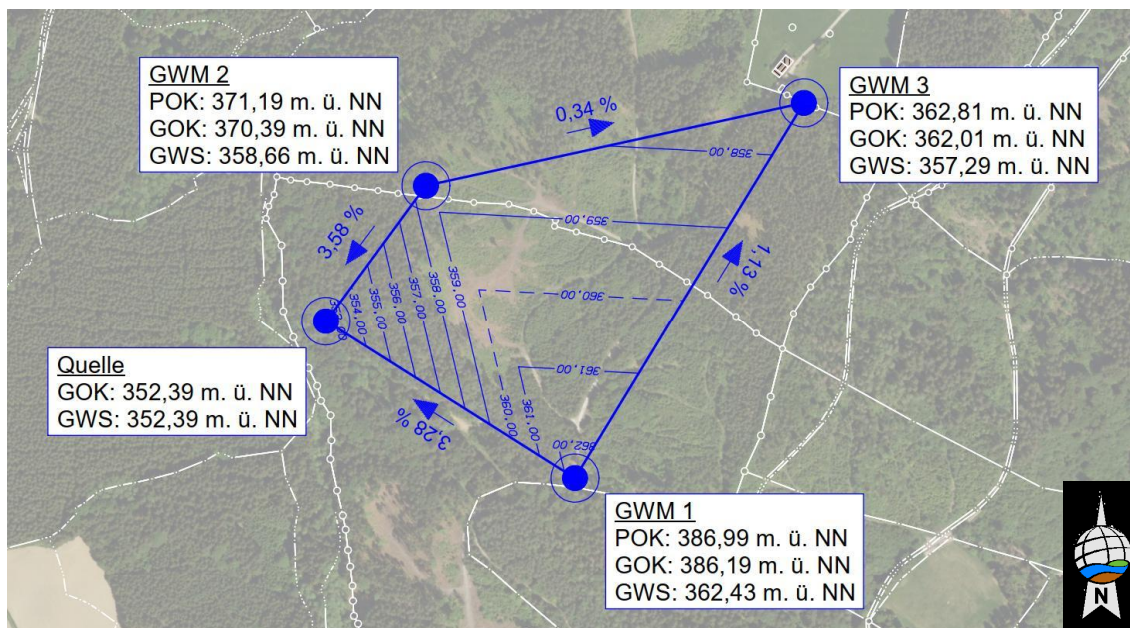


Abbildung 9: Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Planungsgebiet, mittels Grundwassersergleichplan; Quelle: Geoplan GmbH - Stand: 28.11.2023 – unmaßstäblich

Die GW-Fließrichtung lässt sich aufgrund der gewonnenen Daten in eine Richtung festlegen, variiert bei genauerer Betrachtung jedoch stark aufgrund der geologischen- und topografischen Verhältnisse. Es kann ausgehend vom topografisch höchst gelegenen Punkt von einer sich fächerförmig ausbreitenden Fließrichtung gesprochen werden. Die bindigen Einschaltungen und schwankenden Schichtgrenzen sind, für die im Zuge der Untersuchung gewonnenen und ausgewerteten Grundwasserdaten und den daraus resultierenden Grundwassergradienten von 0,34 % bis 3,58 %, verantwortlich.

Für die Messstellen GWM 1 bis GWM 3, die bereits im Jahr 2020 errichtet worden sind, liegen Grundwassermessdaten wie in Tabelle 5 bereits dargestellt wurde, vor. Bei der GWM 3 wurde ein Pumpversuch von Lettl Brunnenbau GmbH durchgeführt und von Geoplan GmbH ausgewertet. Die Förderrate mit der der Pumpversuch durchgeführt wurde, lag bei 0,20 l/s und der ermittelte Kf- Wert liegt bei $k_f = 1,26 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Unter Einbezug des Grundwassergradienten und des Schwankungsbereiches wird angenommen, dass der höchste zu erwartende Grundwasserspiegel auf den Grundstücken des geplanten Kiesabbaus auf Kote $\leq 363,00$ m NN (im Süden), bzw. auf Kote ≤ 358 m NN (im Norden) liegt. Dementsprechend wird unter Einhaltung eines $>1,50$ m mächtigen Flurabstandes für einen Trockenabbau von der Abbausohle zum höchsten zu erwartenden Grundwasserstand die Begrenzung der maximalen Abbautiefe bis Kote ca. 365,00 m NN (im Süden) bzw. bis ca. 360,00 m NN (im Norden) notwendig.

5.2 Grundwasserüberdeckung

Aufgrund der GW-Verhältnisse ist es notwendig mehrere Abbauabschnitte anzulegen und dementsprechend verschiedene Höhenkoten für den Abbau festzulegen.

Ein Übersichtslageplan zu den Abbauabschnitten ist in Anlage 3.1 der Antragsunterlagen zu finden. Die folgende Tabelle 6 soll hierbei einen Überblick bieten:

Tabelle 6: Darstellung der Höhenkoten und Grundwasserüberdeckungen der einzelnen Abbauabschnitte

Abbauabschnitt	Höhenkote (n) der Abbausohle in [m ü. NN]	GW-Überdeckung in [m]
BA 1	360,00	> 1,50
BA 2	360,00	> 1,50
BA 3	360,00 – 361,00	> 1,50
BA 4	361,00	> 1,50
BA 5	361,00	> 1,50
BA 6	361,00 – 362,00	> 1,50
BA 7	362,00 – 364,00	> 1,50
BA 8	363,00 – 364,00	> 1,50
BA 9	361,00 – 363,00	> 1,50
BA 10	360,00 – 362,00	> 1,50
BA 11	360,00 – 361,00	> 1,50
BA 12	360,00	> 1,50
BA 13	360,00 – 363,00	> 1,50

Die Grundwasserstände in den Bauabschnitten BA 3, BA 7&8 und BA 13 konnten aufgrund der GW-Messstellen exakt bestimmt werden. Aufgrund des großen geplanten Tagebauareals und dem Vorhandensein von drei GWMs, wurden die Grundwasserstände der übrigen Abbauabschnitte interpoliert, wobei jeweils eine Grundwasserüberdeckung > 1,50 m nachgewiesen werden konnte.

5.3 Grundwassereinzugsgebiet und Grundwasserneubildung

Wie bereits erwähnt, liegt im Untersuchungsgebiet ein isolierter und von der Umgebung abgegrenzter Grundwasserleiter vor. Dieser wird im Westen durch den namenlosen Graben begrenzt. Im Norden läuft das Grundwasser zur Donau hin, wodurch diese als Abgrenzung angesehen werden kann. Östlich der Grenze des Planungsgebietes liegt ein Höhenzug, welcher als Wasserscheide betrachtet werden muss. Der westliche Teil davon entwässert durch die Sedimente des Planungsgebietes hin zum namenlosen Graben. In südlicher Richtung läuft das Grundwassereinzugsgebiet für die Planungsregion im Hang aus.

Da die bindigen Sedimente der Oberen Meeresmolasse durch die gewonnenen Daten und umliegende Bohrungen, die im UmweltAtlas Bayern einzusehen sind, auf ca. 380 m NN geschätzt werden können und diese nach Süden hin einfallen, ist davon auszugehen, dass die Niederschläge und einhergehende GW-Neubildung nach Süden in andere einzelne oder zusammenhängende Grundwasservorkommen abgeleitet werden.

Das Grundwassereinzugsgebiet der Planungsregion und der darin befindliche Grundwasserleiter besitzen demnach eine kleinräumige Ausbreitung (siehe Abbildung 10).

Ausgehend von einem Jahresniederschlag von ca. 947 mm/Jahr und den Daten des UmweltAtlas Bayern kann mit einer Grundwasserneubildungsrate von 150 mm/Jahr gerechnet werden, was in etwa 4,76 l/s*km² entspricht.

Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die tatsächliche Grundwasserneubildung am Standort auf Grund des Bestehens einer hydraulischen Barriere, in Form von Schluff- und Tonlinsen, oberhalb der grundwasserführenden Schichten deutlich reduziert sein wird.

Der Großteil des in den quartären Deckschichten bzw. in den Kiesen der Flussschotter anfallenden Sickerwassers wird vermutlich der Geländetopographie folgend auf der Oberkante der bindigen Sedimente, als temporäres Schichtwasservorkommen, direkt in die nächsten Vorfluter zugeführt.

Unter einem ungünstigem Ansatz eines 75 %-igen Anteils von Sickerwasser, welches tatsächlich zur Grundwasserneubildung beiträgt, verbleibt somit überschlägig eine Grundwasserneubildungsrate von 112,5 mm/Jahr oder ca. 3,57 l/s*km².

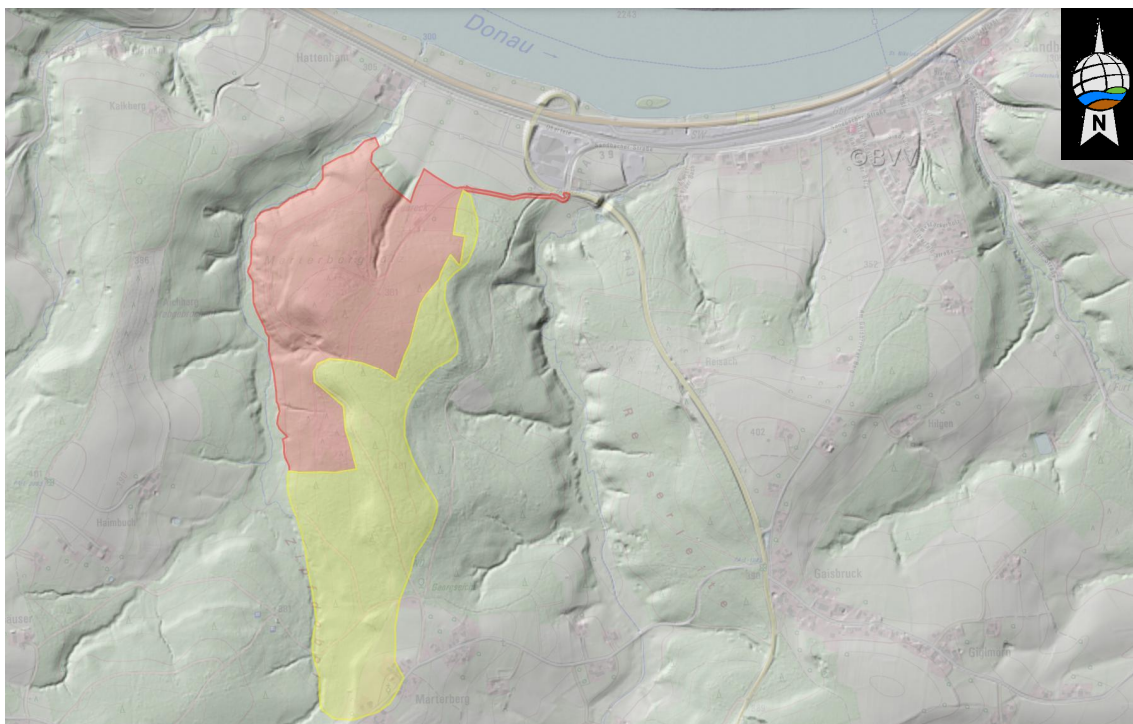


Abbildung 10: Darstellung des Grundwassereinzugsgebietes (gelb und rot) um das Planungsgebiet (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand: 12/2023 - unmaßstäblich

Aufgrund der angenommenen Grundwasserneubildungsrate wird für die im folgenden Kapitel stattfindende Ermittlung der Gesamtschutzfunktion nach Hölting et al. ein Faktor W für die Sickerwasserrate von 1,50 ermittelt (siehe Tabelle 7).

[Tabelle 7: Punktbewertung der Sickerwassermenge anhand der Grundwasserneubildungsrate \(GWNb\) bzw. der klimatischen Wasserbilanz N-EPT_{pot.} \(aus Hölting et al. 1995\)](#)

Grundwasserneubildung [mm/a]	Klimatische Wasserbilanz N-EPT _{pot.} [mm/a]	Faktor W [-]
≤ 100		1,75
> 100 – 200	≤ 100	1,50
> 200 – 300	> 100 – 200	1,25
> 300 – 400	> 200 – 300	1,00
> 400	> 300 – 400	0,75
	> 400	0,50

5.4 Durchlässigkeit der verbleibenden Deckschichten

Im gesamten Abbaubereich bestehen die grundwasserüberdeckenden Schichten vorwiegend aus Sanden und Kiesen, zum Teil auch aus Schluffen.

Vermutlich sind auch tonige Lagen in den Bereichen zwischen den Aufschlusspunkten im grundwasserüberdeckenden Bereich vorhanden. Vor allem im zentralen Abbaubereich und im Westen bis Südwesten sind die Sande und Kiese zwischen der Abbausohle und dem Grundwasser am Ende der Abbauphase aufgeschlossen. Maßgebend sind die Mächtigkeiten der grundwasserüberdeckenden Schichten, die aus den Profilen der Aufschlussbohrungen entnommen werden können.

Im Kapitel 5.5 wird aufgrund der maßgebenden Überdeckung die Gesamtschutzfunktion ermittelt. Die Durchlässigkeiten der Schotterablagerungen (Kiessande) ist im Mittel mit $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s und die der bindigen Schichten mit einer Permeabilität von $k_f = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s zu veranschlagen.

5.5 Ermittlung der Schutzfunktion der Deckschichten

Die Schutzfunktion der verbleibenden Ton- und Kiesschichten, zwischen Grubensohle und höchstem zu erwartenden Grundwasserstand wird zur ersten Abschätzung nach Hölting et al. (1995) ermittelt und bewertet.

Die Empfindlichkeit ergibt sich aus der Schutzfunktion, die wesentlich durch Gesteinsart, Schichtmächtigkeit und bei Festgesteinen zusätzlich durch strukturelle Eigenschaften bestimmt wird. Die einzelnen Kategorien errechnen sich durch die Multiplikation der Parameter Restmächtigkeiten, Gesteinsausbildung und dem Faktor der Sickerwasserrate (siehe Tabelle 8).

Nach Hölting liegt der Ermittlung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung folgender Algorithmus zu Grunde:

$$S = \left(\sum_{i=1}^n G_i * m_i \right) * W$$

[Tabelle 8: Ergänzung und Erklärung zur Formel nach Hölting et al.\(1995\)](#)

Formelzeichen	Benennung / Erklärung
B	Schutzfunktion des Bodens (entfällt in diesem Fall)
D	Zuschlag für artesische Druckverhältnisse im Aquifer
G _i	Gesteinsspezifische Schutzfunktion der Schicht „i“
m _i	Mächtigkeit der Schicht „i“
S	Gesamtschutzfunktion (dimensionsloser Relativwert)
Q	Zuschlag für jedes Grundwasserstockwerk mit Quellen
W	Faktor der Sickerwasserrate

Bei der folgenden Bewertung wurde eine Schüttkörperbasis auf Niveau der geplanten maximalen Auskiesungssohle von 360,00 m NN angesetzt. Die angesetzten Schichtmächtigkeiten wurden ebenso wie die Materialzusammensetzung aus den kombinierten Schichtdaten der Bohrungen GWM 1 bis GWM 3, B 1 bis B 3 und SCH 1 bis SCH 7 abgeleitet.

Die Punktzahlen G ergeben sich entsprechend der vorliegenden Bodenart ebenfalls nach Hölting et al. (1995).

[Tabelle 9: Beurteilung der Gesamtschutzfunktion](#)

Bodenart	Mächtigkeit der Schicht in [m]	Punktzahl G _i	Faktor W	∑: Schutzfunktionswert	Gesamtschutzfunktion S
G,s	1,50	10	1,50	22,5	22,5 (sehr gering)

Aufgrund des ermittelten Wertes für die Gesamtschutzfunktion im ungünstigsten Fall, der hier in Bohrung 1 auftritt, kann mit Hilfe von Tabelle 10 die Verweildauer des Sickerwassers in der Grubenüberdeckung ermittelt werden.

Tabelle 10: Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion nach dem Leitfaden zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Anlage 7

Gesamtschutzfunktion	Gesamtpunktzahl S	Größenordnung der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung
sehr hoch	> 4.000	> 25 Jahre
hoch	> 2.000 – 4.000	10 – 25 Jahre
mittel	> 1.000 – 2.000	3 – 10 Jahre
gering	> 500 – 1.000	Mehrere Monate bis ca. 3 Jahre
sehr gering	≤ 500	Wenige Tage bis etwa 1 Jahr, im Karst häufig noch weniger

Die Gesamtschutzfunktion der grundwasserüberlagernden Schichtenfolge ist somit am Standort als sehr gering zu bewerten. Die Verweilzeit von Sickerwasser im Sickerraum oberhalb des ersten Grundwasserstockwerkes in den Schluffen und Kiesen der tertiären bis quartären Flussschotter beträgt somit schätzungsweise wenige Tage bis etwa ein Jahr.

6. Bewertung des Kiesabbaus hinsichtlich Hydrogeologie

6.1 Gräben und Quellen

Der namenlose Graben im Westen des geplanten Kiesabbaugebietes ist wasserführend und wird durch ein Quellgebiet, bzw. Einzugsgebiet von ca. 240 ha gespeist. Der Geltungsbereich auf den Fl.-Nrn.: 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 umfasst eine Fläche von ca. 40,17 ha und der eigentliche Kiesabbau findet auf einer Fläche von ca. 17,79 ha statt (siehe Abbildung 11).

Daraus lässt sich der Anteil der Kiesabbaufäche vom gesamten Einzugsgebiet ermitteln, welcher bei 7,41 % liegt. Nachdem für die Auskiesung 13 Abbauabschnitte geplant sind, die zu keinem Zeitpunkt gleichzeitig geöffnet sind, muss der Anteil nochmalig gemindert werden. Somit ergibt sich pro Abschnitt ein Faktor von $< 0,50$ %. Dieser im Vergleich sehr kleine Bereich wird somit nur geringe Auswirkungen auf die Wassermenge im Graben haben.

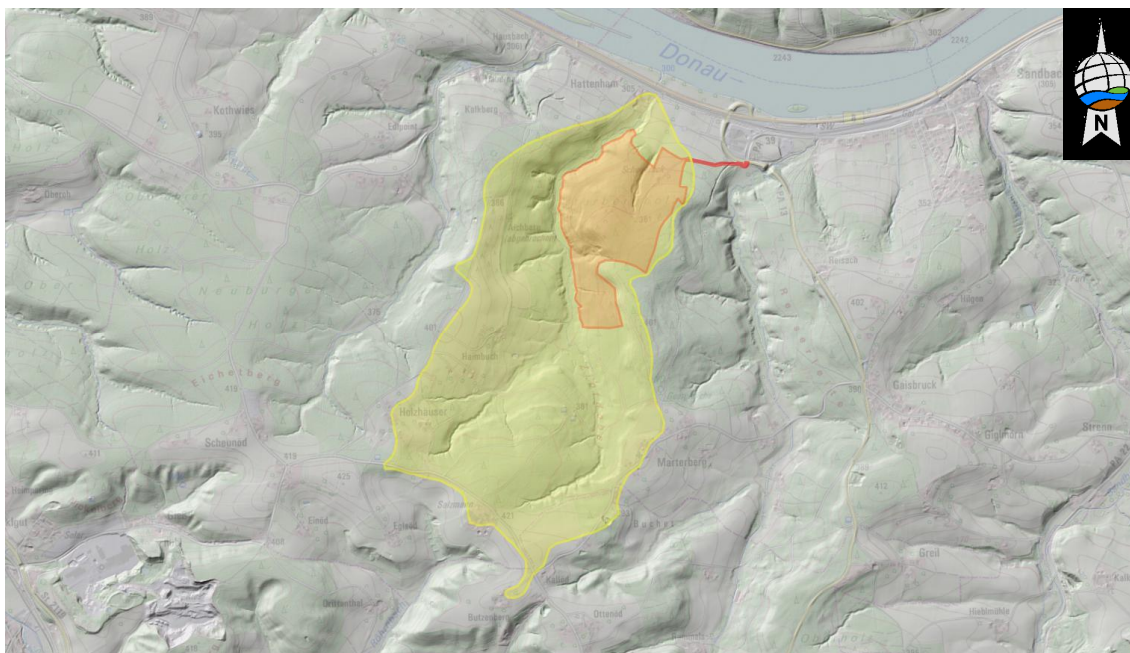


Abbildung 11: Darstellung des Einzugsgebietes (gelb) des örtlichen Vorfluters (namenloser Graben) westlich des Planungsgebietes (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand 12/2023 - unmaßstäblich

Nach Abschluss der Abbauarbeiten wird die Grube im Zuge der Rekultivierung verfüllt, wodurch der Untergrundaufbau anders aussehen wird. Da derzeit überwiegend bindige Decklagen unter der Geländeoberfläche aufgeschlossen sind, bzw. erkundet wurden, stellt dies keinen Unterschied zu dem Zustand nach der Verfüllung dar, womit in Bezug auf die Schichtenquelle mit keinen langfristigen Unterschieden zu rechnen ist.

Quelle

Im Zuge der Planung wurde eine Kartierung der in Abbildung 9 (Grundwassergleichenplan) bereits dargestellten Quelle vorgenommen. Diese nicht verzeichnete Quelle wurde wie zuvor erwartet am Schichtübergang von Kiesschotter zu Kristallin im Westen des Gebietes lokalisiert (R:4591660, H: 5385449). Es handelt sich hierbei um eine dauerhaft wasserführende Schichtenquelle, die frei auslaufend aus dem Lockergestein oberhalb der wasserstauenden Schicht bei 352,39 m NN austritt und nach § 3, Abs. 1 WHG als Oberirdisches Gewässer zu klassifizieren ist. Der Quellaustritt liegt sowohl außerhalb des geplanten Abbaugbietes als auch deutlich tiefer als die geplanten Abbausohlen.

Die Quellgrundform ist eine Einzelquelle, wobei der Quellbereich eine Fläche $< 5 \text{ m}^2$ aufweist. Es sind keine morphologischen und flächigen Veränderungen in Bezug auf den Quellaustritt und den Quellbachverlauf zu verzeichnen, wodurch es sich um ein naturnahes Gewässer handelt. Ebenso sind bis auf Laub und Gehölze, die in den Quellverlauf einfallen, keine Wasserqualitätsbeeinträchtigungen vorhanden.

Der erste Quellaustritt (im Oberhang) ist fließend, wobei die Wassermenge derart niedrig ist, sodass eine Quellschüttung nicht bestimmt werden konnte. Nach ca. 4,50 m versickert der Quellbach in den Schichten des Oberbodens, tritt aber nach weiteren ca. 11,60 m erneut als Sickerquelle (im Mittelhang) aus. Diese Vernässungszone ist ebenfalls $< 5 \text{ m}^2$. Von dort aus verläuft der Quellbach weitere ca. 30 m in Richtung SWW in Richtung eines wasserführenden Grabens, welcher nach einigen Metern in den bereits erwähnten örtlichen Vorfluter in der Hangmulde entwässert. Der Quellaustritt 1 ist durch Kies, Sand und schluffige Bestandteile charakterisiert. Der Quellaustritt 2 ist durch humosen Boden, Schlämme und z.T. durch kiesige Anteile gekennzeichnet.

Eine Fotodokumentation der soeben beschriebenen Quelle und des Quellbachverlaufes befindet sich im Anhang 4.3 der Antragsunterlagen.

6.2 Grundwasserneubildung

Das Einzugsgebiet wurde bereits im Kapitel 5.3 beschrieben. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich das Einzugsgebiet nicht verändert und die Grundwasserneubildungsrate während und auch nach der Abbaumaßnahme nicht verändert.

6.3 Abschätzung der hydrogeologischen Auswirkungen auf das GW

Da es sich bei dem geplanten Abbauvorhaben um einen Trockenabbau handelt und kein direkter Eingriff in das Grundwasser erfolgt, ist von keiner Beeinflussung der Grundwasserströmung oder -beschaffenheit am Standort auszugehen. Ein Mindestabstand von 1,50 m von der Abbausohle zum höchsten zu erwartenden Grundwasserstand wird mit einer Begrenzung der jeweiligen Abbaukoten sichergestellt.

Es ist im Anschluss des Abbauvorhabens die Wiederverfüllung der Grube sowohl mit grubeneigenem Abraummateriale als auch Fremdmaterial der Verwertungsklasse Z-0 vorgesehen. Aufgrund der Ergebnisse aus Kapitel 5.5 ist die wasserrechtliche Eignung des Standortes im Hinblick auf die möglichen Verwendungswege bzw. Verfüllmaterialqualitäten als geeignet zu bezeichnen. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass die Kiesabbaumaßnahme keinerlei langfristige Auswirkungen auf Oberflächen- und Grundwasser verursacht.

7. Hydrogeologische Bewertung der Standortkriterien

Der Auftraggeber Karl Groß GmbH beabsichtigt im geplanten Kiesabbaugebiet nach Auskiesung eine Wiederverfüllung der bestehenden Grube in Anlehnung an den Leitfaden zum Eckpunktepapier (Stand: 06.07.2023). Zur Einstufung eines Standortes zur Trockenverfüllung der Kategorien A, B oder C (C 1 und C 2) sind neben den wasserwirtschaftlichen Kriterien die Empfindlichkeit der verbleibenden Grundwasserüberdeckung und die Hintergrundgehalte von Boden und Grundwasser zu beurteilen.

7.1 Bewertung der Geologie und Hydrogeologie am Standort

Alle hier im Rahmen dieser hydrogeologischen Bewertung durchgeführten Aufschlussarbeiten zeigten weitestgehend heterogene Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten Kiestagebaus. Diese wurden auch durch die vorliegenden Informationen zur Geologie am Standort, durch Kartenwerke des LfU Bayern und Bohraufschlussdatenbank des Umweltatlas Bayern, bestätigt.

Die hier abbauträchtigen Kiessande der tertiären bis quartären Flussschotter erstrecken sich im Bereich des geplanten Kiesabbaus, nach aktuellem Kenntnisstand, voraussichtlich bis mindestens zum Niveau 360,59 m NN (vgl. GWM 1).

Das Fehlen der mehreren Meter mächtigen, kompakten Tonsedimenten unterhalb der Abbausohle und im Sickerraum oberhalb des oberen Grundwasserstockwerks, welches maximal bei einem Höhenniveau von 363,00 m NN (im Süden) zu erwarten ist, bewirkt in Zusammenarbeit mit dem Grundwasserflurabstand eine sehr geringe Schutzwirkung des Grundwassers vor möglichen Schadstoffeinträgen durch Sickerwasser.

Gemäß den bisher durchgeführten Erkundungsmaßnahmen liegt die Untersuchungsfläche weder in einem Karstgebiet noch in einem Gebiet mit stark tektonisch klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund.

Die Beurteilung der Schutzwirkung der grundwasserüberdeckenden Schichtenfolge hängt u.a. wesentlich von den Sorptions- und Filtereigenschaften der angetroffenen Bodenarten ab.

Die unmittelbar unter der Abbausohle anstehenden Kiessande der Flussschotterabfolgen sind gut wasserdurchlässig und besitzen eine geringe Sorptionsfähigkeit.

Der geforderte Grundwasser-Mindestabstand von UK Verfüllung von $\geq 1,50$ m für eine Bewertung nach **Kategorie A** (Verfüllung bis Material Z-0 bzw. Hintergrundwert) kann am Standort eingehalten werden. Mögliche temporär auftretende, schwebende Schichtwasserkörper, bspw. auf Oberkante der Tone, sind gemäß Leitfaden zum *EPP* (Stand 2021) bei der Bewertung des Mindest-Grundwasserflurabstandes für die Kategorien A/B/C nicht maßgebend.

7.2 Wasserwirtschaftliche Bewertungskriterien

Das Untersuchungsgebiet liegt in keinem festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Trinkwasser- bzw. Heilquellenschutzgebiet oder einem Wasservorranggebiet.

Die nächstgelegenen Trinkwasserschutzgebiete liegen ca. 1,7 km südwestlich des betrachteten Untersuchungsgebietes zwischen den Ortschaften Oberoh und Einöd im Oberrohrer Holz.

Es handelt sich dabei zum einen um „Oberoh – 2210734500015“ und zum anderen „WSG Brunnen Gießhübl II - 2210744560004“ (siehe Abbildung 12). Aufgrund der Entfernung und der isolierten Lage des Grundwasserleiters erfahren diese Trinkwasserschutzgebiete keine Beeinträchtigung.

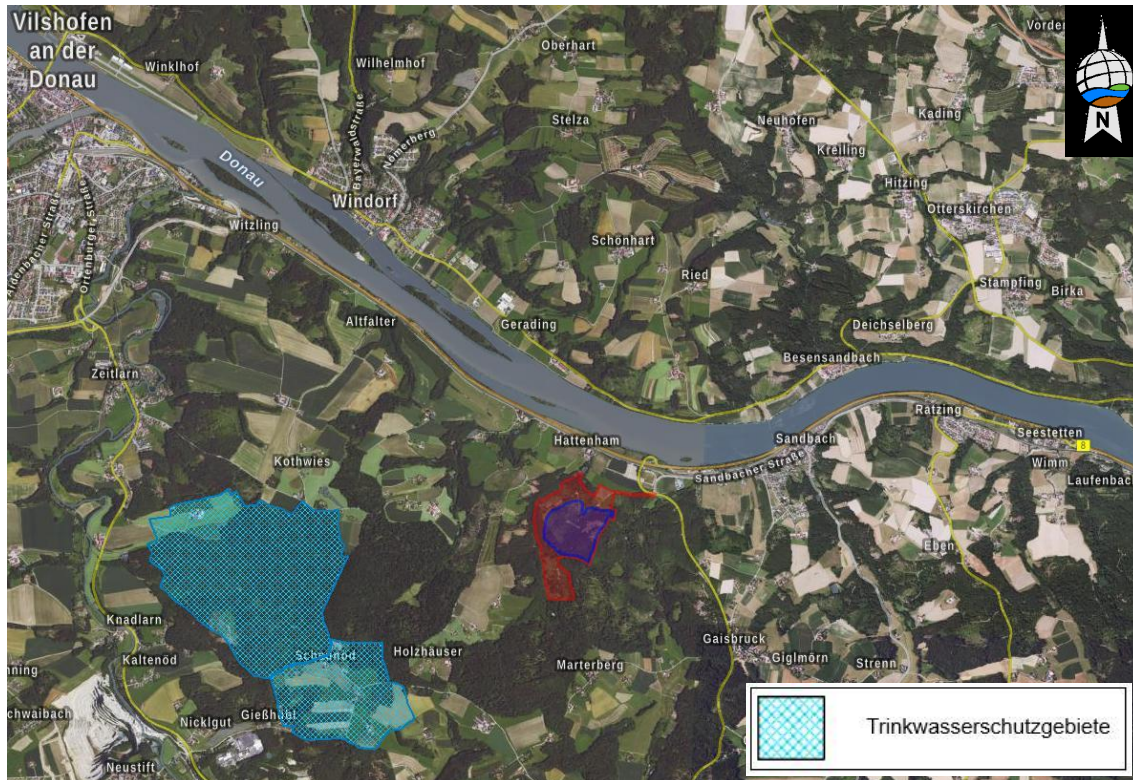


Abbildung 12: Lokation der Trinkwasserschutzgebiete (hellblau) im Südwesten des Geltungsgebietes (rot) und der darin geplanten Kiesgrube (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich

Das Vorhandensein der in Kapitel 6.1 erwähnten Quelle spielt für den geplanten Kiestagebau keine Rolle, da diese in die im Westen angrenzende Hangmulde entwässert und durch die zukünftige Kiesgrube somit nicht beeinträchtigt werden kann, zumal sie ohnehin außerhalb des Abbaugbietes liegt. Durch den Eingriff ist es jedoch möglich, dass das dort austretende Schichtenwasser während der Abbaumaßnahme zunimmt, da sowohl die stauenden bindigen Decklagen, als auch die Vegetation entfernt wird und somit in die ebenen Kiesschichten auf Sohlniveau des Aushubs deutlich mehr Wasser versickert als zuvor.

Als nächstgelegener Vorfluter ist der soeben im Westen erwähnte, an das Untersuchungsgebiet angrenzende, namenlose Graben auf einem Höhenniveau von rund 313 m NN bis 340 m NN zu benennen. Dieser entwässert im weiteren Verlauf in Richtung Norden zur ca. 320 m vom Standort entfernt verlaufenden Donau.

Auf Grund der Höhenlage des Grabens, sowie der bekannten und in den vorherigen Kapiteln beschriebenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen ist davon auszugehen, dass dieser Vorfluter keine unmittelbare Verbindung zum obersten Grundwasserstockwerk besitzt, sondern durch bachaufwärts, schwebende Quellaustritte gespeist wird. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich um ein Oberflächengewässer, welches sich in das Kristallin eingeschnitten hat und auf geringmächtigen Talfüllungen zur Donau hinfließt.

Das Untersuchungsgebiet liegt laut Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete (IÜG) nicht in einem festgesetzten oder vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebiet. Entlang des westlich gelegenen namenlosen Grabens ist ein wassersensibler Bereich verzeichnet (siehe Abbildung 13). Aufgrund der Topografie und der Distanz zum geplanten Abbaugbiet im Geltungsbereich wird in diese Gebiete nicht eingegriffen.

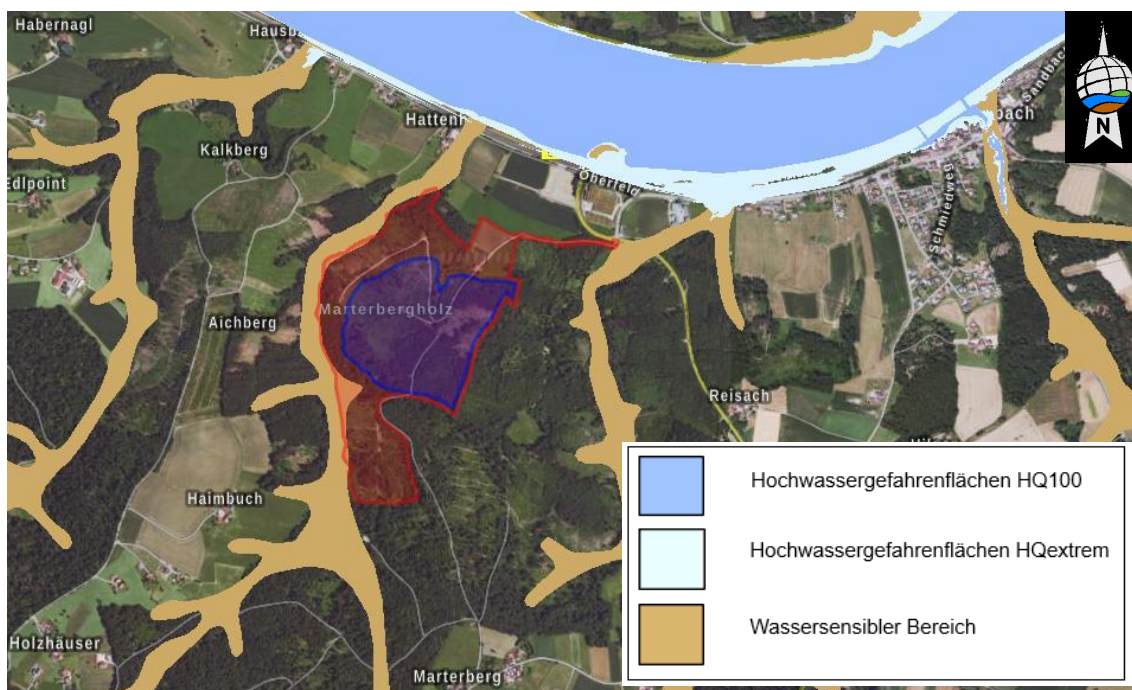


Abbildung 13: Darstellung der wassersensiblen Bereiche und der Hochwassergefahrenflächen um das Planungsgebiet (rot) und der darin geplanten Kiesgrube (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024 - unmaßstäblich

Gemäß den in Kapitel 5.3 beschriebenen Berechnungen liegt die theoretische Grundwasserneubildungsrate des obersten Grundwasserkörpers bei maximal ca. 150 mm/a, wobei diese in der Praxis voraussichtlich noch deutlich geringer ist. Die Ergiebigkeit des Grundwasserkörpers ist daher als gering zu bewerten und es gibt keine Speisung durch einen großen, zusammenhängenden Aquifer.

Auf Grund des Fehlens einer durchgehenden und natürlichen Ton-Sorptionsschicht über dem erkundeten Grundwasserspiegel am Untersuchungsstandort können Eintragungen von Schadstoffen in das Grundwasser nicht reduziert werden. Eine Einhaltung der Zuordnungswerte für das Verfüllmaterial gemäß Leitfaden zum Eckpunktepapier, in diesem Fall Z 0, ist zum Schutze des Schutzgutes Wasser erforderlich, sofern keine Maßnahmen zur Standortaufwertung ergriffen werden.

7.3 Gesamtbeurteilung und Einstufung des Standortes

Die hydrogeologische Bewertung der verbleibenden Deckschichten nach Hölting et al. (1995) in Anlehnung an Anlage 7 Tab. 4 Leitfaden zum Eckpunktepapier ergab gemäß Punkt 6.1 eine sehr geringe Gesamtschutzfunktion der Deckschichten im gesamten Untersuchungsbereich.

Auf Basis der aufgezeigten Untersuchungsergebnisse bzw. der verfügbaren Erkenntnisse ist der zu bewertende Standort im Marterbergholz gemäß Anlage 8a zum Leitfaden grundsätzlich der **Kategorie A** zuzuordnen.

Eine Aufwertung, durch den Einbau einer zusätzlichen technischen Sorptionsschicht, auf Kategorie B ist durch technische Maßnahmen möglich.

Der Betreiber beabsichtigt für die zukünftige Wiederverfüllung in Anlehnung an Standortkategorie A eine Auffüllung mit Z 0-Material sowie grubeneigenem Material.

Für die geplante Betriebsfläche im Norden des Geltungsbereiches darf ebenso nur Material der Verwertungsklasse Z 0 verwendet werden.

Die Anforderungen gemäß Leitfaden zum Eckpunktepapier hierfür werden gemäß aktuellem Kenntnisstand erfüllt. Aufgrund der geringen Grundwasserüberdeckung, der sehr geringen Schutzfunktion und der geringen Sorptionsfähigkeit, bzw. der hohen Durchlässigkeit ist die Gesamtbewertung des Standortes als sehr empfindlich einzustufen, was einer Standortkategorie A entspricht und somit ohne technische Sorptionsschicht nur Material der Klasse Z 0 eingebaut werden darf.

8. Eigen- und Fremdüberwachung

Es darf nur Material, das den Zuordnungswerten des Eckpunktepapieres der Anlagen 2 und 3 für die Klasse Z 0 entspricht, in der Grube abgelagert werden. Da die ersten beiden Abbauabschnitte (BA 1 und BA 2) aufgrund des dort geplanten Kieswerkes erst nach Abschluss der gesamten Abbaumaßnahme verfüllt und rekultiviert werden, ist der BA 3 der erste Abbauabschnitt der nach der Auskiesung zu Verfüllen ist. Im Zuge der Erstellung der jeweiligen Hauptbetriebspläne wird für den BA 3 sowohl der Bau einer Grundwassermessstelle notwendig als auch die Überwachung beginnen.

8.1 Verfüllmaterial - Fremdüberwachung

Der Fremdüberwacher ist vom Betreiber zu beauftragen und überprüft die durch die Eigenüberwachung durchgeführten betriebseigenen Kontrollen bzw. die ordnungsgemäße Verfüllung der Grube. Die Fremdüberwachung ist mindestens zweimal jährlich durchzuführen.

Inhalt der Fremdüberwachung ist:

- Alle zugehörigen Aufzeichnungen (z. B. Nachweisverfahren und Eigenüberwachungsdokumentation) der Grube bzw. des Verfüllmaterials sind zu überprüfen und zu bewerten.
- Das verfüllte Material ist durch Inspektion der Verfüllung zu kontrollieren und zu überprüfen.

- Das verfüllte Material ist mindestens zweimal jährlich anhand von Stichproben (Bohrung oder Schurf), die anhand des Anhangs 2 und 3 des Eckpunktepapiers untersucht werden, zu überprüfen.
- Es ist ein Bericht über die Probenentnahmen und Untersuchungen, sowie der Ergebnisse und deren Bewertungen, anzufertigen und an die Kreisverwaltungsbehörde weiterzugeben.

8.2 Verfüllmaterial - Eigenüberwachung

Der Einbau des Materials ist durch sach- und fachkundiges Personal zu gewährleisten. Bei der Eingangskontrolle werden die Bezeichnung des zu verwertenden Materials, die einzelnen Anlieferer, die jeweilige Menge und Angaben über den Beförderer sowie die mitgelieferten Analysenergebnisse gesammelt, überprüft und archiviert. Diese Angaben sind in ein Betriebstagebuch einzutragen und mit der fortlaufenden Verfüllung fortführend zu dokumentieren.

8.3 Grund- bzw. Schichtwasser – Eigenüberwachung

Gemäß Punkt B-11.4.1 des Leitfadens zum Eckpunktepapier (*EPP*) müssen Grundwassermessstellen zur Beweissicherung im näheren Umfeld eingerichtet werden. Dabei soll eine Messstelle im Zu-/ Anstrombereich und zwei im Abstrombereich gelegen sein.

Diese Grundwassermessstellen wären demnach so auszuführen, dass sie den zu schützenden Grundwasserleiter erreichen und somit mindestens bis zu den in Tabelle 5 aufgeführten Tiefen ausgebaut werden.

Da GWM 1 und GWM 3 außerhalb des Abbaubereiches lokalisiert sind und somit während der Baumaßnahme erhalten bleiben, können diese für die Grundwasserüberwachung verwendet werden.

Die Messstelle GWM 2 liegt im geplanten Abbaubereich und muss fachgerecht versiegelt werden. Anschließend ist es erforderlich, eine neue Grundwassermessstelle zu errichten, wobei diese im Abstrombereich gelegen sein muss, um die notwendige Anzahl zu erreichen.

Eine Grundwasserüberwachung ist aufgrund der komplexen Geo- und Hydrogeologie zu empfehlen. Sinnvoll wäre die Betrachtung eines möglichen Schadstoffaustrags über das Schicht- bzw. Sickerwasser. Auch eine Beprobung der Quelle oder die Errichtung einer Grundwassermessstelle oberhalb des Quellaustrittes wären mögliche Lösungen. Aufgrund der zahlreichen Abbauabschnitte und der beschriebenen hydrogeologischen Verhältnisse ist es möglich, dass im Zuge der Abbauarbeiten die Errichtung weiterer GWMs notwendig wird.

Dies hätte auch den Vorteil, dass im Falle einer Verunreinigung die Schadstoffquelle schneller lokalisiert werden kann. Der genaue Umfang der Überwachung bzw. Untersuchung ist mit dem Wasserwirtschaftsamt (*WWA*) abzustimmen.

8.4 Grundwassermonitoring

Ein Monitoring von Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit als Folge des geplanten Kiesabbaus / Verfüllung wird erforderlich, da im Anschluss an die Abbautätigkeit eine Rekultivierung bzw. Wiederverfüllung des Kiesabbaus mit grubeneigenem Abraummaterial sowie Z 0 - Material angestrebt wird.

Zum Überwachen und Beprobieren der Grundwasserströmungsverhältnisse sowie von Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit als Folge des Wiedereinbaus von Z 0-Material werden eine Grundwassermessstelle im Anstrombereich und zwei Grundwassermessstellen im Abstrombereich der geplanten Auskiesungsflächen erforderlich.

Es sind bereits drei GWM's vorhanden, von denen zwei für die genannten Zwecke genutzt werden können. Die GWM 1 im Süden und die GWM 3 im Norden liegen außerhalb des geplanten Abbaubereiches und eignen sich für eine An- und eine Abstrommessstelle. Da die GWM 2 innerhalb des Abbaubereiches liegt und die Differenz zwischen Ansatzpunkt und Abbausohle ca. 10 m beträgt kann diese dort nicht weiter genutzt werden. Somit muss die GWM 2 fachgerecht verschlossen, entfernt und eine neue Grundwassermessstelle im Abstrombereich errichtet werden. Dazu wird vorgeschlagen die GWM 2 nach Westen bis Nordwesten über den Rand des Abbaubereiches zu verlagern.

Das Grundwasser wird in der Regel halbjährlich nach den Anforderungen des Leitfadens zum Eckpunktepapier des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz sowie ergänzend nach den Anforderungen Merkblatt 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft überwacht.

Die Ergebnisse der Untersuchung wären in chemischer und hydrogeologischer Sicht zu bewerten und mit den Vorsorgewerten für das Grundwasser nach Anlage 4 und 5 o.g. Eckpunktepapiers zu vergleichen. Die Gegenüberstellung / Bewertung der Untersuchungsergebnisse hat anhand einer Differenzbildung zu den bei Beprobungen im Vorfeld der hier behandelten Maßnahmen ermittelten Werten (Hintergrundkonzentration der „Nullmessung“) bzw. zu den Messergebnissen im Zustrom der Auskiesungsfläche zu erfolgen.

Es wird aus fachlicher Sicht hier als ausreichend eingeschätzt, eine halbjährliche Überwachung während der aktiven Abbauphase und während der Wiederverfüllung der betrachteten Fläche vorzunehmen.

Nach vollendeter Renaturierung der Flächen kann das Beprobungsintervall gegebenenfalls auf eine jährliche Beprobung reduziert werden.

Letztlich obliegt die Entscheidung über die Art und Dauer von Grundwasseruntersuchungen den zuständigen Fach- und Genehmigungsbehörden.

Bei weiteren Rückfragen stehen wir gerne für Sie zur Verfügung.



Donau-Gewerbepark 5
94486 Osterhofen
FON: 09932/9544-0
FAX: 09932/9544-77
E-Mail: info@GeoPlan-online.de

Osterhofen, den 22.04.2024

.....
Tobias Kufner
Geschäftsführer
Dipl.-Geoökologe (Univ.)

.....
Maximilian Noß
B.Sc. Geowissenschaften

Vorhabensträger:



Thundorfer Straße 37
94554 Moos

Moos, den 22.04.2024

.....
Herr Karl-Heinz Groß

9. **Abbildungsverzeichnis**

<u>Abbildung 1:</u>	Lokation der Fl.-Nrn.: 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 mit geplantem Abbaugebiet (blau) und vom Abbau unberührter Bereich (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024; unmaßstäblich.....	1
<u>Abbildung 2:</u>	Lokation des geplanten Abbaugebietes im Marterbergholz (blau) auf den Fl.-Nrn.: 136, 182/4 (TF), 182/5, 182/9, 182/10, 184, 184/2, 992, 995/1, 995/2, 995/5 und 1026 (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024; unmaßstäblich.....	2
<u>Abbildung 3:</u>	Digitales Geländemodell der Region um den Geltungsbereich (rot) und dem darin geplanten Abbaugebiet (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024 - unmaßstäblich	4
<u>Abbildung 4:</u>	Digitales Geländemodell des Geltungsbereiches (rot) und dem darin geplanten Abbaugebiet (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024 – unmaßstäblich.....	5
<u>Abbildung 5:</u>	Geoelektrisches Profil - Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstandes; Quelle: Geophysik-Dr.Rauen - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich.....	8
<u>Abbildung 6:</u>	Darstellung der geologischen Verhältnisse um das Planungsgebiet (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024; unmaßstäblich.....	9
<u>Abbildung 7:</u>	Geoelektrisches Profil / Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstandes mit Abgrenzung der geologischen Ablagerungsevents; Quelle: Geophysik-Dr.Rauen - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich.....	9
<u>Abbildung 8:</u>	Übersichtslageplan der Geoelektrischen Profile / Tiefenschnitte; Quelle: Geophysik-Dr.Rauen - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich.....	16
<u>Abbildung 9:</u>	Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Planungsgebiet, mittels Grundwassergleichenplan; Quelle: Geoplan GmbH - Stand: 28.11.2023 – unmaßstäblich.....	20
<u>Abbildung 10:</u>	Darstellung des Grundwassereinzugsgebietes (gelb und rot) um das Planungsgebiet (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand: 12/2023 - unmaßstäblich	22
<u>Abbildung 11:</u>	Darstellung des Einzugsgebietes (gelb) des örtlichen Vorfluters (namenloser Graben) westlich des Planungsgebietes (rot); Quelle: BayernAtlas - Stand 12/2023 - unmaßstäblich	26
<u>Abbildung 12:</u>	Lokation der Trinkwasserschutzgebiete (hellblau) im Südwesten des Geltungsbereiches (rot) und der darin geplanten Kiesgrube (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 11/2023 – unmaßstäblich	29
<u>Abbildung 13:</u>	Darstellung der wassersensiblen Bereiche und der Hochwassergefahrenflächen um das Planungsgebiet (rot) und der darin geplanten Kiesgrube (blau); Quelle: BayernAtlas - Stand: 03/2024 – unmaßstäblich.....	30

10. Tabellenverzeichnis

<u>Tabelle 1:</u>	Darstellung der Aufschlussbohrungen.....	6
<u>Tabelle 2:</u>	Darstellung der Grundwassermessstellen (GWM).....	6
<u>Tabelle 3:</u>	Darstellung der Baggerschürfe.....	7
<u>Tabelle 4:</u>	Legende zum exemplarischen geoelektrischen Profil / Tiefenschnitt.....	8
<u>Tabelle 5:</u>	Darstellung der GW-Stände von 2020 bis 2023.....	14
<u>Tabelle 6:</u>	Darstellung der Höhenkoten, Grundwasserstände und Grundwasser- überdeckungen der einzelnen Abbauabschnitte.....	21
<u>Tabelle 7:</u>	Punktebewertung der Sickerwassermenge anhand der Grundwasser- neubildungsrate (GWNb) bzw. der klimatischen Wasserbilanz N-EPTpot. (aus Hölting et al. 1995).....	23
<u>Tabelle 8:</u>	Ergänzung und Erklärung zur Formel nach Hölting et al. (1995).....	24
<u>Tabelle 9:</u>	Beurteilung der Gesamtschutzfunktion.....	24
<u>Tabelle 10:</u>	Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion nach dem Leitfaden zur Verfüllung von gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Anlage 7.....	25

11. Anlagen

- Anlage 1: Lageplan und Profilschnitte der Geoelektrischen Messungen,
Geophysik-Dr.Rauen (7 Seiten)
- Anlage 2: Geoelektrisches Gutachten, Dr. Armin Rauen (21 Seiten)

12. Quellenverzeichnis

12.1 Informationssysteme

Für die Ausarbeitung des Gutachtens wurden, neben den selbst erarbeiteten Informationen, die nachfolgenden Unterlagen bzw. Quellen verwendet:

- Bayerische Staatsregierung: BayernAtlas (09/2004),
<https://geoportal.bayern.de/> (28.11.2023)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: UmweltAtlas
<https://www.umweltatlas.bayern.de/> (28.11.2023)
- ClimateData
<https://en.climate-data.org/> (28.11.2023)

12.2 Gesetze und Verordnungen

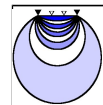
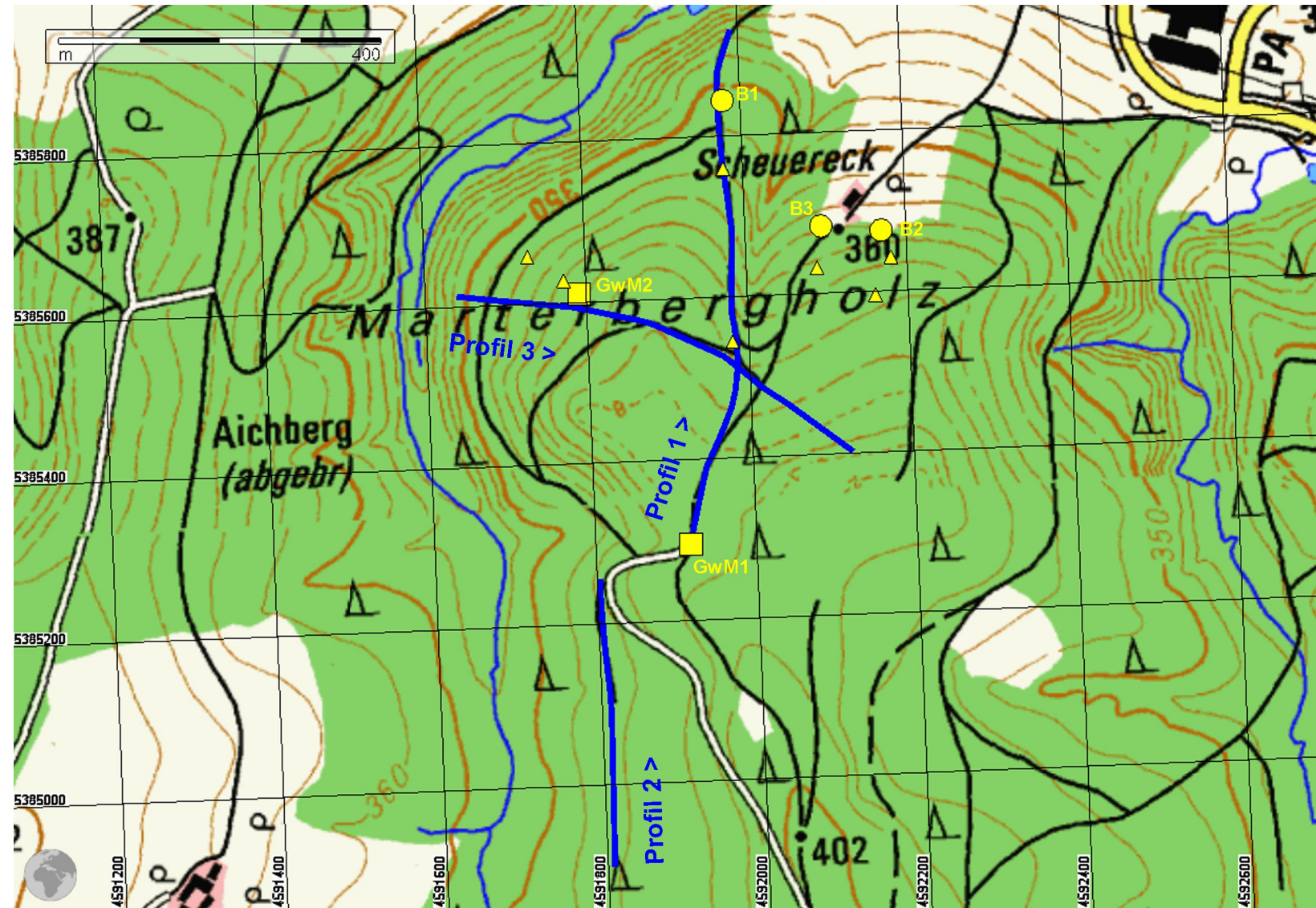
Für die Genehmigung und Durchführung der Arbeiten rund um das Kiesabbauvorhaben sind nachfolgende Gesetzestexte und Verordnungen maßgebend, bzw. relevant:

- Bundesamt für Justiz: Bundesberggesetz (06/2021),
<https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/> (28.11.2023)
- Bundesamt für Justiz: Wasserhaushaltsgesetz (07/2009),
https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/ (28.11.2023)
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Leitfaden für die Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen (08/2023),
<https://www.stmuv.bayern.de/themen/abfallwirtschaft/verfuelleitfaden/doc/verfueilleitfaden.pdf> (28.11.2023)

13. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BBergG	Bundesberggesetz
EPP	Eckpunktepapier
FN	Flächennutzungsplan
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWM	Grundwassermessstelle
HZEGW	Höchstes zu erwartendes Grundwasser
IÜG	Informationsdienst für Überschwemmungsgefährdete Gebiete
NN	Normal-Null
OSM	Obere Süßwassermolasse
TF	Teilfläche
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WWA	Wasserwirtschaftsamt

Anlage 1



Geophysik - Dr. Rauen • Ödgarten 12 • D 94574 Wallerfing •
 Tel: +49 9936 902026 • Fax: +49 9936 902027 •
 eMail: raue@geophysik-dr-raue.de

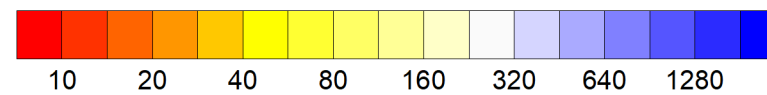
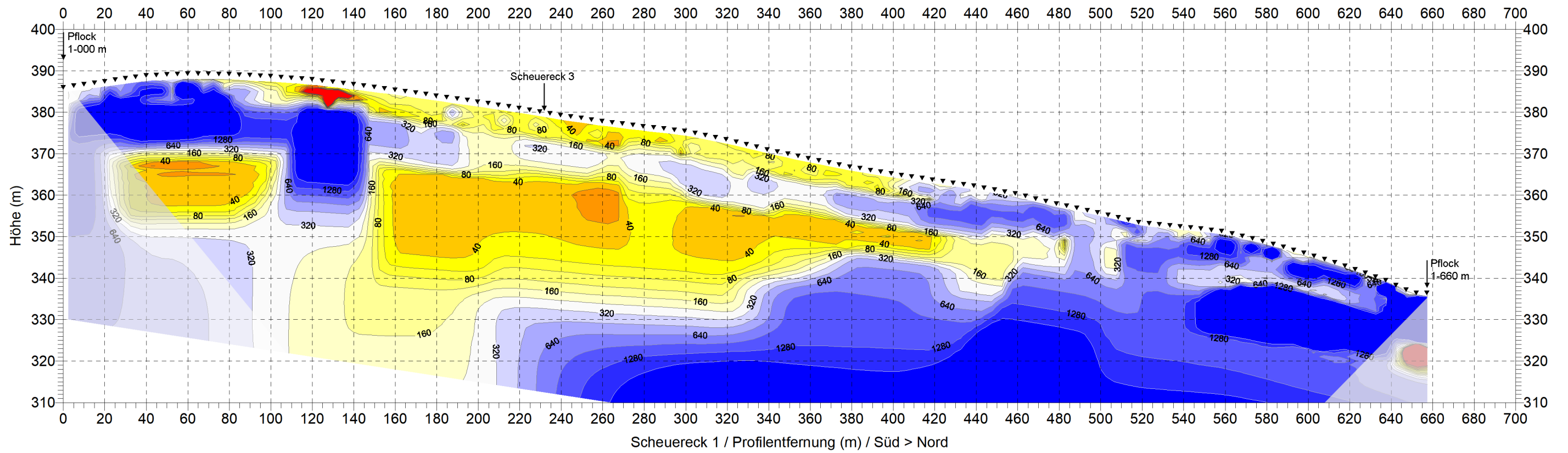
Datum:
 30.11.2020

Maßstab:
 1:7'500

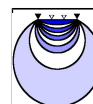
Lageplan

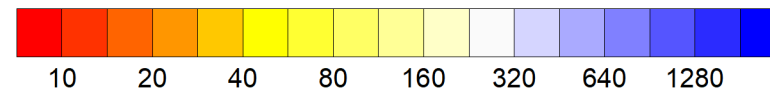
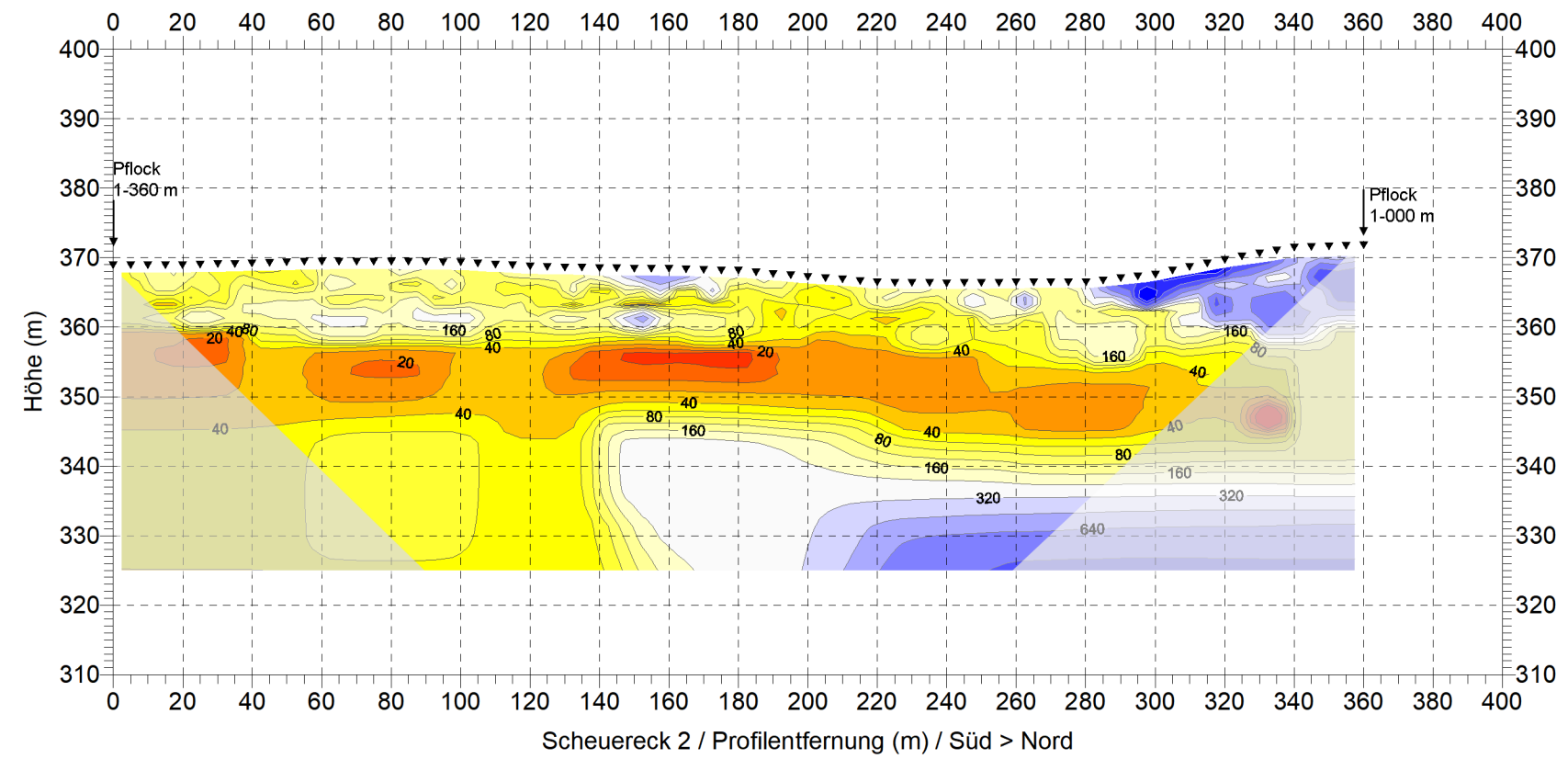
Lage des Messgebiets nahe Scheuereck / Sandbach
 - geoelektrische Messprofile Scheuereck 1, Scheuereck 2, Scheuereck 3.
 - Bohrungen GwM 1, GwM 2, B1, B2, B3 und Baggerschurfe Sch1 bis Sch 7 (Dreiecke).
 Kartengrundlage: Amtl. topografische Karte von Bayern 1:25'000 (MagicMaps 8.0.7)

Abbildung:
 1

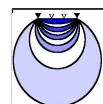


Spezifischer elektrischer Widerstand (Ohm*m)

 Geophysik - Dr. Rauen • Ödgarten 12 • D 94574 Wallerfing • Tel: +49 9936 902026 • Fax: +49 9936 902027 • eMail: raunen@geophysik-dr-raunen.de	Datum: 30.11.2020	Maßstab: 1 : 2000 horizontal 1 : 1000 vertikal (2-fach überhöht)	Profil Scheuereck 1 Geoelektrische Sektion: Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstands. Dreiecke: Positionen der Elektroden.	Abbildung: 3.1
--	-----------------------------	---	--	--------------------------



Spezifischer elektrischer Widerstand (Ohm*m)



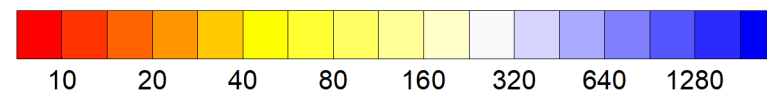
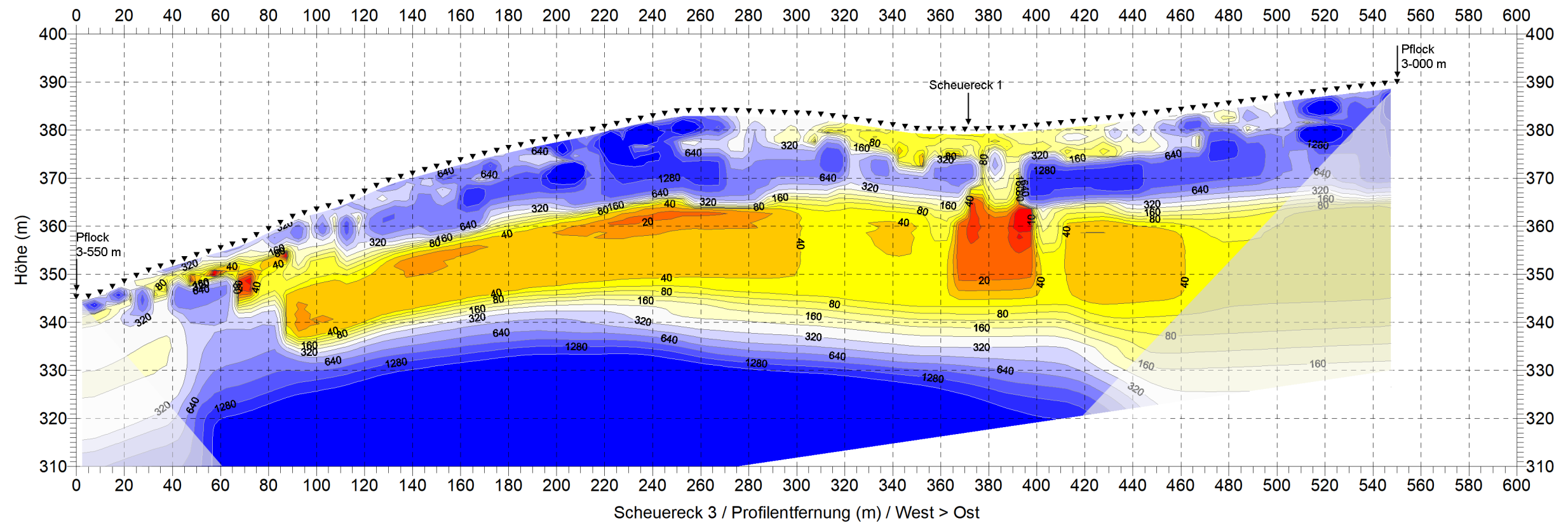
Geophysik - Dr. Rauen • Ödgarten 12 • D 94574 Wallerfing •
 Tel: +49 9936 902026 • Fax: +49 9936 902027 •
 eMail: raue@geophysik-dr-rauen.de

Datum:
 30.11.2020

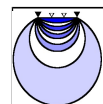
Maßstab:
 1 : 2000 horizontal
 1 : 1000 vertikal (2-fach überhöht)

Profil Scheuereck 2
 Geoelektrische Sektion: Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstands.
 Dreiecke: Positionen der Elektroden.

Abbildung:
 3.2



Spezifischer elektrischer Widerstand (Ohm*m)



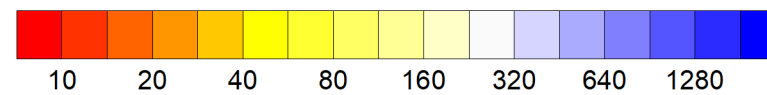
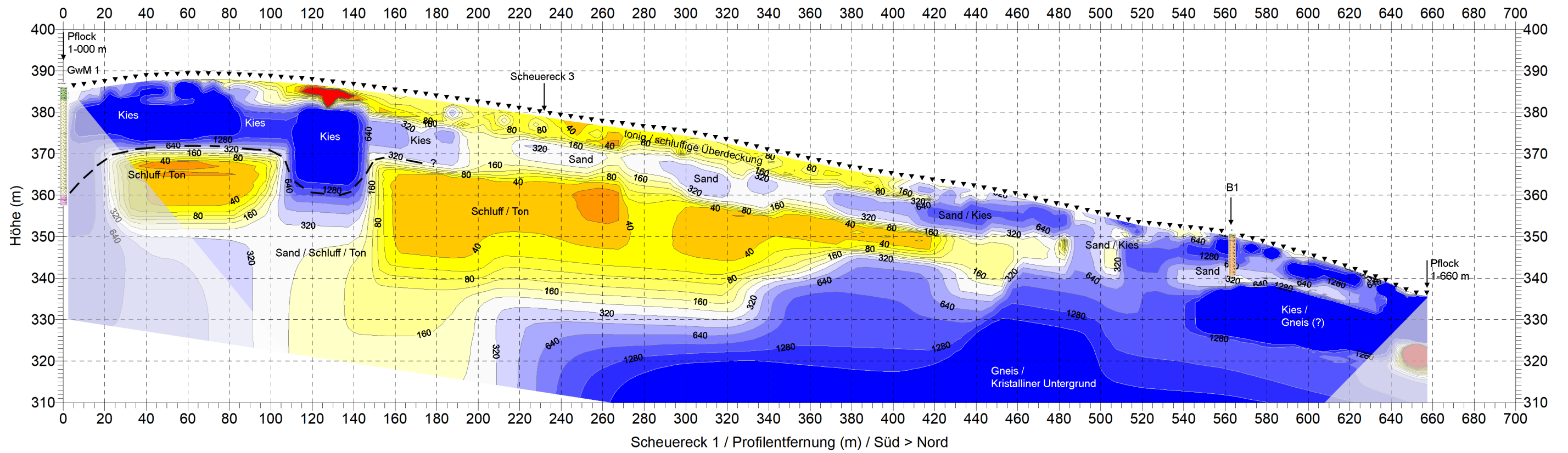
Geophysik - Dr. Rauen • Ödgarten 12 • D 94574 Wallerfing •
 Tel: +49 9936 902026 • Fax: +49 9936 902027 •
 eMail: rauen@geophysik-dr-rauen.de

Datum:
 30.11.2020

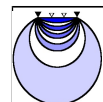
Maßstab:
 1 : 2000 horizontal
 1 : 1000 vertikal (2-fach überhöht)

Profil Scheuereck 3
 Geoelektrische Sektion: Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstands.
 Dreiecke: Positionen der Elektroden.

Abbildung:
 3.3



Spezifischer elektrischer Widerstand (Ohm*m)



Geophysik - Dr. Rauen • Ödgarten 12 • D 94574 Wallerfing •
 Tel: +49 9936 902026 • Fax: +49 9936 902027 •
 eMail: raue@geophysik-dr-raue.de

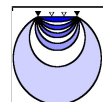
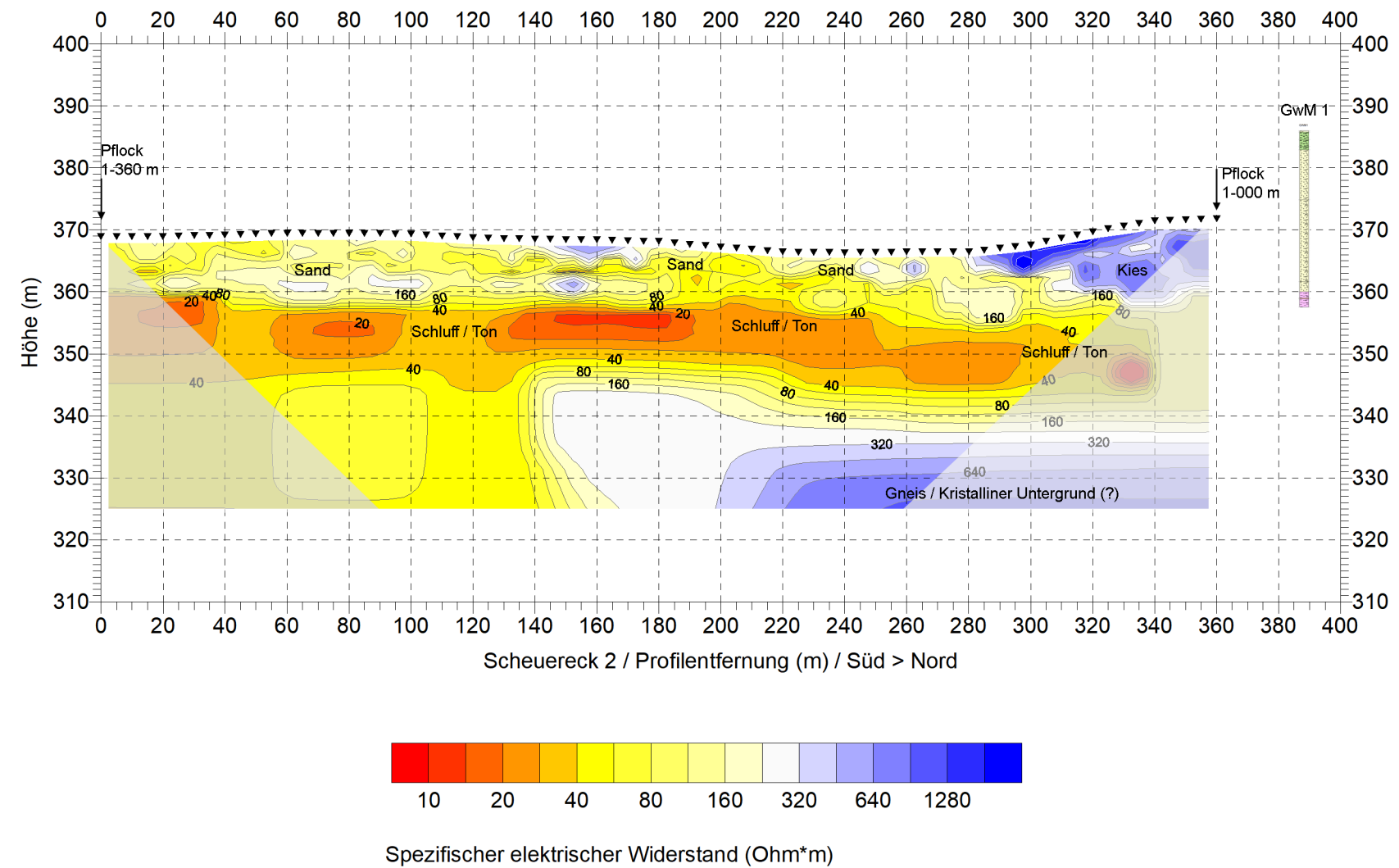
Datum:
 30.11.2020

Maßstab:
 1 : 2000 horizontal
 1 : 1000 vertikal (2-fach überhöht)

Interpretiertes Profil Scheuereck 1

Geoelektrische Sektion: Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstands.
 Bohrungen GwM 1, B1. Interpretation der Haupteinheiten.
 Dreiecke: Positionen der Elektroden.

Abbildung:
 4.1



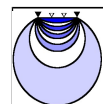
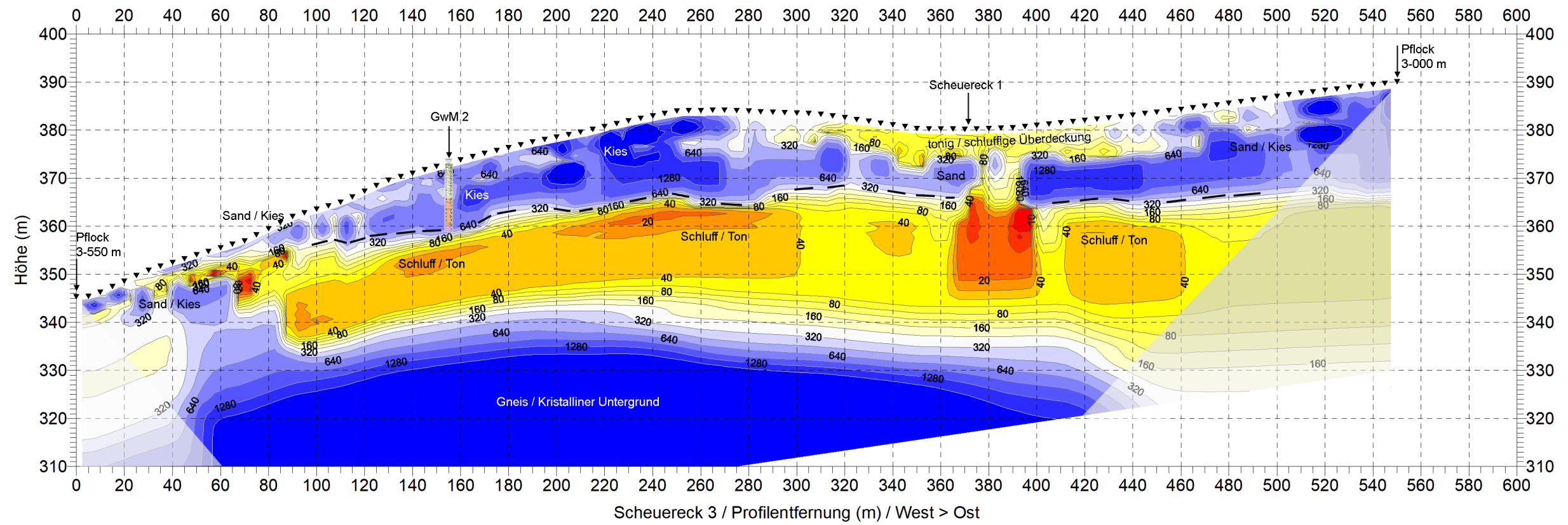
Geophysik - Dr. Rauen • Ödgarten 12 • D 94574 Wallerfing •
 Tel: +49 9936 902026 • Fax: +49 9936 902027 •
 eMail: raue@geophysik-dr-raue.de

Datum:
 30.11.2020

Maßstab:
 1 : 2000 horizontal
 1 : 1000 vertikal (2-fach überhöht)

Interpretiertes Profil Scheuereck 2
 Geoelektrische Sektion: Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstands.
 Bohrung GwM 1. Interpretation der Haupteinheiten.
 Dreiecke: Positionen der Elektroden.

Abbildung:
 4.2



Geophysik - Dr. Rauen • Ödgarten 12 • D 94574 Wallerfing •
 Tel: +49 9936 902026 • Fax: +49 9936 902027 •
 eMail: raue@geophysik-dr-raue.de

Datum:
 30.11.2020

Maßstab:
 1 : 2000 horizontal
 1 : 1000 vertikal (2-fach überhöht)

Interpretiertes Profil Scheuereck 3

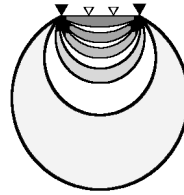
Geoelektrische Sektion: Tiefenschnitt des spezifischen elektrischen Widerstands.
 Bohrung GwM 2, Interpretation der Haupteinheiten.
 Dreiecke: Positionen der Elektroden.

Abbildung:
 4.3

Anlage 2

Geophysik - Dr. Rauen

- **Geophysikalische Sondierungen**
- **Geotechnik-Systeme**



Dr. Armin Rauen
Ödgarten 12
D - 94574 Wallerfing

Tel: +49 9936 902026
Fax: +49 9936 902027
Tel mobil: +49 171 8210540
e-mail: rauen@geophysik-dr-rauen.de
web: www.geophysik-dr-rauen.de

Bericht: Goelektrische Messungen nahe Scheuereck / Sandbach zur Kieserkundung

Projekt: Goelektrische Messungen nahe Scheuereck / Sandbach

Auftraggeber: Karl Groß GmbH
Thundorfer Str. 37
D-94554 Moos
Tel. +49 (0) 9938 9504-0
eMail: info@gross-kieswerke.de
Internet: www.gross-kieswerke.de

vertreten durch:

Frau Kristina Groß
Bauingenieurin
Karl Groß GmbH
Thundorfer Str. 37
D-94554 Moos
Tel. +49 (0) 9938 9504-62
Mobil +49 (0) 170 9610459
Fax: +49 (0) 9938 9504-30
eMail: kristina.gross@gross-kieswerke.de

Ausfertigung: 1

Datum: Wallerfing, 30.11.2020

Inhalt:

	Seite
0. Zum Vorgang	3
1. Untersuchungsgebiet und lokale Geologie	5
2. Zielsetzung der Untersuchungen	6
3. Durchgeführte Maßnahmen	6
3.1. Goelektrische Tomografie	6
3.1.1. Messungen	8
3.1.2. Auswertungen	13
3.2. Koordinaten und Höhen	16
4. Ergebnisse	16
4.1. Profil Scheuereck 1	18
4.2. Profil Scheuereck 2	18
4.3. Profil Scheuereck 3	19
5. Zusammenfassung	20
6. Zitierte Literatur	21

Anlagen

Anlage 1: Abbildungen

Anlage 2: Koordinaten

Anlage 3: Methodenbeschreibung der Goelektrischen Tomografie

0. Zum Vorgang

Zwischen Sandbach und Vilshofen, nahe dem Weiler Scheuereck, plant das Kiesunternehmen Karl Groß GmbH einen neuen Kiesabbau. Die Geoplan GmbH ist mit der Vorplanung des Verfahrens von der Karl Groß GmbH beauftragt. Im Rahmen der Voruntersuchungen sollten, neben Erkundungsbohrungen, auch geophysikalische Messungen durchgeführt werden.

Wir boten der Karl Groß GmbH am 6.8.2020 geophysikalische Messungen in Form von Geoelektrischer Tomografie zur Kieserkundung an. Die Arbeiten wurden am 24.8.2020 von Kristina Groß (Karl Groß GmbH) beauftragt.

Die Geländearbeiten wurden vom 1.9.2020 bis zum 3.9.2020 in Form von 3 Messprofilen ausgeführt: Scheuereck 1 (660 m Länge), Scheuereck 2 (360 m) und Scheuereck 3 (550 m).

Am 16.9.2020 übermittelte Geoplan uns die Koordinaten der geoelektrischen Messprofile.

Im Zeitraum zwischen 7.10.2020 und 30.10.2020 wurden die Bohrungen GwM1, GwM2, B1, B2, B3 abgeteuft und die Baggerschurfe SCH1 bis SCH7 durchgeführt. Am 9.11.2020 wurden uns von der Geoplan GmbH die Bohrprofile und am 10.11.2020 die zugehörigen Koordinaten übermittelt.

Nach Aussage von Herrn Kufner (Geoplan GmbH) sind noch weitere Bohrungen im Osten des Erkundungsgebietes geplant. Die geplanten Bohrungen seien aber für eine eventuelle Kalibrierung der geoelektrischen Messungen wegen der großen Entfernung zu den bereits realisierten Messprofilen nicht relevant. Einige der bereits vorliegenden Bohrungen sind dagegen sinnvoll zur Kalibrierung einsetzbar (GwM1, GwM 2, B1). Nach Rücksprache am 19.11.2020 einigten wir uns für das weitere Vorgehen derart, dass wir die Auswertung der geophysikalischen Messungen mit Hilfe der bereits vorliegenden Bohrerergebnisse fertigstellen sollten.

Der hier vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse zusammen.

Folgende Unterlagen standen zur Verfügung:

- Lageplan (Geoplan GmbH, 4.8.2020)
- Angebot über geoelektrische Messungen (Geophysik Dr. Rauen, 6.8.2020)
- Auftrag (Karl Groß GmbH, 24.8.2020)
- Profilkordinaten (Geoplan GmbH, 16.9.2020)
- Lageplan und Bohrprofile (Geoplan GmbH, 16.9.2020)
- Koordinaten Bohrungen (Geoplan GmbH, 10.11.2020)

Beteiligte Personen und Institutionen:

Frau Kristina Groß
Bauingenieurin
Karl Groß GmbH
Thundorfer Str. 37
D - 94554 Moos
eMail: kristina.gross@gross-kieswerke.de
Tel +49 9938 9504-62
Mobil +49 170 9610459
Fax +49 9938 9504-30

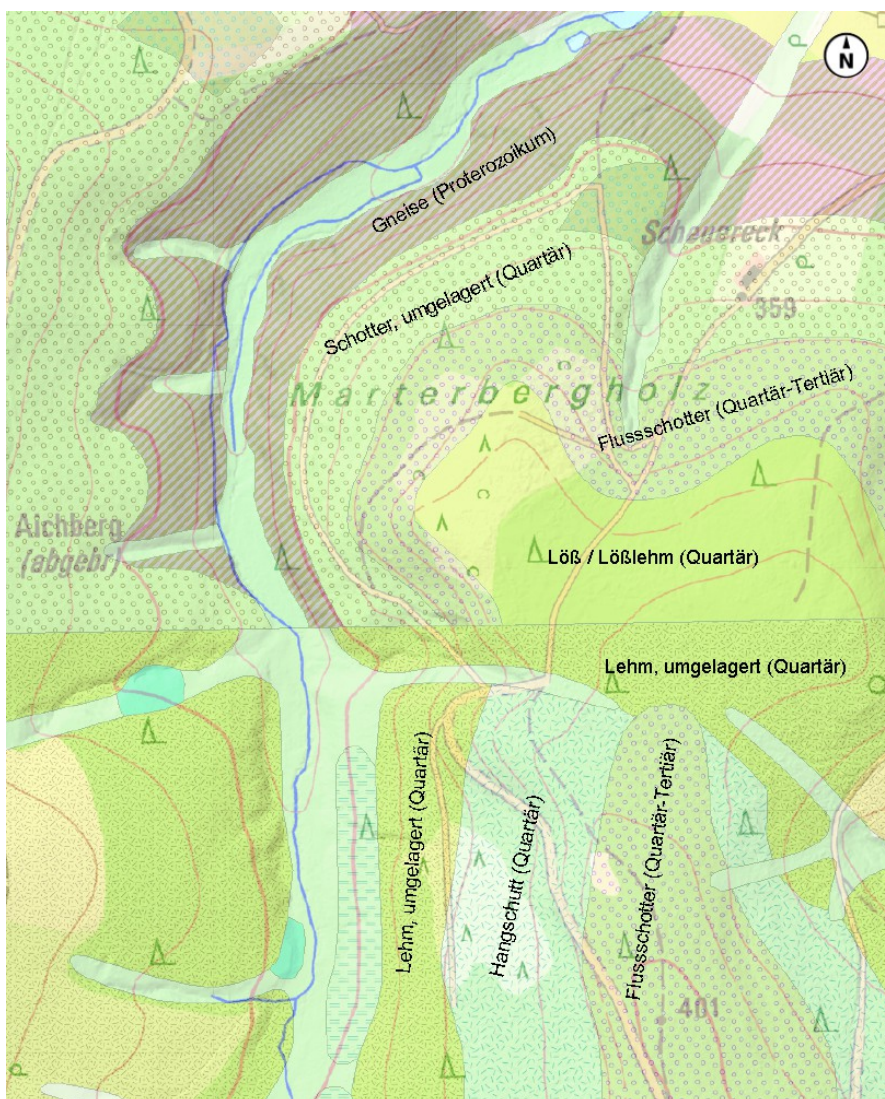
Daniel Wagner
B. Eng. Umweltsicherung
GEOPLAN GmbH
Donau-Gewerbepark 5
D - 94486 Osterhofen
eMail: daniel.wagner@geoplan-online.de
Tel +49 9932 9544-43
Mobil +49 151 68808326
Fax +49 9932 9544-77

Dr. Armin Rauen
Diplom Geophysiker
Christine Rauen
Geophysik Dr. Rauen
Ödgarten 12
D - 94574 Wallerfing
eMail: rauen@geophysik-dr-rauen.de
Tel +49 9936 902026
Mobil +49 171 8210540
Fax +49 9936 902027

1. Untersuchungsgebiet und lokale Geologie

Das Untersuchungsgebiet liegt am südlichen Rand des Donautals, zwischen Vilshofen im Westen und Sandbach im Osten, im Umfeld des Weilers Scheuereck, im sogenannten "Marterbergholz" (Lageplan in Abb. 1). Das Gebiet liegt in der Gemarkung Sandbach im Stadtgebiet von Vilshofen.

Der Bauherr "Karl Groß GmbH" plant dort einen Kiesabbau. Im Untersuchungsgebiet liegen oberflächennah laut geologischer Karte Sedimente mit stark wechselnder Korngröße im Bereich von Lehm, Lößlehm bis Schotter vor. In den tiefer liegenden Taleinschnitten sind Gneise aus dem Proterozoikum kartiert.



Geologische Karte mit Erläuterungen und topografische Karte des Untersuchungsgebietes (siehe auch den Lageplan in Abb. 1, Anlage 1). Quelle: Bayernatlas, Bayerisches Staatsministerium für Finanzen und Heimat, geportal.bayern.de/bayernatlas.

2. Zielsetzung der Untersuchungen

Es sollte der spezifische elektrische Widerstand im Untergrund mittels Geoelektrischer Tomografie bestimmt werden. Die Messungen erfolgen entlang von Messlinien ("Profilen"). Geoelektrische Tomografie (auch Multi-Elektroden-Geoelektrik) ist eine Methode der Angewandten Geophysik. Bei dieser Methode wird ein definierter elektrischer Strom über Elektroden als Erdungspunkte eingespeist und die elektrische Spannung über weitere Elektroden gemessen. Aus Strom, Spannung und den Orten der aktiven Elektroden wird der spezifische elektrische Widerstand in Abhängigkeit von Entfernung und Tiefe ermittelt.

Der spezifische elektrische Widerstand ist ein Maß für die Art des Bodens oder Gesteins. (siehe Tabelle 1).

3. Durchgeführte Maßnahmen

3.1. Geoelektrische Tomographie

Allgemeines

Gesteine und Böden unterscheiden sich in ihren physikalischen Eigenschaften, insbesondere auch in ihrem spezifischen elektrischen Widerstand. Beispiele nennt die Tabelle 1.

Tabelle 1: Typische spezifische elektrische Widerstände für wasserführende Lockersedimente, Festgesteine, anthropogene Ablagerungen und Wässer (zusammengestellt aus: Berkold et al. [1997], Greinwald & Thierbach [1997] und Mundry [1985]).

Material	typische Wertebereiche (in Ohm * Meter = Ohmmeter = Ωm)	
Kies	100	2000
Sand	50	2000
Lößlehm	30	100
Schluff	10	50
Ton, Tonstein	1	30
Moore	30	700
Hausmüll	1	100
Sandstein	< 50 (klüftig)	> 100 000 (kompakt)
Kalkstein	100 (klüftig)	> 100 000 (kompakt)
Granit	300	100 000
Natürliche Wässer	10	300
Meerwasser		0.25
Destilliertes Wasser		1000

Zur Kartierung und Erkundung von geologischen und/oder anthropogenen Einheiten eignen sich daher Methoden, die den elektrischen Gesteinswiderstand erfassen, prinzipiell sehr gut. Die entsprechenden geophysikalischen Methoden

werden unter dem Oberbegriff "Geoelektrik" zusammengefasst.

Geoelektrische Tomographie als Methode der Angewandten Geophysik

Hier wurde die **Geoelektrische Tomographie** als eine der Methoden der Geoelektrik innerhalb des Methodenspektrums der Angewandten Geophysik eingesetzt. Im Anhang und in den Literaturstellen Friedel (1997) und Lange & Jacobs (1997) findet sich eine genauere Beschreibung dieser Methode. Geoelektrische Tomographie ist die Kombination aus:

- einer geoelektrischen Sondierungskartierung mit Hilfe von vielen Elektroden als Erdungspunkten, die entlang eines Profils angeordnet sind (Multielektroden-Geoelektrik) und
- einer 2-dimensionalen Auswertung in Form einer computergestützten Inversionsrechnung.

Die Elektrodenkette ist entlang einer linearen Linie (eines Profils) aufgestellt und mit dem Steuerungscomputer über ein Buskabel verbunden. Jede der Elektroden kann rechnergesteuert als stromzuführende Elektrode (A oder B) oder als spannungsmessende Elektrode (M oder N) geschaltet werden.

Der Computer veranlasst über zwei Elektroden die Einspeisung eines Stroms in den Erdboden (A und B) und über zwei weitere Elektroden (M und N) die Messung der Spannung. Während einer Messung sind daher vier Elektroden aktiv. Der eingespeiste Strom breitet sich im Untergrund aus. Abhängig von der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands im Untergrund bildet sich ein charakteristisches elektrisches Potentialfeld aus. Die Elektroden M und N messen die elektrische Spannungsdifferenz am Ort der Elektroden M und N.

Spezifischer elektrischer Widerstand

Der Computer berechnet zunächst den elektrischen Widerstand aus der gemessenen Spannung und der eingespeisten Stromstärke. Der elektrische Widerstand hat die Einheit $1 \text{ Volt/Ampere} = 1 \text{ Ohm} = 1 \Omega$. In der weiteren Auswertung wird der Widerstand mit einem Geometriefaktor, welcher vom Ort der gerade aktiven Elektroden abhängt, normiert und in einen spezifischen elektrischen Widerstand umgerechnet. Der spezifische elektrische Widerstand wird in der Einheit $1 \text{ Ohm} \cdot \text{Meter} = 1 \Omega\text{m}$ angegeben und ist im Prinzip eine Materialeigenschaft.

Phasenwinkel

Zusätzlich zum elektrischen Widerstand kann ein weiterer, prinzipiell vom Widerstand unabhängiger, elektrischer Parameter erfasst werden. Das ist die Phasendifferenz zwischen dem Anregungssignal (das über die Elektroden A und B in den Untergrund eingespeist wird) und dem Messsignal (das zwischen den Elektroden M und N gemessen wird). Diese Phasendifferenz wird als Phasenwinkel angegeben und häufig auch als IP-Effekt (IP = induzierte

Polarisation) bezeichnet. Große Phasenwinkel deuten auf elektrische Aufladbarkeiten im Untergrund hin. Derartige Polarisationen sind oft ein Hinweis auf metallisch leitende Bereiche im Untergrund (Erz, Metall). Der Phasenwinkel wird in der Einheit 1 Milli-Radian = 1 mrad angegeben. In einer Standardauswertung wird der Phasenwinkel als Qualitätskriterium betrachtet und nicht weiter grafisch dargestellt.

Inversionsrechnung

Die erhaltenen Messwerte werden per Computerprogramm ausgewertet. Dazu werden sie mit einer zweidimensionalen Inversionsrechnung in ein wirklichkeitsnahes Modell der Verteilung der Widerstände umgerechnet. Die Oberflächen-Morphologie verzerrt die Stromsysteme und ist deswegen bei der Auswertung berücksichtigt. Daten aus direkten Aufschlüssen, wie z.B. Bohrungen, Sondierungen oder Schürfen, werden zur Kalibrierung der Ergebnisse verwendet.

3.1.1. Messungen

Messapparatur

Die eingesetzte Messapparatur besteht aus:

- geoelektrisches Messgerät "4-Punkt light 10W" (Hersteller *LGM Lippmann Geophysikalische Messgeräte*).
- 5 Bus-Kabel mit 5 mal 20 adressierten Steuerungsboxen "ActEle" für je eine Elektrode, Elektrodenabstand maximal 5 m (*LGM Lippmann Geophysikalische Messgeräte*).
- 100 Edelstahl-Elektroden und 3 Zusatz- Elektroden mit Steuerungsboxen "ActEle".
- 1 GND Elektrode zur Messung des Massepotentials als Bezugspotential für die geoelektrischen Messungen.
- Netbook- PC mit dem Windows- Messprogramm "GeoTest" (*Geophysik Dr. Rauen*).
- externe 12 V Batterie (oder 12 V Autobatterie) als Energiequelle.

Die Messapparatur ist ein PC-gesteuertes System mit aktiven adressierten Elektroden. Die Elektrodenkette ist über das Buskabel mit dem Messgerät verbunden. Das PC Messprogramm kann über die eindeutige Elektrodennummer jede der verwendeten Elektroden in 5 verschiedene Zustände schalten: A, B, M, N oder aus. A und B bezeichnen die Stromelektroden, M und N messen die Spannung.

Prinzipiell kommen maximal 103 adressierte Elektroden gleichzeitig zur Anwendung. Bei maximal 5 m Kabellänge zwischen benachbarten Elektroden beträgt die gesamte maximale realisierbare Profillänge damit 510 m. Um größere Profillängen zu ermöglichen, kann eine "Roll-on" Technik angewandt werden.

Dabei wird ein Satz von jeweils 20 Elektroden versetzt und überlappend weiter gemessen. Diese Roll-on Technik kann im Prinzip beliebig oft wiederholt werden. Kürzere Elektrodenabstände als 5 m werden durch entsprechende schlaufenförmige Verlegung des Messkabels realisiert.

Durch die Verwendung niederfrequenten Wechselstroms (hier 4.16 Hz) werden Polarisierungen vermieden und die Elektroden können abwechselnd als Strom- und Spannungselektroden verwendet werden. Die Messfrequenz wurde absichtlich mit diesem Wert gewählt, um (a) einen maximalen Abstand zur allgegenwärtigen und damit störenden 50 Hz Frequenz des Stromnetzes zu ermöglichen und (b) eine optimale Erkundungstiefe zu erzielen.

Die Messapparatur misst grundsätzlich die Spannung komplex, das heißt, es wird sowohl der "In-Phase" Anteil gemessen, als auch der "Out-Of-Phase" Anteil der Spannung. Der In-Phase Anteil wird zur Berechnung des spezifischen elektrischen Widerstands verwendet. Der Out-Of-Phase Anteil wird zur Berechnung des Phasenwinkels phi verwendet.

Spezifischer elektrische Widerstand rho

Aus der eingespeisten Stromstärke I (in mA), der bezüglich des Stromes phasengleich gemessenen Spannung U (in mV) und einem Geometriefaktor K (in m), der von den Positionen der aktuellen Elektroden bestimmt ist, wird der spezifische elektrische Widerstand rho (in Ωm) berechnet:

$$\rho = U / I * K$$

Der spezifische elektrische Widerstand ist die bestimmende Messgröße für die geoelektrische Tomografie.

Phasenwinkel phi

Der Phasenwinkel wird aus dem Verhältnis des Out-Of-Phase- (U_{90} in mV) und In-Phase- (U in mV) Anteils der Messspannung bestimmt und in der Einheit Milli-Radian (mrad) angegeben:

$$\phi = U_{90} / U * 1000$$

Die Phasenwinkel quantifizieren, vereinfacht gesagt, den zeitlichen Abstand zwischen dem Anregungssignal und dem empfangenen Signal. Die Phasenwinkel gehen in die Standard-Auswertung als Qualitätskriterium ein.

Profil

Ein Profil im geophysikalischen Sinn ist ein Tiefenschnitt entlang einer Linie an der Erdoberfläche. Entlang der Linie sind äquidistant Elektroden gesteckt. Nach der Auswertung erfolgt die Darstellung der Ergebnisse in Form eines Tiefenschnittes

entlang der Messlinie.

Elektrodenkonfigurationen Wenner und Dipol-Dipol

Die geoelektrischen Messungen wurden hier generell in zwei unterschiedlichen Elektrodenkonfigurationen realisiert, die für die spätere Auswertung kombiniert wurden. Die Konfigurationen heißen "Wenner" und "Dipol-Dipol" (siehe Tab. 2). Bei der Konfiguration nach "Wenner" liegt der Spannungsdipol immer zwischen den stromeinspeisenden Elektroden, bei der "Dipol-Dipol" Konfigurationen sind Strom- und Spannungsdipol räumlich getrennt. Beide Konfigurationen haben ihre spezifischen Vorteile (siehe Tab. 2). Die kombinierte Messung (Dipol-Dipol plus Wenner) kombiniert damit auch die spezifischen Vorteile und ergibt eine möglichst breite Datenbasis für die Auswertung.

Tabelle 2: Messfortschritt bei der "Dipol-Dipol" Elektrodenkonfiguration und der "Wenner" Konfiguration (A und B speisen den Strom ein, M und N messen die Spannung). Durch Vergrößerung der Elektrodenauslage nimmt die Erkundungstiefe zu. Siehe hierzu auch Mundry, 1985. Die spezifischen Vorteile und die typische Anzahl von Einzelmessungen bei einer 100-Elektroden-Aufstellung ist angegeben.

Mess-Ebene / Level	Dipol-Dipol-Konfiguration	Konfiguration nach Wenner
1	ABNM.....	AMNB.....
2	AB-NM.....	A-M-N-B.....
3	AB--NM.....	A--M--N--B.....
4	AB---NM.....	A---M---N---B.....
...
Spezifische Vorteile	gute Tiefenauflösung, große Erkundungstiefe, große Datenbasis (ρ)	gute Ortsauflösung für steilstehende Strukturen, robust, geringe Empfindlichkeit gegenüber technischen Störungen, Phasenwinkelmessung (ϕ)
Typische Datenmenge bei 100 Elektroden	2103	1617

Geländearbeiten

Die Geländearbeiten wurden durch Herrn Dr. Armin Rauen mit Unterstützung durch Christine Rauen (*Geophysik Dr. Rauen*) durchgeführt. Es wurden 3 Profile gemessen. Jeweils Anfangs- und Endpunkt und weitere Punkte entlang der Profile sind im Abstand von ca. 100 m verpflockt.

Die Koordinaten der Profile wurden von der Geoplan GmbH nach Lage und Höhe eingemessen oder aus dem digitalen Geländemodell entnommen und uns zur Verfügung gestellt (Koordinaten siehe Anlage 2).

Einige Fotos sollen die Situation bei den Messungen verdeutlichen.



Foto 1: Pflöcke an der Profilposition 100 m am Profil Scheuereck 1. Das gelbe Maßband legt das Messprofil fest. Im Abstand von 5 m sind Edelstahl-Elektroden in den Erdboden gesteckt. Alle Elektroden sind über die ActEle Elektronikboxen und ein mehradriges Flachband- Buskabel seriell miteinander verbunden.



Foto 2: Beim Aufbau des Profils 3. Alle 5 m wird eine Edelstahl- Elektrode in den Erdboden gesteckt.



Foto 3: Beispiel eines Messpunkts, hier die Elektrode Nummer 19 bei Profilposition 90 m am Profil 2. Die T-förmige Edelstahl-Elektrode steckt im Erdboden. Das Buskabel ist über die Elektronikbox mit der Elektrode kontaktiert. Die Box enthält die Elektronik zur adressierten Ansteuerung der Elektrode wahlweise als Strom- oder Spannungselektrode (ActEle).



Foto 4: Die eigentliche geoelektrische Messung (hier am Profil 3) wird durch das Messgerät "4 Point Light 10W" (in der Alu-Box) durchgeführt. Das Messgerät ist über das ActEle Buskabel mit allen Elektroden verbunden. Die Alu-Box enthält auch den Netbook Rechner mit dem Messprogramm Geotest, welches die Messung steuert. Ein 12 V Blei-Gel Akku dient als Energiequelle.

Die elektrische Ankopplung an den Untergrund war gut mit mittleren Übergangswiderständen kleiner als 5 k Ω . Das Wetter während der Geländearbeiten war durchgehend trocken. Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Messparameter.

Tabelle 3: Übersicht über die Messdaten der geoelektrischen Profile.

Profil	1	2	3
Name des Profils:	Scheuereck 1	Scheuereck 2	Scheuereck 3
Datum der Messung:	2.9.2020	1.9.2020	3.9.2020
Elektrodenanzahl gesamt:	133	73	111
Min. Elektrodenabstand (m):	5.00	5.00	5.00
Profillänge (m):	660.00	360.00	550.00
Profilrichtung original:	S-N	N-S	E-W
Profilrichtung Auswertung:	S-N	S-N	W-E
Elektrodenkonfiguration:	Wenner + Dipol-Dipol	Wenner + Dipol-Dipol	Wenner + Dipol-Dipol
Übergangswiderstände (Ω):	452 .. 12444	202 .. 5713	225 .. 10049
\emptyset Übergangswiderstand (Ω):	4072	1394	2764
Messfrequenz (Hz):	4.16	4.16	4.16
Spez. Widerstände (Ω m):	37.1 .. 2328.3	28.9 .. 1354.9	38.7 .. 1725.3
Mittlerer Messfehler dU (%)	9.99	1.20	7.65
Zahl der Messwerte:	6814	2380	4713

Der Lageplan ist in der Abbildung 1 gezeigt.

3.1.2. Auswertungen

Die spezifischen elektrischen Widerstände im geoelektrischen Modell

Durch die schrittweise Vergrößerung der Elektrodenauslage erreicht der Messstrom immer größere Erkundungstiefen. Dabei durchfließen die Messströme aber auch höher liegende Bodenschichten und werden dadurch beeinflusst. Die Topografie der Erdoberfläche sorgt für weitere Verzerrungen im Stromsystem. Wegen der verschiedenartigen Beeinflussungen der Messströme werden die noch nicht ausgewerteten Messdaten als "scheinbare" spezifische Widerstände bezeichnet. Sie müssen durch eine computergestützte Auswertung in "wahre" spezifische Widerstände zurückgerechnet werden. Bei den ausgewerteten spezifischen Widerständen ist der Einfluss der oberen Bodenschichten und der Topografie rechnerisch korrigiert. Die ausgewerteten Widerstände sind in einem geoelektrischen Untergrundmodell zusammengefasst. Das geoelektrische Modell kann prinzipiell auch die Phasenverschiebungen zwischen Anregungssignal und Messsignal beinhalten.

Inversionsrechnung

Die Auswertung erfolgt durch eine 2-dimensionale Inversionsrechnung mit dem Programm "Res2DInv" (M.H. Loke, Geotomo Software, Malaysia). Die Inversionsdaten sind in der Tabelle 4 gezeigt.

Für die Auswertung der Profile werden die Konfigurationen "Wenner" und "Dipol-Dipol" kombiniert und gemeinsam invertiert. Dieses Verfahren kombiniert die spezifischen Vorteile der Konfigurationen:

- "Wenner": Unempfindlichkeit gegen technische Störungen durch relativ großes Signal- Rausch- Verhältnis, gute Ortsauflösung, Datenbasis für Phasenwinkelmessungen.
- "Dipol-Dipol": Gute Tiefenauflösung, größere Erkundungstiefe, größere Datenanzahl.
- verbesserte Modellqualität durch insgesamt deutlich erhöhte Datenanzahl.

Tabelle 4: Inversionsdaten der geoelektrischen Auswertung:

Profil	1	2	3
Programm-Version (x64):	4.10.3	4.10.3	4.10.3
Profilrichtung:	original	invertiert	invertiert
	S-N	S-N	W-E
Inversionsmethode:	robust	robust	robust
Vertikal/ horizontal Filter Verhältnis:	0.25	0.25	0.25
Modellblock-Größe:	1	1	1
Anzahl der Modellblöcke:	5148	2160	4070
Anzahl der Modellschichten:	39	30	37

Es werden zunächst topografische Korrekturen aus den Höhendaten berechnet. Das Programm errechnet durch Inversion der Messdaten ein zweidimensionales Start-Modell der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands. In einem zweiten Schritt werden durch eine Vorwärtsrechnung (nach der Methode der finiten Differenzen) die resultierenden scheinbaren Widerstände des Modells errechnet und mit den tatsächlich gemessenen scheinbaren Widerständen verglichen. Anschließend wird ein optimiertes Modell berechnet und der Vergleich mit den Messdaten wiederholt. Diese schrittweise Anpassung an die Messdaten (Iteration) wird so lange wiederholt, bis der mittlere Anpassungsfehler gegen einen Grenzwert konvergiert oder die vorgegebene maximale Zahl der Iterationen erreicht ist.

Die Tabelle 5 fasst die Eckdaten der Inversions- Ergebnisse zusammen.

Tabelle 5: Ergebnisse der Inversionsrechnungen:

Profil	1	2	3
Ausgewertete Datenpunkte:	6751	2380	4658
Anzahl der Iterationen:	10	11	12
Anpassungsfehler rho:			
Durchschnitt (%):	6.03	2.41	6.98
Maximum (%):	67.1	54.6	59.3
Berechnete spez. elektr. Widerstände rho:			
Minimum (Ωm):	8.5	2.5	2.8
Maximum (Ωm):	66'928	3'147	17'079

Kalibrierung

Folgende Maßnahmen wurden zur Kalibrierung der Geoelektrik-Profile vorgenommen:

- Das vertikal/horizontal- Filterverhältnis von 0.25 betont horizontale Strukturen mit der vierfachen Gewichtung wie vertikale Strukturen. Diese Filtereinstellung ist optimal für vornehmlich horizontale Lagerung der Schichten.
- Das sogenannte "robuste" Inversionsverfahren betont Schichtgrenzen mit hohem Widerstandskontrast stärker als kontinuierliche Widerstandsänderungen in den Schichten.
- Das Profil Scheuereck 1 wurde mit den Bohrprofilen der GwM 1 (Profilposition 0 m) und B1 (563 m) kalibriert. Das Profil Scheuereck 3 wurde mit Hilfe des Bohrprofils der GwM 2 (bei Profilposition 155 m) kalibriert. Die Inversionseinstellungen wurden für die Auswertung des Profils Scheuereck 2 übernommen.

Ergebnisdarstellung - Tiefensektionen und Interpretation

Gezeigt sind schließlich die Ergebnisse der Inversionsrechnungen in Form des berechneten Modells, welches die wahre Widerstandsverteilung im Erdboden optimal annähert. Aus dem berechneten Ergebnis wurden Tiefenschnitte des spezifischen elektrischen Widerstands erzeugt (Abb. 3.1 bis 3.3, interpretiert in Abb. 4.1 bis 4.3).

In diesen sogenannten geoelektrischen Tiefensektionen ist die Abhängigkeit des elektrischen Bodenwiderstands entlang des Profils (mit der Profilentfernung) und mit der Tiefe unter dem Profil in zwei Dimensionen zeichnerisch dargestellt.

Die größten Erkundungstiefen werden physikalisch bedingt in der Mitte der Messprofile erreicht. Nahe der Anfangs- und Endpunkte der Profile ist die Datendichte und damit die Aussagegenauigkeit erniedrigt. Aus diesem Grund werden die dreiecksförmigen Bereiche unter dem Profilbeginn und unter dem Profilende aufgehellt dargestellt.

Die eingezeichneten schwarzen Dreiecke an der Erdoberfläche zeigen Positionen der Elektroden an.

3.2. Koordinaten und Höhen

Der Anfangs- und Endpunkt jedes Profils, sowie einige Punkte entlang des Profilverlaufs in etwa 100 m Entfernung wurden im Gelände mit Pflöcken markiert.

Die Koordinaten und Höhenlagen der Profile wurden uns später durch die Geoplan GmbH zur Verfügung gestellt (Koordinaten in Anlage 2).

4. Ergebnisse

Vorbemerkungen

Geoelektrische Tomografie liefert eine Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands in zwei Raumdimensionen: in Profilrichtung und in die Tiefe. Die physikalische Einheit des spezifischen elektrischen Widerstands ist:

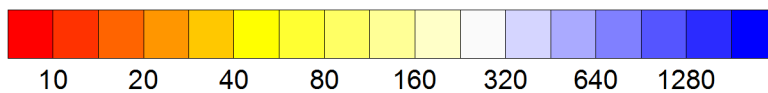
$$\Omega\text{m} = \text{Ohm} * \text{Meter} = \text{Volt} / \text{Ampere} * \text{Meter}.$$

Der elektrische Widerstand ist kein direkter Anzeiger für eine bestimmte Boden- oder Gesteinsart. Der elektrische Widerstand ist vielmehr ein Maß für die Art des Bodens oder des Gesteins. Dabei bestehen generell drei, sich überlagernde, Zusammenhänge:

- mit der Korngröße: Je feiner das Material ist, um so niedriger ist der elektrische Widerstand. Das ist bedingt durch die erhöhte elektrische Leitfähigkeit der Tonminerale. Sie ist durch die Bindung von Ladungsträgern an deren große spezifische Oberfläche verursacht. Diese Ladungsträger sind im Wasser gelöste Ionen. Hohe elektrische Leitfähigkeit ist gleichbedeutend mit niedrigem elektrischem Widerstand.
- mit dem Wassergehalt: Je höher der Wassergehalt ist, um so höher ist auch das Angebot an ionischen Ladungsträgern und um so höher ist die elektrische Leitfähigkeit (und um so niedriger der elektrische Widerstand).
- mit dem Gehalt an elektronisch leitfähigen Materialien. Diese Stoffe leiten den elektrischen Strom nicht über gelöste Ionen, sondern über Elektronen. Das sind im allgemeinen Metalle. In der geologischen Realität können Graphit, Erze oder auch Schrott den elektrischen Widerstand lokal deutlich reduzieren.

Zuordnung von Widerständen zu Bodenarten

Die Interpretation der Widerstandsektionen geht von folgender Zuordnung zwischen dem spezifischen elektrischen Widerstand und dem Boden aus (siehe auch Tab. 1):



Spezifischer elektrischer Widerstand (Ohm*m)

Widerstände < 20 Ω m zeigen Ton an.

Widerstände zwischen 20 Ω m und 50 Ω m stehen für Schluff.

Widerstände > 50 Ω m sind charakteristisch für Sande.

Widerstände > 150 Ω m sind typisch für Kiese.

Widerstände > 1000 Ω m sind typisch für grobe Kiese, trockene Kiese, verfestigte Kiese (Nagelfluh), Blöcke, Fels oder Kristallin (Granit, Gneis).

Diese Zuordnung gilt relativ exakt nur für Messungen an Probematerial unter Laborbedingungen. Messungen im Gelände sind prinzipbedingt unschärfer. Die Unschärfe wird um so größer, je größer die aktuelle Erkundungstiefe ist. Das bedeutet für die Interpretation von Schichtgrenzen in einem geoelektrischen Tomogramm: Schichtgrenzen in größerer Tiefe können auch mit Iso-Ohmen interpretiert werden, die nicht exakt für Labormessungen gelten würden. So kann ein Übergang zwischen Kies und dem unterlagernden Schluff in relativ großer Tiefe beispielsweise auch bei der Iso-Ohme 1000 Ω m interpretiert werden.

Wie die Tabelle 1 zeigt, überlappen sich die Widerstandsbereiche der Bodenarten. Die oberen Grenzen der Widerstandsverteilungen sind unschärfer, bedingt u.a. durch unterschiedliche in-situ Wassergehalte.

Die Profildarstellungen

Die Abbildungen 3.1. bis 3.3. zeigen die Ergebnisse der Erkundungen als geoelektrisches Tomogramm (Tiefensektion des spezifischen elektrischen Widerstands). Die Abbildungen 4.1 bis 4.3. stellen eine geologische Interpretation der Messdaten dar.

Alle Abbildungen sind horizontal 1:2000 und vertikal 1:1000 gleich skaliert (2 fach überhöht). Auch die Farbskala der spezifischen elektrischen Widerstände ist zur besseren Vergleichbarkeit bei allen Ergebnisdarstellungen identisch. Bereiche unterhalb von Profilanfang und -Ende aufgehellt dargestellt. In diesen Bereichen ist die Datendichte prinzipbedingt erniedrigt. Zur Lage der Profile siehe den Lageplan (Abbildung 1).

4.1. Profil Scheuereck 1

Das Profil Scheuereck 1 verläuft von Süd nach Nord auf einer Länge von 660 m entlang der vorhandenen Forststraßen in Richtung des Donautals. Entlang des Profils zeigt sich ein relativ großer Höhenunterschied von ~ 53 m (Maximum 389.37 mNN, Minimum 336.48 mNN). Die Auswertung wurde mit den Bohrprofilen der GwM 1 (bei 0 m, Bohrprofil in Abb. 2) und der B1 (bei 563 m, Abb 2) kalibriert. Bei 232 Profil-Meter quert das Profil 3.

Die Abbildung 3.1 zeigt die Tiefensektion dieser Messung und die Abbildung 4.1 die Sektion mit eingezeichneter Interpretation.

Das Profil zeigt ein relativ inhomogenes Bild der spezifischen elektrischen Widerstände.

Vom Profilanfang bis etwa 190 Profil-Meter dominieren oberflächennah relativ hohe Widerstände bis $> 640 \Omega\text{m}$, typisch für Kies. Am Ort der GwM 1 (Profil 0 m) sind Kiese zwischen 385 mNN und 360.5 mNN aufgeschlossen. Im weiteren Profilverlauf steigt die Kiesuntergrenze deutlich an, bei Profilmeter 60 auf etwa 370 mNN. Zwischen etwa 190 m und 370 m sind die Bereiche mit hohen Widerständen weniger deutlich sichtbar. Hier dominieren Widerstände $< 320 \Omega\text{m}$. Das spricht für eine nur geringe Mächtigkeit von Kies/Sand Wechsellagen und/oder für einen deutlich höheren Feinkornanteil. Ab etwa 390 m nehmen die Widerstände oberflächennah wieder zu, was für höhere Kiesgehalte spricht.

Am Ort der B1 (563 m) sind sandige Schluffe erbohrt. Die Geoelektrik an der Stelle zeigt eher größere Sand/Kiesgehalte an.

Sowohl am Profilanfang in großer Tiefe (unterhalb 350 mNN), als auch ab Profilmeter 220 in großer Tiefe (unterhalb 330 mNN) deuten sich relativ hohe Widerstände bis $> 1280 \Omega\text{m}$ an. Dies könnte anhand der spezifischen elektrischen Widerstände ein tieferes Kies-Stockwerk unter einer schluffig-tonigen Schicht sein. Die geologische Karte im Abschnitt 1 zeigt das Vorhandensein von Gneisen in den tieferen Tal-Lagen und legt damit eher die Interpretation als kristalliner Untergrund nahe.

4.2. Profil Scheuereck 2

Das Profil 2 ist das kürzeste der 3 Profile. Es beginnt im Süden, verläuft entlang eines Weges in Richtung zum Anfangspunkt des Profils 1, und endet bei 360 m nahe der Forststraße. Dieses Profil wurde mangels Verfügbarkeit von nah gelegenen Bohrprofilen mit den gleichen Einstellungen wie im Profil 1 kalibriert.

Die Abbildung 3.2 zeigt die Tiefensektion dieser Messung und die Abbildung 4.2 die Sektion mit eingezeichneter Interpretation.

Die goelektrische Tiefensektion ist deutlich homogener als die des Profils 1.

Eine niederohmige Schicht mit Widerständen bis $< 20 \Omega\text{m}$, typisch für Schluff bis Ton, zieht sich im ganzen Profil in Höhenlagen um 350 mNN bis 360 mNN durch. Oberhalb zeigen sich höhere Widerstände bis etwa $320 \Omega\text{m}$, die hauptsächlich als Sand interpretiert werden. Im nördlichsten Profilbereich ab 280 m steigen oberflächennah die Widerstände deutlich an, auf für Kies typische Werte bis $> 640 \Omega\text{m}$. Hier deutet sich offensichtlich der gleiche Kieskörper an, der auch im südlichen Profil 1 zu erkennen ist.

4.3. Profil Scheuereck 3

Dieses Profil beginnt im Westen im Tal und verläuft anschließend hangaufwärts in einem frisch gerodeten Bereich abseits der Wege. Es verläuft später entlang von Waldwegen, passiert den Ort der GwM 2 bei 155 m (Bohrprofil in Abb. 2), quert das Profil 1 bei 371 m und endet bei 550 m. Auch dieses Profil zeigt einen markanten Höhenunterschied von ~ 45 m zwischen 345.41 mNN im Westen und 390.05 mNN im Osten.

Die Abbildung 3.3 zeigt die Tiefensektion dieser Messung und die Abbildung 4.3 die Sektion mit eingezeichneter Interpretation.

Zwischen 290 m und 450 m liegen oberflächennah relativ niedrige Widerstände um $80 \Omega\text{m}$, typisch für eine tonig-schluffige Deckschicht, an.

Westlich und östlich davon reichen höhere Widerstände bis $> 640 \Omega\text{m}$, typisch für Kies, näher an die Erdoberfläche. Die Bohrung GwM 2 hat Kies und Sand im Bereich zwischen ~ 372 mNN und ~ 360 m erbohrt, in guter Übereinstimmung mit der Geoelektrik. Die Kies-Unterkante folgt in gewisser Weise dem Gelände und steigt von West nach Ost an von ~ 355 mNN bis auf ~ 368 mNN.

Darunter zeigen sich relativ niedrige Widerstände bis $< 20 \Omega\text{m}$, die für Ton bis Schluff stehen. In großer Tiefe, unterhalb ~ 335 mNN steigen die Widerstände deutlich an. Das ist vermutlich die goelektrische Signatur des unterlagernden Kristallin (Gneis), so wie in der geologischen Karte (Abschnitt 1) zu erwarten.

5. Zusammenfassung

Zwischen Sandbach und Vilshofen, nahe dem Weiler Scheuereck, plant das Kiesunternehmen Karl Groß GmbH einen Kiesabbau. Im Rahmen der Voruntersuchungen sollten, neben Erkundungsbohrungen, auch geophysikalische Messungen ausgeführt werden.

Wir führten geoelektrische Tomografie entlang von drei Profilen mit Längen von 660 m, 360 m und 550 m durch. Die geoelektrischen Messungen wurden mit den vorliegenden Bohrprofilen GwM 1, GwM 2 und B1 kalibriert. Die Koordinaten und die Bohrprofile lieferte die Geoplan GmbH.

Die Messergebnisse der 3 Profile sind in den Abbildungen 3.1 bis 3.3 gezeigt. Die interpretierten Messergebnisse zeigen die Abbildungen 4.1 bis 4.3.

Die geoelektrischen Profile zeigen ein insgesamt relativ inhomogenes Bild. Relativ hohe Widerstände charakterisieren Kiese, relativ niedrige Widerstände stehen für Schluffe und Tone. Oberflächennahe Kiesvorkommen sind horizontal räumlich begrenzt und zeigen unterschiedlich starke Mächtigkeiten. Diese Kiese werden durch schluffig/tonige Bereiche nach unten abgegrenzt.

In größerer Tiefe sind relativ hohe Widerstände gemessen worden. Die geologische Karte zeigt in den Tal-Lagen das Vorkommen von kristallinem Gestein (Gneis). Daher werden die tiefliegenden hohen Widerstände als kristalliner Untergrund interpretiert.

6. Zitierte Literatur

Bertold & 21 Coautoren (1997): Geoelektrik. In Knödel K., Krummel H. & Lange G. (Herausg.): Geophysik. Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, Band 3, 65-367, Springer-Verlag.

Friedel S. (1997): Hochauflösende Geoelektrik - Geoelektrische Tomographie. In: M. Beblo (Herausg.): Umweltgeophysik, 131-151, Berlin.

Greinwald S. & Thierbach R. (1997): Elektrische Eigenschaften der Gesteine. In: M. Beblo (Herausg.): Umweltgeophysik, 89-96, Berlin.

Lange G. & Jacobs F. (1997): Gleichstromgeoelektrik. In Knödel K., Krummel H. & Lange G. (Herausg.): Geophysik. Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, Band 3, 122-165, Springer-Verlag.

Mundry E. (1985): Gleichstromverfahren. In: Bender F. (Herausg.): Angewandte Geowissenschaften, Band II, 301-338, Stuttgart.

gezeichnet:

A. Rauen

Dr. Armin Rauen
(Diplom-Geophysiker)



Geophysikalische Sondierungen

Dr. Armin Rauen

Ödgarten 12 94574 Wallerfing
Tel: 09936 - 902026 Fax: 902027

www.geophysik-dr-rauen.de